

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم والحمد لله حمداً مباركاً فيه والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء
وسيد المرسلين، وبعد:

أصبح علم تغذية الإنسان من العلوم المهمة للشخص السليم والمريض سواء
كان فقيراً أو غنياً لأن التغذية الصحيحة هي خط الدفاع الأول بعد الله للمحافظة على
الصحة والوقاية من الأمراض خلال مراحل العمر المختلفة، كما تهتم الدول بالتغذية
الصحيحة لبناء أجيال جديدة تتمتع بأجسام سليمة وعقول ناضجة قادرة على النهوض
بأعباء الحياة بكفاءة عالية.

لقد تم إعداد هذا الكتاب خصيصاً للطلبة والدارسين لمقرر أسس تغذية
الإنسان بكلية الزراعة - جامعة الملك سعود والكلية المناظرة الذين يعدون أنفسهم
للتخصص في علوم الأغذية والتغذية لاحقاً. ولقد قمت بتأليف هذا الكتاب من واقع
خبرتي التدريسية والبحثية بقسم علوم الأغذية بكلية الزراعة - جامعة الملك سعود
لسنوات عديدة تلمست خلالها حاجة الطلبة في كلية الزراعة والكلية المناظرة إلى
مرجع منهجي في مجال تغذية الإنسان. لقد حاولت أن يكون أسلوب الكتاب سهلاً
وواضحاً وممتعاً يساعد الطالب على تطبيق المعلومات والاستفادة منها. لقد تم إعداد
معظم المسارات التوضيحية في هذا الكتاب لتعين الطالب على الفهم، كما اقتبس
المؤلف العديد من الصور الضوئية الملونة من عدة مراجع أشير إلى كل منها
مع كل شكل. كما تم إعداد جداول محتوى الأغذية من العناصر الغذائية بطريقة
المحتوى بالحصاة الواحدة ولكل ١٠٠ جرام مما يسهل على الطالب تحديد الكمية التي

يحتاجها من المادة الغذائية. ولقد حاولت التقيد بالمصطلحات المتفق عليها عالمياً المتداولة في اللغة العربية وأردفتها بالمصطلحات الإنجليزية منعاً للالتباس.

يحتوي الكتاب على ستة عشر فصلاً، يتناول الفصل الأول أساسيات في علم التغذية، ويتناول الفصل الثاني مجموعات الغذاء الرئيسية، والفصل الثالث الجهاز الهضمي والاستفادة من العناصر الغذائية. أما الفصول الرابع والخامس والسادس والسابع والثامن والتاسع والعاشر والحادي عشر فتتضمن العناصر الغذائية (مكونات الغذاء) وهي الكربوهيدرات والليبيدات (الشحميات) والبروتينات والفيتامينات الذائبة في الدهن والفيتامينات الذائبة في الماء والعناصر المعدنية الكبرى والصغرى والماء. وتناقش الفصول الثالث عشر والرابع عشر والخامس عشر هضم وامتصاص وأيض الكربوهيدرات والليبيدات والبروتينات، وتتناول خاتمة الكتاب سوء التغذية بسبب نقص البروتين والطاقة.

أتوجه بالشكر إلى كل من أسهم من زملائي بقسم علوم الأغذية بكلية الزراعة - جامعة الملك سعود في إظهار هذا المؤلف وإخراجه للمكتبة العربية فلقد بذلت كل الاستطاعة وقد يكون هناك بعض القصور فالكمال لله وحده وسأكون شاكرًا لكل من يسدي النصيحة أو النقد. وآمل أن أكون قد وفقت في تأليف هذا الكتاب وأن يعم به النفع، وأسأل الله أن يتقبل مني عملي وأن يجعله عملاً صالحاً يشفع لي يوم لا ينفع مال ولا بنون إلا من أتى الله بقلب سليم، وآخر دعواي أن الحمد لله رب العالمين.

المؤلف

العناصر المعدنية الكبرى

Major Minerals or Macroelements

- المقدمة ● وظائف العناصر الغذائية ● تقسيم العناصر الغذائية
- الكالسيوم ● الفوسفور ● البوتاسيوم ● الكبريت ● الصوديوم
- الكلور ● المغنسيوم

المقدمة (٩، ١) Introduction

العناصر المعدنية عبارة عن عناصر غير عضوية يحتاجها جسم الإنسان بكميات قليلة، ولا تنتج طاقة، وتشكل العناصر المعدنية minerals or elements حوالي ٤٪ من وزن الجسم، أي أن الشخص البالغ الذي يزن ٧٠ كيلوجراما يحتوي جسمه على حوالي ٢,٨ كيلوجرام من العناصر المعدنية. ويقدر عدد العناصر المعدنية في جسم الإنسان بحوالي ٣٣، وتوجد معظمها في صورة أيونات حرة موجبة الشحنة cations أو سالبة الشحنة anions ويوجد الباقي في صورة متحدة مع مواد عضوية أو غير عضوية، ولا تختلف نسبة العناصر المعدنية في الجسم من شخص لآخر، فمثلاً يشكل الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت والكلوريد والصوديوم والمغنسيوم والحديد حوالي ٣٩٪، ٢٢٪، ٥٪، ٤٪، ٣٪، ٢٪، ٧٪، ١٥٪ من كمية العناصر المعدنية الكلية في الجسم على التوالي كما هو موضح في جدول (٩، ١).

جدول (١، ٩). كمية العناصر المعدنية في جسم الشخص البالغ.

العناصر المعدنية	كمية العناصر المعدنية في جسم الشخص البالغ (جرام)
الكالسيوم	١٢٠٠
الفوسفور	٨٦٠
الكبريت	٣٠٠
البوتاسيوم	١٨٠
الكلور	٧٤
الصوديوم	٦٤
المغنسيوم	٢٥
الحديد	٤,٥
الفلور	٢,٦
الزنك	٢
النحاس	٠,١
اليود	٠,٠٢٥
الكروم	٠,٠٠٦
الكوبالت	٠,٠٠١٥
السليكون	٠,٠٢٤
الفاناديوم	٠,٠١٨
القصدير	٠,٠١٧
السيلينيوم	٠,٠١٣
المنجنيز	٠,٠١٢
النيكل	٠,٠١٠
الموليبدنوم	٠,٠٠٩

المصدر: Krause and Maham (1979).

(٩، ٢) وظائف العناصر المعدنية Functions of minerals

يمكن تلخيص وظائف العناصر المعدنية في جسم الإنسان كالتالي:

- ١ - تكوين وبناء الهيكل العظمي (الأنسجة الصلبة)، ومثالها الكالسيوم والفوسفور والمغنسيوم والتي تدخل في تكوين العظام والأسنان وتكسيبها القوة والصلابة.
- ٢ - تركيب الأنسجة الرخوة (الطرية) soft tissue في الجسم، ومثالها اليود الذي يدخل في تركيب الغدة الدرقية thyroid gland وهرمون الثيروكسين thyroxine والحديد الذي يدخل في تركيب الهيموجلوبين hemoglobin والفوسفور والكبريت الذي يدخل في تركيب العضلات، كذلك يسهم الحديد والنحاس والزنك وغيرها من العناصر المعدنية في تنشيط عدد كبير من الإنزيمات، لهذا تسمى بالعوامل المساعدة cofactors.
- ٣ - المحافظة على التوازن الحمض - قاعدي acid-base balance في سوائل الجسم ($pH = 7.35 - 7.45$)، ومثالها العناصر المعدنية الحامضية (الكبريت، الكلور والفوسفور) والعناصر المعدنية القاعدية (الكالسيوم، البوتاسيوم والمغنسيوم).
- ٤ - الاستجابة للمؤثرات stimuli الخارجية، ونقلها من خلية عصبية إلى أخرى، ومثالها الكالسيوم الذي يلزم لتكوين مركب الأسيتيل كولين acetylcholin الضروري لذلك كما سيتم توضيحه لاحقاً.
- ٥ - تنظيم الضغط الأسموزي وتوازن الماء، ومثالها البوتاسيوم الموجود في سوائل الجسم داخل الخلايا والصوديوم والكلور الموجودان في السوائل خارج الخلايا، وهي تعمل على تنظيم الضغط الأسموزي وسهولة خروج ودخول الماء من وإلى خلايا الأنسجة.
- ٦ - ارتخاء وانقباض العضلات خصوصاً عضلة القلب، ومثالها البوتاسيوم والصوديوم والمغنسيوم التي تعمل على ارتخاء العضلات والكالسيوم الذي يعمل على انقباض العضلات.

(٩، ٣) تقسيم العناصر المعدنية Classification of Minerals

يمكن تقسيم العناصر المعدنية تبعاً لكميتها في جسم الإنسان إلى الآتي:

١ - العناصر المعدنية الكبرى (الرئيسية) Major or macrominerals elements

وهي العناصر المعدنية التي تصل كميتها في جسم الإنسان إلى حوالي ٥ جرامات أو أكثر (١, ٠٪ من وزن الجسم أو أكثر) والتي يحتاج منها الإنسان في اليوم إلى حوالي ١, ٠ جرام أو أكثر، وتشمل الكالسيوم calcium والفوسفور phosphorus والبوتاسيوم potassium والكبريت sulfur والصوديوم sodium والكلور chlorine والمغنسيوم magnesium.

٢ - العناصر المعدنية الصغرى Trace or microminerals elements

تقدر كميتها في جسم الإنسان بأقل من ٥ جرامات، وقد قسمت إلى مجموعتين كما سيذكر لاحقاً في الفصل التالي، وتجدر الإشارة إلى أن بعض العناصر المعدنية تتميز بسميتها مثل الزرنيخ والرصاص والزنبق والكاديوم والأنتيمون، ومن المعروف أن الكربوهيدرات والبروتينات والدهون تتحلل أثناء عملية الهضم إلى عناصرها البسيطة، بينما لا تحدث تغيرات إيجابية في الشكل الجزيئي للأملاح المعدنية أثناء هضم الغذاء.

Calcium (Ca^{2+}) الكالسيوم (٩, ٤)

Introduction المقدمة (٩, ٤, ١)

يعتبر الكالسيوم العنصر المعدني السائد abundant في جسم الإنسان، فهو يشكل ٢٪ من وزن جسم الفرد البالغ (١, ٥-١ كيلوجرام)، حيث يوجد ٩٩٪ منه في العظام والأسنان متحدًا مع الفوسفور وبعض العناصر الأخرى: ويوجد الباقي (١٪) في بلازما الدم وسوائل الجسم الأخرى والأنسجة الطرية، ولقد أشارت الدراسات إلى حوالي ٥٠٪ من الكالسيوم الموجود في بلازما الدم وسوائل الجسم الأخرى يكون في صورة أيونات حرة (Ca^{2+}) قابلة للتبادل diffusable مع كالسيوم العظام والأسنان والأنسجة الأخرى، ويوجد الباقي متحدًا مع بروتينات البلازما مثل الألبومين albu- min والجلوبيولين globulin، وهو غير قابل للتبادل non-diffusable، بالإضافة إلى وجود نسبة منخفضة (٥٪) من الكالسيوم متحدة مع الأحماض مثل الفوسفوريك والستريك والكبريتيك في صورة معقد قابل للتبادل. يحدث تجديد وتبديل مستمر للكالسيوم في العظام، لهذا يحتاج الشخص البالغ إلى حوالي ٧٠٠ ملليجرام كالسيوم

في اليوم لاستمرار عملية التبادل التي تحدث في العظام، أي أن هناك توازنًا مستمرًا بين الكالسيوم المضاف إلى العظام وبين الكالسيوم المزال منه وذلك بمساعدة خلايا الأستيو بلاستات (بانية العظام) osteoplasts التي ترسب أملاح الكالسيوم أثناء تكوين العظام، وكذلك خلايا الأستيو كلاستات (ناقصة العظام) osteoclasts التي تعمل على إزالة أملاح الكالسيوم الزائدة، وقد وجد أن جسم الإنسان البالغ يرسب حوالي ٦٠٠ - ٧٠٠ ملليجرام كالسيوم ويفقد الكمية نفسها في كل يوم.

تقدر نسبة الكالسيوم في الدم بحوالي ١٠ مجم / ١٠٠ ملل (ديسلتر Deciliter)، ويتحكم في ذلك هرمون الغدة فوق الدرقية parathyroid hormone. ويوجد الكالسيوم المكون للعظام ومينا الأسنان الخارجية في صورة ملح هيدروكسي أباتيت hyd-roxyapatite الذي يتكون من الكالسيوم والفوسفات والكربونات، وهو يعطي هذه الأنسجة التركيب البنائي والهيكل الصلب، كما أن الكالسيوم المكون للعظام يوجد في حركة دائمة، حيث إنه يمد الدم بالكالسيوم وبذلك يحافظ على تثبيت مستواه في الدم بشكل مستمر، أي أن هناك تبادلًا مستمرًا بين كالسيوم العظام وأنسجة الجسم المختلفة ويتضح ذلك أثناء الحمل والرضاعة، حيث ينتقل جزء كبير من كالسيوم العظام إلى أنسجة الجسم المختلفة.

(٢، ٤، ٩) وظائف الكالسيوم Functions of calcium

تتمثل الوظائف الفسيولوجية للكالسيوم في جسم الإنسان في الآتي:

١- تكوين وتطوير العظام Formation and development of bones

تتمثل الوظيفة الرئيسية للكالسيوم في جسم الإنسان في بناء العظام والهيكل العظمي الذي يكسب الجسم الصلابة وتتكون حوله الأنسجة العضلية muscular tissue، كما أن العظام تكون حواجز وتجاويف حول الأعضاء المهمة في الجسم مثل القفص الصدري حول القلب والرئتين والجمجمة حول المخ، وتتكون العظام بصورة أساسية من الكالسيوم والفوسفور في صورة بلورات من ملح الهيدروكسي أباتيت $(Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6)$ المترسب فوق نسيج بروتيني يشكل حوالي ٣٠-٤٠٪ من

العظام وهو الكولاجين collagen ، مما يعطي العظام الصلابه والقوة ، كما تحتوي العظام على كميات قليلة جدًا من المغنسيوم والصوديوم والموليبدنم والكلور والفلور ، ومعظم هذه المعادن لا تُعرف وظيفتها حتى الآن ، أما عنصر الفلور فقد أثبتت الدراسات أنه كلما زادت كميته كلما زاد حجم بلّورات الأباتيت وأصبحت العظام أكثر مقاومة للتآكل .

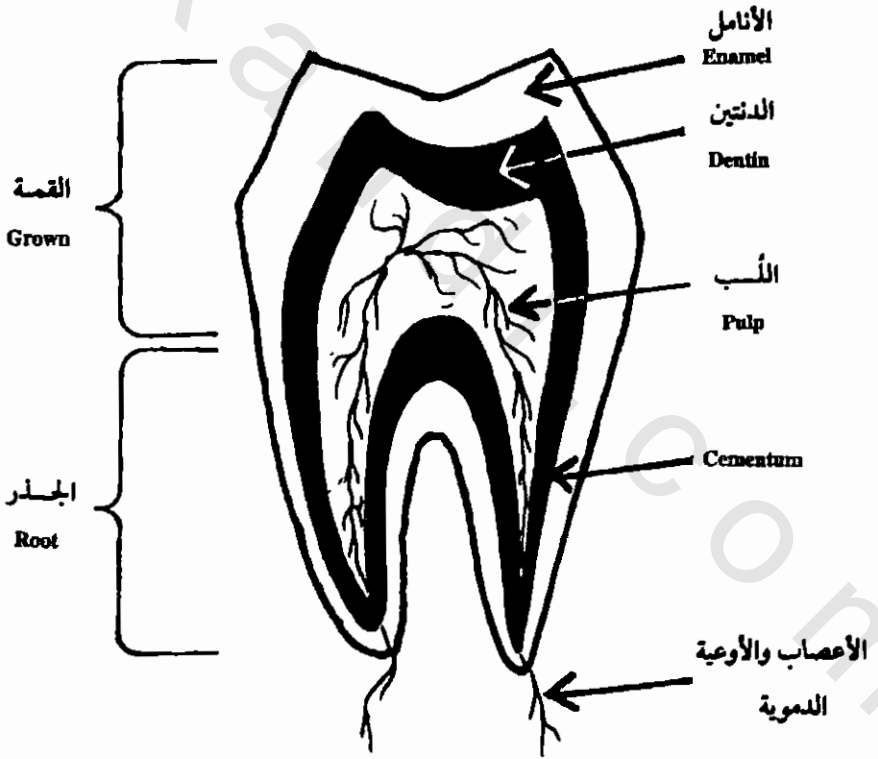
ويشكل عام تشكل المواد غير العضوية (بلّورات الأباتيت بصفة أساسية) حوالي ٦٠-٧٠٪ من وزن العظام الجاف ، والمواد العضوية (الكولاجين) حوالي ٣٠-٤٠٪ ، والماء حوالي ١٥-٢٥٪ ، ويعتقد بأن عملية التكلس calcification في العظام تحدث نتيجة لتجمع جزيئات فوسفات الكالسيوم الثنائية Ca_2HPO_4 ، التي تتكشف ثلاثة جزيئات منها لتكون جزيء فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ ، يلي ذلك انضمام أيونات الفلور (F) والهيدروكسيل (OH^-) والكربونات (CO^{2+}) لتكون المركب البلّوري المعروف باسم هيدروكسي أباتيت $(OH)_2Ca_{10}(PO_4)_6$ والمسؤول عن إعطاء الهيكل الصلب للعظام .

وبالإضافة إلى الكالسيوم والفوسفور والمعادن الأخرى والتي تدخل في تكوين العظام فإن هناك عوامل أخرى لها دور أساسي في بناء العظام مثل فيتامين د (Vit.D) اللازم لامتصاص الكالسيوم ، والفوسفور وفيتامين ج (Vit. C) والمغنسيوم والمنجنيز الضرورية لتكوين الكولاجين والمواد اللاصقة الأخرى ، وإنزيم الفوسفوتيز Phos-photase الضروري لعملية التكلس ، حيث يساعد على فصل مجموعة الفوسفات من الإسترات العضوية .

٢ - تكوين وتطور الأسنان Formation and development of teeth

يدخل الكالسيوم والفوسفور في تكوين الأسنان ، كما هو الحال بالنسبة للعظام . وتتكون الأسنان من طبقة الأنامل enamel الخارجية التي تحتوي على ٩٩٪ مواد غير عضوية (منها ٣٧٪ كالسيوم و ١٧٪ فوسفور) و ٥ ، ٠٪ مواد عضوية (بروتين الكيراتين keratin) ، يليها طبقة الدنتين dentin المحيط بلب السن tooth pulp والتي تحتوي على

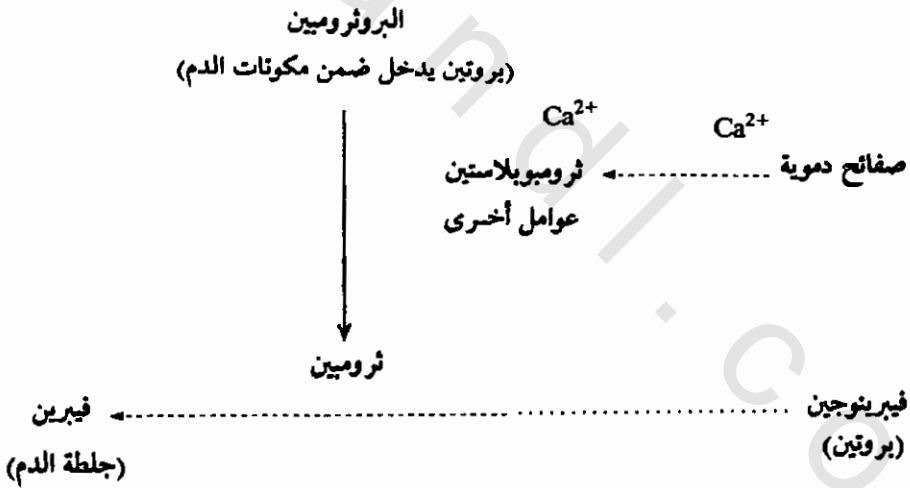
٧٧٪ مواد غير عضوية (٤٥٪ كالسيوم و ١٢٪ فوسفور) و ٢٣٪ مواد عضوية (بروتين الكولاجين collagen). وتنصح الأم أثناء فترة الحمل والرضاعة بزيادة الكميات المتناولة من الكالسيوم والفوسفور (٤ أكواب حليب في اليوم) نظرًا لأن أسنان الجنين تبدأ في التكوين من الأسبوع الخامس من الحمل، بينما يحدث التكلس calcification في الأسبوع العشرين، كما يوصى بإعطاء الطفل بعد الولادة احتياجاته الكاملة من الكالسيوم نظرًا لأن أسنانه تبدأ في الظهور بعد الشهر الرابع حتى يبلغ ثلاث سنوات، بينما يبدأ تكلس ضروس العقل wisdom teeth ما بين عمر ٨-١٠ سنوات، تقلد نسبة الكالسيوم في أسنان الشخص البالغ بحوالي ١٪ من الكالسيوم الكلي في الجسم، أي حوالي ١١ جراما. والشكل (٩، ١) يوضح تتابع الطبقات في السن.



شكل (٩، ١). تتابع الطبقات في السن.

٣ - المساعدة على تجلط الدم Aid clotting of blood

إن تجلط الدم يعتمد على عدة عوامل، منها محتوى الدم من الكالسيوم، الذي يعمل على تحفيز بعض مراحل عملية التجلط كما ذكر سابقاً، فمثلاً عند حدوث قطع أو جرح في الجسم تنطلق أيونات الكالسيوم الحرة التي تشكل حوالي ٥٠٪ من كالسيوم الدم الكلي إلى المكان المصاب، مما يحفز الصفائح الدموية blood platelets المصابة على إفراز الثرومبوبلاستين thromboplastin الذي يحول البروثرومبين prothrombin إلى ثرومبين thrombin بمساعدة الكالسيوم، ثم يعمل الثرومبين على تحويل مادة الفيبرينوجين fibrinogen القابلة للذوبان في الماء إلى مادة الفيبرين fibrin الصلبة والمكونة لجلطة الدم blood clot. يتبين مما سبق ذكره أن تناول وجبات غذائية غنية بالكالسيوم له تأثير مباشر على الفترة الزمنية اللازمة لحدوث تجلط الدم، وفيما يلي خطوات تكون جلطة الدم بمساعدة الكالسيوم:



٤ - تحسين نفاذية أغشية الخلايا Improve permeability of cell membranes

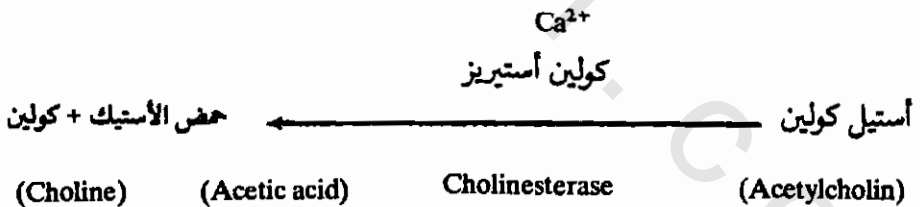
يعمل الكالسيوم على زيادة نفاذية أغشية الخلايا، مما يساعد على حدوث عملية الامتصاص للعناصر الغذائية في الأمعاء، وكذلك تسهيل مرور السوائل وبعض الأيونات ions إلى داخل وخارج الخلايا، وهذا كله يحافظ على توازن محتويات الخلايا، يتحكم في وصول الغذاء إلى الخلايا.

٥ - تنظيم انقباض العضلات Regulation of muscular contractions

يتطلب حدوث انقباض وارتخاء relaxation في عضلات القلب -cardiac muscles أو عضلات العظام skeletal muscles وجود نسبة معينة من الكالسيوم، حيث إن العضلات تتألف من ألياف عضلية myofibrils مكونة من لاكتين وميوسين وأنسجة شبكية أنبوبية tubular reticulums مرتبط بها الكالسيوم، وتنطلق ذرات الكالسيوم وتنفصل عن الأنسجة الشبكية الأنبوبية عند حدوث الانقباض contraction، بينما ترتبط معها عند حدوث الارتخاء relaxation ويساعد على ذلك عناصر معدنية أخرى مثل البوتاسيوم والمغنسيوم.

٦ - نقل منبهات الأعصاب Transmission of nerve impulse

يساعد الكالسيوم على تكوين مادة الأسيتيل كولين acetylcholin اللازمة لنقل منبهات الأعصاب nerve impulse عند نقط اتصال الأعصاب ببعضها synapses أو عند نقطة اتصال الأعصاب مع العضلات، كما أن الكالسيوم ينشط الإنزيم المحلل للمادة الناقلة لمنبهات الأعصاب، مما يؤدي إلى نقل الرسائل العصبية من خلية إلى أخرى.



٧ - تنشيط الإنزيمات Activation of enzymes

يساعد الكالسيوم في تنشيط العديد من إنزيمات التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الجسم مثل إنزيم الليباز البنكرياسي pancreatic lipase و adenosine triphosphatase (ATPase) وسكسينيك دي هيدروجيناز succinic dyhydrogenase والفسفاتيز الحامضي acid phosphatase وكولين إستيريز cholinesterase وإنزيمات أخرى محللة للبروتين.

٨ - وظائف أخرى Other functions

يساعد الكالسيوم على امتصاص الكوبالامين (فيتامين ب ١٢) من الأمعاء واللفائفي ileum ، وينظم إفراز الأنسولين من البنكرياس ، ويسبب حدوث زيادة في طول الشخص ، ويساعد على إفراز الحليب وتثوره في المعدة ، ويحسن من امتصاص الكربوهيدرات .

(٣ ، ٤ ، ٩) مصادر الكالسيوم الغذائية Dietary sources of calcium

يعد الحليب ومشتقاته من أغنى المصادر الغذائية بالكالسيوم ، حيث إن تناول الشخص البالغ كوبا واحدا من الحليب الكامل الدسم أو الفرز يمدّه بحوالي ٢٩٠ ملليجرام كالسيوم في اليوم ، كما أن احتواء الحليب على سكر اللاكتوز وفيتامين د يزيد من معدل امتصاص الكالسيوم فيه ، ولضمان حصول الشخص على احتياجاته اليومية من الكالسيوم ، فإنه يوصى بتناول كوين من الحليب للبالغين وثلاثة أكواب للأطفال والحوامل والمسنين وأربعة أكواب للمراهقين والمرضعات ، كذلك تعد اللحوم من المصادر الغذائية الغنية بالكالسيوم ، حيث إن تناول ٩٠ جراما (٣ أوقيات) من الساردين بالعظم sardines أو السالمون المعلب بالعظام canned salmon أو ثلاثة أرباع كوب من المحار oysters يمد الجسم بحوالي ٣٧٢ ملليجراما و ١٦٧ ملليجراما و ١٧٠ ملليجراما كالسيوم على التوالي ، وتعتبر الخضروات الورقية الخضراء من أغنى المصادر النباتية بالكالسيوم خصوصا السبانخ والراوند rhubarb ، إلا أنها تحتوي على حمض الأكساليك oxalic acid الذي يرتبط بالكالسيوم لتكوين معقد غير قابل للامتصاص من خلال جدار الأمعاء ، كما أن الحبوب الكاملة تحتوي على حمض الفيتيك phytic acid الذي يتحد مع الكالسيوم لتكوين معقد غير قابل للامتصاص ، وتعتبر الخضروات الورقية الخضراء الخالية من حمض الأكساليك ، بالإضافة إلى أنها مصدر جيد للكالسيوم فإنها تسهل امتصاصه في الأمعاء . لا يستطيع بعض الأطفال تناول الحليب كمصدر للكالسيوم نظراً لأنه يسبب الحساسية allergy أو لعدم تحمل اللاكتوز -lactose intoler ، لهذا فإن هؤلاء الأطفال يمكن أن يتغذوا على مصادر أخرى للكالسيوم مثل حليب فول الصويا المدعم fortified soy milk أو على مدعّمات أملاح الكالسيوم cal-

cium salt supplements مثل جلوكونات الكالسيوم calcium gluconate ولاكتات الكالسيوم calcium lactate وكربونات الكالسيوم calcium carbonate وكبريتات الكالسيوم calcium sulphate وسترات الكالسيوم، كما يمكن للمرأة الحامل والمرضع الاعتماد على هذه المصادر للحصول على احتياجاتها العالية من الكالسيوم، ويعتبر الفول السوداني peanut وفول الصويا مصدرين لا بأس بهما للكالسيوم، لكن المصدر الأول يحتوي على حمض الأكساليك المضاد لامتصاص الكالسيوم، ويتضمن الجدول (٩، ٢) محتوى بعض الأغذية من الكالسيوم.

جدول (٩، ٢). محتوى بعض الأغذية من الكالسيوم calcium والفوسفور phosphorus.

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (متوسط الحصة Average serving)	الكالسيوم (ملليجرام)	الفوسفور (ملليجرام)
فول سوداني عحمص بالقشرة	ثلثا كوب	٦٩	٣٩١
لحم الديك الرومي - مشوي	٣ أوقية	٧	٢١٣
سمك الهلبوت halibut - مشوي	٤, ٥ أوقية	٢٠	٣١٠
حليب فرز	١ كوب (٨ أوقية)	٢٩٦	٢٣٣
حليب كامل الدسم	١ كوب (٨ أوقية)	٢٨٨	٢٢٧
لحم الدجاج - مشوي	٣, ٣٣ أوقية	١٢	٢٤٢
لحم بقري مفروم - همبركر	٣ أوقية	١٠	١٩٦
محار oyster - غير مطهو	٦ حبات	٨١	١٢٣
جبين شدر cheddar			
بازلاء مطهوه	ثلثا كوب	٢٥	١٠٥
بيض poached	١ حبة كبيرة	٥١	١٢١
شرائح القمح	١ كوب	١٢	٨٣
فزة سكرية sweet corn - معلبة	ثلثا كوب	٤	١٠٢
سبانخ مطهوه	نصف كوب	٨٩	٣٤
خبز أبيض مدعم	١ شريحة	٢١	٢٤
بطاطس مطهوه*	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	٦	٤٨

تابع جدول (٩، ٢).

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (متوسط الحصة Average serving)	الكالسيوم (ملليجرام) الفوسفور (ملليجرام)
الخضروات الورقية الخضراء والصفراء*	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٤٤
برتقال*	١ حبة متوسطة	٣٥
بازلاء جافة مطهية*	١ كوب	٩٠
بازلاء خضراء مطهية*	نصف كوب	٢٠
فاصوليا خضراء مطهية*	نصف كوب	٣٠
الحبوب المطهية (أرز، معكرونة... الخ)*	نصف كوب (١٠٠ جرام)	٩
السبانخ المطهية*	نصف كوب	٨٥

المصدر: Krause and Maham (1979) والأغذية المؤشرة بعلامة * مأخوذة من مصادر أخرى متعددة، إن الكالسيوم الموجود في السبانخ يكون في صورة غير قابلة للامتصاص نظراً لاحتواءه مع حمض الأكساليك oxalic acid الموجود فيها.

(٩، ٤، ٤) أعراض نقص الكالسيوم Deficiency of calcium

تظهر أعراض نقص الكالسيوم على الشخص بسبب تناول وجبات غذائية فقيرة في محتواها من الكالسيوم أو فيتامين د الذي يحفز على امتصاص الكالسيوم من الأمعاء. كذلك قد تظهر الأعراض بسبب خلل فسيولوجي يؤدي إلى ضعف في امتصاص الكالسيوم، وتتمثل أعراض نقص الكالسيوم لدى الإنسان في التالي:

١ - مسامية (تخلخل) العظام Osteoporosis

يؤدي قلة توافر الكالسيوم في الغذاء لمدة طويلة خلال مرحلة البلوغ إلى سحب المعادن demineralization من العظام وضمورها وانخفاض كثافتها وسهولة كسرها fragile وصعوبة الشام الكسور بها، ويصاب الأشخاص المسنون بمرض مسامية العظام نتيجة لانخفاض معدل امتصاص الكالسيوم بسبب تقدم العمر، وبشكل عام فإن الاهتمام بتناول الكالسيوم في مرحلة الطفولة والشباب (٨٠٠ ملليجرام في اليوم)

يساعد على منع حدوث مسامية العظام في مرحلة الشيخوخة، لأن هذا يؤدي إلى زيادة مخزون الكالسيوم في العظام، ويمكن تلخيص أسباب حدوث مسامية العظام في التالي:

(أ) تناول أغذية فقيرة في محتواها من الكالسيوم لمدة طويلة خصوصاً في مراحل الطفولة والشباب .

(ب) انخفاض في معدل امتصاص الكالسيوم نتيجة الإصابة ببعض الأمراض في الجهاز الهضمي مثل مرض التغوط الدهني steatorrhoea أو نتيجة نقص تناول فيتامين د في الوجبة الغذائية .

(جـ) حدوث تغيرات هرمونية خصوصاً في النساء بعد سن انقطاع الطمث menopause (٤٥-٥٠ سنة)، حيث يحدث انخفاض في إفراز الجسم لهرمونات الجنس sexhormones خصوصاً الاستروجين estrogen ، إلا أنه لا تعرف ميكانيكية انخفاض الاستروجين في إحداث فقدان الكالسيوم من العظام، ولقد وجد أن أعراض مسامية العظام تكون واضحة في العظم الحوضي pelvic bone (ضمور عظام الحوض) .

(د) تكرار الحمل والرضاعة دون تناول كمية مناسبة من الكالسيوم .

(هـ) النشاطات العضلية والتدخين وعوامل وراثية لها تأثير على حدوث مسامية العظام .

وتجدر الإشارة إلى أنه يحدث ضمور في طول وحجم عظام الشخص المصاب بمسامية العظام مقارنة بعظام الشخص السليم، ولا يمكن معالجة هذا المرض بإعطاء جرعات من فيتامين د إلا أن تناول كميات الكالسيوم الموصى بها خلال مراحل العمر المختلفة يقي الإنسان من الإصابة بهذا المرض .

٢ - الكساح Rickets

هو عبارة عن مرض يصيب الأطفال نتيجة نقص مخزون الكالسيوم في العظام، ولا تحدث الإصابة بالكساح نتيجة تناول أغذية فقيرة في الكالسيوم، ولكنها تحدث بسبب قلة توافر فيتامين د في الوجبة، مما يؤدي إلى مرور الكالسيوم في الأمعاء دون أن يمتص لأن نقص

فيتامين د يقلل من إنتاج البروتين الذي يرتبط بالكالسيوم عند عبوره جدار الأمعاء، كما أن عدم القدرة على تخزين الكالسيوم في عظام الأطفال يؤدي إلى ظهور أعراض أخرى مثل تقوس الأرجل bowed legs ، وتضخم عظام الرسغ wrist وتأخر النمو growth retardation وتشوهات في عظام القفص الصدري (صدر الحمامة) وتقوس العمود الفقري وتضخم النهاية السفلى لعظم الفخذ femur وقصر الساق tilia ، وتكثر الإصابة بمرض الكساح بين الأطفال الذين يعيشون في المناطق الصناعية، حيث إن الدخان والغبار يعملان على حجب الأشعة فوق البنفسجية اللازمة لتصنيع فيتامين د تحت الجلد من مركب ٧ - ديهيدرو كولسترول، كما ينتشر المرض بين الطبقات الفقيرة نظراً لأنها تعتمد في تغذيتها على الأطعمة الرخيصة الثمن مثل الحبوب والبقوليات التي تتميز باحتوائها على نسب مرتفعة من حمض الفتيك المشبث لامتناس الكالسيوم.

٣ - التشنج (التكزز) Tetany

يحدث التكزز نتيجة لانخفاض مستوى الكالسيوم في الدم إلى ما يتراوح بين ٤ و ٨ ملليجرامات / ١٠٠ مليلتر، ويؤدي ذلك إلى تشنجات لا إرادية spasms في الأطراف extremities نتيجة تهيج الأعصاب والعضلات، ولهذا تسمى هذه الحالة أحياناً بتشنج الكالسيوم calcium tetany ، ولقد وجد أن هذا المرض يمكن أن يصيب الأطفال والبالغين، إلا أنه يحدث بمعدل أكبر بين الأطفال خصوصاً الذين يعتمدون في تغذيتهم على حليب الزجاج الصناعية bottle feeding ، كما وجد أن الإصابة بمرض التكزز لا يكون بسبب قلة توافر الكالسيوم في الغذاء، ولكنها تعزى إلى عدة عوامل متعددة من أهمها:

(أ) تناول أغذية فقيرة في محتواها من فيتامين د الذي يحفز على امتصاص الكالسيوم من خلال جدار الأمعاء .

(ب) انخفاض في إفراز هرمون الباراثيرويد (PTH) بسبب حدوث خلل أو قصور في وظيفة الغدة الجنبدرقية parathyroid ، حيث إن هذا الهرمون ينظم مستوى الكالسيوم في الدم .

(ج) ضعف في امتصاص الكالسيوم من الأمعاء .

(د) الإصابة بمرض الكساح أو أمراض الكلى أو لين العظام أو الأمراض المعدية،

حيث إن التركيز يرتبط بهذه الأمراض بالنسبة للأشخاص البالغين. وتجدر الإشارة إلى أن معدل امتصاص الكالسيوم من حليب الأم أكبر من معدل امتصاصه من حليب البقر نظرًا لأن نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في حليب الأبقار أكثر من ١:٢. ويمكن معالجة مرض التركيز بإعطاء المريض جرعات كبيرة من الكالسيوم في صورة مستحضر طبي، بالإضافة إلى تناول أغذية غنية بالكالسيوم وفيتامين د مثل الحليب (٢ كوب في اليوم) ومشتقاته.

٤ - لين العظام Osteomalacia

يصاب الشخص بمرض لين العظام نتيجة لاستنزاف المواد اللاعضوية من العظام خصوصًا الكالسيوم والفوسفور بسبب نقص مستوى الكالسيوم في الدم أو قلة توافره في الغذاء، ويصيب هذا المرض بكثرة النساء الحوامل اللاتي يتكرر حملهن، حيث يؤدي هذا إلى استنزاف مخزون الكالسيوم في العظام، ومن أسباب الإصابة بمرض لين العظام تناول الشخص وجبات غذائية فقيرة في محتواها من الكالسيوم وفيتامين د وعدم التعرض إلى ضوء الشمس، بالإضافة إلى الإصابة بأمراض في الجهاز الهضمي مثل مرض التغوط الدهني steatorrhea ومرض السلياك celiac disease اللذين يصاحبهما إسهال وخروج كمية كبيرة من الدهن، حيث إن الدهن غير الممتص يتحد مع الكالسيوم في الأمعاء لتكوين صابون soaps غير قابل للذوبان والامتصاص من خلال جدار الأمعاء، كما أن أمراض الكلى المزمنة تسبب خروج كمية كبيرة من الكالسيوم مع البول، ويتميز مرض لين العظام بضعف عام وطراوة العظام وآلام في الأرجل والضلوع وضعف في العضلات، كما يجد المريض صعوبة في صعود السلالم أو المشي، ولقد أمكن معالجة بعض حالات من مرض لين العظام بإعطاء جرعات من فيتامين د.

وتجدر الإشارة إلى أن عظام الشخص المصابة بمرض لين العظام تكون متشابهة في حجمها مع العظام السليمة، إلا أنها تكون أقل في محتواها من الكالسيوم والفوسفور.

(٩، ٤، ٥) احتياجات الكالسيوم اليومية Daily requirements of calcium

لقد حددت احتياجات الكالسيوم اليومية للبالغين على أساس أنها تفي باحتياجات الجسم وتغطي الفاقد اليومي منه مع البراز (١٢٥ ملليجراما) والبول (١٧٥ ملليجراما)

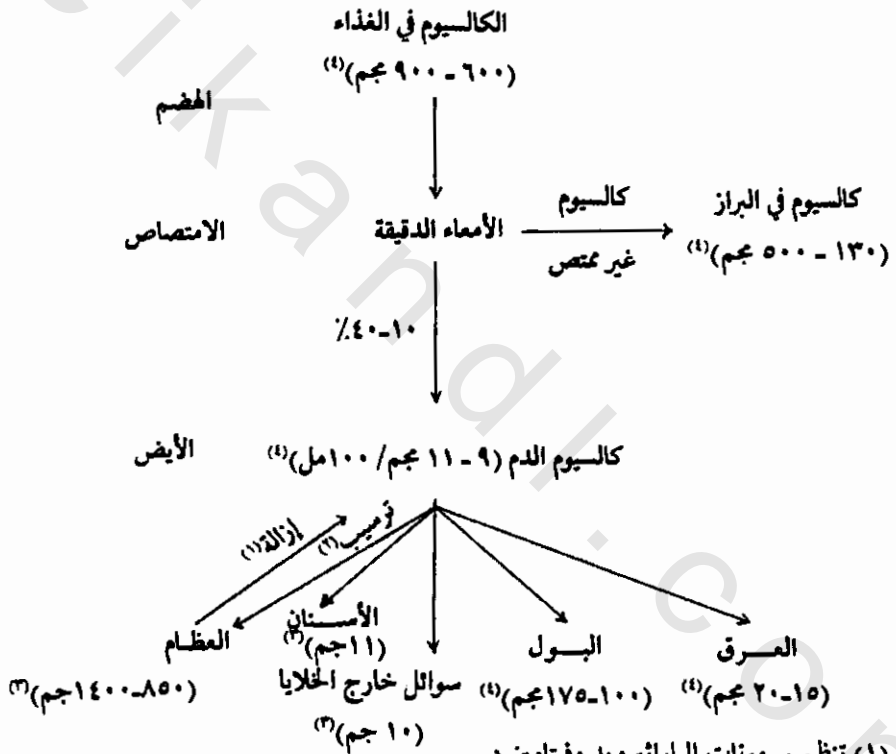
والعرق (٢٠ ملليجراما)، أي أن الكميات المتناولة من الكالسيوم يجب أن تؤدي إلى توازن موجب لهذا العنصر داخل الجسم (حيث تكون الكمية المتناولة أكبر من الكمية المفقودة)، وتوصي هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م) بتناول ٨٠٠ ملليجرام من الكالسيوم يوميا للأطفال والبالغين والمسنين و ١٢٠٠ ملليجرام للمراهقين (١١-١٨ سنة) والحوامل والمرضعات، كما أوصت منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO بتناول ٤٠٠-٥٠٠ ملليجرام من الكالسيوم يوميا للأطفال ما بين عمر ١-٩ سنوات وللبالغين والبالغات، و ٦٠٠-٧٠٠ ملليجرام يوميا للمراهقين والمراهقات (١٠-١٥ سنة) و ٥٠٠-٦٠٠ ملليجرام للرضع والمراهقين والمراهقات ما بين ١٦-١٩ سنة، أما الحوامل والمرضعات فقد حددت الكمية المتناولة يوميا من الكالسيوم بحوالي ١٠٠٠-١٢٠٠ ملليجرام.

يتضح مما ذكر أعلاه أن هناك زيادة كبيرة في كمية الكالسيوم التي تتناولها المرأة أثناء فترة الحمل والرضاعة، ويعزى ذلك إلى زيادة حاجة الأم وإلى نمو وتطور الهيكل العظمي في الجنين، وكذلك لتكوين الحليب، وقد أشارت الدراسات إلى أن الجنين يحتاج إلى حوالي ٣٠ جراما من الكالسيوم حتى يصل إلى النمو الكامل له، كما يفرز يوميا حوالي ٣٠٠ ملليجرام من الكالسيوم في حليب الأم.

(٩، ٤، ٦) امتصاص الكالسيوم ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of calcium

يُمتص الكالسيوم جزئياً (١٠-٤٠٪) في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة حيث يعمل الوسط به إلى الحموضة وذلك بطريقة النقل النشط active transport (يتصل فيها الكالسيوم بالبروتين الناقل للكالسيوم Ca-carrier protein وتتطلب طاقة)، وأحياناً بطريقة الانتشار passive diffusion (من التركيز العالي في الأمعاء إلى التركيز المنخفض في الدم) إلى الدم مباشرة. أما الكالسيوم غير الممتص من خلال جدار الأمعاء الدقيقة فإنه يخرج مع البراز، ويكون معظمه في صورة أملاح غير قابلة للذوبان في الماء، وتكون كمية الكالسيوم في البراز عالية، إذا كانت الوجبة الغذائية محتوية على نسبة عالية من حمض الأكساليك والفيتيك ونسبة منخفضة من فيتامين د. ثم ينتقل الكالسيوم في صورة حرة بواسطة بلازما

الدم إلى أنسجة الجسم المختلفة مثل العظام والأسنان، ويخرج الزائد مع البول، ويوجد الكالسيوم في الدم بتركيز ثابت يتراوح ما بين ٩-١١ ملليجراما / ١٠٠ مليلتر من الدم، وينظم ذلك هرمونات الباراثيرويد، تحتوي العظام على حوالي ٩٩٪ من كمية الكالسيوم في الجسم، ولهذا فهي تعتبر المخازن الرئيسية للكالسيوم، ويوجد فيها الكالسيوم في صورة مخازن إبرية trabeculae في أطراف العظام عندما يكون مستوى الكالسيوم في الجسم مناسباً، ويسهل سحب الكالسيوم من هذه المخازن عند الحاجة إليه. ويوضح شكل (٢، ٩) امتصاص ونقل وتخزين وإخراج الكالسيوم في الإنسان.



(١) تنظم بهرمونات الباراثيرويد وفيتامين د.

(٢) ينظم بفيتامين د وفيتامين ج وهرمون الكالسيونين.

(٣) الكمية الكلية في الأنسجة.

(٤) الكميات المتبادلة يومياً.

شكل (٢، ٩). امتصاص الكالسيوم ونقله وتخزينه وإخراجه في الإنسان.

Factors affecting on absorp- (٩, ٤, ٧) العوامل التي تؤثر على امتصاص الكالسيوم tion of calcium

هناك عدة عوامل تحدد امتصاص الكالسيوم من خلال جدار الأمعاء أهمها:

١ - احتياجات الجسم Body needs

يختلف معدل امتصاص الكالسيوم من شخص لآخر حسب احتياجات الجسم، فمثلاً تتراوح نسبة امتصاص الكالسيوم في الشخص البالغ السليم ما بين ١٠ و ٤٠٪، بينما تزداد هذه النسبة في الحوامل والمرضعات إلى ٥٠-٦٠٪، كما أن نسبة امتصاص الكالسيوم من حليب الأم في الأطفال تصل إلى حوالي ٧٥٪ نظراً لأن هذه الفترة الزمنية يحدث فيها أكبر معدل للنمو بالنسبة للطفل، إلا أن معدل استفادة الطفل من الكالسيوم في حليب الأبقار لا تتجاوز ٤٠٪ على الرغم من احتوائه على نسبة أعلى من الكالسيوم عما في حليب الأم.

٢ - كمية الكالسيوم في الغذاء Quantity of calcium in food

أشارت الدراسات إلى أن نسبة الكالسيوم الممتصة من الغذاء تقل كلما زادت الكمية المتناولة منه والعكس، لهذا يلاحظ أن معدل امتصاص الكالسيوم يكون مرتفعاً في المجتمعات التي اعتادت على تناول كميات منخفضة منه في الغذاء.

٣ - حموضة المعدة والأمعاء Acidity of gastrointestinal tract

يزداد امتصاص الكالسيوم من الأمعاء إذا كان الوسط حامضياً، وذلك نتيجة لارتفاع معدل ذوبانه فيه، لهذا يعتبر حمض الهيدروكلوريك في المعدة من العوامل المهمة التي تؤثر على امتصاص الكالسيوم، ويؤدي تناول بعض الأغذية إلى زيادة حموضة الجهاز الهضمي وبالتالي زيادة معدل امتصاص الكالسيوم منه، ومن الأمثلة على ذلك الحبوب cereals والأغذية البروتينية protein food وسكر لاکتوز الحليب الذي يتحول إلى حمض لاکتيك في المعدة مما يؤدي إلى ارتفاع حموضتها، كما أن سكر اللاكتوز يتحد مع الكالسيوم ليكون معقد كالسيوم وسكرًا ذائبًا في الماء، مما يسهل مرور الكالسيوم من

خلال جدار الأمعاء الدقيقة ويحسن من امتصاصه، أي أن الكالسيوم يشابه فيتامين د في وظيفته، ولكن في الوسط القاعدي تتكون أملاح فوسفات الكالسيوم الثلاثية التي لا تذوب بسهولة في الماء، مما يجعل امتصاص الكالسيوم صعباً وضعيفاً.

٤ - فيتامين د Vitamin D

يزيد وجود فيتامين د من معدل امتصاص الكالسيوم، وذلك من خلال تحسينه لنفاذية جدار الأمعاء، لهذا فإن تدعيم الحليب بفيتامين د يضمن حصول الطفل على احتياجاته اليومية منه، بالإضافة إلى أنه يزيد من امتصاص الكالسيوم والفوسفور من الحليب، ويتحكم هرمون الباراثيرويد (PTH) الذي يفرزه الجسم عندما ينخفض مستوى الكالسيوم في الدم في تصنيع فيتامين د النشط. حيث يعمل هرمون الباراثيرويد على تحفيز الكليتين على تحويل فيتامين د ٣ غير النشط (25-OH D3) إلى فيتامين د ٣ النشط (1,25-[OH] D) الضروري لتكوين حامل البروتين protein carrier الذي يرتبط به الكالسيوم عند عبور جدار الأمعاء الدقيقة، كما يحفز فيتامين د بمساعدة هرمون الباراثيرويد على تعبئة وتخزين الكالسيوم في العظام.

٥ - نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في الوجبة Ratio of calcium to phosphorus

in diet

يؤدي وجود الكالسيوم والفوسفور في الوجبة الغذائية بنسبة ١:٢ إلى حدوث أعلى مستوى لامتناس الكالسيوم في الأشخاص البالغين، أما بالنسبة للأطفال والحوامل والمرضعات، فإن أعلى امتصاص للكالسيوم يتم عندما تكون نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في الوجبة ١:١، ويؤدي زيادة نسبة أحد العنصرين إلى ترسيب العنصر الآخر وإلى تكوين أملاح فوسفات الكالسيوم الصعبة الذوبان، وقد وجد أن تناول كميات كبيرة من المشروبات الخفيفة soft drinks والأغذية المصنعة الغنية بمضافات الفوسفات phosphate additives يقلل من امتصاص الكالسيوم نظراً لأنها تزيد من نسبة الفوسفور، أي تقلل من نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور.

٦ - وجود البروتين في الوجبة Presence of protein in diet

يؤدي وجود البروتين في الوجبة الغذائية إلى زيادة معدل امتصاص الكالسيوم في الأمعاء، وقد يرجع ذلك إلى سهولة ذوبان الكالسيوم في محاليل الأحماض الأمينية أو لأن الكالسيوم يكون مع الأحماض الأمينية وخصوصاً اللايسين والأرجينين والسيرين معقدًا سهل مروره من خلال جدار الأمعاء، إلا أن تناول كميات زائدة من البروتين يؤدي إلى إخراج الكالسيوم مع البول.

٧ - وجود حمض الفيتيك في الوجبة الغذائية Presence of phytic acid in diet

يؤثر وجود حمض الفيتيك في الغذاء سلباً على امتصاص الكالسيوم، حيث يشكل مع الكالسيوم معقدًا غير ذائب في الماء insoluble calcium complex (فيتات الكالسيوم) ويصعب امتصاصه من خلال جدار الأمعاء، وهو يخرج مع البول وكثيراً ما يتراكم في المجاري البولية مشكلاً الحصى، وتحتوي الحبوب الكاملة (القشور الخارجية) والبقوليات legumes على نسب مرتفعة من حمض الفيتيك الذي لا يقتصر ضرره على خفض نسبة امتصاص الكالسيوم بل إنه يضعف من امتصاص بعض العناصر المعدنية الأخرى مثل الزنك والحديد والمغنسيوم، مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقصها على الشخص، وتجدر الإشارة هنا إلى أن حمض الفيتيك يمكن استعماله في الحالات التي تستدعي خفض نسبة امتصاص الكالسيوم.

٨ - وجود كمية كبيرة من الألياف في الوجبة الغذائية Presence of excess

amount of dietary fiber in diet

يتعارض احتواء الوجبة الغذائية على كمية مفرطة من الألياف الغذائية مع امتصاص الكالسيوم نظراً لأن الألياف تكون غنية بحمض الأكساليك oxalic acid الذي يتحد مع الكالسيوم لتكوين أكسالات الكالسيوم (أملاح لا تمتص) غير القابلة للذوبان في الماء، مما يعوق امتصاص الكالسيوم، ويخرج معقد أكسالات الكالسيوم مع البول وكثيراً ما يتراكم في المجاري البولية مشكلاً الحصى، كما تحتوي الألياف على

حمض الفيتيك phytic acid وحمض اليورنيك uronic acid وكلاهما يكون مع الكالسيوم معقداً غير قابل للذوبان في الماء، ويوجد حمض الأكساليك العضوي في العديد من الأغذية مثل الكاكاو cocoa والراوند rhubarb والشوندر السويسري swiss chard، وتجدر الإشارة هنا إلى أن السبانخ وبعض الخضروات الأخرى تحتوي على نسبة مرتفعة من الكالسيوم الذي يكون مع حمض الأكساليك معقداً غير قابل للذوبان في الماء مما يضعف من امتصاص الكالسيوم كما ذكر آنفاً.

٩ - فيتامين ج Vitamin C

يزيد فيتامين ج من نسبة امتصاص الكالسيوم من الأمعاء، لأنه يسهل من ذوبان أملاح الكالسيوم.

١٠ - وجود كمية كبيرة من الدهون في الوجبة الغذائية Presence of excess fat in diet

تؤدي الكمية الزائدة من الدهون في الغذاء إلى خفض معدل امتصاص الكالسيوم من الأمعاء، حيث إن الأحماض الدهنية المشبعة طويلة السلسلة تكون صابوناً كلسياً calcium soaps غير قابل للذوبان في الماء، ويسبب ذلك خروج الكالسيوم مع البراز، إلا أن الأحماض الدهنية القصيرة والمتوسطة السلسلة الكربونية لا تؤثر سلباً على امتصاص الكالسيوم، كما أن امتصاص الكالسيوم يتأثر سلباً بجميع العوامل التي تقلل من امتصاص الدهون مثل أمراض الجهاز الهضمي أو نقص إفراز أملاح الصفراء.

١١ - النشاطات العضلية Physical activities

تعمل النشاطات الرياضية على زيادة معدل امتصاص الكالسيوم من الأمعاء والعكس، كما أن الإرهاق والتعب يقلل من معدل امتصاص الكالسيوم من الأمعاء.

١٢ - هرمونات النمو Growth hormones

تعمل هرمونات النمو على زيادة امتصاص الكالسيوم من الأمعاء، حيث إنها

تكون مركبات كالسيوم وأحماضاً أمينية قابلة للذوبان في الماء .

(٨ ، ٤ ، ٩) زيادة مستوى الكالسيوم في الدم Hypercalcemia

يعرف ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم عن المستوى الطبيعي بـ hypercalcemia أو calcium rigor ، وهو يؤدي إلى انقباض ألياف العضلات muscle fibers وعدم قدرتها على الارتخاء relaxation ، وتتمثل أعراض زيادة مستوى الكالسيوم في الدم بحدوث تصلب وتيبس في العضلات وترسب الكالسيوم في الأنسجة الطرية soft tissue وارتفاع مستوى الكالسيوم الخارج مع البول وفقد الشهية للأكل ونزيف في الجهاز الهضمي gastrointestinal bleeding وارتفاع ضغط الدم والكوليسترول في الدم ، وقد تؤدي زيادة مستوى الكالسيوم في الأطفال إلى حدوث تكلس في القلب والكليتين وتلف وتأخر عقلي في المخ ، ويؤدي ذلك في النهاية إلى موت الطفل ، ويمكن تلخيص أسباب ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم كالتالي :

(أ) تناول كميات مفرطة من فيتامين د الذي يعمل على تنشيط امتصاص الكالسيوم في القناة الهضمية .

(ب) زيادة معدل نشاط الغدة الجندرقية ، ويحدث ذلك فقط في الأشخاص الكبار ، ويسمى الهرمون الذي تفرزه الغدة الجندرقية عند انخفاض مستوى الكالسيوم في الدم بالباراثورمون parathormone ، وهو يعمل على زيادة امتصاص الكالسيوم من الأمعاء وزيادة انطلاق وتحرك الكالسيوم من العظام إلى الدم وزيادة إعادة امتصاص الكليتين renal resorption للكالسيوم .

(٩ ، ٤ ، ٩) تنظيم مستوى الكالسيوم في الدم Adjustment of calcium level in blood

يبقى مستوى الكالسيوم في الدم دائماً ثابتاً في الحالات الطبيعية وهو ١٠ ملليجرامات/ ١٠٠ مليلتر من الدم ، ويتم تنظيم ذلك بواسطة الغدة الجندرقية parathyroid glands الأربع التي تقع على سطح الغدة الدرقية thyroid ، كل اثنتين على جانب منها ، وتقوم الغدة الجندرقية بتنظيم مستوى الكالسيوم في الدم بواسطة إفراز

نوعين من الهرمونات هما :

(أ) هرمون الباراثورمون Parathormon hormone

تفرز الغدة الجنبدرقية هرمون الباراثورمون عند انخفاض مستوى الكالسيوم في الدم عن المستوى الطبيعي ، ويقوم هذا الهرمون بالمحافظة على مستوى الكالسيوم في الدم عن طريق زيادة امتصاص الكالسيوم من الأمعاء والعمل على تحفيز وتحريك الكالسيوم من العظام إلى الدم وكذلك تنشط أو زيادة إعادة امتصاص الكالسيوم من الكليتين renal resorption .

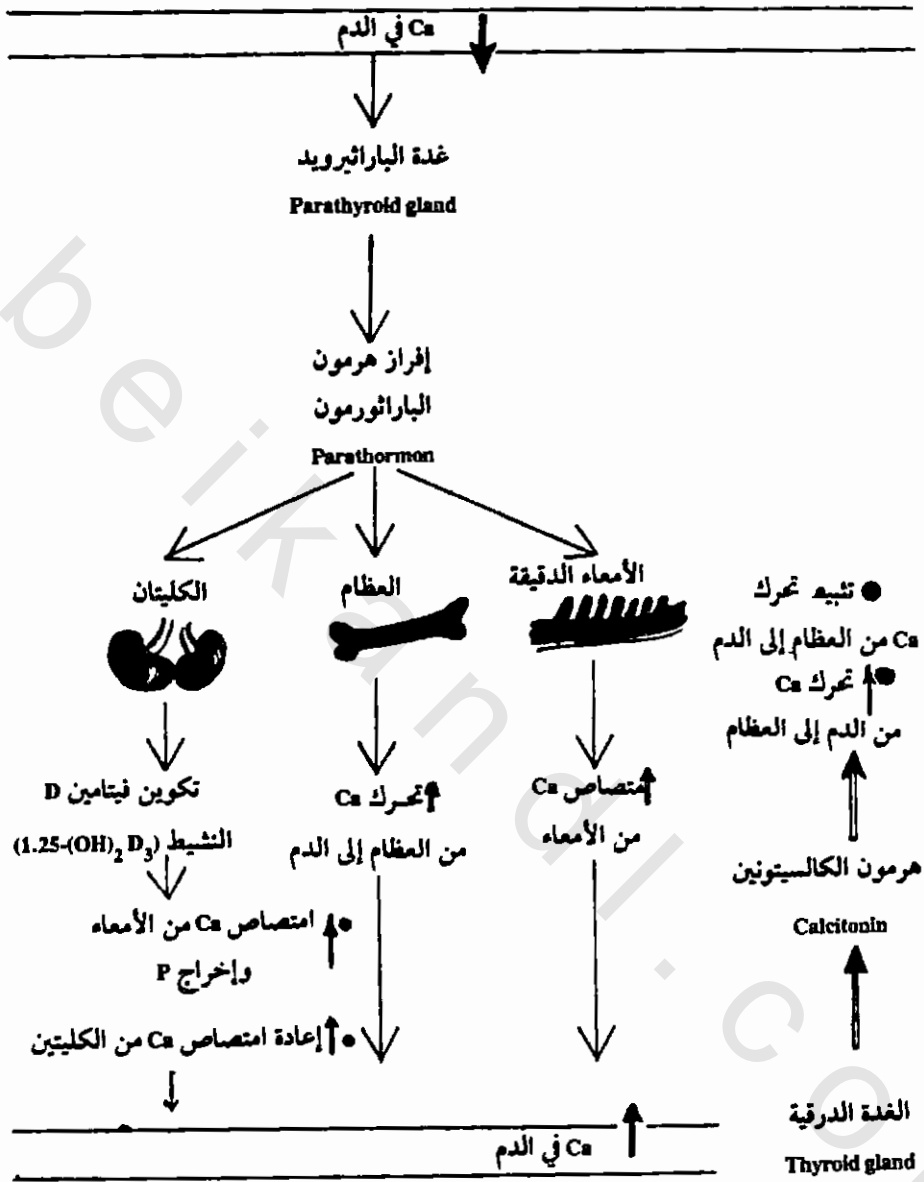
(ب) هرمون كالسيتونين Calcitonin

تفرز الغدة الجنبدرقية والدرقية هذا الهرمون عند ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم عن المستوى الطبيعي ، حيث يقوم بخفض مستوى الكالسيوم في الدم بواسطة تثبيط انطلاق أو تحرك الكالسيوم من العظام إلى الدم وزيادة تحرك الكالسيوم من الدم إلى العظام ، ولقد وجد أن استئصال الغدة الجنبدرقية جراحياً يسبب حدوث انخفاض في مستوى الكالسيوم في الدم وزيادة إفراز الكالسيوم مع البول واختفاء حالات التشنج .

كما يلعب فيتامين د دوراً بارزاً في تنظيم مستوى الكالسيوم في الجسم ، حيث يعمل على تنشيط امتصاص الكالسيوم من الأمعاء وكذلك يساعد على تحريك الكالسيوم من الدم إلى العظام (عملية التكلس Calcification)

كذلك فإن هرمونات الباراثيرويد PHT تساعد على إفراز الفوسفات في البول ، ويمنع ذلك ارتفاع نسبة الفوسفور إلى الكالسيوم في الدم مما يقي الفرد من الإصابة بالتكزز.

ويوضح الشكل (٣، ٩) تنظيم مستوى الكالسيوم في الدم لدى الإنسان .



شكل (٩,٣). تنظيم مستوى الكالسيوم في الدم لدى الإنسان.

Phosphorus (P) الفوسفور (٩, ٥)

Introduction المقدمة (٩, ٥, ١)

يعد الفوسفور العنصر المعدني الذي يأتي في الدرجة الثانية بعد الكالسيوم من حيث كميته وأهميته في الجسم، حيث يشكل ما يقرب من ١٪ من وزن الجسم (٥٦٠-٩٠٠ جم)، ويوجد ما يقرب من ٨٥٪ من مجموع الفوسفور الكلي في الجسم في العظام والأسنان متحدًا مع الكالسيوم في صورة أملاح فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ الصلبة غير العضوية (الأباتيت)، وهي غير ذائبة ومسؤولة عن إعطاء الهيكل الصلب لهما، أما الباقي فيوجد في خلايا وأنسجة وسوائل الجسم في صورة أملاح فوسفات الصوديوم $(NaPO_4)$ وفوسفات البوتاسيوم (KPO_4) غير العضوية، وتقدر كمية الفوسفور الموجودة في الدم بما يقرب من ٣٠-٤٥ ملليجراما لكل ١٠٠ مليلتر من الدم، ولقد وجد أن حوالي ٧٪ من الفوسفور الكلي في الجسم يوجد في العضلات $muscles$ كجزء من النواة وسيتوبلازم الخلية، وتكون نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور في العظام مرتفعة (٢: ١)، بينما تكون هذه النسبة منخفضة في الخلايا وسوائل الجسم، أي أن كمية الكالسيوم أكثر من الفوسفور في العظام، بينما كمية الفوسفور الموجود في الخلايا وأنسجة الجسم يكون مرتبطًا بمواد عضوية تسمى مركبات الفوسفور العضوية مثل البروتينات وبعض الإنزيمات والفوسفوليبيدات $phospholipids$ وحوامل الطاقة $(ATP و ADP)$ والأحماض النووية $(DNA و RNA)$ وفوسفات الكرياتين وقرين إنزيم I وقرين إنزيم II وغيرها من المركبات العضوية، لهذا فإن توافر البروتينات والكالسيوم في الوجبة الغذائية يعتبر مؤثرًا جيدًا على توافر الفوسفور بها.

يعتبر الفوسفور والكالسيوم مترافقين من الوجهة الأيضية نظرًا لأنها يشتركان معًا في كثير من وظائفهما، ومن الأمثلة على ذلك ما يلي:

- (أ) يشتركان في تأثيرهما على امتصاص فيتامين د.
- (ب) يشتركان في تأثيرهما على هرمونات الغدة الجندرقية.
- (ج) يشتركان في تأثيرهما على نمو وتكوين العظام والأسنان.
- (د) يشتركان في مصدرهما الأساسي وهو الحليب ومشتقاته.

(هـ) يشتركان في أماكن تخزينهما في الجسم وهي العظام والأسنان .

(٢، ٥، ٩) وظائف الفوسفور Functions of phosphorus

تتمثل وظائف الفوسفور الفسيولوجية في جسم الإنسان في الآتي :

١ - تكوين وتطوير العظام والأسنان & Formation and development of bones

teeth

إن الوظيفة الأساسية للفوسفور هي أنه يدخل في بناء العظام والأسنان، حيث إنه يتحد مع الكالسيوم لتكوين أملاح فوسفات الكالسيوم (أملاح الأباتيت) المسؤولة عن إعطاء الصلابة والقوة للعظام والأسنان، إن عملية التكلس calcification تعني إسهام كل من الكالسيوم والفوسفور في تكوين العظام، حيث إنه عند بقاء عملية التكلس ينشط إنزيم الفوسفاتاز phosphatase مما يحفز على انطلاق release الفوسفور من مركبات الأنسجة العضوية إلى الدم لتعديل نسبة الكالسيوم والفوسفور إلى المستوى الأمثل اللازم لتكوين العظام.

٢ - تنظيم أيض الطاقة Regulation of energy metabolism

يدخل الفوسفور في تركيب الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) adenosine triphosphate المسؤول عن نقل وتخزين الطاقة في الخلايا أثناء عملية أيض الكربوهيدرات والبروتينات والدهون، ويتكون ATP عندما يتحد جزيء فوسفات مع جزيء أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) بواسطة رابطة غنية بالطاقة high bond energy phosphate، وتنطلق الطاقة التي تحتاجها أنسجة الجسم من هذه الرابطة عندما يتحول ATP إلى ADP، كما أن جزيئات الفوسفات تدخل في تركيب فوسفات الكرياتين التي تحتوي على روابط غنية بالطاقة وقابلة للتحويل إلى جزيئات ATP.

٣ - مكون أساسي في الأحماض النووية Component of RNA and DNA

يدخل الفوسفور في تركيب الـ RNA و DNA (الأحماض النووية) التي تهيمن على عمليات انقسام الخلايا والتكاثر ونقل الصفات الوراثية.

٤ - جزء أساسي في الفوسفوليبيدات Component of phospholipids

يعد الفوسفور مكوناً أساسياً يدخل في تركيب الفوسفوليبيدات التي تدخل في تكوين أغشية الخلايا cell membranes وتساعد على نقل الدهون في الدم وكذلك تلعب دوراً مهماً في تنظيم نفاذية أغشية الخلايا للمواد الغذائية المختلفة .

٥ - الفسفرة Phosphorylation

تحدث فسفرة للعديد من المواد أثناء العمليات الأيضية المختلفة في الجسم ، ومن الأمثلة على ذلك فسفرة الجلوكوز والجلوسرين (ارتباطهما بالفوسفات) لتسهيل امتصاصهما في الأمعاء ، كما أن امتصاص الجلوكوز بواسطة الخلايا وإعادة امتصاصه بواسطة الكلتيين يحتاج إلى فسفرة ، وتحدث الفسفرة للجلوكوز أثناء دورة التحلل السكري glycolysis لتكوين جلوكوز - ٦ - فوسفات .

٦ - منظم حموضة الجسم Buffer system

تلعب أملاح الفوسفات غير العضوية والموجودة في سوائل الجسم دوراً مهماً للمحافظة على اتزان الحموضة والقلوية في الجسم acid-base balance ، حيث إن أيونات الفوسفات لها القدرة على التفاعل مع أيونات الهيدروجين الزائدة في الجسم لتنظيم حموضة الجسم ($pH = 7.35 - 7.45$) ، نظراً للتوازن بين حمض الفوسفوريك وجزئيات الفوسفات (أملاح حمض الفوسفوريك) .

٧ - مكون المركبات أخرى في الجسم Other body compounds

يدخل الفوسفور في تركيب مواد أخرى في الجسم مثل إنزيم كو - كاربوكسيليز co-carboxylase وفوسفوكينيز phosphokinase وفيتامين ب ١ (ثيامين بيروفوسفات) .

(٩ ، ٥ ، ٣) مصادر الفوسفور الغذائية Dietary sources of phosphorus

يتوافر الفوسفور في العديد من الأغذية الحيوانية والنباتية ، لهذا فإن احتمال وجوده بكميات كبيرة في الوجبة الغذائية أكثر من احتمال نقصه فيها ، ويوجد الفوسفور بنسب

مرتفعة في مجموعة اللحوم meat group مثل اللحوم الحمراء والدواجن والأسماك والبيض، كما يوجد بكميات كبيرة في مجموعة الحليب ومشتقاته milk and milk products مثل الحليب السائل والجبن والزبادي والروب، لهذا يمكن القول مما سبق ذكره إن الفوسفور يتوافر بكثرة في الأغذية الغنية بالبروتين والكالسيوم.

ومما تجدر الإشارة إليه أيضاً أن الحبوب الكاملة تحتوي على كميات كبيرة من الفوسفور، إلا أنه يوجد في صورة حمض الفيتيك phytic acid الذي يتحد مع الكالسيوم لتكوين معقد مقاوم للتحلل بالعصارات الهاضمة، وغير قابل للامتصاص، كما تحتوي الشوكولاتة على كمية كبيرة من الفيتين phytin المقاوم للتحلل بواسطة العصارات الهاضمة، لهذا تظهر أحياناً أعراض نقص الفوسفور على الأطفال الذين يتناولون كميات كبيرة من الشيكولاتة.

كما تجدر الإشارة إلى أن بعض الأغذية المصنعة تكون غنية بالفوسفور، نظراً لإضافة المركبات المحتوية على الفوسفور إليها، ومنها المشروبات المشبعة بثاني أكسيد الكربون carbonated beverages والأجبان واللحوم المصنعة ومرق التوابل dressings ومنتجات المخازن المبردة refrigerated bakery products، وتعتبر الخضروات والفواكه من المصادر الفقيرة بالفوسفور خصوصاً عند التخلص من ماء الطهو بالنسبة للخضروات.

وبشكل عام فإن تناول الشخص لوجبة غذائية متكاملة يمد الجسم باحتياجاته اليومية من الفوسفور، والجدول (٢، ٩) يبين محتوى بعض الأغذية من الفوسفور.

(٩، ٥، ٤) نقص الفوسفور Deficiency of phosphorus

تندر ظهور أعراض نقص الفوسفور على الإنسان نظراً لأنه يوجد بوفرة في مجموعة واسعة من الأغذية المختلفة، إلا أن هناك بعض من الأسباب التي تؤدي إلى انخفاض في مستوى الفوسفور في الدم hypophosphatemia، وظهور أعراض نقصه، وهي:

(١) احتواء الغذاء على مادة الفيتين Phytin (مركب يحتوي على الفوسفور) المقاومة للتحلل بواسطة العصارات الهاضمة، والتي تقوم بالاتحاد مع الفوسفور لتكوين مركب غير قابل للامتصاص (الفيتات الفوسفورية)، مما يعوق امتصاص الفوسفور.

(ب) إصابة الكليتين بمرض يؤدي إلى عدم قدرتها على تكوين فيتامين د النشط والضروري لامتنصاص الفوسفور.

(ج) انخفاض إفراز الغدة الجندرقية هرمون الباراثيرويد (PTH) ، مما يؤدي إلى انخفاض في إعادة امتصاص الفوسفور من الكليتين، وينتج عن ذلك ضعف في العضلات والشعور بالإجهاد وتحلل أملاح العظام.

(د) إصابة الإنسان بمرض إسهال البلاد الحارة spure الذي يترتب عليه ظهور أعراض نقص الفوسفور بسبب انخفاض معدل امتصاص الفوسفور والكالسيوم من الأمعاء.

(هـ) تناول الأدوية المضادة للحموضة antacids بصفة مستمرة أو أدوية مرض السكري، حيث إن استعمال الأنسولين مثلاً يعمل على زيادة نسبة خزن الجلوكوز في صورة جليكوجين ودهن في الجسم، ويحتاج ذلك إلى كميات كبيرة من فوسفات الدم لهذا يعطي مريض السكري الفوسفات مع العلاج لتفادي حدوث نقص في فوسفات الدم.

ويمكن تلخيص أعراض نقص الفوسفور لدى الإنسان في التالي:

(أ) حدوث خلل وبطء في النمو الطبيعي خصوصاً لدى الأطفال.

(ب) عدم اكتمال تكلس العظام calcification والأسنان.

(جـ) ضعف العضلات وصعوبة تحريك المفاصل.

كما يحدث ارتفاع مستوى الفوسفور في الدم hyperphosphatemia عندما يحدث خلل أو اضطراب disorders في الكليتين يؤدي إلى انخفاض في التبول urination وكذلك عندما يحدث نقص في إفراز هرمون الباراثيرويد، ويؤدي ذلك إلى انخفاض في مستوى الكالسيوم في الدم (نتيجة نقص في نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور) وإلى حدوث تركزز أو تشنج في العضلات muscle tetany في النهاية.

(٩, ٥, ٥) احتياجات الفوسفور اليومية Daily requirements of phosphorus

يمكن أن يحصل الفرد على احتياجاته اليومية من الفوسفور، إذا تناول وجبة غذائية متكاملة adequate diet محتوية على احتياجات جسمه من البروتين والكالسيوم،

ولقد أوصت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (١٩٨٩م) بأن يتناول الأطفال والبالغون والبالغات والمسنون والمسنات ٨٠٠ ملليجرام فوسفور في اليوم، وتعادل هذه الكمية كمية الكالسيوم الموصى بتناولها يوميًا، كما أوصت بتناول ١٢٠٠ ملليجرام فوسفور يوميًا للأشخاص المراهقين والمراهقات، ولحوامل والمرضعات. أما منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية فإنيهما لم يصدرا الكمية المقترحة تناولها يوميًا من الفوسفور.

(٩, ٥, ٦) امتصاص الفوسفور ونقله وتخزينه Absorption, transportation, and storage of phosphorus

يمتص الفوسفور في الجزء العلوي من الأمعاء في صورة فوسفات حرة - free phosphate، وينسبة ٧٠٪ من الفوسفور الموجود في الوجبة الغذائية، ويتأثر امتصاص الفوسفور بنفس العوامل التي تؤثر على امتصاص الكالسيوم، فمثلاً ينخفض معدل امتصاص الفوسفور عندما يحدث نقص في فيتامين د الذي ينشط امتصاصه من الأمعاء ويزيد من معدل إعادة امتصاصه من الكليتين، كما أن هرمون الباراثيرويد يحافظ على نسبة الكالسيوم إلى الفوسفور المثل في الدم، ويتم إخراج الكميات الزائدة من الفوسفور مع البول حيث يخرج حوالي ٠, ٦ - ١ جرام فوسفور يوميًا عند الأشخاص البالغين، ولقد وجد أن الفوسفور الموجود في الوجبة الغذائية يكون على صورة عضوية (مرتبط بمركبات عضوية)، لهذا يحدث انفصال split للفوسفور في الأمعاء قبل عملية الامتصاص بواسطة إنزيم الفوسفاتيز المعدي intestinal phosphatase، أي أن الفوسفور يمتص من الأمعاء في صورة ملح غير عضوي، ويتراوح مستوى الفوسفور في الدم ما بين ٣٥-٥٠ ملليجراما لكل ١٠٠ مليلتر من الدم، بينما يتراوح مستوى الفوسفور غير العضوي فقط ما بين ٢, ٥ - ٤, ٥ ملليجرام لكل ١٠٠ مليلتر دم، وتزداد النسبة عن ذلك في الأطفال.

وتقدر نسبة الفوسفور غير الممتصة والتي تخرج مع البراز بحوالي ٣٠٪ من فوسفور الوجبة الغذائية.

٩, ٦) البوتاسيوم (K⁺) Potassium

٩, ٦, ١) المقدمة Introduction

يعد البوتاسيوم من أكثر الكاتيونات cations (الأيونات الموجبة الشحنة) الموجودة في السوائل داخل الخلايا intercellular fluid ، حيث إن جسم الشخص البالغ يحتوي على ما يقرب من ٢٦٠ جراما من البوتاسيوم الذي يوجد منه حوالي ٩٨٪ داخل الخلايا، والباقي يوزع في السوائل الموجودة خارج الخلايا، ولقد وجد أن كمية البوتاسيوم في جسم الشخص تزيد على كمية الصوديوم، علما بأن الوجبة الغذائية التي يتناولها الشخص في اليوم تحتوي على كميات من البوتاسيوم أقل من كميات الصوديوم، ويدل ذلك على أن الجسم يعمل على الاحتفاظ بالبوتاسيوم أكثر من الصوديوم. إن كمية البوتاسيوم في بلازما الدم قليلة، إذ تقدر في المتوسط بحوالي ١٩ ملليجراما / ١٠٠ مليلتر، ولكن هذه الكمية تؤدي وظائف رئيسية داخل الجسم. وتجدر الإشارة إلى أن كلمة البوتاسيوم مشتقة من الكلمة اللاتينية potash ، وهي تعني المادة المتبقية من حرق الخضار (الرماد) الذي يستعمل كسماد للمحاصيل الزراعية.

٩, ٦, ٢) وظائف البوتاسيوم Functions of potassium

يمكن حصر وظائف البوتاسيوم الفسيولوجية في جسم الإنسان كالتالي:

١ - المحافظة على نشاط العضلات Maintenance of muscular activity

يلعب البوتاسيوم دوراً مهماً في عملية انقباض الألياف العضلية والمحافظة على نشاط عضلات القلب cardiac muscles . ويعتقد بأن الموت المفاجيء في الأطفال عند الإصابة بالإسهال الحاد أو الإصابة بمرض الكواشيوركور kwashiorkor يرجع إلى حدوث فشل في وظائف القلب (توقف وشلل في عضلة القلب) بسبب نقص البوتاسيوم حيث إن البوتاسيوم مع المغنسيوم يعملان على ارتخاء relaxation العضلات بعكس الكالسيوم الذي يعمل على انقباض contraction العضلات. ولقد وجد أن حدوث انخفاض في تركيز أيونات البوتاسيوم يترتب عليه خلل واضح في منحنيات المخطط الكهربائي للقلب electrocardiograph .

٢ - تنظيم الضغط الأسموزي Regulation of osmotic pressure

يعمل البوتاسيوم على تنظيم الضغط الأسموزي داخل الخلايا، حيث إن تركيزات أيونات البوتاسيوم العالية داخل الخلايا تعمل على إحداث الضغط الأسموزي في الخلية، وهذا يترتب عليه انتقال الماء إلى داخل الخلايا والمحافظة على توازنه داخل وخارج الخلايا، كما يحافظ على سلامة الخلية.

٣ - تنظيم التوازن الحامضي - القاعدي Regulation of acid-base balance

يلعب وجود البوتاسيوم داخل الخلايا دوراً مهماً في المحافظة على التوازن الحامضي - القاعدي، غير أن قدرته على العمل كقاعدة في حالة وجود كمية زائدة من الحمض في الجسم أقل من الصوديوم.

٤ - نقل المنبهات (النبضات) العصبية Transmission of nerve impulses

لقد وجد أن الأعصاب والعضلات غنية جداً في محتواها من البوتاسيوم الذي يعمل على نقل النبضات (الإشارات) العصبية من خلال العضلات والأعصاب الطويلة، كما يؤدي الصوديوم نفس الدور. ويحدث تغير لمواقع البوتاسيوم والصوديوم أثناء عملية نقل النبضات العصبية، حيث يخرج البوتاسيوم من داخل الخلية عندما يدخلها الصوديوم أثناء نقل النبضات العصبية وانقباض العضلات ثم يعود إلى الخلية مرة ثانية بعد خروج الصوديوم منها.

٥ - أيض البروتين والكربوهيدرات Metabolism of protein and carbohydrate

يسهم الكالسيوم في تنشيط (تحفيز) تصنيع البروتين في الجسم. كما أنه يقوم بدور بارز في أيض الكربوهيدرات وتصنيع الجليكوجين من الجلوكوز glycogenesis، حيث يلزم ٣٦, ٠ ملي مكافئ من البوتاسيوم لتكوين جرام واحد من الجليكوجين. ولهذا يعطي مريض السكري الأنسولين مرفقاً معه البوتاسيوم، لأن بناء الجليكوجين في جسم المريض بواسطة الأنسولين يؤدي إلى سحب البوتاسيوم من بلازما الدم، ويترتب على ذلك انخفاض لمستوى البوتاسيوم hypokalemia لدرجة قد تسبب الوفاة. وتجدر

الإشارة إلى أن البوتاسيوم الذي يستخدم في تكوين الجليكوجين يخرج أثناء مسار الجلايكوجينوليسيز glycogenolysis .

٦ - وظائف أخرى Other functions

يلزم البوتاسيوم لعمل الكثير من التفاعلات الإنزيمية التي تحدث داخل الخلايا، كما أنه ضروري للنمو وإفراز الأنسولين بواسطة البنكرياس .

(٩، ٦، ٣) Dietary sources of potassium مصادر البوتاسيوم الغذائية

يوجد البوتاسيوم في العديد من الأغذية النباتية والحيوانية، وتعتبر مجموعة الفواكه من أغنى المصادر التي تمد جسم الإنسان باحتياجاته اليومية من هذا العنصر خصوصاً البرتقال والموز والتفاح والفواكه المجففة والجريب فروت grapefruits، كما أن مجموعة اللحوم مثل اللحم الأحمر والدواجن والأسماك وكذلك مجموعة الخضروات مثل البطاطس والطماطم والجزر والكرفس celery تعد مصادر جيدة للبوتاسيوم، كما تحتوي البقوليات والحبوب الكاملة على كميات جيدة من البوتاسيوم .

(٩، ٦، ٤) Deficiency of potassium نقص البوتاسيوم

من النادر أن تظهر أعراض نقص البوتاسيوم على الإنسان نتيجة تناول أغذية فقيرة في محتواها من البوتاسيوم، وذلك لانتشاره في مجموعة واسعة من الأغذية المتنوعة وبكميات وفيرة، إلا أنه توجد عوامل كثيرة تسبب انخفاض مستوى البوتاسيوم في الدم hypokalemia مثل مرض السكري وأمراض المسالك البولية والأمراض المسببة للإسهال وفقدان كمية كبيرة من الماء (يمكن أن يفقد الجسم ٣ جرامات بوتاسيوم في اليوم مع الماء الخارج من الجسم) والإصابة بالقيء لفترة طويلة وأمراض سوء التغذية وانخفاض الشهية للأكل وتناول وجبات خفض الوزن المحدودة الكربوهيدرات واستعمال الأدوية المدرة للبول (عند الإصابة بمرض الإديما edema أو ارتفاع ضغط الدم hypertension) وارتفاع حموضة الجسم (يخرج البوتاسيوم من الخلايا لمعادلة الحموضة) وحدوث أضرار كبيرة في الأنسجة كما في حالة الحروق والعمليات الجراحية، حيث إن كمية الفاقد من

البوتاسيوم من الجسم تكون أكثر من الكمية المعوضة مع الغذاء . وتظهر أعراض نقص البوتاسيوم على شكل ضعف في العضلات يمكن أن يؤدي إلى شلل و حدوث خلل في الجهاز العصبي والتنفسي وزيادة دقات القلب tachycardia وانتفاخ في المعدة و بطء في النمو والتقيؤ وارتفاع ضغط الدم وعدم انتظام النبض arrhythmia وقد تحدث الوفاة فجأة . ويمكن معالجة انخفاض مستوى البوتاسيوم في الدم hypokalemia بإعطاء الشخص الأغذية الغنية بالبوتاسيوم أو بحقنه بمحلول من البوتاسيوم في الوريد . وما تجدر الإشارة إليه أن انخفاض مستوى البوتاسيوم في الأطفال قد يرافقه مرض الكواشيوركور، وقد أمكن معالجة هؤلاء الأطفال بإعطائهم الحليب الفرز لأنه يحتوي على البوتاسيوم والبروتين معاً .

كما يمكن أن يصاب الشخص بارتفاع في مستوى البوتاسيوم في الدم hyper-kalemia نتيجة حدوث فشل كلوي renal failure أو الإصابة بجفاف dehydration حاد أو أخذ جرعات عالية من البوتاسيوم عن طريق الوريد أو الفم . ومن أعراض ارتفاع مستوى البوتاسيوم في الدم حدوث ضعف وتلف في العضلات وخصوصاً عضلة القلب وقصور في وظيفة الكليتين وخلل في الجهاز العصبي وضعف في التنفس وعدم انتظام دقات القلب arrhythmia وتغيرات في منحنيات المخطط الكهربائي للقلب electrocar-diograph وقد يحدث توقف للقلب . ويمكن معالجة ارتفاع مستوى البوتاسيوم في الدم بإعطاء الشخص وجبات غذائية فقيرة في محتواها من البوتاسيوم والبروتين . كما يوصى بأن تكون كمية الكربوهيدرات كبيرة ، وذلك لأن تحول الجلوكوز إلى جليكوجين يؤدي إلى سحب كمية كبيرة من البوتاسيوم من الدم إلى الخلايا ، وينخفض ذلك من مستواه في الدم .

(٩, ٦, ٥) احتياجات البوتاسيوم اليومية Daily requirements of potassium

حتى الوقت الحاضر لم تحدد بعد هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الأمريكية (١٩٨٩م) ولا منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية المقررات الغذائية المقترحة RDA للبوتاسيوم . إلا أن هيئة الغذاء والتغذية (١٩٨٩م) قدرت كميات البوتاسيوم التي تفي باحتياجات الجسم (ESADDI) وهي ما بين ١٨٧٥ إلى ٥٦٢٥

ملليجراما يوميا للأشخاص البالغين، كما أن هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية قدرت الاحتياجات الدنيا للبوتاسيوم كالتالي:

الرضيع (من الولادة - ١١ شهرا)	: ٥٠٠ - ٧٠٠ مجم
الأطفال (عمر ١ سنة)	: ١٠٠٠ مجم
الأطفال (ما بين ٢-٩ سنوات)	: ١٤٠٠ - ١٦٠٠ مجم
المراهقون والبالغون والمسنون (ذكور وإناث)	: ٢٠٠٠ مجم

وبوضح الجدول (٩، ٣) تقديرات الاحتياجات الدنيا للبوتاسيوم للأشخاص الأصحاء.

وتجدر الإشارة إلى أن إعطاء الشخص ٨، ٠ - ١٠، ٥ جرام من البوتاسيوم لكل ١٠٠٠ سعر kcal يمدّه باحتياجاته اليومية من البوتاسيوم، وبشكل عام فإن تناول الشخص وجبة غذائية متكاملة adequate diet يمدّه بحوالي ٢-٦ جرامات من البوتاسيوم يوميا.

(٩، ٦، ٦) امتصاص البوتاسيوم ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of potassium

يُمتص البوتاسيوم مباشرة من الأمعاء الدقيقة، كما يحدث امتصاص للبوتاسيوم الموجود في العصارات الهاضمة (غنية بالبوتاسيوم) ويفقد جزء قليل منه مع البراز. ويخرج معظم البوتاسيوم الزائد على احتياجات الجسم مع البول، ويتم التحكم في ذلك بواسطة الكليتين، حيث إن إفراز هرمون الألدوسترون aldosterone يزيد من إخراج البوتاسيوم. وبشكل عام يزداد إخراج البوتاسيوم مع البول عند ارتفاع قلوية الدم والأنسجة alkalosis وعند حدوث زيادة في إفراز هرمون الألدوسترون aldosterone وعند تناول كميات كبيرة من الصوديوم، بينما ينخفض إخراجه مع البول في حالة فشل الكليتين وارتفاع حموضة الأنسجة acute acidosis وتناول كميات قليلة من البوتاسيوم والصوديوم، ويرتفع مستوى البوتاسيوم في الدم عندما يحدث تدهم في الأنسجة catabolism وكذلك عند ارتفاع الحموضة acidosis المصاحبة للإسهال والتي تؤدي إلى خروج البوتاسيوم من الخلايا إلى الدم لتنظيم التوازن الحامضي - القاعدي، بينما

ينخفض مستوى البوتاسيوم في الدم في حالة تكون الجليكوجين وارتفاع قلبية الأنسجة alkalosis ، وهذا مؤثر على دخول البوتاسيوم إلى الخلايا .

جدول (٩،٣). تقديرات الاحتياجات الدنيا للصوديوم والكلور والبوتاسيوم للأشخاص الأصحاء .

العمر	الوزن (كجم)	الصوديوم (ملليجرام)	الكلور (ملليجرام)	البوتاسيوم (ملليجرام)
شهور				
٥-٠	٤,٥	١٢٠	١٨٠	٥٠٠
٦-١١	٨,٩	٢٠٠	٣٠٠	٧٠٠
سنوات				
١	١١,٠	٢٢٥	٣٥٠	١٠٠٠
٢-٥	١٦,٠	٣٠٠	٥٠٠	١٤٠٠
٦-٩	٢٥,٠	٤٠٠	٦٠٠	١٦٠٠
١٠-١٨	٥٠,٠	٥٠٠	٧٥٠	٢٠٠٠
أكثر من ١٨	٧٠,٠	٥٠٠	٧٥٠	٢٠٠٠

المصدر: مأخوذ من Food and Nutrition Board (1989), p. 253.

(٩،٧) الكبريت (Sulphur (S)

(٩،٧،١) المقدمة

ينتشر الكبريت في جميع خلايا الجسم ، حيث يدخل في تركيب جميع بروتينات الخلايا cell proteins نظراً لوجوده في الأحماض الأمينية الكبريتية وهي السستين cysteine والمثيونين methionine والسيستين cysteine ، ويحتوي جسم الإنسان البالغ على ما يقرب من ١٤٠ جراماً كبريت (٢٥ ، ٠٪ من وزن الجسم) ويتركز معظمه في السيتوبلازم cytoplasm ، ويوجد معظم الكبريت في جسم الإنسان في صورة مركبات

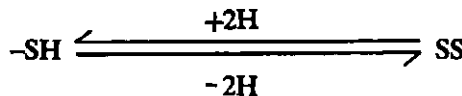
عضوية (كبريت عضوي) مثل الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت وفيتامين الثيامين *thiāmin* وفيتامين البيوتين *biotin* وبروتين الكيراتين *keratin* (الذي يوجد في الشعر والأظافر والريش والصوف والجلد) وحمض الليبويك *lipoic acid* والهبارين *hepa-* *rin* (مادة مانعة لتجلط الدم) والإنسولين *insulin* والجلوتاثيون *glutathione* والكندرويتين والفيرينوجين والتايورين وقرين الإنزيم أ ولييدات الكبريتيد *sulfolipids* التي توجد في الكبد والكليتين والغدد اللعابية، كما يحتوي جسم الإنسان على كبريت غير عضوي مثل كبريتات البوتاسيوم والصوديوم والمغنسيوم.

(٢، ٧، ٩) وظائف الكبريت *Functions of sulphur*

تمثل وظائف الكبريت الفسيولوجية في جسم الإنسان في التالي:

١ - يدخل في تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية، لهذا فهو يحافظ على التركيب البنائي *structure* المميز لهذه الأحماض بواسطة الروابط الكبريتية *sulphur-sul-* (s-s) *phur-linkages* التي تعمل على ربط سلاسل الأحماض الأمينية مع بعضها، كما أنه يحافظ على التركيب البنائي لميكوالسكريات المتعددة *mycopolysaccharides* مثل كبريتات الكوندرويتين *chondroitin sulphate* والجلد *skin*، كما أنه المسؤول عن إعطاء التركيب البنائي الصلب *rigid structure* للأظافر والشعر والجلد نظرًا لأنه يدخل في تركيب بروتين الكيراتين الغني جدًا بالكبريت.

٢ - يقوم الكبريت بتنشيط العديد من قرائن الإنزيمات *coenzymes* الضرورية لبعض التفاعلات البيولوجية أثناء عملية إنتاج الطاقة من الدهون والكربوهيدرات والبروتينات، ومن الأمثلة على ذلك فيتامينات البيوتين والثيامين وحمض الليبويك وحمض البانتوثينيك *pantothenic acid* (قرين الإنزيم أ)، وجميعها تعمل كقرائن إنزيمات. وترجع أهمية المركبات الكبريتية في تنشيط قرائن الإنزيمات إلى سهولة اختزال الكبريتيد الثنائي *disulphide* إلى مجموعة السلفيهدريل *sulphydryl* الضرورية لتنشيط بعض الإنزيمات، كما تتأكسد مجموعة السلفيهدريل لتكون ثنائي الكبريت مرة أخرى.



- ٣ - يدخل في تركيب الجلوتاثيون glutathione الذي يوجد بتركيزات كبيرة في كرات الدم الحمراء، وهو عبارة عن سلسلة ببتيدية قصيرة مكونة من ثلاثة أحماض أمينية (glutamic acid, glycine, cysteine) ويلعب دوراً مهماً في عمليات التأكسد والاختزال.
- ٤ - تسهم الكبريتات Sulphates بدور بارز في تخليص الجسم من السموم toxins، نظراً لأنها ترتبط مع المواد السامة مثل cresols و indoxyls و phenols وتطرحها خارج الجسم مع البول.
- ٥ - يخزن الكبريت داخل الجسم reserve في صورة كبريت غير عضوي (كبريتات Sulphate) ويستخدمه الجسم عند الحاجة، كما أن الكبريت ضروري لتجلط الدم وتصنيع الكولاجين collagen.

(٩, ٧, ٣) مصادر الكبريت الغذائية Dietary sources of sulphur

بشكل عام، تعتبر جميع الأغذية الغنية بالبروتين من المصادر الرئيسية للكبريت خصوصاً البروتينات المحتوية على الميثيونين والسستين والسيستين. ومن الأغذية البروتينية الغنية بالكبريت اللحم والأسماك والجمبري والبيض والأجبان والعدس، لهذا فإن الوجبة الغذائية التي تمد الجسم باحتياجاته من البروتين المرتفع في قيمته الحيوية تفي أيضاً باحتياجاته من الكبريت.

(٩, ٧, ٤) نقص الكبريت Deficiency of sulphur

لا تظهر أعراض نقص الكبريت على الإنسان نظراً لتوافره بكثرة في البروتينات والأحماض الأمينية خصوصاً تلك المحتوية على الكبريت كما ذكر أعلاه. إلا أن تناول أغذية فقيرة جداً في محتواها من البروتين يترتب عليه نقص في الأحماض الأمينية الكبريتية.

(٩, ٧, ٥) احتياجات الكبريت اليومية Daily requirements of sulphur

لم تتحدد المقررات الغذائية الموصى بها RDA لعنصر الكبريت من قبل هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (FNB/NRC ١٩٨٩م)، إلا أن

تناول الشخص للمقررات اليومية المقترحة للبروتين يعتبر كافيًا لتأمين احتياجاته اليومية من الكبريت .

(٩, ٧, ٦) امتصاص الكبريت ونقله وتخزينه - Absorption, transportation and storage of sulphur

يُمتص الكبريت من الأمعاء الدقيقة إما في صورة كبريت عضوي الذي مصدره الأحماض الأمينية الكبريتية، أو في صورة كبريت غير عضوي، وينتقل الكبريت الممتص إلى الدم عن طريق الوريد البابي. يلي ذلك حدوث أيض للأحماض الأمينية الكبريتية داخل الخلايا لتكوين حمض الكبريتيك sulphuric acid الذي يخرج مع البول في صورة أملاح غير عضوية. ولقد وجد أن حوالي ٨٥-٩٠٪ من الكبريت الموجود في البول يطرح خارج الجسم في صورة أملاح غير عضوية، والباقي منه (١٠-١٥٪) يكون في صورة إسترات عضوية organic esters تكونت أثناء عملية إبطال مفعول المواد السامة في الجسم detoxification. وتجدر الإشارة إلى أن كمية الكبريت التي يتخلص منها الجسم تتناسب مع كمية البروتين المتناولة يوميًا، وكذلك مع معدل الهدم في أنسجة الجسم. ولقد وجد أن فقدان الجسم لكميات كبيرة من السيستين cystine وكميات أقل من الليسين lysine والأرجينين arginine والارنيتين ornithine يسبب حدوث فشل في إعادة امتصاص الكبريت من الكليتين مما يؤدي إلى الإصابة بالسيستوريا cystinuria، وهو مرض نادر ينتج عن عيب وراثي hereditary defect ويؤدي إلى تكون حصوة كلوية renal calculi تحتوي على السيستين. ولمعالجة هذا المرض فإنه يلزم خفض كمية الأحماض الأمينية الكبريتية في الغذاء خصوصًا السيستين والميثيونين.

(٩, ٨) الصوديوم Sodium (Na)

(٩, ٨, ١) المقدمة Introduction

يعد الصوديوم من أكثر الكاتيونات cations (الأيونات الموجبة الشحنة) وفرة في السوائل خارج الخلايا extracellular fluid خصوصًا بلازما الدم، حيث يحتوي جسم

الشخص البالغ على ما يقرب من ١٢٠ جراما صوديوم، توجد ٦٠٪ منها في السوائل خارج الخلايا والبلازما ويوزع الباقي في الهيكل العظمي (٣٠٪) والسوائل داخل الخلايا (١٠٪). ولقد وجد أن أكثر من نصف كمية الصوديوم في العظام تكون موجودة على السطح وقابلة للتبادل مع السوائل في خارج الخلايا خصوصاً عند تناول وجبات غذائية فقيرة في الكالسيوم، أما النصف الآخر فيوجد متعمقاً في داخل العظام. يزيد تركيز الصوديوم في بلازما الدم بحوالي أربع عشرة مرة على تركيزه في السوائل داخل الخلايا، ويقدر تركيزه في بلازما الدم بحوالي ٣٠٠-٣٥٥ ملليجرام لكل ١٠٠ مليلتر.

(٢، ٨، ٩) وظائف الصوديوم Functions of sodium

يمكن تلخيص الوظائف الفسيولوجية للصوديوم في جسم الإنسان كالآتي:

١ - تنظيم التوازن الحامضي - القاعدي Regulation of acid-base balance

يعمل الصوديوم على المحافظة على التوازن الحامضي - القاعدي في سوائل الجسم، أي أنه يحافظ على الرقم الهيدروجيني (pH) الأمثل للجسم. فلقد وجد أن للصوديوم تأثيراً قاعدياً قوياً، حيث يوجد متحدداً مع الكلوريد والبيكربونات اللذين يعملان على المحافظة على التوازن الحامضي - القاعدي في سوائل الجسم. كما يحتوي الجسم على مركبين منظمين buffers مهمين يلعبان دوراً بارزاً في المحافظة على تعادل الجسم هما: فوسفات الصوديوم أحادية الهيدروجين sodium monohydro- (NaHPO_4) gen phosphate وفوسفات الصوديوم ثنائية الهيدروجين sodium dihydrogen phosphate (NaH_2PO_4). فعندما ترتفع حموضة سوائل الجسم نتيجة لدخول العناصر المكونة للحموضة إلى الجسم فإن الصوديوم ينطلق من مناطق تخزينه على العظام لمعادلة الحموضة الزائدة.

٢ - تنظيم الضغط الأسموزي Regulation of osmotic pressure

يقوم الصوديوم بدور بارز في تنظيم الضغط الأسموزي لسوائل الجسم والدم ويحافظ على توازن السوائل في خلايا الجسم، وينظم ذلك حركة دخول السوائل إلى

الخلايا وخروجها منها، ويعتبر الصوديوم الكاتيون الرئيسي السائد في السوائل خارج الخلايا، وفي الحالة الطبيعية يتساوى تركيز الأليكتروليات خارج الخلية وداخلها، ويمكن أن يحدث خلل في توازن الماء في الجسم عندما يصبح الجسم غير قادر على إخراج الصوديوم الزائد عن طريق البول كما في حالة الإصابة بأمراض القلب أو فشل الكليتين، ويترتب على ذلك انتشار الماء إلى داخل الخلايا لتخفيف تركيز الصوديوم المرتفع إلى المستوى الطبيعي، مما يؤدي إلى الإصابة بمرض الأديما Edema. ويتضح مما ذكر سابقاً أنه يجب المحافظة على تركيز الصوديوم في الدم عند المستوى الطبيعي، لأنه عندما يكون مستوى الصوديوم طبيعياً في الدم فإن مستوى الماء يكون كذلك، كما تجدر الإشارة إلى أن زيادة تركيز الصوديوم في الدم أو نقصه تتناسب عكسياً مع كمية الماء في الجسم.

٣ - تنظيم نفاذية أغشية الخلايا Regulation of cell membrane permeability

يلعب الصوديوم دوراً بارزاً في تنظيم نفاذية أغشية الخلايا أثناء امتصاص العناصر الغذائية المختلفة خصوصاً الأحماض الأمينية وبعض الفيتامينات والجلوكوز من خلال جدار الأمعاء، وذلك بطريقة النقل النشط active transport الذي يحتاج إلى مضخة الصوديوم sodium pump الضرورية للمحافظة على اختلافات الأليكتروليات في سوائل الخلايا الداخلية وسوائل الخلايا الخارجية.

٤ - نقل النبضات (الإشارات) العصبية Transmission of nerve impulses

تتطلب المحافظة على حساسية العضلات وسرعة تهيئتها وتنظيم انقباض عضلات القلب يتطلب وجود تركيزات طبيعية من أيونات الصوديوم في الجسم.

(٩، ٨، ٣) مصادر الصوديوم الغذائية Dietary sources of sodium

يتوافر الصوديوم في مجموعة واسعة من الأغذية الحيوانية والنباتية خصوصاً الأغذية المصنعة. وفي مقدمة الأغذية المصنعة الغنية بالصوديوم الجبن واللحوم المملحة والمدخنة، وكذلك الأغذية المعلبة المضاف إليها الملح كمادة حافظة ومحسنة للطعم، لهذا

توضح نسبة الصوديوم على بطاقات معظم الأغذية المعلبة . كما يوجد الصوديوم بصورة طبيعية في العديد من الأغذية مثل اللحوم الحمراء والحليب وبيض الفول الصويا والدواجن والأسماك والبقوليات . كما تحتوي بعض الخضروات (السبانخ والكرنب والكرفس والشمندر والبنجر) على كميات قليلة من الصوديوم في صورة أملاح إسترات الصوديوم العضوية التي تتأكسد في الجسم إلى بيكربونات الصوديوم المعروفة باسم الخزان القلوي *alkalin reserve* ، حيث إنها تعمل على معادلة الحموضة في الجسم .

ويشكل عام يعتبر ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) هو المصدر الرئيسي للصوديوم في جسم الإنسان (٤٠٪ منه صوديوم) ، حيث إنه يضاف إلى الغذاء أثناء الطهو، كما أنه يضاف إلى كثير من الأغذية المصنعة كمادة حافظة ومحسنة للطعم، وكذلك يستعمل على المائدة . كما يحتوي ماء الشرب على حوالي ٢٠ ملليجرام صوديوم لكل لتر من الماء (Na-standard) ، وقد تزداد هذه الكمية في بعض المناطق .

(٩، ٨، ٤) نقص الصوديوم Deficiency of sodium

يندر ظهور أعراض نقص الصوديوم على الإنسان نظرًا لأن الكمية التي يتناولها في الوجبة الغذائية تزيد على احتياجاته اليومية . ولكن هناك بعض العوامل التي تؤدي إلى انخفاض مستوى الصوديوم في الدم وظهور أعراض نقصه على الشخص، وهي :
(أ) أداء التمارين الرياضية الخفيفة أو الأعمال الشاقة ولمدة طويلة في الأجواء الحارة، دون التعويض عن كمية الأملاح المفقودة مع العرق .

(ب) التقير المستمر أو الإسهال الشديد أو استعمال الأدوية المدرة للبول *diure-*

tics .

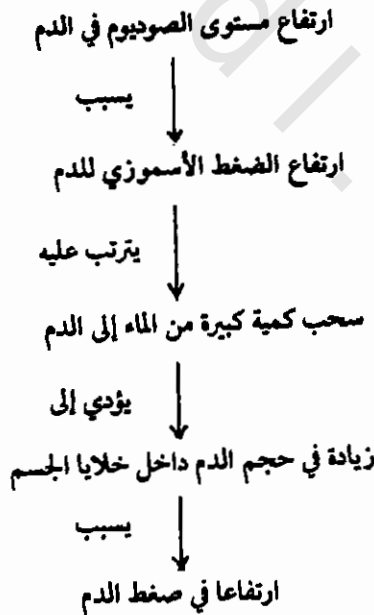
(جـ) الإصابة بالحمى أو بعض الأمراض مثل تليف الكبد ومرض اديسون . وتظهر أعراض نقص مستوى الصوديوم في الدم على شكل ألم وتشنجات في العضلات (خاصة عضلة القلب) وتصلبها عند الأطراف وألم في البطن وفقد الشهية للأكل والشعور بدوخة وغثيان وإجهاد والإصابة بالإسهال وخلل في التوازن الحامض - القاعدي واضطرابات عقلية *mental confusion* ، وفي حالة الاستنزاف الشديد

للسوديوم فقد يؤدي ذلك إلى حدوث فشل في الدورة الدموية .

علاقة ارتفاع ضغط الدم بالسوديوم Hypertension and sodium

قد يؤدي تناول كميات كبيرة من الصوديوم مع الغذاء إلى ارتفاع ضغط الدم عن المستوى الطبيعي (Hypertension) خصوصاً في الأشخاص الذين لديهم ميل وراثي genetic tendency لذلك، حيث إن ارتفاع مستوى الصوديوم في الدم يؤدي إلى زيادة حجم الدم في الجسم والذي يضغط على جدران الشرايين arteries ويجهدا عندما يسير من خلالها، كما أنه يجهد القلب لأنه يقوم بضخ هذا الحجم الكبير من الدم في الدورة الدموية . ويمكن خفض مستوى الصوديوم المرتفع في الدم بتناول وجبات غذائية فقيرة في الصوديوم، حيث ينصح بالآتية كمية كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) المتأولة في اليوم على ١-٢ جرام (٤, ٠ - ٨, ٠ جرام صوديوم)، ويمكن تحقيق ذلك بواسطة تجنب الأغذية الغنية بالصوديوم وعدم إضافة الملح إلى الطعام أو على الطاولة.

ويمكن توضيح العلاقة بين ضغط الدم العالي والصوديوم كالتالي :



ويشكل عام توجد عوامل كثيرة تسبب ارتفاع ضغط الدم مثل السمنة والإجهاد stress والتدخين smoking والاستعداد الوراثي genetic predisposition وغيرها .

(٩, ٨, ٥) Daily requirements of sodium اليومية للصوديوم

تعتمد أقل كمية يحتاجها جسم الإنسان البالغ من الصوديوم على الكمية الإجبارية التي يفقدها الجسم مع العرق والبول والبراز، والتي تقدر بحوالي ٢٠٠ ملليجرام في اليوم، ولم تحدد هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي المقررات الغذائية الموصى بها للصوديوم غير أنها ترى بأن تناول الشخص البالغ حوالي ١٨٧٥ - ٥٦٢٥ ملليجراما يوميا حسب حالته الصحية يكفي لسد احتياجات جسمه من الصوديوم. كما قدرت هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية (١٩٨٩م) الاحتياجات الدنيا للصوديوم في اليوم، وهي ١٢٠ - ٢٠٠ ملليجرام للرضع و ٢٢٥ - ٤٠٠ ملليجرام للأطفال و ٥٠٠ ملليجرام للمراهقين والبالغين والمسنين. ولقد وجد أن الشخص البالغ يستهلك حوالي ١٠-٢٠ جراما من ملح الطعام يوميا (٤-٨ جم صوديوم)، وتزيد هذه الكمية على احتياجات جسمه، لهذا يخرج جزء كبير منها مع البول. ويشكل عام يحتاج الشخص البالغ الذي لا يعاني من ارتفاع ضغط الدم إلى حوالي ٥ جرامات ملح طعام (٢ جرام صوديوم) في اليوم، ويمكن زيادة هذه الكمية في حالة أداء التمارين الرياضية العنيفة أو العمل الشاق لمدة طويلة في الأجواء الحارة أو الإصابة بالقيء أو الإسهال الشديدين. ويوضح الجدول (٩, ٣) تقديرات الاحتياجات الدنيا للصوديوم للأشخاص الأصحاء.

(٩, ٨, ٦) امتصاص الصوديوم ونقله وتخزينه & Absorption, transportation & metabolism of sodium

يُمتص ما يقارب من ٩٥٪ من الصوديوم في الوجبة الغذائية من الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة، وكذلك تمتص نسبة منخفضة جدًا منه من المعدة، أما الباقي وهو يقل عن ٥٪ فإنه يخرج مع البراز. ثم ينتقل الصوديوم الممتص عن طريق الدم إلى الكليتين للتخلص من الكمية الزائدة منه مع البول. أي أن الكليتين هما العضوان

الرئيسيان اللذان يتحكمان في مستوى الصوديوم في الدم بواسطة هرمون الألدوستيرون aldosteron (يتحكم في نشاط الكليتين) الذي تفرزه الغدة الكظرية (الغدة فوق الكلية) adrenal gland. وتقدر كمية الصوديوم التي تخرجها الكليتان مع البول بحوالي ٩٥٪ من الكمية الممتصة، أي أن الكمية الممتصة من الصوديوم تعادل تقريباً الكمية الخارجة مع البول. كما أن كميات قليلة جداً من الصوديوم تخرج مع العرق خصوصاً أثناء التعرق الشديد في الأجواء الحارة أو أثناء أداء التمارين الرياضية. كما أن بعض الأشخاص يفقد كميات كبيرة من الصوديوم بسبب التقيؤ المستمر أو الإسهال الشديد أو استعمال المليات diruretics، وهذه يجب تعويضها من الغذاء. ويتناول الشخص البالغ في المتوسط حوالي ٦ جرامات من الصوديوم في اليوم، وهي تعادل ١٥ جراماً من ملح كلوريد الصوديوم، أي أن كل ملعقة شاي واحدة من ملح الطعام تمد الجسم بحوالي ٢ جرام من الصوديوم. وتجدر الإشارة هنا إلى أن كمية الصوديوم التي تخرج مع البول والعرق تقدر بحوالي ٩٥٪ من كمية الصوديوم الممتصة كما ذكر أعلاه، وي طرح الصوديوم خارج الجسم في صورة فوسفات الصوديوم وكلوريد الصوديوم.

أشارت الدراسات إلى أن ممارسة التمارين الرياضية العنيفة مثل كرة القدم والسباق لمسافات طويلة في الأجواء الحارة، يسبب فقدان كمية كبيرة من الصوديوم مع العرق، وإذا لم يتم تعويض هذا الجزء المفقود بتناول السوائل المحتوية على الصوديوم أو أقراص الملح أو زيادة ملح الطعام في الغذاء فإنه يترتب على ذلك الشعور بضعف عام وغثيان وتشنجات عضلية. كذلك فإن كمية كبيرة من الإلكتروليتات الأخرى الموجودة في الجسم تفقد مع العرق sweat أثناء أداء التمارين العنيفة أو العمل الشاق في الأجواء الحارة وخصوصاً البوتاسيوم والكلوريد. وتجدر الإشارة إلى أن ارتفاع مستوى الصوديوم في الدم يؤدي إلى انخفاض إفراز هرمون الألدوستيرون، وهذا يقلل من إعادة امتصاص الصوديوم في الكليتين، مما يزيد من كمية الصوديوم الخارجة مع البراز. كما أن ارتفاع مستوى الصوديوم في الدم يؤثر على مستقبلات العطش في الهيبوثلامس hypothalamus الموجودة في المخ، مما يجعل الشخص يشعر بالعطش ويتناول كمية كبيرة من الماء تخرج مع البول. ويتميز ارتفاع مستوى الصوديوم في الدم بارتفاع في ضغط الدم وزيادة سرعة الأيض القاعدي. ولكن عندما ينخفض مستوى الصوديوم في الدم

والسوائل خارج الخلايا فإن إفراز هرمون الألدوستيرون يزداد، مما يؤدي إلى تحفيز عملية إعادة امتصاص الصوديوم في الكليتين وتحسين امتصاصه في القناة الهضمية، وهذا يقلل من خروج الصوديوم مع البول. وتتمثل أعراض نقص مستوى الصوديوم في الدم في صورة ألم في العضلات وتصلبها عند الأطراف وألم في البطن وفقدان الشهية للأكل والإسهال والشعور بالدوخة وقد يصاب الشخص بمرض أديسون Addison's disease الذي ينتج من عدم كفاية هرمونات الغدة الكظرية (Adrenocorticotrophic hormone). ويمكن معالجة مرض أديسون بواسطة تناول الكورتيزون الذي يعمل على زيادة تركيز الصوديوم في الدم. وبشكل عام فإن كمية الصوديوم الخارجة مع البول تزداد في حالة تناول وجبات غذائية غنية في محتواها من الصوديوم وتقل في حالة تناول وجبات غذائية فقيرة في محتواها من الصوديوم. وبما تجدر الإشارة إليه أنه ينصح بتناول وجبات غذائية تحتوي على كميات منخفضة من الصوديوم بالنسبة للأشخاص المصابين بأمراض القلب أو تليف الكبد cystic fibrosis أو أمراض الكلى.

(٩، ٩) الكلوريد Cl^- Chloride

(٩، ٩، ١) المقدمة Introduction

يعد الكلوريد من أكثر الأنيونات anions (الأيونات السالبة الشحنة) الموجودة في سوائل جسم الإنسان، حيث يشكل ما يقرب من ثلثي مجموع الأيونات السالبة. ويحتوي جسم الشخص البالغ على حوالي ١٤٠ جراماً من الكلور (١٥، ٠٪ من وزن الجسم) في صورة متحدة مع الصوديوم، ويوجد معظمه في السوائل خارج الخلايا خصوصاً الدم، وجزء ضئيل في داخل كرات الدم الحمراء وبعض الخلايا. وتقدر كمية الكلور في سوائل الجهاز العصبي بحوالي ٤٤٠ ملليجراماً لكل ١٠٠ مليلتر، وفي الدم ٢٥٠ ملليجراماً لكل ١٠٠ مليلتر، وفي الخلايا ١٩٠ ملليجراماً لكل ١٠٠ مليلتر، وفي خلايا النسيج العضلي ٤٠ ملليجراماً لكل ١٠٠ مليلتر.

(٢، ٩، ٩) وظائف الكلوريد Functions of chloride

يمكن حصر وظائف الكلوريد في جسم الإنسان كالآتي:

١ - يدخل هذا العنصر في تركيب حمض الهيدروكلوريك hydrochloric acid الذي يتكون في داخل الغدد المعدية gastric glands بسبب اتحاد الهيدروجين مع أيونات الكلوريد chloride ions . وكما هو معروف فإن حمض الهيدروكلوريك ضروري لتحويل الحديدك iron (Fe^{3+}) إلى حديدوز iron (Fe^{2+}) ، وهو الصورة الأكثر امتصاصاً من الأمعاء، كما أنه ضروري لتنشيط الإنزيمات المعدية gastric enzymes وعملية الهضم داخل المعدة خصوصاً بالنسبة للبروتينات .

٢ - يقوم بدور مهم في تنشيط إنزيم الأميليز اللعابي salivary amylase الذي يعمل على تحليل النشويات جزئياً في الفم قبل أن تصل إلى المعدة .

٣ - يلعب الكلوريد دوراً بارزاً في تنظيم التوازن الحامضي - القاعدي acid-base balance في سوائل الجسم نظراً لأنه يحافظ على الرقم الهيدروجيني (pH) للدم ثابتاً عند ٧,٣٥ ، كما أن سهولة انتقال الكلوريد بين كرات الدم الحمراء erythrocytes والبلازما plasma والذي يعرف باسم عملية تبادل الكلوريد chloride shift تساعد في المحافظة على الرقم الهيدروجيني للدم ثابتاً .

٤ - يعمل الكلوريد على تنظيم الضغط الأسموزي osmotic pressure وتوازن الماء water balance ، وذلك بسبب اتحاده مع الصوديوم .

٥ - يزيد من قدرة كرات الدم الحمراء على حمل كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من خلايا وأنسجة الجسم إلى الرئتين lungs ليخرج مع هواء الزفير إلى خارج الجسم ، ويحدث هذا بسبب سهولة دخول وخروج الكلوريد من وإلى كرات الدم الحمراء ، والتي يتم خلالها تبادل البيكربونات bicarbonate (HCO_3) .

٦ - يضاف غاز الكلور chlorine إلى الماء لتعقيمه قبل أن يضخ إلى المنازل ، لأنه يعمل على قتل الميكروبات المسببة للأمراض ، ثم يتبخر منه وبذلك يصبح الماء صالحاً للاستهلاك .

(٩, ٩, ٣) مصادر الكلوريد الغذائية Dietary sources of chloride

يعتبر ملح الطعام NaCl المصدر الرئيسي للكلوريد، ومن الأغذية الغنية به اللحوم والأسماك والبيض والحليب وجميع الأغذية المضاف لها ملح الطعام أو المحتوية على الصوديوم. ويوضح الجدول (٩, ٣) تقديرات الاحتياجات الدنيا للكلوريد للأشخاص الأصحاء.

(٩, ٩, ٤) أعراض نقص الكلوريد Deficiency of chloride

من النادر أن يحدث نقص للكلوريد في جسم الإنسان نتيجة قلة توافره في الغذاء، ولكن توجد بعض العوامل التي تسبب انخفاض مستوى الكلوريد في سوائل الجسم مثل القيء المستمر (فقد في الكلوريد المرتبط بحمض الهيدروكلوريك) والإسهال الشديد (فقدان في الكلوريد الموجود في الجهاز الهضمي) وخروج العرق الغزير خصوصاً أثناء أداء التمارين الرياضية العنيفة أو الأعمال الشاقة في الأجواء الحارة. ولقد وجد أن انخفاض مستوى الكلوريد في الجسم يؤدي إلى حدوث زيادة في قلوية الجسم (القلاء) alkalosis بسبب إحلال البيكربونات bicarbonate مكان الكلوريد واتحادها مع الصوديوم لتكوين بيكربونات الصوديوم sodium bicarbonate (NaHCO_3)، وتعرف هذه الحالة باسم hypochloremic alkalosis.

وتظهر أعراض نقص الكلوريد على شكل تشنجات عضلية وكثرة التهيج وتقرحات في الكليتين وانخفاض إفراز حمض الهيدروكلوريك في المعدة وكذلك انخفاض قدرة الجسم على الاحتفاظ بالماء وارتفاع قلوية الجسم بسبب ارتفاع مستوى البيكربونات في الجسم نتيجة انخفاض معدل انتقال ثاني أكسيد الكربون إلى الرئتين. وحدث ارتفاع في مستوى الكلوريد في الجسم من الأمور النادرة جداً، ولكن قد يؤدي زيادة نشاط قشرة الغدة الكظرية adrenal cortex إلى حدوث ذلك، ويرافق هذا زيادة في قلوية الجسم alkalosis والتي تعرف بمرض كوشنج Cushing's disease.

Daily requirements of chloride اليومية احتياجات الكلوريد (٩, ٩, ٥)

لم تحدد المقررات الغذائية المقترحة RDA من قبل هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحث الوطني الأمريكي (NFB/NRC ١٩٨٩م) استهلاك الكلوريد. ولكن الكمية الدنيا المقدرة بأنها تفي باحتياجات المراهقين والبالغين والمسنين هي ٧٥٠ ملليجراما كلوريد في اليوم. ولقد وجد أن متوسط ما يتناوله الشخص البالغ في اليوم من الكلوريد يبلغ حوالي ٣ جرامات، ومصدر معظمه ملح الطعام. كما تقدر احتياجات الكلوريد الدنيا للرضع بحوالي ١٨٠-٣٠٠ مجم يوميًا وللأطفال (٢-٩ سنوات) بحوالي ٥٠٠-٦٠٠ مجم.

Absorption, transportation and storage of chloride امتصاص الكلوريد ونقله وتخزينه (٩, ٩, ٦)

يحدث امتصاص لأيونات الكلوريد الموجودة في الغذاء بسهولة وبسرعة من الأمعاء الدقيقة وبمعدل يصل إلى ١٠٠٪، ثم تنتقل الأيونات إلى السوائل خارج الخلايا عن طريق الدم والليمف. يخرج حوالي ٩٠٪ من الكلوريد الزائد على حاجة الجسم مع البول، ويخرج الباقي مع العرق في صورة كلوريد الصوديوم، وتنظم الكليتان خروج الكلوريد مع البول وإعادة امتصاصه فيها بواسطة هرمون الألدوسترون الذي تفرزه الغدة الجنبدرقية. وفي حالة حدوث خلل أو التهاب في الكليتين فإن ذلك يضعف من قدرتها على إخراج الكلوريد الزائد على حاجة الجسم واتحاده مع الصوديوم الموجود في الغذاء، ويؤدي ذلك لحالة الاستسقاء.

Magnesium (Mg²⁺) المغنسيوم (٩, ١٠)**Introduction المقدمة (٩, ١٠, ١)**

يعتبر المغنسيوم العنصر المعدني الثاني يلي البوتاسيوم من حيث نسبة وجوده في العضلات وأنسجة الجسم الحية الأخرى، ويحتوي جسم الإنسان البالغ على ما بين ٢٠-٣٥ جرام مغنسيوم، منها حوالي ٧٠٪ على سطح العظام متحدًا مع أملاح

الكربونات والفوسفات والكالسيوم و ٢٨٪ في داخل الأنسجة الرخوة soft tissues و ٢٪ في السوائل خارج الخلية. ويقدر تركيز المغنسيوم في بلازما الدم بحوالي ٢-٣ ملليجرام لكل ١٠٠ مليلتر، حيث يوجد حوالي ٨٠٪ في صورة متأينة ionized حرة قابلة للتبادل مع المغنسيوم الموجود على سطح العظام، ويوجد الباقي في صورة مرتبطة مع بروتينات أخرى، مما يجعله غير قابل للتبادل. ولقد وجد أن أعلى تركيز للمغنسيوم يكون في العضلات وكرات الدم الحمراء، كما أن تركيز المغنسيوم في العضلات يكون أعلى من تركيز الكالسيوم، ولكن تركيزه في الدم يكون أقل.

(٢، ١٠، ٩) وظائف المغنسيوم Functions of magnesium

يلعب المغنسيوم دوراً حيوياً vital role في جميع المسارات الأيضية التي تحدث في جسم الإنسان، ويمكن تلخيص الوظائف الفسيولوجية للمغنسيوم في جسم الإنسان كالتالي:

١ - مكون أساسي في الكلوروفيل Component of chlorophyll

يدخل المغنسيوم في تركيب الكلوروفيل Chlorophyll (في النباتات الخضراء) الذي يشبه الهيموجلوبين في تركيبه فيما عدا أن الأخير يحتوي على الحديد في حلقة الهيم heme بينما يحتوي الأول على المغنسيوم.

٢ - تنشيط الإنزيمات Activation of enzymes

يلعب المغنسيوم دوراً مهماً في تنشيط الإنزيمات اللازمة لتوليد الطاقة من البروتينات والدهون والكربوهيدرات، وكذلك في تنشيط إنزيمات أخرى، ومن الأمثلة على ذلك ما يلي:

(أ) تنشيط الإنزيمات الضرورية لإضافة مجموعة فوسفات ثالثة إلى مركب أدينوسين ثنائي الفوسفات ADP لتكوين أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP (الأكسدة الفوسفورية Oxidative phosphorylation).

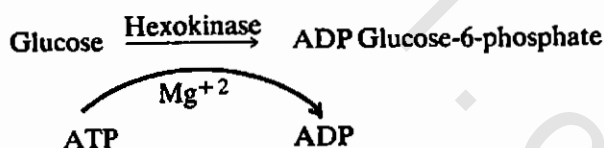
(ب) تنشيط إنزيم الفوسفاتيز القلوي alkaline phosphatase الضروري لترسيب الكالسيوم والفوسفور في الهيكل العظمي (عملية التكلس) ، كما أن التركيز المعتدل من المغنسيوم يعمل على تثبيت الكالسيوم في مينا الأسنان tooth enamel ، وهذا يعمل على منع التسوس والنخر decay .

(جـ) تنشيط إنزيمات الإنوليز enolase والداي هيدروجينيز الأيزوسترات iso citric dehydrogenase والفوسفوريليز phosphorylase الضرورية لعملية أيض الكربوهيدرات وإنتاج الطاقة . كما ينشط المغنسيوم عددًا كبيراً من الإنزيمات الضرورية لأيض البروتينات والدهون المولدة للطاقة .

(د) تنشيط الإنزيمات التي تساعد على تحويل ATP إلى cyclic-AMP التي تنظم إفراز هرمون الباراثايرويد PTH .

(هـ) تنشيط إنزيم الكولين إستريز cholinesterase الذي يؤثر على وظائف الجهاز العصبي ، ولهذا يلعب المغنسيوم دوراً مهماً في منع حدوث التكرز .

(و) يعمل على تنشيط إنزيم هكسوكينيز hexokinase الضروري لتحويل الجلوكوز إلى جلوكوز - ٦ - فوسفات ، كما ينشط إنزيم الأرجينيز arginase في دورة اليوريا .



٣ - يلعب المغنسيوم دوراً مهماً في عملية ارتخاء العضلات Relaxation of muscles

وتتم بعد عملية الانقباض contraction ، وهو بذلك يؤدي وظيفة تضاد وظيفة الكالسيوم كعامل مساعد على انقباض العضلات . حيث يعمل المغنسيوم على تنشيط إنزيم actomyosin ATPase الضروري لارتخاء العضلات وكذلك تثبيط إنزيم mosin ATPase اللازم لانقباض العضلات .

٤ - تصنيع البروتينات Synthesis of proteins

يساعد المغنسيوم في تصنيع البروتينات نظرًا لأنه يعمل على تجميع الريبوزومات ribosomes واتصالها مع RNA عند ترتيب البروتين في الخلية.

٥ - نقل النبضات العصبية Transmission of nerve impulses

يعمل المغنسيوم على نقل الإشارات العصبية nerve impulses من خلية إلى أخرى على طول الأعصاب والعضلات بسبب تفاعله مع الصوديوم واليوتاسيوم.

(٩, ١٠, ٣) مصادر المغنسيوم الغذائية Dietary sources of magnesium

تعد الخضروات الخضراء green vegetables مصادر جيدة للمغنسيوم نظرًا لأنه يدخل في تركيب صبغة الكلوروفيل chlorophyll الخضراء التي توجد في معظم الأنسجة النباتية. كما يوجد المغنسيوم بكميات جيدة في الحبوب الكاملة Whole grains ومنتجاتها خصوصًا الخبز الأسمر، وكذلك في المكسرات وفول الصويا والبقوليات (الفاصوليا والبازلاء الجافة) والكاكاو. أما بالنسبة للحوم ومنتجاتها والحليب ومنتجاته والبيض فإنها تحتوي على نسب ضئيلة من المغنسيوم. وعلى الرغم من أن الحليب يحتوي على نسب منخفضة من المغنسيوم، إلا أنه يمد الرضيع والطفل باحتياجاتها اليومية منه. وبما تجدر الإشارة إليه أيضًا أن إزالة القشرة الخارجية للحبوب أثناء التصنيع يترتب عليه فقدان معظم محتواها من المغنسيوم، لهذا فإن محتوى الدقيق الأبيض من المغنسيوم يعادل خمس ما يحتويه الدقيق الأسمر.

(٩, ١٠, ٤) نقص المغنسيوم Deficiency of magnesium

من النادر أن تظهر أعراض نقص المغنسيوم على الإنسان، نظرًا لانتشاره في العديد من الأغذية المختلفة، إلا أن تناول أغذية فقيرة في المغنسيوم لمدة طويلة أو ضعف امتصاصه من الأمعاء أو زيادة في إخراجها مع البول يؤدي إلى خفض مستواه في الدم إلى أقل من ١ ملليجرام لكل ١٠٠ مليلتر. كما أن الإصابة بالإسهال الشديد والقيء المستمر والإفراط في تناول الكحول alcoholism، وتعاطي بعض الأدوية (مثل

الملينات ومدرات البول (diuretics) والتغوط الدهني steatorrhea وداء البول السكري diabetes والفشل الكلوي هي عبارة عن عوامل تؤدي إلى خفض مستوى المغنسيوم في الدم hypomagnesemia . وتتمثل أعراض نقص المغنسيوم في صورة رجفان ورعشة وتشنجات في العضلات (يترتب عليها عدم التحكم في حركات اليدين والرجلين) وتشوش الحس (إحساس بالخدر أو النمل) paresthesia وإفراط التهيج hyperirritabil- ity وتورد في الجلد بسبب توسع الأوعية الدموية vasodilation وهذيان delirium وقد تحدث الوفاة في النهاية . وهذه الأعراض مشابهة لأعراض نقص الكالسيوم في الدم hypocalcemia والتي تؤدي إلى الإصابة بالتكزز. ولقد أمكن معالجة أعراض نقص المغنسيوم بإعطاء المريض حقنا من أملاح المغنسيوم .

(٩، ١٠، ٥) احتياجات المغنسيوم اليومية Daily requirements of magnesium

لقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (١٩٨٩م) المقررات الغذائية الموصى بها RDA للمغنسيوم، وهي ٤٠ - ٦٠ ملليجراماً في اليوم للرضع و ٨٠-١٧٠ ملليجراماً في اليوم للأطفال و ٣٥٠ ملليجراماً في اليوم للرجل البالغ والمسن و ٢٨٠ ملليجراماً في اليوم للمرأة البالغة والمراهقات. وتزداد هذه المقررات إلى ٣٢٠ ملليجراماً في اليوم أثناء فترة الحمل، وكذلك إلى ٣٥٥ و ٣٤٠ ملليجراماً أثناء الستة الشهور الأولى والثانية من الرضاعة على التوالي. ولم تصدر منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية الاحتياجات اليومية للمغنسيوم، بينما أوصت المواصفات الكندية بتناول ٣٠٠ ملليجرام في اليوم للرجل البالغ و ٢٥٠ ملليجراماً للمرأة البالغة.

وبما تجدر الإشارة إليه أيضاً أن كمية المغنسيوم الموصى بها للرضع والأطفال تعتمد على كمية المغنسيوم المتناولة مع الحليب، حيث إن حليب الأبقار يحتوي على ١٢ ملليجراماً مغنسيوم لكل ١٠٠ مليلتر، بينما يحتوي حليب الأم على ٤ ملليجرامات لكل ١٠٠ مليلتر.

Absorption, transportation and تخزينه ونقله وامتصاص المغنسيوم (٩, ١٠, ٦)
storage of magnesium

يمتص المغنسيوم في الأمعاء الدقيقة، وبشكل رئيسي من الصائم واللفائفي بطريقة النقل النشط active transport ، وتقدر نسبة الامتصاص بحوالي ٤٠٪ من المغنسيوم الموجود في الغذاء، ويخرج الباقي (٦٠٪) مع البراز. كما ترتفع نسبة امتصاص المغنسيوم إلى ٧٥٪ عند تناول وجبة غذائية فقيرة في المغنسيوم وتنخفض إلى ٢٥٪ عند تناول وجبة غذائية غنية بالمغنسيوم. ولقد وجد أن هناك علاقة عكسية بين امتصاص المغنسيوم وامتصاص الكالسيوم، حيث إن تناول كميات كبيرة من أحدهما تتعارض مع امتصاص الآخر. كما يؤدي ارتفاع نسبة الكالسيوم في الدم إلى زيادة في إخراج المغنسيوم مع البول والعكس. ويزيد تناول مدرات البول والكحول من خروج المغنسيوم مع البول. والجدير بالذكر أن الكليتين تتحكمان في تنظيم خروج المغنسيوم الزائد على حاجة الجسم مع البول بمساعدة هرمون الألدوستيرون الذي تفرزه الغدة الجنبدية adrenal gland .

العناصر المعدنية للصغرى

Trace Minerals or Microelements

- المقدمة ● الحديد ● النحاس ● الزنك ● المنجنيز ● اليود ● السيلينيوم
- الموليبدنيوم ● الكروم ● الفلور ● الكوبلت ● الفاناديوم ● القصدير
- النيكل ● السليكون ● الزرنيخ

المقدمة (١٠, ١) Introduction

تعرف العناصر المعدنية الصغرى بأنها العناصر التي تبلغ كميتها في الجسم أقل من ٥ جراما (٠,٠١٪ من وزن الجسم أو أقل)، ويحتاج منها الشخص يوميا إلى حوالي ٠,٠١ جرام أو أقل، وتشمل الحديد iron والنحاس copper والزنك zinc والمنجنيز manganese والكوبالت cobalt واليود iodine والسيلينيوم selenium والموليبدنيوم molybdenum والكروم chromium والفلور fluorine والفاناديوم vanadium والقصدير tin والنيكل nickel والسليكون silicon.

كذلك يحتوي جسم الإنسان على كميات ضئيلة جدًا (آثار Trace) من عناصر معدنية أخرى، لا تعرف وظيفتها في الجسم، ومثالها الاسترونتيوم strontium والبروم boron والذهب gold والزرنيخ arsenic والفضة silver والبيزموت bismuth والألمنيوم aluminum والبروم bromine. ويحصل الجسم على معظم احتياجاته من العناصر المعدنية من الغذاء في صورة أملاح أو مركبات عضوية فيما عدا كلوريد الصوديوم (NaCl) الذي يستخدم كبهار condiment أو مادة حافظة في الأغذية.

الحديد (١٠, ٢) Iron (Fe)

المقدمة (١٠, ٢, ١) Introduction

يعد الحديد من أكثر العناصر المعدنية الصغرى التي تحظى بالاهتمام الكبير نظرًا

لأنه يؤدي وظائف مهمة جدًا في جسم الإنسان، بالإضافة إلى أنه من أكثر العناصر الغذائية التي يعاني من نقصها الملايين من الناس. ويقدر متوسط ما يحتويه جسم الشخص البالغ من الحديد بحوالي ٤ جرامات (٠.٠٤٪ من وزن الجسم)، يوجد منها حوالي ٧٠٪ في هيموجلوبين hemoglobin كرات الدم الحمراء (المادة التي تصبغ الكريات الحمراء باللون الأحمر) في صورة حديد هيمي heme iron و ٥٪ في ميوجلوبين myoglobin العضلات في صورة حديد هيمي و ٢٠٪ في مخازن الحديد في الكبد والطحال spleen ونخاع العظام bone marrow في صورة فريتين ferritin وهيموسيدرين hemosiderin (تحتوي على حديد غير هيمي) و ٥٪ في الخلايا والإنزيمات المحتوية على الحديد. ولقد وجد أن جميع الحديد الذي لا يتجه إلى كرات الدم الحمراء (RBC's) والعضلات لتصنيع الهيموجلوبين والميوجلوبين يخزن في صورة فريتين أو هيموسيدرين، ويخزن الأخير فقط في الكبد. ويتوقف محتوى الجسم من الحديد على عدة عوامل أهمها: الجنس والعمر والحالة الصحية والغذائية وكمية الحديد في مخازن الجسم iron reserve، ولقد وجد أن مخزون الحديد في الرجل السليم حوالي ١٠٠٠ مجم، بينما تقل هذه الكمية إلى ٢٠٠ - ٤٠٠ مجم في المرأة أثناء فترة الحيض (الطمث). كما أن تركيز الحديد في جسم الطفل المولود حديثًا يكون أعلى من تركيزه في جسم الشخص البالغ، حيث يبلغ ٣٥-٥٠ مجم لكل كيلوجرام من وزن الجسم في الشخص البالغ و ٧٠ مجم لكل كيلوجرام من وزن الجسم في الرضيع. ينقل الحديد في الدم مرتبطًا مع بيتاجلوبولين betaglobulin في صورة تسمى الترانسفيرين transferrin، والتي تحتوي على حديد غير هيمي nonheme iron. ويتراوح تركيز الحديد في البلازما ما بين ٨٠-١٦٥ ميكروجراما لكل ١٠٠ ملل للرجال وما بين ٦٥-١٣٠ ميكروجراما لكل ١٠٠ ملل للنساء.

وبالرغم من أن كمية الحديد في جسم الإنسان محدودة، إلا أنها تقوم بوظائف حيوية مهمة، كما أن الحديد الموجود في هيموجلوبين كرات الدم الحمراء والعضلات وخلايا الجسم والإنزيمات يكون في صورة متحركة وفعالة، بينما يكون الحديد الموجود في مخازن الجسم (الكبد والطحال ونخاع العظام) في صورة ساكنة غير متحركة يستفيد منها الجسم عند الحاجة فقط.

Functions of iron وظائف الحديد (١٠، ٢، ٢)

يمكن تلخيص الوظائف الفسيولوجية للحديد في جسم الإنسان كالتالي:

١ - يدخل الحديد في تركيب الهيموجلوبين الذي يعتبر المكون الأساسي في خلايا الدم الحمراء، حيث إنه يعمل على نقل الأكسجين من الرئتين إلى جميع أنسجة الجسم لكي تتم عملية أكسدة العناصر الغذائية المولدة للطاقة، كما أنه يعمل على نقل ١٥٪ من ثاني أكسيد الكربون الناتج من عمليات الأيض (أكسدة العناصر) إلى الرئتين ليخرج مع هواء الزفير، أما الجزء الباقي من ثاني أكسيد الكربون فإنه ينتقل في صورة أيونات بيكربونات. ويتألف الهيموجلوبين من الهيم heme المحتوى على الحديد وحلقات بورفيرين porphyrin مرتبطة مع الجلوتين.

٢ - يدخل الحديد في تركيب هيموجلوبين العضلات والذي يعمل كمستودع للأكسجين oxygen reservoir نظراً لأن له القدرة على تخزين الأكسجين لاستعماله في انقباض العضلات.

٣ - يدخل في تكوين الإنزيمات المؤكسدة oxidative enzymes الموجودة في العضلات واللازمة لإنتاج الطاقة من الجلوكوز والأحماض الدهنية، ومنها الكاتاليز catalases والبيروكسيداز peroxidases والسيتوكروم cytochromes وأكسيداز الزانثين xanthin oxidase ودي هيدروجيناز السكسينيك succinic dehydrogenase. كما يعمل الحديد كعامل مساعد cofactor لإنزيمات أخرى.

٤ - يخزن حوالي ٢٠٪ من الحديد في الكبد والطحال ونخاع العظام في صورة فريتين ferritin وهيموسيدرين hemosiderin لاستعماله في بناء الهيموجلوبين عند الحاجة. وتجدر الإشارة إلى أن الحديد الذي يخزن في الكبد والطحال، ونخاع العظام هو الحديد الزائد على احتياجات الجسم، والذي لم تستعمله كرات الدم الحمراء أو العضلات، كما أن الحديد المخزن في الكبد يوجد فقط في صورة هيموسيدرين hemosiderin.

٥ - يساعد الحديد على تصنيع المواد التي تنقل النبضات (الإشارات العصبية) من خلية عصبية إلى الأخرى neurotransmitters، وفي تصنيع الكولاجين، وكذلك

البورينات purines التي تدخل في تركيب الأحماض النووية، كما أنه يدخل في إنتاج الأجسام المضادة antibodies، ويساعد في التخلص من مفعول الأدوية السامة في الكبد ومن الدهون الزائدة في الدم. ويتميز حليب الأم باحتوائه على الحديد في صورة لكتوفيرين lactoferrin الذي يعمل على إعاقه نمو بكتريا *E. coli* في القناة الهضمية للأطفال نظراً لأنه يرتبط بالحديد ويجعله غير متوافر لنمو هذه البكتريا.

(١٠، ٢، ٣) مصادر الحديد الغذائية Dietary sources of iron

يوجد الحديد بنسب متفاوتة في مجموعة واسعة من الأغذية الحيوانية والنباتية، ويمكن تلخيص أهم المصادر الغنية به كالآتي:

١ - بدائل اللحوم Meat exchanges

تعد بدائل اللحوم من أفضل مصادر الحديد الذي يتميز بمعدل امتصاصه المرتفع (يصل إلى ٣٠٪)، وذلك لاحتوائها على ٤٠٪ حديد هيمي heme iron (الهيموجلوبين والميوجلوبين) و ٦٠٪ حديد غير هيمي nonheme iron. وتتمثل بدائل اللحوم الغنية بالحديد في الكبد والكلوي واللحوم الحمراء والدواجن والأسماك والبيض، وتعد كبد الخروف lamb liver من أغنى المصادر الغذائية بالحديد، ٩، ٦ ملليجرام حديد. كما تعد البقوليات مثل الفاصوليا والبازلاء مصادر ممتازة للحديد.

٢ - بدائل الخضروات والفواكه Vegetable and fruits exchanges

تعد الخضروات والفواكه مصادر جيدة للحديد غير الهيمي nonheme iron خصوصاً الخوخ prunes والمشمش apricot، البازلاء peas والتين والزبيب raisins وجميع الخضروات الورقية الخضراء. إلا أن احتواء الخضروات والفواكه على السليلوز cel-lulose يقلل من معدل امتصاص الحديد في الجسم والذي يقدر بحوالي ٤٪.

٣ - بدائل الخبز Bread exchanges

تعتبر الحبوب الكاملة والمُدعمة enriched مصادر جيدة للحديد غير الهيمي، إلا أن معدل امتصاصه يكون أقل من الحديد الهيمي في الجسم كما ذكر آنفاً، وتتراوح نسبة

امتصاص الجسم للحديد من الحبوب ومنتجاتها ما بين ٥,٥ - ٦,٥ ٪. وتتمثل بدائل الخبز الغنية بالحديد في الخبز الكامل والمدعم والسيريل cereals والمكرونه والاسباكتي spaghetti . والجدول (١٠, ١) يبين محتوى بعض الأغذية من عنصر الحديد .

جدول (١٠, ١) محتوى بعض الأغذية من الحديد .

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (حصة Serving)	كمية الحديد (ملليجرام)
بدائل اللحم meat exchange		
محار oysters	ثلاثة أرباع كوب	١٠
رفاقات من لحم البقر مملحة ومدخنة	٣ أوقية (٩٠ جراما)	٤
لحم البقر - صاف	٣ أوقية (٩٠ جراما)	٢,٩
لحم العجل veal صاف	٣ أوقية	٣
ساردين	٣ أوقية	٢,٥
تونة معلبة	٣ أوقية	١,٦
لحم خروف - فخذ leg of lamb	٣ أوقية	١,٤
لحم الدجاج - صاف	٣ أوقية	١,٤
سالون salmon عطب	٣ أوقية	٠,٧
كبدة البقر	٣ أوقية	٨
قلب البقر	٣ أوقية	٥
لحم ممبركر - متوسط الدهن	٣ أوقية	٢,٧
بيض	١ حبة (٥٠ جراما)	١,١
زبدة الفول السوداني	٢ ملعقة مائدة	٠,٦
لحم سمك - مطهو*	٣ أوقية (٩٠ جراما)	١,٠
بدائل الفاكهة fruit exchanges		
عصير برقوق prune juice	ربع كوب	٢,٦
فراولة	ثلاثة أرباع كوب	١,١
مشمش جاف	٤ أنصاف 4 halves	٠,٨

تابع جدول (١٠، ١).

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (حصة Serving)	كمية الحديد (ملليجرام)
ثمر العليق blackberries	نصف كوب	٠,٧
blueberries	نصف كوب	٠,٧
توت raspberries	نصف كوب	٠,٦
تين جاف	١ حبة	٠,٦
كمثري pear	١ حبة	٠,٥
تفاح أوبرتقال * بدائل الخضروات vegetables exchanges	١ حبة متوسطة	٠,٤
سبانخ spinach	نصف كوب	٢,٤
dandelion greens	نصف كوب	١,٦
عصير طماطم	نصف كوب	١,١
brussels sprouts	نصف كوب	٠,٩
بروكولي broccoli	نصف كوب	٠,٧
طماطم مطهورة	نصف كوب	٠,٦
الخضروات المطهورة (جميع الأنواع) بدائل الخبز bread exchanges	نصف كوب (٧٥ جراما)	١,٥
بوب كورن - بدون دهن	٣ أكواب	٠,٦
شرائح النخالة المدعمة	نصف كوب	٦,٢
فاصوليا جافة	نصف كوب	٢,٥
فاصوليا - ليما	نصف كوب	٢,٢
فاصوليا ليما جافة - مطهورة*	نصف كوب (٧٥ جراما)	١,٨
فاصوليا خضراء مطهورة*	نصف كوب	٠,٤
بازلاء خضراء	نصف كوب	١,٥
الأرز - مدعم	نصف كوب	٠,٩
سيريل cereals جاهز للأكل*	١ كوب (٣٠ جراما)	١,٣
خبز أسمر	١ شريحة (٢٥ جراما)	٠,٨

تابع جدول (١٠، ١).

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (حصة Serving)	كمية الحديد (ملليجرام)
pumpkin	ثلاثة أرباع كوب	٠,٧
خبز أبيض	١ شريحة (٢٥ جراما)	٠,٦
سبكة أو مكرونة - مدعمة	نصف كوب	٠,٧
بطاطس	١ حبة صغيرة	٠,٥
بطاطس مقلية french fried	٨ حبات	٠,٦
بدائل الحليب milk exchanges		
الحليب*	١ كوب (٢٤٤ جراما)	٠,٢

المصدر: Hamilton E.N. Whitney, E.N. (1981), p. 463. الأغذية المؤشر عليها بعلامة * مأخوذة من مصادر أخرى.

(١٠، ٢، ٤) نقص الحديد Deficiency of iron

تظهر عادة أعراض نقص الحديد على الإنسان نتيجة:

(١) تناول وجبات غذائية فقيرة في محتواها من الحديد لفترة زمنية طويلة، (٢) ضعف في امتصاص الحديد من الأمعاء، (٣) الإصابة بالتنزيف بسبب حدوث جرح أو قطع أو نتيجة الطمث بالنسبة للنساء. وهذه الأسباب الثلاثة تسبب استنزافاً للحديد المخزن في الجسم، مما يترتب عليه انخفاض مستوى الحديد في مصل الدم blood serum وانخفاض في نسبة تشبع الترانسفيرين transferrin بالحديد، ويؤدي النقص الشديد في الحديد في النهاية إلى الإصابة بأنيميا نقص الحديد iron deficiency anemia.

وتتمثل أعراض أنيميا نقص الحديد لدى الإنسان في التالي:

١ - انخفاض مستوى الهيموجلوبين في الدم

يقدر متوسط مستوى الهيموجلوبين في دم المرأة والرجل السليمين بحوالي ١٣,٥ و ١٥ جراما لكل ١٠٠ ملل على التوالي، ولكن يؤدي انخفاض مستواه إلى حوالي ٩-٥ جرامات لكل ١٠٠ ملل دم إلى ظهور أعراض أنيميا نقص الحديد (مرض فقر الدم)

ويشكل عام انخفاض مستوى الهيموجلوبين لأقل من ١٣ جراما في الرجل و ١٢ جراما في المرأة الطبيعية و ١١ جراما لكل ١٠٠ ملل دم في المرأة الحامل ويعتبر مؤشراً على احتمال الإصابة بالأنيميا. ويرجع انخفاض مستوى الهيموجلوبين في الدم إلى استنزاف جميع مخزون الجسم من الحديد (مستودعات الحديد)، ويؤدي هذا إلى عدم قدرة الجسم على تأمين احتياجات كرات الدم الحمراء من الحديد.

٢ - انخفاض في عدد كرات الدم الحمراء

يقدر عدد كرات الدم الحمراء في الرجل السليم بحوالي ٥ ملايين خلية في المللييلتر وفي المرأة السليمة بحوالي ٥, ٤ مليون خلية في المللييلتر، لكن عند الإصابة بأنيميا نقص الحديد يقل عدد كرات الدم الحمراء في المرأة والرجل إلى ٣-٤ مليون خلية في المللييلتر الواحد.

٣ - صغر في حجم كرات الدم الحمراء

تصبح كرات الدم الحمراء صغيرة في الحجم microcytic ، ولونها أحمر باهت hypochromic ، ولذلك يطلق على أنيميا نقص الحديد hypochromic microcytic anemia ، كما أن صغر حجم خلايا الدم الحمراء يضعف من قدرتها على حمل الأكسجين من الرئتين إلى الخلايا، مما يؤدي إلى انخفاض في عمليات أكسدة العناصر الغذائية وإنتاج الطاقة.

٤ - ظهور أعراض أخرى على الشخص Appearance of other symptoms

يشعر الشخص المصاب بالأنيميا بالإجهاد fatigue والصداع headaches وشحوب في اللون وضعف عام واصفرار في الوجه وضيق في التنفس خصوصاً بعد أداء أي مجهود، ومعظم هذه الأعراض تكون نتيجة لعدم توافر كميات كافية من الأكسجين لاستخدامها في عمليات أيض الطاقة. كما يؤدي نقص الحديد في الأطفال إلى حدوث اضطرابات سيكولوجية psychological disturbances مثل فرط النشاط hyperactivity وقلة اليقظة والانتباه attentiveness .

٥ - تغير معامل اللون Colour index عن واحد

معامل اللون هو نسبة الهيموجلوبين معبراً عنها كنسبة مئوية لكرات الدم الحمراء، وفي الظروف الطبيعية تكون قيمة معامل اللون واحدًا صحيحًا. إلا أن انخفاض قيمة معامل اللون عن واحد يدل على نقص في مستوى الهيموجلوبين مع وجود عدد كافٍ من كرات الدم الحمراء، بينما يدل ارتفاع قيمة معامل اللون عن واحد على نقص في عدد كرات الدم الحمراء مع عدم تغير في مستوى الهيموجلوبين عن الحالة الطبيعية. أما المؤشرات العملية التي تدل على إصابة الشخص بأنيميا نقص الحديد فيمكن تلخيصها في الآتي:

- حديد مصل الدم Serum iron : أقل من ٥٠ ميكروجراما لكل ١٠٠ ملل.
- سعة الارتباط بالحديد Iron-binding capacity : أكثر من ٤٠٠ ملليجرام لكل ١٠٠ ملل.
- تشبع الترانسفيرين Transferrin saturation : أقل من ١٥٪.
- فريتين السيرم Serum ferritin : أقل من ١٠ ميكروجرامات لكل ١٠٠ ملل.
- Hemoglobin/hematocrit Hematocrit : تعني نسبة كرات الدم الحمراء في عينة من الدم الكامل whole blood .

وتتشقى أنيميا نقص الحديد في كثير من دول العالم النامية، فقد وجد في بعض الشعوب أن أكثر من ٥٠٪ من سكانها مصابون بالأنيميا. وبشكل عام تكثر الإصابة بأنيميا نقص الحديد في الأطفال الرضع infants والمراهقين adolescents (ذكور وإناث) والنساء الحوامل. وتجدر الإشارة إلى أن الأطفال الرضع يولدون ومخازن الحديد في أجسامهم غنية جدًا بالحديد ١٨-١٩ الذي يكفي لسد حاجة أجسامهم لفترة ٤-٦ شهور بعد الولادة. لهذا تحدث معظم الإصابة بالأنيميا بعد عمر ٤-٦ شهور خصوصًا الرضع الذين يعتمدون كليًا في غذائهم على الحليب الخالي من الحديد. ويتراوح تركيز الهيموجلوبين في دم الأطفال حديثي الولادة (بعد الولادة مباشرة) ما بين ١٨-١٩ مجم لكل ١٠٠ ملل من الدم. يتضح مما سبق ذكره أنه يجب إعطاء الرضيع الأغذية الغنية بالحديد مثل البيض بعد عمر ٤-٦ شهور، كما يجب زيادة جرعات الحديد التي تستهلكها الأم أثناء فترة الحمل لأنها تزيد من مخزون الحديد في جسم الرضيع بعد

الولادة. ولقد وجد أن الأطفال الذين يولدون من أمهات لديهم نقص في الحديد معرضون للإصابة بأنيميا نقص الحديد. كما تكثر الإصابة بأنيميا نقص الحديد في سن المراهقة بسبب النمو السريع الذي يحدث في هذه الفترة وما يصاحبه من زيادة في حجم الدم. وزيادة فقدان الحديد مع دم الطمث أو الحيض menses. وتجدر الإشارة إلى أن الوجبة الغذائية التي يتناولها الشخص في فترة النمو السريع (سن المراهقة) لا تحتوي على كميات من الحديد تكفي لسد احتياجات الجسم الزائدة خلال هذه الفترة.

وتكون الأم أثناء فترة الحمل معرضة للإصابة بأنيميا نقص الحديد وذلك نتيجة للزيادة التي تحدث في حجم دم الأم، وتكون أنسجة جديدة في جسمها مثل المشيمة وزيادة أنسجة الثدي، وكذلك تكون الجنين الذي يحصل على جميع احتياجاته من الحديد من جسم الأم، لهذا يوصي معظم الأطباء المرأة الحامل بأخذ جرعات إضافية من الحديد لمنع إصابتها بالأنيميا. كما أن تتابع مرات الحمل دون إعطاء الأم مهلة من الوقت لإعادة بناء مخزون الحديد لديها يؤدي إلى إصابتها بالأنيميا خصوصاً عندما تكون الأم صغيرة السن ولم يكتمل نموها.

معالجة أنيميا نقص الحديد

توجد طريقتان لمعالجة أنيميا نقص الحديد هما:

١ - تخطيط وجبة غذائية غنية بالحديد: يمكن معالجة الأنيميا بواسطة تخطيط وجبات غذائية غنية بالحديد مثل الكبد والبطاطس واللحوم (اللحوم الحمراء والدواجن والسماك)، كما يؤخذ في الاعتبار ضرورة احتواء الوجبة الغذائية على حمض الأسكوربيك نظراً لأنه يزيد من معدل امتصاص الحديد كما سبق ذكره. كذلك يجب الأخذ في الاعتبار عدم زيادة كميات الحليب المتناولة يومياً على المقرر الطبيعي، نظراً لأن الكالسيوم يتحد مع الحديد ويكون معقداً غير قابل للامتصاص من خلال جدار الأمعاء. أما بالنسبة للأطفال الرضع الذين يتغذون على الحليب الصناعي فإنه يجب إعطاؤهم الحليب المدعم بالحديد iron-fortified formula، وكذلك السيريل cereals

المدعم بالحديد، بالإضافة إلى العناصر الغنية بفيتامين ج vitamin C (عصائر الحمضيات).

٢ - أملاح الحديد Iron salts : تعتبر أملاح الحديد العلاج الرئيسي للشخص المصاب بالأنيميا وتعطى عن طريق الفم في صورة كبريتات الحديد ferrous sulphate أو جلوكونات الحديد ferrous gluconate أو فيومارات الحديد ferrous fumarate ، وينصح بتناولها بعد الوجبة الغذائية مباشرة لتفادي حدوث مضايقات intolerance ، علماً بأن معدل امتصاصها يكون أكبر عندما تؤخذ بين الوجبات الغذائية.

(١٠, ٢, ٥) احتياجات الحديد اليومية Daily requirements of iron

تختلف احتياجات الفرد للحديد حسب السن والجنس والحالة الصحية، إلا أنه يجب أن تؤمن الكميات المتناولة منه احتياجات الجسم المتزايدة خصوصاً أثناء فترة الحمل والرضاعة والنمو السريع، كما يجب التعويض عن كمية الحديد المفقودة مع الدم أثناء فترة الطمث أو نتيجة العمليات الجراحية. ولقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي NFB/NRC (١٩٨٩م) المقررات اليومية الموصى بها RDA للحديد، وهي ٦-١٠ مجم للرضع infants والأطفال childrens و ١٢ مجم للمراهقين و ١٥ مجم للمراهقات وبالغات والمرضعات و ١٠ مجم للبالغين والمسنين والمسنات. كما توصي هيئة الغذاء والتغذية (١٩٨٩م) بإعطاء المرأة الحامل جرعات إضافية من الحديد (١٥ مجم في اليوم) خلال هذه الفترة لتأمين احتياجات المرأة الإضافية نتيجة تكون المشيمة والجنين، وزيادة حجم الجسم، وتصنيع الحليب. كما أن منظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO أوصتا بتناول ١٠-٥ مجم حديد في اليوم للأطفال حتى عمر ١٢ سنة و ١٣-١٩ مجم للمراهقين و ١٢-٢٨ مجم للمراهقات والنساء البالغين و ٥-٩ مجم للرجال البالغين. كما يمكن تقدير احتياجات الحديد على أساس تناول ٦ مجم لكل ١٠٠٠ سعر، ويعني هذا أن المرأة المراهقة أو البالغة يجب أن تتناول وجبة غذائية تحتوي على ٢٥٠٠ سعر لكي تحصل على ١٥ مجم حديد في اليوم، وتزيد هذه الكمية من السعرات على احتياجات المرأة خلال هذه المرحلة من العمر.

يولد معظم الأطفال ومخازن الحديد في أجسامهم غنية جدًا بالحديد (٣٥٠-٤٠٠ مجم) الذي يكفيهم حتى عمر ٤-٦ شهور، لهذا لا يحتاج الطفل إلى مصادر جديدة للحديد حتى الشهر الرابع أو الخامس من عمره. وبعد ذلك ينصح بإعطاء الطفل أغذية غنية بالحديد مثل البيض، مع إعطائه حمض الأسكوربيك لزيادة معدل امتصاصه.

(١٠، ٢، ٦) امتصاص الحديد ونقله وتخزينه - Absorption, transportation and storage of iron

يتم امتصاص الحديد في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة، ونسبة تتراوح ما بين ٥-١٠٪ من الحديد الموجود في الغذاء، وهي من أدنى نسب امتصاص العناصر الغذائية. ويُمتص الحديد إما في صورة حديد غير هيمي nonheme من الأملاح غير العضوية في الغذاء أو في صورة حديد هيمي heme iron مرتبط بالمرکبات العضوية، وفي الصورة الأخيرة تفتح حلقة البورفيرين porphyrin ring في داخل خلايا الأمعاء الدقيقة ويخرج منها الحديد إلى الدم مباشرة. يوجد معظم الحديد في الغذاء في صورة مؤكسدة Fe^{3+} (حديدك) ويوجد جزء قليل في صورة مختزلة Fe^{2+} (حديدوز)، إلا أنه يتم اختزال الحديدك إلى حديدوز في المعدة بمساعدة حمض الهيدروكلوريك ليسهل امتصاصه من خلال جدار الأمعاء الدقيقة، حيث تزيد قدرة الجسم على امتصاص الصورة المختزلة. توجد عدة عوامل تنظم امتصاص الحديد من خلال جدار الأمعاء الدقيقة، وهذه يمكن تلخيصها في الآتي:

١ - احتياجات الجسم للحديد Body's needs for iron

تحدد نسبة الحديد الممتصة من الغذاء بمدى احتياجات الجسم له، فمثلاً يقدر متوسط امتصاص الحديد في الحالة الطبيعية بحوالي ١٠٪، بينما ترتفع هذه النسبة إلى ٣٠٪ أثناء فترة الحمل، وإلى ٤٥-٦٤٪ عند الإصابة بالأنيميا وانخفاض مستوى الهيموجلوبين في الدم، كما تزداد نسبة الامتصاص لدى الأطفال. ولقد وجد أن هناك علاقة بين نسبة امتصاص الحديد وكمية بروتين الفيريتين ferritin المبطن لجدار الأمعاء الدقيقة، حيث تنخفض كمية الفيريتين في الأغشية المخاطية المبطنة لجدار الأمعاء

الدقيقة خلال فترة الحمل والنمو السريع، مما يزيد من نسبة امتصاص الحديد، بينما تزداد كمية الفيريتين في الأغشية المخاطية خلال الفترات الطبيعية، مما يقلل من نسبة امتصاص الحديد.

٢ - كمية ونوعية الحديد في الوجبة الغذائية Quantity & kind of iron in diet

ترتفع نسبة امتصاص الحديد من الأمعاء كلما قلت كميته في الوجبة الغذائية، ولقد وجد أن نسبة الامتصاص قد تصل إلى ٣٢٪ عند تناول كمية حديد بتركيز ٢٥، ٠، ٠ مجم لكل كيلوجرام من وزن الجسم وتنخفض هذه النسبة إلى ٤٪ عند زيادة كمية الحديد المستهلكة إلى ٤ مجم لكل كيلوجرام من وزن الجسم. كما يبلغ متوسط نسبة امتصاص الحديد الهيمي (heme iron) (هيموجلوبين وميوجلوبين) في الأغذية الحيوانية مثل اللحوم والأسماك والدواجن إلى حوالي ٢٣٪، بينما تتراوح نسبة امتصاص الحديد غير الهيمي (nonheme iron) في الأغذية النباتية مثل البقوليات والقمح والخضروات والأغذية النباتية الأخرى ما بين ٣ إلى ٨٪. كما أن الجسم له القدرة على امتصاص الحديد في الصورة المختزلة (حديدوز) بمعدل أكثر من الصورة المؤكسدة (حديدك)، لهذا يتحول معظم الحديدك في الغذاء إلى حديدوز بفعل حمض الهيدروكلوريك في المعدة، والجزء العلوي من الاثنى عشر.

٣ - احتواء الوجبة الغذائية على حمض الأسكوربيك واللحم Presence of ascorbic acid and meat in diet

إن احتواء الوجبة الغذائية على حمض الأسكوربيك واللحم المختلفة (اللحم الحمراء أو الأسماك أو الدواجن) يرفع من معدل امتصاص الحديد غير الهيمي إلى حوالي ثلاثة أضعاف. كما يعمل حمض الأسكوربيك على اختزال الحديدك إلى حديدوز، ويرفع هذا من نسبة امتصاصه في الأمعاء.

٤ - استنزاف مخازن الحديد في الجسم Depletion of iron stores in body

يترتب على نفاد الحديد في مخازن الجسم مثل الكبد والطحال ونخاع العظام، وانخفاض نسبة تشبع الترانسفيرين transferrin ارتفاع نسبة امتصاص الحديد، والعكس.

٥ - احتواء الوجبة الغذائية على حمض الفيتيك أو الأكساليك أو الفوسفات أو كمية

كبيرة من الألياف *Presence of phytate, oxalate, phosphate or high fiber in diet*

وجد أن احتواء الغذاء على حمض الأكساليك أو الفيتيك أو الفوسفات يعوق امتصاص الحديد من الأمعاء، حيث إنها تشكل معه أملاح حديد (معقدات) غير قابلة للذوبان في الماء، فتسبب انخفاضاً في معدل امتصاص الحديد. وتجدر الإشارة إلى أن الكالسيوم له القدرة على الاتحاد بـحمض الفيتيك والفوسفات ومنعهما من الارتباط بالحديد وإعاقة امتصاصه. كما أن احتواء الوجبة الغذائية على كمية كبيرة من الألياف يعوق امتصاص الحديد، نظراً لأنه يعمل على الإسراع في خروج الغذاء من الأمعاء، فيقلل من معدل امتصاصه. ويتضح مما ذكر آنفاً أن أعراض أنيميا نقص الحديد قد تظهر على الأشخاص الذين يعتمدون كلياً في غذائهم على الحبوب grain والسيريل cereals لأنها غنية بـحمض الفيتيك والأكساليك والألياف. كما أن التانين tannins الموجود في الشاي ومضادات الأحماض antiacids يعوق امتصاص الحديد.

٦ - الأمراض Diseases

يحدث انخفاض في نسبة امتصاص الحديد عند الإصابة ببعض الأمراض، أي أن بعض الأمراض تسبب حدوث مشاكل في عملية امتصاص الحديد، ومنها مرض السلياك celiac sprue والقولنج (التهاب غشاء القولون المخاطي) colitis ومرض تليف الكبد والإسهال والأمراض المعدية. كما أن استئصال المعدة gastrectomy أو جزء منها يترتب عليه انخفاض في كمية حمض الهيدروكلوريك الضروري لتحويل الحديد إلى حديدوز، مما يقلل من معدل امتصاصه. ولقد وجد أن الحديد الممتص (الحديدوز) يتحول في داخل خلايا الأمعاء إلى حديدك، ثم يتحد مع بروتين أبوفيرين appofer-rin لتكوين الفيريتين ferritin، وهي الصورة التي يُخزن عليها الحديد في الأمعاء الدقيقة حيث يقوم بإمداد بروتين الترانسفيرين بالحديد عند الحاجة. ويُخزن الحديد على صورة فيرتين عندما يكون تركيز الحديد في الترانسفيرين حوالي ٣٣٪، وعندما ينخفض عن ذلك يقوم الترانسفيرين بسحب الحديد من الفيريتين المخزن في الأمعاء. ينقل الترانسفيرين (حديد + جلوبيولين globulin) الحديد في الدم في صورة (حديدوز) إلى أنسجة الجسم المختلفة حسب احتياجها، ويخزن الباقي في الكبد والطحال ونخاع

العظام في صورة فيريتين وهيموسيدرين. ولكن يذهب الجزء الأكبر من الحديد إلى نخاع العظام لتصنيع الهيموجلوبين اللازم لتكوين كرات دم حمراء تحمل محل كرات الدم الحمراء المتحللة، حيث يلزم ٢٠ مجم حديد لتصنيع ٦-٥ جم هيموجلوبين. وتجدر الإشارة إلى أن كرات الدم الحمراء تعيش فقط لفترة ٤ شهور وبعد ذلك تتحلل وينطلق منها الحديد الذي يعاد استخدام ٩٠٪ منه في تصنيع الهيموجلوبين الذي يستخدم لتكوين كرات دموية حمراء جديدة تحمل محل الكرات المتحللة. يتضح مما ذكر أعلاه أنه يوجد ثلاثة مصادر رئيسية للحديد في الدم وهي: الحديد الممتص من الأمعاء والحديد المنطلق من مخازن الحديد في الجسم والحديد الناتج من تحلل كرات الدم الحمراء. ويقدر الحديد الموجود في كرات الدم الحمراء بحوالي ٧٥٪ من الحديد الكلي الموجود في الجسم، لهذا يحدث أكبر فقدان للحديد من الجسم عند فقدان الدم أو حدوث نزيف. يوجد حوالي ٣٠-٤٠٪ من الحديد الكلي في الجسم في مخازن الحديد، ويوجد الباقي في صورة فعالة في الجسم، وأهمها الحديد الموجود في إنزيمات السيتوكروم أكسيداز cytochrom oxidase الضروري لعمليات الأكسدة وتكوين الطاقة في كل خلية. وبشكل عام يفقد جسم الإنسان جزءاً قليلاً جداً من الحديد وذلك نتيجة تحلل كرات الدم الحمراء في الكبد ونخاع العظام، حيث إن ٩٠٪ من الحديد الناتج من هذا التحلل يعاد استخدامه في الجسم، بينما يفقد الباقي مع البول والعرق وفي تجويف الأمعاء. وتقدر كمية الحديد التي تفقد يومياً مع العرق بحوالي ١,٠ مجم ومع دم الطمث بحوالي ٣,١-١٠ مجم، ومع البول بحوالي ١,٠ مجم. كما يفقد حوالي ٣,٠-٥,٠ مجم حديد في تجويف الأمعاء. أما الحديد الذي يخرج مع البراز (٥,٠-١٠,٠ مجم) فإنه يمثل الحديد غير الممتص في الأمعاء.

والجدير بالذكر أنه يمكن أن تحدث زيادة في مستوى الحديد في الجسم، مما يؤدي إلى زيادة كمية الهيموسيدرين hemosiderin المخزنة في الكبد والفيريتين ferritin المخزنة في الطحال ونخاع العظام. ومن الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى ارتفاع مستوى الحديد في الجسم الآتي:

١ - الإصابة بمرض الهيموسيدروسيس Hemosiderosis

وهو عبارة عن اضطرابات في أيض الحديد يترتب عليها زيادة تخزينه في الكبد بصفة أساسية في صورة هيموسيدرين غير القابل للذوبان، بالإضافة إلى تخزينه في

الطحال ونخاع العظام والبنكرياس pancreas . ولا يؤدي هذا المرض إلى حدوث ضرر أو أذى لأنسجة الأعضاء المخزن بها . ويحدث الهيموسيدروسيس hemosiderosis نتيجة التحلل المفرط في كرات الدم الحمراء ، والذي يشبه التحلل الذي يحدث لكرات الدم الحمراء في حالة الأنيميا hemolytic anemia أو نتيجة تناول كميات كبيرة من الحديد لفترة طويلة (٢٠٠ مجم في اليوم أو أكثر) كما هو الحال في أفراد قبائل البانتو Bantu في جنوب إفريقيا الذين يطهون طعامهم في أوعية حديدية iron pots فترفع نسبة الحديد في غذائهم .

٢ - الإصابة بمرض الهيموكروماتوسيس Hemochromatosis

وهو مرض وراثي يسبب اضطرابات في أيض الحديد ، مما يؤدي إلى حدوث زيادة في امتصاص وتخزين كميات كبيرة منه في الكبد وأنسجة الجسم الأخرى . ولقد وجد أن تخزين كميات كبيرة من الحديد في الكبد يؤدي إلى الإصابة بتليف الكبد cirrhosis of liver أو مرض السكري diabetes . ويتشتر مرض الهيموكروماتوسيس بين الرجال أكثر من النساء ، ويمكن معالجته بإعطاء المواد المستخلبة مثل أدوية desferrioxamine . ويوضح الشكل (١٠، ١) مسارات امتصاص ونقل وتخزين الحديد في جسم الإنسان .

Copper (Cu) النحاس (١٠، ٣)

المقدمة Introduction (١٠، ٣، ١)

اكتشف وجود النحاس في الدم عام ١٨٧٥ م ، ولم تعرف أهميته في التغذية إلا في عام ١٩٢٥ م عندما لاحظ العلماء في جامعة وسكونسن Wisconsin أن تغذية الفئران على الحليب يؤدي إلى إصابتها بالأنيميا التي لم يمكن معالجتها بإضافة الحديد إلى الحليب ، ولكن أمكن معالجتها بإضافة كميات ضئيلة جداً من رماد النحاس للوجبة . وتشابه مسارات أيض النحاس والحديد ، بالإضافة إلى تشابهها في وظائفها وبعض خواصهما . ويحتوي جسم الإنسان البالغ على حوالي ١٠٠-١٥٠ مجم نحاس ، حيث

الحديد في الغذاء

[هيمي وغير هيمي]

تناول الطعام

المعدة

 Fe^{2+} Fe^{3+}

المضمون

الامتصاص

الأبيض

الأمعاء الدقيقة

غير مختص

حديد في البراز

بيلازما الدم

ترانسفیرین

Fe³⁺ + جلويولين

أنسجة الجسم

انزیم سینوکروم

العضلات

[الميوجلوين]

مع العظام

تبع الهموجلوين]

٢٥. عجم / اليوم

تحتل كرات الدم الحمراء

روپي

الكبد

[هيموسيدرين]

کتاب

كرات الدم الحمراء

(%V.-50)

دم الحیض

[٥، ٤ - ١، ٤ عجم / اليوم]

والنزييف

الإخراج

البول والعرق

شكل (١, ١٠) مسارات امتصاص الحديد ونقله وتخزينه الحديد في جسم الإنسان.

يوجد حوالي ٣٥٪ منه في الكبد والمخ brain ، ويوجد الباقي موزعاً في القلب والكليتين والبنكرياس والطحال والرئة lung والعظام والعضلات. ويتراوح تركيز النحاس في بلازما الدم ما بين ٩٠-١٥٠ ميكروجراما لكل ١٠٠ ملل، حيث إن ٨٥-٩٥٪ منه يكون مرتبطاً مع الجلوبيولين مكوناً مركباً يسمى سريولوبلازمين ceruloplasmin ويرتبط الباقي مع الألبومين. كما يرتبط النحاس الموجود في كرات الدم الحمراء مع بروتين إيرثروكبرين erythrocyte. وتجدر الإشارة إلى أن تركيز النحاس في أعضاء الجنين fetus والطفل حديث الولادة تزيد عدة مرات على ما في أعضاء الشخص البالغ، إلا أن هذا التركيز ينخفض إلى المستوى الطبيعي خلال السنة الأولى من الولادة.

(٢، ٣، ١٠) وظائف النحاس Functions of copper

تتمثل وظائف النحاس الفسيولوجية في جسم الإنسان في الآتي:

١ - يدخل النحاس في تركيب العديد من الإنزيمات التي تسمى سريولوبلازمين ceruloplasmin اللازمة لعمليات التأكسد والاختزال وغيرها من العمليات المهمة التي تحدث في الخلية، ويمكن تلخيص أهم الإنزيمات التي تحتوي على النحاس كعامل مساعد يمكنها من القيام بوظائفها كالتالي:

(أ) الفيروكسيداز Ferroxidase I : وهو يساعد على تأكسد الحديدوز (Fe^{2+}) إلى حديديك (Fe^{3+}) في بلازما الدم وقبل ارتباطه بالترانسفيرين transferrin الذي ينقله عبر الدم إلى المواقع التي يحدث بها تكوين الهيموجلوبين hemoglobin في الجسم.

(ب) التيروسيناز Tyrosinase : يلعب دوراً مهماً في تحويل الحمض الأميني تيروسين tyrosine إلى الميلانين melanin ، وهي عبارة عن صبغات سوداء موجودة في الجلد والشعر، لهذا يؤدي غياب هذا الإنزيم إلى الإصابة بالهق albinism (تلون البشرة باللون البني والشعر باللون الأبيض).

(ج) سيتوكروم س أكسيداز Cytochrome C oxidase : يساعد على نقل الإلكترونات في مسار سلسلة نقل الإلكترونات (الأكسدة الفوسفورية)، وبذلك يسهم في عملية إنتاج الطاقة (ATP) من الدهون والكربوهيدرات والبروتينات داخل الخلايا.

(د) اللاسيل أو أكسيديز Lysyloxidase : يعمل على تصنيع بروتين الإيلاستين elastin الموجود في جدار الأورطي aorta ، وكذلك بروتين الكولاجين col-lagen الذي يربط الأنسجة والخلايا ببعضها البعض .

(هـ) سوپر أكسيد ديسميترز (SOD) Superoxide dismutase : إنزيم يحتوي على النحاس ويساعد في حماية الخلايا من عملية التهدم الأكسيدي oxidative damage . وتجدر الإشارة إلى أن هذا الإنزيم يوجد في خلايا الدم الحمراء ، ويسمى أحيانا hepatocuprein أو erythrocuprein أو cytocuprein أو cere-brocuprein .

(و) أكسيديز حمض الأسكوربيك Ascorbic acid oxidase : يلعب دوراً في عملية أكسدة فيتامين ج، كما يدخل في تركيب إنزيمات الفينولاز phenolase .

(ز) إنزيمات أخرى: تعمل بعض إنزيمات السريولوبلازمين على تنظيم مستويات الأمينات amines في البلازما والخلايا مثل ابينفيرين epinephrine وسيروتونين serotonin ونون ابينفيرين nonepinephrine .

٢ - يسهم في تصنيع الكولاجين collagen والفوسفوليبيدات phospholipids الضرورية لتكوين الميالين myelin .

٣ - يساعد النحاس على تحرك الحديد من مخازنه في الكبد لتصنيع الهيموجلوبين، مما يحمي الإنسان من الإصابة بالأنيميا .

٤ - يلزم النحاس لتصنيع غلاف النخاعين myelin sheath المحيط بالألياف العصبية .

(٣، ٣، ١٠) مصادر النحاس الغذائية Dietary sources of copper

يتوافر النحاس في جميع الأغذية التي يتناولها الشخص يومياً مثل اللحوم والخضروات والفواكه والحبوب، لهذا يحصل الإنسان عادة على أكثر من احتياجاته اليومية من النحاس. وأغني الأغذية بالنحاس هي المحاريات oysters والصدفيات shellfish والكبدة والبقوليات والمكسرات والحبوب الكاملة والكاكاو. كما تعتبر اللحوم

والبيض والخضروات الورقية والأسماك مصادر متوسطة للنحاس . وتجدر الإشارة إلى أن حليب الأبقار من المصادر الفقيرة جدًا بالنحاس ، بينما يحتوي حليب الأم على كميات متوسطة منه .

(٤، ٣، ١٠) نقص النحاس Deficiency of copper

من النادر ظهور أعراض نقص النحاس hypocupremia على الإنسان إلا في حالة وجود عيب وراثي في أيض الغذاء أو الإصابة بالأمراض التي يصاحبها إسهال حاد . وتتمثل أعراض نقص النحاس بظهور انخفاض في مستوى الهيموجلوبين والإصابة بالأنيميا وانخفاض في كرات الدم البيضاء leukopenia واضطرابات عصبية وقلة تكون الفوسفوليبيدات phospholipids وصبغة الميلانين melanin pigment في الجلد وانحلال المعادن في العظام demineralization of bone وارتفاع مستوى الكوليسترول في الدم hypercholesterolemia .

ولقد ظهرت أعراض نقص النحاس على الأطفال الرضع في عمر ٧-٩ شهور خصوصًا الذين يعتمدون في غذائهم على الحليب فقط ، وكذلك على الأشخاص المصابين بمرض السلياك والكلى والكواشيوراكور kwashiorkor وتليف الحوصلة المرارية cystic fibrosis والنيفروسس nephrosis . كما تصاب الحيوانات التي تعيش لفترة طويلة على غذاء فقير أو خال من النحاس بابيضاض الشعر في الفئران والخراف واضطراب في تناسق حركة العضلات في الغنم وتلف القلب والإصابة بمرض الخثي peat scours أو مرض السقوط falling disease في الأبقار التي تغذت على مراعي فقيرة بالنحاس .

(٥، ٣، ١٠) احتياجات النحاس اليومية Daily requirements of copper

لم تحدد هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي NFB/NRC (١٩٨٩) المقررات الغذائية الموصى بها RDA للنحاس ، إلا أنها قدرت الاحتياجات اليومية التي تكفي لسد احتياجات الجسم من النحاس وهي ٤، ٥ - ٧، ٠ مجم للرضع و ٧، ٠ - ٢، ٥ مجم للأطفال (١-١٠ سنوات) و ١، ٥ - ٢، ٥ مجم للمراهقين و ١، ٥ - ٣، ٠ مجم

للبالغين. وبشكل عام يوصى بتناول ٠,٠٩ مجم نحاس لكل كيلوجرام من وزن الجسم.

(١٠, ٣, ٦) امتصاص النحاس ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of copper

يمتص النحاس من المعدة والجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة (الاثني عشر)، وتقدر نسبة الامتصاص بحوالي ٣٠٪ من كمية النحاس الموجودة في الغذاء (١-٥ مجم). ولقد وجد أن امتصاص النحاس من خلال جدار الأمعاء يتم بمعدل سريع وبطريقة النقل النشط للأحماض الأمينية active transport of amino acids التي ترتبط معه، أي أن البروتين الرابط للنحاس والذي يسمى ميتالوثيونين metallothionein يساعد على عملية امتصاص النحاس وانتقاله إلى الدم. ويظهر النحاس الممتص في الدم بعد ١٥ دقيقة من امتصاصه، ثم يتجه بعد ذلك عبر الدم إلى الكبد مرتبطاً مع الألبومين albumin وأحماض أمينية أخرى، وفي داخل الكبد إما أن يفرز النحاس إلى الصفراء bile أو يخزن في صورة بروتين معقد محتو على ٢٪ نحاس أو يستخدم في تصنيع سيرولوبلازمين ceruloplasmin الذي يفرز مرة أخرى إلى الدم.

ولقد أشارت الدراسات إلى أن حوالي ٩٥٪ من النحاس في بلازما الدم يكون في صورة سيرولوبلازمين و ٥٪ يوجد في صورة مرتبطة مع الألبومين والأحماض الأمينية. ويخرج النحاس من الجسم مع البراز، ويمثل هذا النحاس غير الممتص والنحاس المفقود من خلال جدار الأمعاء وإفرازات الصفراء bile، كذلك فإن جزءاً بسيطاً من النحاس وهو يعادل ٤٪ من مجموع كمية النحاس الخارجة من الجسم يخرج مع البول. وتوجد بعض العناصر المعدنية التي تتعارض مع امتصاص النحاس مثل الزنك والموليبدينوم molybdenum والكالسيوم والكاديوم cadmium، لهذا فإنه عند تناول الشخص كمية كبيرة من هذه العناصر يزداد احتياج الجسم للنحاس. كما أن حمض الأسكوربيك ascorbic acid والألياف fiber وحمض الفيتيك phytate تقلل من امتصاص النحاس، وتسبب انخفاض مستوى السيرولوبلازمين في البلازما. ولقد ثبت أن حدوث اضطراب أو خلل في أيض النحاس يؤدي إلى الإصابة بمرض ويلسون Wil-son's disease، وهو مرض وراثي يتميز بانخفاض مستوى السيرولوبلازم في الدم

وارتفاع تركيز النحاس في أنسجة الجسم خصوصاً الكبد والمخ والكليتين وقرنية العين cornea ، مما يعوق هذه الأعضاء من أداء وظائفها الحيوية . وقد يكون السبب في هذا المرض حدوث ضعف في قدرة الصفراء على إفراز النحاس أو عدم القدرة على تصنيع السيروبولوبلازمين .

وتجدر الإشارة إلى أن تراكم النحاس في أنسجة الجسم المختلفة يترتب عليه حدوث عجز أو قصور في أداء الكليتين renal malfunction والتهاب الكبد hepatitis وانحلال عدسة العين lenticular degeneration والاضطرابات العصبية neurological disorders . ويمكن طرد تركيزات النحاس العالية خارج الجسم باستعمال المواد الاستخلابية (الكاشطة) chelating agents والمواد المستخلبة مثل البنسيلامين penicillamine والتي تعمل على إزالة النحاس الزائد على حاجة الجسم .

(١٠, ٣, ٧) تناول جرعات مفرطة من النحاس Excess doses of copper

يؤدي تناول جرعات كبيرة من النحاس (تعادل ١٠ مرات الكمية الموجودة في الوجبة العادية) إلى تراكم النحاس في أنسجة الجسم خصوصاً قرنية العين والكبد والمخ والكليتين ، وكذلك ظهور أعراض التسمم مثل الغثيان والتقيؤ نتيجة حدوث اضطراب في عملية أيض النحاس . وتظهر عادة أعراض التسمم بالنحاس بسبب استعمال أو أن نحاسية متأكسدة (غير مبيضة) في عملية الطهو، بالإضافة إلى أن التسمم بالنحاس قد يحدث أحياناً لعمال المناجم .

(١٠, ٤) الزنك Zinc (Zn)

(١٠, ٤, ١) المقدمة

يصنف الزنك في المرتبة الثانية بعد الحديد من حيث كميته داخل الجسم ، إذ يحتوي جسم الإنسان البالغ على حوالي ٢ جم (أي ما يعادل نصف كمية الحديد في الجسم) موزعة على جميع أنسجة الجسم ، ويركيزات عالية في العينين وأعضاء التكاثر (البروستات prostate وإفرازاتها) والكبد والعظام والعضلات اللاإرادية والبنكرياس

وكرات الدم الحمراء والشعر والرئتين. وتقدر كمية الزنك في كرات الدم الحمراء بحوالي ١٢٥٠ ميكروجراما لكل ١٠٠ ملل وفي الدم ٩٠٠ ميكروجرام لكل ١٠٠ ملل وفي البلازما ١٢٠ ميكروجراما لكل ١٠٠ ملل، أي أن ٨٥٪ من الزنك في الدم يوجد في كرات الدم الحمراء و ٣٪ في كرات الدم البيضاء والباقي في البلازما. ويوجد الزنك في كرات الدم الحمراء في صورة متحدة مع إنزيم الكربونيك أنهيدريز carbonic anhydrase، بينما يوجد متحدا مع إنزيم الفوسفاتاز القلوي alkaline phosphatase في كرات الدم البيضاء. وتجدر الإشارة إلى أن تركيز الزنك في كرات الدم البيضاء leukocytes أعلى عما في كرات الدم الحمراء، حيث إن كل خلية دموية بيضاء تحتوي على كمية من الزنك تعادل خمسا وعشرين مرة الكمية الموجودة في الكرية الحمراء. ولقد بدأ الإنسان في الاهتمام بعنصر الزنك في تغذية الإنسان عندما لاحظ انخفاضاً سريعاً وملحوظاً في نمو وشهية الفئران التي تغذت على طعام فقير في الزنك، ثم عرف الإنسان في مطلع الستينيات الدور الحيوي الذي يقوم به الزنك في معالجة قصر القامة وتأخر البلوغ الجنسي.

(٢، ٤، ١٠) وظائف الزنك Functions of zinc

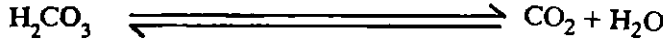
تلخص الوظائف الفسيولوجية للزنك في جسم الإنسان في الآتي:

١ - يدخل الزنك في تركيب عدد كبير من الإنزيمات الضرورية لعملية أيض الغذاء، والتي تسمى بالإنزيمات المعدنية metalloenzymes، أي الإنزيمات التي تعتمد في نشاطها وعملها على العناصر المعدنية. ويمكن تلخيص أهم الإنزيمات التي يعمل الزنك على تنشيطها كالتالي:

(أ) إنزيم الكربونيك أنهيدريز Carbonic anhydrase : يوجد هذا الإنزيم بتركيزات عالية في كرات الدم الحمراء، كما أشير أعلاه، ويلعب دوراً مهماً في نقل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الدم إلى الرئتين، وهو بذلك يعمل عكس وظيفة الهيموجلوبين hemoglobin الذي ينقل الأكسجين من الرئتين إلى الأنسجة. كما يساعد هذا الإنزيم على تكوين حمض الهيدروكلوريك

في المعدة والمحافظة على التوازن الحامضي - القاعدي acid-base balance في الجسم :

إنزيم الكربونيك أنهيدريز



(ب) إنزيم الأمينوببتيداز Amino-peptidase وإنزيم الكربوكسي ببتيداز Car-boxypeptidase : يوجدان في العصارة البنكرياسية ويعملان على تحلل البروتين أثناء عملية الهضم ، حيث يقومان بفصل مجموعة الكربوكسيل carboxyl group الطرفية ومجموعة الأمين على التوالي .

(ج) إنزيم الفوسفاتاز القلوي Alkaline phosphatase : يتركز هذا الإنزيم في كرات الدم الحمراء ويلعب دوراً مهماً في عملية أيض العظام bone metabolism .

(د) إنزيم دي هيدروجيناز اللاكتيك Lactic acid dehydrogenase : يساعد على تحويل حمض البيروفيك pyruvic acid إلى حمض اللاكتيك في مسار الجللايكوليسيز (التحلل السكري) glycolytic pathway .

(هـ) إنزيم دي هيدروجيناز الألكحول Hepatic alcohol dehydrogenase : يوجد في الكبد ويعمل على أكسدة الألكحولات alcohols خصوصاً الإيثانول ethanol والميثانول methanol والإيثيلين جليكول ethylene glycol ، مما يبطل مفعولها السام detoxifying .

(و) ردكتيز الرتين Retinine reductase : هذا الإنزيم ضروري لأيض فيتامين أ ، إذ يعمل على تحويل الرتينول retinol إلى رتينال retinal أثناء عملية الإبصار vision process .

(ز) إنزيمات البوليميراز (ر. ن. أ ، د. ن. أ) RNA and DNA polymyrases : يلعب هذان الإنزيمان دوراً بارزاً في عملية انقسام الخلية وبناء البروتين والأحماض النووية (RNA, DNA) .

٢ - يساعد الزنك على تكوين الكولاجين collagen الضروري لالتئام الجروح ، لهذا فإنه في حالة نقص الزنك يصعب شفاء الجروح .

٣ - يدخل الزنك في تركيب الإنسولين insuline ويساعد على تخزينه في الجسم وبقاء فعاليته لمدة طويلة، لهذا قد يلعب دوراً مهماً في الوقاية من مرض السكري diabetes .

٤ - يعمل الزنك على ترسيخ وتثبيت التركيب البنائي للأغشية الخلوية membr-ance structure .

٥ - يعد الزنك عاملاً أساسياً للنضوج الجنسي sexual maturity ، إذ أنه ضروري لتكوين المني (الحيوانات المنوية) spermatogenesis وقيام الخصيتين بوظائفهما ونمو الأعضاء التناسلية.

٦ - يساعد على تحرك فيتامين أ من مخازنه في الكبد إلى الدم للمحافظة على تركيزه الطبيعي فيه، لهذا فإن إعطاء الحيوانات وجبة غذائية فقيرة في محتواها من الزنك يترتب عليه ظهور أعراض نقص فيتامين أ عليها.

٧ - يساعد الخلايا على القيام بوظائفها المناعية، وذلك لأن كرات الدم البيضاء تحتوي على تركيزات مرتفعة من الزنك كما ذكر أعلاه.

٨ - يعتبر الزنك عاملاً ضرورياً للنمو، حيث لوحظ توقف نمو الفئران التي تناولت أغذية خالية من الزنك في فترة وجيزة، أي أنه يعتبر مانعاً للقزامة وصغر حجم الجسم.

(٣، ٤، ١٠) مصادر الزنك الغذائية Dietary sources of zinc

يوجد الزنك في مجموعة واسعة من الأغذية الحيوانية والنباتية وينسب متفاوتة، لهذا يندر ظهور أعراض نقصه على الإنسان. وتعتبر مجموعة اللحوم meat group من أغنى المصادر بالزنك خصوصاً الأغذية البحرية seafood مثل المحاريات oysters والجمبري واللحوم والكبد والكلاوي وصفار البيض. كما أن المكسرات (لوز كاشيو cashew وفول الصويا واللوز almond) والبقوليات (العدس والبازلاء والفاصوليا الجافة) والحبوب (جنين القمح، القمح الكامل whole wheat والشوفان oat) تعتبر من المصادر الجيدة للزنك. أما الخضروات والفواكه فإنها تعد من المصادر الفقيرة بالزنك فيما عدا الفاصوليا الخضراء green beans وفاصوليا ليم lima beans والكرنب. ويمتص الزنك الموجود في البروتينات الحيوانية animal proteins بمعدل أعلى من ذلك الموجود في البروتينات النباتية plant proteins ، ويعزى ذلك لوجود الألياف وحمض الفيتيك في

الأغذية النباتية، والتي تشكل مع الزنك معقدات يصعب امتصاصها من خلال جدار الأمعاء. وتجدر الإشارة إلى أن كمية الزنك في الغذاء يحددها كمية الماء المضافة للطعام وكذلك أنواع الأواني utensils المستخدمة للطهو أو تخزين الغذاء، حيث إن طهو الطعام في أوان مجلفنة galvanized utensils يزيد من محتوى الزنك فيها. ويقدر متوسط نسبة الزنك في حليب البقر الكامل whole milk بحوالي ٤ مجم لكل لتر حليب، وفي حليب الأم خلال الستة شهور الأولى بعد الولادة بحوالي ١٦ مجم لكل لتر من الحليب، ثم تنخفض هذه النسبة بعد ذلك إلى ٦٥، ٠ مجم لكل لتر من حليب الأم.

(٤، ٤، ١٠) نقص الزنك Deficiency of zinc

ظهرت أعراض نقص الزنك في الإنسان لأول مرة في الشرق الأوسط (إيران ومصر) على صورة تقزم dwarfism في الأولاد المراهقين boys adolescent وتأخر النمو الجنسي hypogonadism وتضخم الكبد والأنيميا الحادة severe anemia، وذلك نتيجة لتناول كميات كبيرة من الخبز غير المخمر unleavened bread المصنوع من الحبوب الكاملة whole grain. حيث إن الحبوب غير المخمرة لفترة طويلة تحتوي على تركيزات مرتفعة من حمض الفيتيك phytate الذي يتحد مع الزنك الموجود بنسب عالية في الحبوب الكاملة ويعوق امتصاصه. وكما هو معروف فإن عملية التخمير تعمل على تحلل حمض الفيتيك بفعل إنزيم الفيتيز phytase الذي تفرزه الخميرة أو الموجود في الحبوب. وقد أظهرت الدراسات التي أجريت في إيران ومصر أن إعطاء الأولاد المراهقين جرعات من الزنك تؤدي إلى حدوث زيادة في الطول بمقدار بضعة سنتيمترات. كما أشارت الدراسات أن تناول الفئران غذاء فقيراً في عنصر الزنك لفترة قصيرة يترتب عليه توقف نموها، بينما يؤدي تناول هذا الغذاء لفترة طويلة إلى موتها. كما أن نقص الزنك يؤدي إلى حدوث اضطرابات في حاسي التذوق taste والشم smell، حيث يحدث انخفاض في حدة حاسة التذوق hypogeusia أو الشعور الدائم بالطعم الفاسد أو غير السار dysgeusia أو ضعف في حدة حاسة الشم، وقد حصل تحسن في حاسة التذوق taste sense بعد إعطاء جرعات من الزنك. وبشكل عام يؤدي نقص الزنك في الإنسان إلى انخفاض نسبته في البلازما وكرات الدم الحمراء وضعف في حدة التذوق وفقد الشهية للأكل وبطء في النمو وتأخر في الثام الجروح وتساقط الشعر وانخفاض مستوى الزنك

فيه وسهولة الإصابة بالعدوى وضعف المناعة الخلوية cellular immunity وانخفاض إفراز الأنسولين (بسبب ارتفاع في مستوى السكر في الدم) وانخفاض في تحرك فيتامين أ من مخازنه في الكبد، مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقص فيتامين أ التي من أهمها العمى الليلي والإصابة بمرض جلدي يسمى acrodermatitis enteropathic الذي يحدث بسبب سوء امتصاص الزنك الوراثي وتظهر أعراضه على شكل بثرات على الجلد ونقص في النمو. ويمكن معالجة هذا المرض والأعراض الأخرى لنقص الزنك التي ذكرت أعلاه بإعطاء جرعات من الزنك أو تناول أغذية غنية به.

(١٠، ٤، ٥) احتياجات الزنك اليومية Daily requirements of zinc

تبلغ المقررات الغذائية اليومية RDA التي حددتها هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي NFB/NRC (١٩٨٩م) إلى ١٥ مجم زنك يوميًا للمراهقين والبالغين والمسنين والحوامل و ١٢ مجم للمراهقات والبالغات والمسنات، وتزداد هذه المقررات إلى ١٩ مجم و ١٦ مجم أثناء الشهور الستة الأولى والثانية من الرضاعة على التوالي. كما يوصى بإعطاء ٥ مجم زنك في اليوم للرضع infants و ١٠ مجم للأطفال، كما أن المواصفات الغذائية الكندية Canadian Dietary Standard قدرت الاحتياجات اليومية من الزنك للرجل البالغ بحوالي ١٠ مجم وللمرأة البالغة ٩ مجم، بينما قدرت منظمة الصحة العالمية WHO الاحتياجات اليومية للشخص البالغ بحوالي ٢، ٢ مجم. وتجدر الإشارة إلى أن تناول حصتين two servings من البروتين الحيواني في اليوم (لحم أحمر) يمد الجسم باحتياجاته اليومية من الزنك.

(١٠، ٤، ٦) امتصاص الزنك ونقله وتخزينه - Absorption, transportation and storage of zinc

يُمتص الزنك أساسًا من الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة (الاثني عشر)، وكذلك تمتص كمية قليلة منه من الجزء الأوسط منها (الصائم Jejunum). ويقدر معدل امتصاص الزنك بحوالي ١٠-٣٠٪ من الكمية الموجودة في الغذاء، أي يُمتص ٣-٢ مجم من الزنك يوميًا من ١٠-١٥ مجم الموجودة عادة في الغذاء، ولقد وجد أن الزنك الممتص إما يذهب إلى الدم من خلال جدار الأمعاء أو يستعمل في عملية أيض خلايا

الامتصاص أو يتحد مع البروتين الغني بالكبريت sulphur والذي يسمى بالثيونين thio-nein لتكوين ميثالوثيونين metallothionein الذي يخزن في خلايا الأمعاء وينظم امتصاص الزنك في الجسم. وينتقل الزنك في الدم متحدًا مع الألبومين albumin إلى الكبد، حيث يخزن فيه إلى أن يحتاج إليه الجسم. وتجدر الإشارة إلى أن متوسط تركيز الزنك في السيرم serum حوالي ١٠٠ ميكروجرام لكل ١٠٠ ملل، وهذا التركيز ثابت في الإنسان طول حياته ولا يتأثر بالجنس أو العمر (بعد سن الستين). يخرج الزنك غير الممتص أساسًا مع البراز، وتخرج كميات قليلة مع البول (٣٠٠-٧٠٠ ميكروجرام يوميًا أو ٥٠٠ ميكروجرام في المتوسط) والعرق (١٠٠٠-٣٠٠٠ ميكروجرام في اليوم). كما أن إفرازات الصفراء أو البنكرياس تحتوي على الزنك. ويؤدي احتواء الوجبة الغذائية على تركيزات مرتفعة من الكالسيوم أو حمض الفيتيك phytic acid الذي يوجد في الحبوب الكاملة والبقوليات إلى إعاقه امتصاص الزنك منها نتيجة لتكون معقدات فيتات الكالسيوم والزنك غير القابلة للذوبان في الماء. كما يقل معدل امتصاص الزنك عندما تحتوي الوجبة الغذائية على تركيزات مرتفعة من الألياف والفوسفور phosphorus والنحاس copper والكاديوم cadmium. إلا أن معدل امتصاصه يزداد بانخفاض كميته في الغذاء ويزيادة حاجة الجسم له.

(١٠, ٤, ٧) تعاطي جرعات مفرطة من الزنك Excess doses of zinc ينذر ظهور أعراض التسمم بالزنك على الإنسان، إلا أن هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية حذرت من تناول كميات تزيد على المقررات الموصى بها (١٥ مجم يوميًا). وبشكل عام فإن الزنك يعتبر من أقل العناصر المعدنية الصغرى trace elements المسببة للتسمم، غير أن تناول أملاح الزنك zinc salt بمعدل ٦٠-١٢٠ مرة زيادة على المقررات الموصى بها يؤدي إلى حدوث تقيؤ وإسهال ودوار (دوخة) dizziness وخمول drowsiness وفشل كلوي ونعاس lethargy وأنيemia. كما أن تناول جرعات كبيرة من الزنك يتعارض مع استفادة الجسم من النحاس copper.

(١٠, ٥) المنجنيز (Mn) Manganese

(١٠, ٥, ١) المقدمة Introduction

يحتوي جسم الشخص البالغ على حوالي ٢٠ مجم من المنجنيز، ويتركز معظمه

في العظام والكبد والغدة النخامية والكليتين. كما يوجد المنجنيز بتركيزات أقل في العضلات والرتة الأنسجة الضامة ونواة وستويلازم الخلية. ويتراوح تركيز المنجنيز في بلازما الدم ما بين ٤-٢٠ ميكروجرام لكل ١٠٠ ملل.

(١٠, ٥, ٢) وظائف المنجنيز Functions of manganese

تتلخص الوظائف الفسيولوجية للمنجنيز في جسم الإنسان في التالي:

١ - يعمل المنجنيز على تنشيط العديد من الإنزيمات اللازمة لأيض البروتينات والدهون والكربوهيدرات المولدة للطاقة وأهمها:

(أ) الأرجيناز Arginase : يساعد على تكوين اليوريا urea التي يطرد عن طريقها النيتروجين من الجسم (الأمونيا السامة).

(ب) الببتيدازات Peptidases : تعمل هذه الإنزيمات على تحلل البروتينات في الأمعاء إلى ببتيدات قصيرة وأحماض أمينية يمكن أن يستفيد منها الجسم.

(ج) بيروفات كربوكسيلاز Pyruvate carboxylase : يلعب دوراً مهماً في عملية تحويل البيروفات pyruvate إلى أكسالو أسيتات oxaloacetate داخل دورة كريس.

(د) سوبر أكسيداز ديزميوتاز Superoxidase dismutase : يساعد هذا الإنزيم على حماية الميتوكوندريا mitochondria من التهدم الأكسيدي oxidative damage.

(هـ) الإنزيمات الضرورية لتصنيع الأحماض الدهنية والكويلستروول: يدخل المنجنيز في تركيب كثير من الإنزيمات الموجودة في مسارات تصنيع الكويلستروول والأحماض الدهنية. كما يلعب المنجنيز دوراً مهماً في نقل الدهون، حيث يدخل في تركيب عامل نقل الدهن من الكبد lipotropic factor كالكويلن.

(و) إنزيمات أخرى: يلزم المنجنيز لتنشيط إنزيمات أخرى مثل الأيسوميريز isomerase والبرولينيز prolinase والهيروليز hyrolase وجليكوسيل ترانسفيرز glycosyltransferase والليباز lipase.

٢ - يلزم المنجنيز لعملية تطوير العظام والأنسجة الضامة connective tissues

والتكاثر reproduction وتنظيم تهيج الأعصاب nervous irritability.

٣ - يعمل المنجنيز على تنشيط الإنزيمات الضرورية لتصنيع الكربوهيدرات المخاطية mucopolysaccharides اللازمة لتكوين الغضاريف.

(١٠, ٥, ٣) مصادر المنجنيز الغذائية Dietary sources of manganese

يتوافر المنجنيز في مجموعة واسعة من الأغذية التي يتناولها الإنسان يومياً ومن مصادره الرئيسية المخ والبقوليات (البازلاء والفاصوليا وفول الصويا) والحبوب الكاملة والمكسرات والخضروات الورقية والشاي والقهوة. ولكن كمية المنجنيز في الخضروات والفواكه تتوقف على كميتها في التربة التي ينمو عليها النبات. وتجدر الإشارة إلى أن اللحوم والحليب ومنتجاته والأغذية الحيوانية الأخرى تعد من المصادر الفقيرة بالمنجنيز.

(١٠, ٥, ٤) نقص المنجنيز Deficiency of manganese

لا تعرف أعراض نقص المنجنيز على الإنسان، أما بالنسبة للحيوانات فتظهر الأعراض بوضوح على صورة ضعف في التكاثر وبطء في النمو وتأخر في الشام الجروح وتشوهات في الجهاز العصبي بسبب عدم تكون الكربوهيدرات المخاطية اللازمة لتكوين الغضاريف. كما لوحظ أن نقص المنجنيز في غذاء الفئران يؤدي إلى عقمها بسبب تدهم أنسجة الخصيتين وتوقف نموها وتجمع الدهون في الكبد. أما بالنسبة للدواجن فتظهر أعراض النقص على شكل تشوهات في العظام وانخفاض في معدل فقس البيض ونقص في سمك قشرة البيضة.

(١٠, ٥, ٥) احتياجات المنجنيز اليومية Daily requirements of manganese

حتى الوقت الحاضر لم تحدد هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (١٩٨٩م) المقررات الغذائية الموصى بها للمنجنيز، لكنها قدرت الاحتياجات اليومية التي تفي باحتياجات الجسم وهي ٣, ٠ - ١ مجم للرضع و ٣-١ مجم للأطفال و ٥-٢ مجم للمراهقين والبالغين.

(١٠, ٥, ٦) امتصاص المنجنيز ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of manganese

age of manganese

يمتص المنجنيز بصعوبة في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة وبميكانيكية (طريقة) تشابه تلك التي تحدث عند امتصاص الحديد. وتمتص نسبة منخفضة جدًا من المنجنيز، وهي تقدر بحوالي ٣-٤٪ من الكمية المتناولة يوميًا في الغذاء (٥، ٢، ٧ مجم). وبعد الامتصاص يتحد المنجنيز مع ألفا - ماكرو جلوبيولين macroglobulin لتكوين الترانسمانجانين transmanganin ، وهو الصورة التي تنتقل أو تحمل المنجنيز في الدم الداخل portal bloods إلى الكبد. كما تمتص الأنسجة الغنية بالميتوكوندريا mitochondria المنجنيز مباشرة من الدم. والجدير بالذكر أنه يوجد توازن equilibrium بين المنجنيز في البلازما وفي الدم، بالإضافة إلى أن المنجنيز يوجد في أنسجة الجسم في حالة متحركة ديناميكية. وتؤدي زيادة تناول الحديد والفوسفور والكالسيوم والكوبالت cobalt إلى خفض معدل امتصاص المنجنيز. وي طرح المنجنيز خارج الجسم بصورة أساسية مع الصفراء bile التي عن طريقها يعاد امتصاص كمية كبيرة منه، كذلك فإن جزءًا بسيطًا منه يخرج مع إفرازات البنكرياس والبول.

(١٠، ٥، ٧) تعاطي جرعات مفرطة من المنجنيز Excess doses of manganese

لا يحدث التسمم بالمنجنيز نتيجة زيادة تناول الأغذية الغنية به، ولكنه قد يحدث بين المشتغلين بالتعدين miners بسبب استنشاق كميات كبيرة من غبار المنجنيز man-ganese dusts أثناء العمل لفترة طويلة، مما يؤدي إلى تراكمه في الجهاز العصبي والمركزي والكبد. وتظهر أعراض التسمم بالمنجنيز في صور مشابهة لأعراض أمراض المخ brain disease مثل اكتساء الوجه بتعبير غريب مثل القناع والصوت المنخفض الريب voice monotonous والمصحوب بلهجة سريعة في الكلام وصلابة العضلات muscle rigidity وارتعاش في الأيدي والضحك الخارج عن الإرادة والمشي بقفزات مرحة.

(١٠، ٦) اليود Iodine (I)

(١٠، ٦، ١) المقدمة Introduction

يعتبر اليود من العناصر الغذائية المهمة في جسم الإنسان نظرًا لأنه يدخل في تركيب هرمونات الغدة الدرقية. وقد اكتشف اليود عام ١٨١١م من قبل العالم كورتيس Courtois في بعض الأعشاب البحرية، ثم تمكن بعدئذ الأطباء الإيطاليون عام

١٩٢٠م من معالجة مرض الجويتر goiter بإعطاء اليود. ويحتوي جسم الإنسان البالغ على كميات قليلة جدًا من اليود تقدر بحوالي ٢٥-٥٠ مجم، يوجد منها ما يقرب من ٧٥٪ في الغدة الدرقية thyroid gland التي تزن ٢٠-٢٥ جم، ويوزع الباقي في أنسجة الجسم وإفرازاته خصوصًا العضلات والجلد والمبايض والدم والعظام والغدد اللعابية والثديية وغيرها. وقد قام العلماء بدراسة عنصر اليود على نطاق واسع مقارنة بالعناصر الأخرى، وذلك بسبب تفشي مرض تضخم الغدة الدرقية في مناطق كثيرة من العالم خصوصًا سكان القارة الأمريكية نتيجة تناولهم وجبات غذائية فقيرة في اليود.

(١٠, ٦, ٢) وظائف اليود Functions of iodine

يسكن تذييص وظائف اليود الفسيولوجية في جسم الإنسان كالتالي :
١ - تتمثل الوظيفة الأساسية لليود في أنه يدخل في تركيب هرمونات الغدة الدرقية thyroids hormones وهي :

(أ) هرمون الثيروكسين Thyroxin (T4) : وهو يتكون من جزئين من الثيوسين tyrosine متصلة بأربع ذرات من اليود. ولقد تمكن العلماء عام ١٨٩٥م من اكتشاف اليود في الغدة الدرقية، ثم في سنة ١٩٢٦ عرف التركيب الكيميائي له، وبعد ذلك بسنة واحدة استطاع العلماء تحضيره معمليًا. ويعمل هذا الهرمون على تنظيم معدل الأكسدة oxidation (أيض الطاقة) في داخل الخلايا cells، لهذا فهو يؤثر على معدل النمو العقلي والجسماني خصوصًا الجهاز العصبي nervous system، أي أن الثيروكسين ينظم معدل الأيض الأساسي basal metabolic rate ونشاط الجهاز العصبي والدوري والعضلي والتناسلي (يؤثر على الإنجاب). كما أن هذا الهرمون ضروري لتوازن الماء ونشاط بعض الغدد الصماء الأخرى.

(ب) هرمون الثيرونين ثلاثي اليود Tri-iodothyronine (T) : وهو يتكون من جزئين من الثيوسين متصلة بثلاث ذرات من اليود، وقد اكتشف وجوده في الغدة الدرقية عام ١٩٥٢م، ويؤدي هذا الهرمون نفس وظائف هرمون الثيروكسين التي تتمثل في تنشيط عمليات الأكسدة والأيض الغذائي.

٢ - يعمل الثيروكسين على تنشيط تحويل الكاروتين *caroteine* إلى فيتامين أ (Vit-amin A) وامتصاص الجلوكوز من خلال جدار الأمعاء وتصنيع البروتين بواسطة الريبوزوم *ribosome* . كما يعمل إفراز الثيروكسين في الجسم على خفض مستوى الكوليسترول في الدم، بالإضافة إلى أنه يلعب دوراً مهماً في عمليات التكاثر والإنجاب.

(١٠, ٦, ٣) مصادر اليود الغذائية Dietary sources of idoine

تتحدد نسبة اليود في النباتات المختلفة تبعاً لكمية اليود الموجود في التربة التي تنمو فيها هذه النباتات، أي أن التربة الغنية في محتواها من اليود تنتج محاصيل زراعية غنية في محتواها من اليود والعكس. وتعتبر الأغذية البحرية *seafoods* مثل الأسماك والجمبري والصدفيات من المصادر الغنية جداً باليود، لهذا فإن سكان المناطق الساحلية يحصلون على كامل احتياجاتهم من اليود من هذه المصادر، كما أن معدل الإصابة بمرض الجويتر *goiter or iodine deficiency disorder (IDD)* منخفض جداً بينهم. كذلك فإن الملح اليودي *iodized salt* يعتبر مصدراً جيداً لليود، حيث يحتوي على ٠,٠١٪ يود في صورة أيوديد الصوديوم أو البوتاسيوم *sodium or potassium iodide*، أي أن ربع ملعقة صغيرة من ملح الطعام (١,٢٥ جم) تمد الجسم بحوالي ٩٥ ميكروجراماً من اليود. ولقد وجد أن نسبة اليود في الأغذية الحيوانية مثل البيض والحليب ومنتجاته واللحوم تعتمد على نوع العليقة التي يتغذى عليها الحيوان وكمية اليود فيها، فمثلاً تكون نسبة اليود مرتفعة في حليب الأبقار التي تتغذى على علائق مضاف إليها مدعّمات اليود *iodine supplements*. وبشكل عام فإن الوجبة الغذائية لا تمد الجسم باحتياجاته اليومية من اليود إلا في حالة استخدام الملح اليودي أثناء الطهو. وتحتوي أوراق النباتات خصوصاً السبانخ على نسبة أعلى من اليود عما في الجذور، كما أن نسبة اليود في أسماك مياه البحار (٣٠٠-٣٠٠٠ ميكروجرام لكل كيلوجرام) أعلى عما في أسماك المياه العذبة (٢٠-٤٠ ميكروجراماً لكل كيلوجرام).

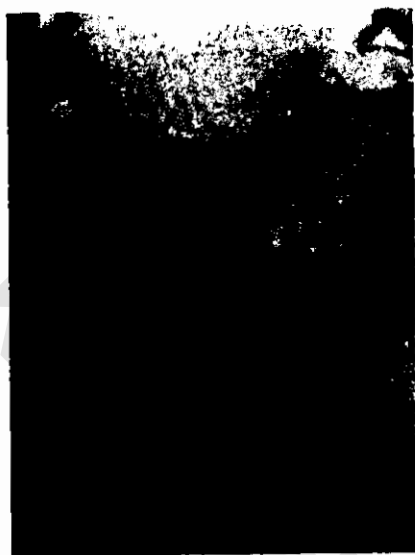
تحتوي بعض الأغذية على مواد تعوق امتصاص اليود والاستفادة منه، وتسمى هذه المواد بالمواد المدركة *goitrogens*. وتعد العائلة الكرنبية *cabbage family* من أهم الأغذية المحتوية على المواد المدركة مثل اللفت السويدي *rutabagas* واللفت *turnip*

والملفوف cabbage . كما توجد المواد المدركة في الفول السوداني peanuts والبذور الزيتية oilseeds مثل بذور اللفت (السلجم) rapeseeds . إلا أن عملية الطهو تعمل على تثبيط نشاط المواد المدركة، مما يقلل من تأثيرها الضار على امتصاص اليود أو الإصابة بمرض الجويتر goiter . كما توجد بعض المواد الكيميائية التي تعوق أيض اليود، ومن أهمها الثيوسيانات thiocyanate والبركلورات perchlorate اللذان يمنعان اتحاد اليود مع التيروسين، كما يعوق الكورتيزون اتحاد اليود مع البروتين.

(١٠، ٦، ٤) نقص اليود Deficiency of iodine

تمثل أعراض نقص اليود في الإنسان في التالي:

- ١ - يسبب نقص اليود انخفاضاً في إنتاج هرمون الثيروكسين، مما يؤدي إلى تضخم الغدة الدرقية (مرض الجويتر goiter disease) التي تقع أسفل الرقبة وزيادة نشاطها لكي تستطيع الحصول على كمية اليود القليلة في الجسم. ويكثر تفشي مرض تضخم الغدة الدرقية في المناطق التي تكون فيها التربة والمياه فقيرة بعنصر اليود خصوصاً المناطق الجبلية وسفوح التلال نتيجة الغسيل المستمر لليود بسبب الأمطار، وينعكس ذلك على كميته في النباتات النامية في هذه التربة. ويتميز مرض الجويتر بانخفاض معدل الأيض الأساسي وانخفاض حرارة الجسم والشعور بالكسل والبلادة sluggishness ويطء سرعة التنفس والنبض وتغلظ الأنسجة الضامة تحت الجلد والأعضاء. ويمكن معالجة مرض الجويتر في المراحل الأولى بواسطة إعطاء هرمون الثيروكسين أو اليود عن طريق الفم أو الاستنشاق أو في صورة دهان على الجسم، كما أن استعمال الملح اليودي يمكن أن يقلل من الإصابة بهذا المرض. أما في المراحل المتأخرة من المرض والتي تتميز بحدوث تضخم كبير في الغدة الدرقية فإنه يلزم استئصالها جراحياً لأنها تعيق التنفس وتؤثر على الصوت وتشوه شكل العنق. وتجدر الإشارة إلى أن الإناث أكثر تعرضاً للإصابة بمرض الجويتر من الذكور خصوصاً في فترات الحمل والرضاعة والمراهقة والبلوغ. ويمكن للدول وقاية سكانها من الإصابة بمرض الجويتر عن طريق إلزام المواطنين باستعمال الملح اليودي، وكذلك عن طريق دعم مياه الشرب باليود. ويوضح الشكل (١٠، ٢) مرض الجويتر الناتج عن نقص اليود.



شكل (٢، ١٠). مرض الجويتر Golter الناتج عن نقص اليود.

عن : Whitney, E.N. *et al.* (1990)

٢ - يؤدي نقص اليود إلى انخفاض في إنتاج هرمون الثيروكسين فتقل بذلك عمليات أكسدة العناصر الغذائية وإنتاج الطاقة في الجسم، أي أن انخفاض إفراز الهرمون يقلل من سرعة عمليات الأيض الغذائي، والعكس.

٣ - يترتب على نقص اليود أثناء فترة الحمل إصابة الطفل بحالة تسمى cretinism ، وفيها يولد الطفل ولديه نقص كبير في اليود، ومصاب بتخلف عقلي وتتميز هذه الحالة بتوقف نمو عقل الطفل إلى مستوى ما قبل سن المدرسة وتوقف النمو الجسدي stunted growth والتقزم dwarfism وكبر حجم الوجه واللسان والشفاه وخشونة الصوت وتضخم البطن ويرونها. وتحدث هذه الأعراض بسبب انخفاض معدل الأيض الأساسي (BMR) الضروري لنمو الأنسجة وتطور الجهاز العصبي. ويمكن معالجة هذه الحالة بإعطاء الرضيع هرمون الثيرويد thyroid hormone أو اليود في المراحل المبكرة من المرض، وإلا فإن الأعراض تصبح مزمنة.

٤ - يسبب نقص اليود في البالغين (أثناء فترة البلوغ) الإصابة بالمكسيديا myxedema التي تتميز بتضخم وتورم الوجه وتوقف النمو وخشونة الشعر واصفرار الجلد وجفافه وعدم القدرة على تحمل البرد وبيحة وانخفاض الصوت. وما تجدر الإشارة إليه أن الإفراط في تناول اليود يمكن أن يسبب زيادة في نشاط الغدة الدرقية والإصابة بمرض الجويتر، وتتميز الزيادة في نشاط الغدة الدرقية hyperthyroidism بارتفاع في مستوى هرمون الثيروكسين وهرمون الثيرونين ثلاثي اليود ومعدل الأيض الأساسي BMR إلى ١٠٠٪ عن المعدل الطبيعي، كما يتميز الأشخاص المصابون بزيادة في نشاط الغدة الدرقية بنقص في الوزن والعصبية nervousness وزيادة الشهية للأكل وعدم القدرة على تحمل الحرارة وارتعاش اليدين وجحوظ العينين.

(١٠، ٦، ٥) احتياجات اليود اليومية Daily requirements of iodine

حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م) المقررات الغذائية المقترحة RDA لليود، والتي يمكن تلخيصها كالتالي:

الرضع infants (من الولادة - حتى السنة الأولى من العمر): ٤٠ - ٥٠ ميكروجراما	
الأطفال children (١-١٠ سنوات): ٧٠-١٢٠ ميكروجراما	
المراهقون والبالغون والمسنون (ذكور وإناث): ١٥٠ ميكروجراماً	
الحوامل: ١٧٥ ميكروجراما	
المرضعات: ٢٠٠ ميكروجرام	

يتضح مما ذكر أعلاه أن المقررات الموصى بها من اليود أثناء فترة الحمل والرضاعة للمرأة تزيد عما هو موصى به في الحالة الطبيعية، وذلك لتغطية احتياجات الجنين الذي يحصل على جميع احتياجاته من اليود من الأم، بالإضافة إلى أن الأم المرضع تفقد كمية كبيرة منه مع الحليب.

(٦, ١٠) امتصاص اليود ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of Iodine

يوجد اليود في الغذاء أساساً في صورة أيوديد iodide غير عضوي، وبكميات قليلة في صورة مركبات عضوية. وينفصل اليود العضوي عن المركبات العضوية ويختزل إلى أيوديد أثناء عملية الهضم. ويمتص اليود من خلال جدار الأمعاء الدقيقة في صورة غير عضوية (أيون أيوديد) إلى الدم مباشرة، وذلك بمساعدة بروتين ناقل له. كما أن جزءاً قليلاً جداً منه يمتص من خلال جدار المعدة إلى الدم مباشرة. وينقل اليود الممتص في الدم في صورة أيوديد حر free-iodide أو مرتبطاً مع بروتين بري البيومين prealbumine في صورة يود مرتبط بالبروتين (PBI) protein-bound iodine. بعد ذلك يتجه حوالي ٣٥٪ من الأيوديد في الدم إلى الغدة الدرقية، ويخرج الباقي مع البول أساساً، وقد يخرج جزء قليل منه مع العرق والبراز. وفي داخل الغدة الدرقية يتأكسد الأيوديد iodide إلى أيودين iodine ويتحد مع الثيرونين tyrosine لتكوين تيروسين أحادي وثنائي اليود mono-and diiodotyrosine والذي يتحول بعد ذلك إلى هرمون الثيروكسين thyroxine hormone. ثم يتحد الثيروكسين مع بروتين الجلوبيولين لتكوين ثيروجلوبيولين thyroglobuline، وهي الصورة التي يخزن عليها هرمون الثيروكسين في

الغدة الدرقية ومنها يفرز إلى الجسم حسب الحاجة بمساعدة الإنزيمات اللايسوزومية
lysosomal enzymes .

وينظم إفراز هرمون الثيروكسين بواسطة الغدد الدرقية كالآتي :

١ - الغدة النخامية Pituitary gland

تفرز هذه الغدة الهرمون المنشط للغدة الدرقية - thyroid stimulating hor- (TSH) mone ، والذي يعرف باسم الثيروتروفين thyrotrophin ، وهو يعمل على تنشيط إفراز هرمون الثيروكسين ، كما ينظم هرمون الثيروكسين إفراز TSH والذي يؤدي انخفاض مستواه في الدم hypothyroidism إلى تحفيز إفراز هرمون TSH ، وبالعكس .

٢ - الهيبوثالمس Hypothalamus

يضعف إفراز الغدة النخامية لهرمون TSH عند حدوث تلف في أجزاء معينة من الهيبوثالمس بسبب ويقلل هذا من إفراز الثيروكسين .

(١٠, ٧) السيلينيوم Selenium

(١٠, ٧, ١) المقدمة Introduction

لقد عرفت أهمية السيلينيوم في تغذية الإنسان والحيوان عام ١٩٥٧م ، وتم عزله بواسطة العالم Schwarts وآخرون في نفس العام . إلا أنه كان معروفاً قبل ذلك التاريخ أن السيلينيوم يوجد في بعض الأغذية مثل الحبوب واللحوم كمادة تمنع تليف الكبد في الفئران وضمور العضلات في الماشية والغنم ، بالإضافة إلى أنه كان معروفاً أن تناول الحيوانات كمية كبيرة من السيلينيوم يؤدي إلى ظهور أعراض التسمم . وتحتوي جميع أنسجة الجسم فيما عدا الدهون على كميات ضئيلة جداً trace من السيلينيوم ، إلا أنه يوجد بتركيزات مرتفعة في الكبد والكليتين والطحال والخصيتين testes والقلب . ويقدر متوسط السيلينيوم في الدم بحوالي ١٥ ميكروجراما لكل ١٠٠ ملل ، بينما يحتوي الكبد

على حوالي ١٥ مجم ويعتبر هذا أعلى تركيز يوجد في أنسجة الجسم . كما كان يعرف قديماً أن السيلينيوم يمكن أن يحل مكان فيتامين هـ (Vitamin E) كمضاد للأكسدة وفي وقاية الحيوانات ومعالجتها من أعراض نقص فيتامين هـ .

(١٠, ٧, ٢) وظائف السيلينيوم Functions of selenium

تتمثل الوظائف الفسيولوجية للسيلينيوم في جسم الإنسان في الآتي :

- ١ - يعمل السيلينيوم أساساً كمضاد للأكسدة antioxidants في جسم الإنسان ، حيث يمنع بمساعدة فيتامين هـ (Vit. E) أكسدة كرات الدم الحمراء . كما أنه يعمل أحيانا بمفرده كمانع للأكسدة بدلاً من فيتامين هـ .
- ٢ - يلعب دوراً رئيسياً في حماية أغشية الخلايا cell membrane من التأكسد ، إذ أنه يدخل في تركيب الإنزيم المعدني metalloenzyme المسمى بيروكسيداز جلوتاثيون glutathione peroxidase ويعمل على تثبيط نشاطه وعدم تكوين شقوق حرة - free radicals ، مما يحافظ على سلامة خلايا الجسم والميتوكوندريا .
- ٣ - يساعد السيلينيوم على حدوث الأكسدة الفوسفورية - oxidative phosphorylation لمركبات الطاقة .
- ٤ - يحمي الإنسان من الإصابة بمرض كيشان Keshan's disease الذي يعمل على انحلال الكبد ، بالإضافة إلى أنه يقي الحيوانات من أعراض نقص فيتامين هـ مثل تليف الكبد liver necrosis في الفئران وتحلل العضلات في الحملان والعجول والنحيزة التحيية oxidative diathesis في فراخ الدواجن .

(١٠, ٧, ٣) مصادر السيلينيوم الغذائية Dietary sources of selenium

يوجد السيلينيوم في الأغذية في صورة عضوية متحدًا مع البروتينات ، حيث إنه يرتبط مع الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت مثل الميثيونين methionine والسيستين cysteine في صورة لينوميثيونين lenomethionine وسيلينوميستين selenocysteine . وتعد بدائل اللحم meat exchange من المصادر الغنية بالسيلينيوم خصوصاً الكبد والكلاوي والأغذية البحرية واللحوم والبيض . أما بالنسبة للأغذية النباتية

فيتوقف محتواها من السيلينيوم على تركيزه في التربة التي ينمو فيها النبات، ويتراوح تركيزه في النباتات المختلفة ما بين ٠,١ إلى ٠,٣ جرام لكل كيلوجرام من الوزن الجاف. وتعتبر الحبوب cereals مصادر لا بأس بها لعنصر السيلينيوم، بينما تعد الخضروات والفواكه من المصادر الفقيرة به. يوجد السيلينيوم بتركيزات مرتفعة في ترب بعض مناطق العالم مثل فلسطين وجنوب أفريقيا وكندا وفنزويلا وروسيا وأيرلنده.

(٤, ٧, ١٠) نقص السيلينيوم Deficiency of selenium

لا تعرف أعراض نقص السيلينيوم على الإنسان، ولكن يؤدي نقصه في بعض حالات سوء التغذية لدى الأطفال الناجمة عن نقص البروتين والسعرات إلى زيادة التعقيدات والصعوبات الصحية. وتظهر أعراض التسمم بالسيلينيوم على الحيوانات في صورة تساقط للشعر خصوصاً في العنق والذنب وكذلك تصلب في المفاصل وتغيرات في الحافر أو الظلف.

(٥, ٧, ١٠) احتياجات السيلينيوم اليومية Daily requirements of selenium

حددت هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي NRC/NFB (١٩٨٩م) المقررات الغذائية المقترحة RDA من السيلينيوم، وهي ١٠-١٥ ميكروجراماً للرضع و ٢٠ ميكروجراماً للأطفال حتى عمر ٦ سنوات و ٤٠-٥٠ ميكروجراماً للمراهقات و ٧٠ ميكروجراماً للبالغات والمسنات و ٤٥-٥٠ ميكروجراماً للمراهقين و ٥٥ ميكروجراماً للبالغين والمسنين. أما بالنسبة للحوامل فإنه يوصى بتناول ٦٥ ميكروجراماً سيلينيوم في اليوم، وتزداد هذه الكمية إلى ٧٥ ميكروجراماً أثناء فترة الرضاعة. وتجدر الإشارة إلى أن الوجبة الغذائية المتكاملة تؤمن احتياجات الجسم اليومية من السيلينيوم والتي تقدر بحوالي ٠,٠٥ - ٠,٢ مجم.

(٦, ٧, ١٠) امتصاص السيلينيوم ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of selenium

storage of selenium

لم يعرف حتى الآن تفصيل ميكانيزم امتصاص وأيض السيلينيوم، إلا أن نسبة

امتصاصه تتوقف على الشكل الكيميائي للسيلينيوم المستهلك في الغذاء. كما أن امتصاص السيلينيوم واستفادة الجسم منه تتوقف على وجود عناصر معدنية أخرى مثل الكبريت sulphur والزرنيخ arsenic والكاديوم cadmium والزرنيق mercury. وتراوح نسبة امتصاص السيلينيوم ما بين ٤٤ - ٨٠٪ من مصادره الغذائية، حيث إن معدل امتصاصه من المصادر النباتية يكون أعلى من معدل امتصاصه من المصادر الحيوانية أو من أملاح selenates أو الـ selenites. وي طرح السيلينيوم خارج الجسم أساساً مع البول والبراز، وتتناسب الكمية المفرزة مع البول مع كميته في الغذاء ومستواه في الدم.

(١٠, ٧, ٧) تعاطي جرعات كبيرة من السيلينيوم Excess doses of selenium

يؤدي زيادة تناول الحيوانات لعنصر السيلينيوم إلى ظهور أعراض التسمم عليها، فمثلاً الماشية cattle التي تتناول الأعشاب النامية في مناطق غنية بالسيلينيوم تصاب بمرض القلوي alkali disease الذي يتميز بالخمول وتشوه الأظافر hooves deformity وفقدان الشعر والعمى وشلل العضلات وقد تحدث الوفاة في النهاية. كما أن زيادة تناول السيلينيوم لدى الأطفال أثناء تطور الأسنان ربما يساعد على تسوسها والتهاب اللثة. أما بالنسبة للإنسان فلا تعرف تركيزات السيلينيوم التي تؤدي إلى ظهور أعراض التسمم، إلا أنه لا ينصح بتناول جرعات تزيد على ٢, ٠ مجم في اليوم.

(١٠, ٨) الموليبدنيوم Molybdenum (Mo)

(١٠, ٨, ١) المقدمة Introduction

عرفت أهمية الموليبدنيوم في تغذية الإنسان والحيوان حديثاً على الرغم من أن أهميته كعنصر أساسي لنمو النبات معروفة منذ مدة طويلة، ولقد أظهرت الدراسات أنه يوجد في جميع أنسجة وسوائل جسم الإنسان والنبات. ويحتوي جسم الإنسان البالغ على حوالي ٩ مجم من الموليبدنيوم الذي يتركز معظمه في الكبد والكليتين وكرات الدم والخلايا الكظرية adrenals cells.

(١٠، ٨، ٢) وظائف الموليبدنيوم Functions of molybdenum

تتلخص وظائف الموليبدنيوم الفسيولوجية في جسم الإنسان في الآتي:

١ - تتمثل الوظيفة الرئيسية لهذا العنصر في أنه يدخل في تركيب اثنين من الإنزيمات الفلافينية flavoprotein enzymes ، أي أنه يعمل كعامل مساعد cofactor لتنشيط الإنزيمين التاليين:

(أ) أكسيداز الزانثين Xanthine oxidase : يعمل هذا الإنزيم على أكسدة الزانثين xanthine (البورينات) إلى حمض اليوريك uric acid ، كما أنه يعمل على تحريك الحديد من مخازنه في الكبد وارتباطه بالترانسفيرين transferrin الذي ينقله إلى أنسجة الجسم المختلفة عند الحاجة .

(ب) أكسيداز الألدهيد Aldehyde oxidase : يلعب هذا الإنزيم دوراً رئيسياً في أكسدة الألدهيدات aldehydes إلى أحماض عضوية carboxylic acids .

٢ - يعد الموليبدنيوم ضرورياً لنمو البكتريا التي تثبت النيتروجين nitrogen-fixing bacteria ، ويؤثر ذلك على تصنيع البروتينات ، كما أنه يلزم لنمو بعض الفطريات التي تفرز الميكوتوكسينات mycotoxins ، وهي مواد سامة ومسببة للطفرات السرطانية والوراثية .

٣ - أشارت بعض الدراسات إلى أن الموليبدنيوم المتحد مع القلوي يلعب دوراً مهماً في حماية أنامل الأسنان من التسوس ، وقد يعزى ذلك إلى عمله على زيادة قدرة الأسنان على الاحتفاظ بالفلور .

(١٠، ٨، ٣) مصادر الموليبدنيوم الغذائية Dietary sources of molybdenum

يوجد الموليبدنيوم بنسب متفاوتة في العديد من الأغذية النباتية والحيوانية ، وأهم المصادر الغذائية التي تمد الجسم بهذا العنصر هي البقوليات مثل البازلاء peas والفاصوليا beans (٣-٥ جم لكل كيلوجرام) واللحوم الحمراء ، والدواجن والأعضاء كالكلب والكلية (٢-٥ جم لكل كيلوجرام) والحبوب الكاملة (٦-١٠ جم لكل كيلوجرام) . أما الفواكه والخضروات فلإنها تعد من المصادر الفقيرة (أقل من واحد ملليجرام لكل كيلوجرام) بالموليبدنيوم .

(١٠, ٨, ٤) نقص الموليبدنيوم Deficiency of molybdenum

لا تعرف أعراض نقص الموليبدنيوم على الإنسان، نظراً لأن احتياجات الجسم ضئيلة جداً، لهذا يعارض العلماء على تصنيفه ضمن العناصر الرئيسية - essential nutrient للإنسان. إلا أنه قد ظهرت أعراض نقص الموليبدنيوم على بعض الحيوانات مثل الفئران والصبغان لتي تناولت أغذية فقيرة في محتواها من الموليبدنيوم في صورة أنيميا وبطء في نضج كرات الدم الحمراء وإسهال وتأخر في النمو.

(١٠, ٨, ٥) احتياجات الموليبدنيوم اليومية Daily requirements of molybdenum

قدرت هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية (١٩٨٩م) الاحتياجات اليومية التي تفي بحاجة الجسم بحوالي ١٥-٤٠ ميكروجراما للرضع و ٢٥-٧٥ ميكروجراما للأطفال حتى عمر ٦ سنوات و ٥٠-١٥٠ ميكروجراما للأطفال في عمر ٧-١٠ سنوات و ٧٥-٢٥٠ ميكروجراما للمراهقين والبالغين. وتؤمن الوجبة الغذائية المتكاملة adequate diet للجسم حوالي ١, ٠ - ٤٦, ٠ مجم موليبدنيوم في اليوم (متوسط ٣٥, ٠ مجم)، أي أنها تمد الجسم باحتياجاته اليومية من هذا العنصر.

(١٠, ٨, ٦) امتصاص الموليبدنيوم ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of molybdenum

يمتص الموليبدنيوم بسهولة من المعدة والأمعاء gastrointestinal tract ويخرج معظمه بصورة رئيسية مع البول، ويخرج جزء ضئيل جداً مع البراز. ولقد وجد أن احتواء الوجبة الغذائية على كمية كبيرة من الموليبدنيوم يزيد من نسب خروج النحاس copper مع البول، وقد يصبح النحاس غير متاح بيولوجيا biologically unavailable بسبب اتحاده مع الموليبدنيوم أو الكبريتات sulphate وتكوين معقد غير قابل للذوبان. كما أن زيادة كمية الكبريتات في الوجبة الغذائية تعمل على خفض معدل امتصاص الموليبدنيوم من خلال أغشية خلايا الأمعاء، بالإضافة إلى أنها تزيد من معدل خروج الموليبدنيوم مع البول. ويعتبر ما أشير إليه آنفاً مثالاً جيداً على العلاقة بين كل من الموليبدنيوم والنحاس وبين الموليبدنيوم والكبريتات والنحاس.

Excess doses of molybdenum (١٠, ٨, ٧) تعاطي جرعات مفرطة من الموليبدنيوم يؤدي تناول جرعات كبيرة من الموليبدنيوم إلى حدوث التسمم وظهور أعراض تشبه أعراض نقص النحاس. حيث إن الموليبدنيوم يتنافس مع النحاس في عملية الامتصاص والأيض، مما يؤدي إلى تقليل استفادة الجسم منه. ولقد وجد أن تغذية الماشية cattle على مراعى نامية في أراض غنية بالموليبدنيوم يؤدي إلى إصابتها بمرض يسمى الـ teart والذي تظهر أعراضه في صورة إسهال وفقدان في الوزن وهشاشة العظام brittle bones وفقدان الصبغة loss of pigmentation. كما تظهر أعراض الأنيميا بسبب انخفاض مستوى الهيموجلوبين وعدم نضج كرات الدم الحمراء. وقد اختفت أعراض التسمم من الحيوانات عند إعطائها جرعات من الكبريتات sulphate التي أدت إلى زيادة خروج الموليبدنيوم مع البول.

تتعارض زيادة تناول الموليبدنيوم مع امتصاص النحاس نتيجة عدم تكون السيريلوبلازمين ceruloplasmin (بروتين يحتوي على النحاس ويوجد في بلازما الدم) اللازم لنقل النحاس في الدم، وكذلك يسبب تشوها في العظام نتيجة تأخير نشاط إنزيمات الفوسفاتاز القلوية alkaline phosphatase اللازمة لتكوين العظام.

Chromium (Cr) الكروم (١٠, ٩)

Introduction المقدمة (١٠, ٩, ١)

عرف الكروم في عام ١٩٥٧م عندما افترض Mertz و Schwarz وجود مركب غذائي جديد يدعى عامل تحمل الجلوكوز glucose tolerance factor (GTF) الذي يحتوي على الكروم، وفي عام ١٩٥٩م ثبتت أهميته كعنصر رئيسي للشدييات، وعرف دوره الحيوي في أيض الكربوهيدرات. ويحتوي جسم الشخص البالغ على حوالي ٥ مجم كروم، حيث يوجد بتركيزات مرتفعة في الشعر والطحال والخصيتين testes، وكذلك بتركيزات منخفضة في القلب والبنكرياس والرتين والمخ. ويقدر تركيز الكروم في البلازما بحوالي ٣ أجزاء في البليون (3 PPB). ويوجد الكروم النشط بيولوجيًا في صورة عامل تحمل الجلوكوز (GTF)، وهو مركب عضوي يحتوي على الجليسين glycine وحمض الجلوتاميك glutamic acid والسيستين cysteine والنياسين niacin.

(١٠, ٩, ٢) وظائف الكروم Functions of chromium

- يمكن تلخيص وظائف الكروم الفسيولوجية في جسم الإنسان كالتالي:
- ١ - يلعب الكروم دوراً مهماً في عملية أيض الكربوهيدرات، إذ تساعد الصورة النشطة فسيولوجياً (GTF) له على نقل واتصال الأنسولين insulin مع مواقع استقبله على أغشية الخلايا، مما يساعد على امتصاص الجلوكوز وأيضه داخل الخلايا، أي يقوم الكروم بدور الكوبري الموصل بين الأنسولين ومواقع استقبله على جدار الخلية.
 - ٢ - يحفز الكروم على تصنيع الكوليسترول cholesterol والأحماض الدهنية، كذلك فإن له دوراً بارزاً في عملية أيض الدهون.
 - ٣ - يوجد الكروم متحدًا مع الحمض النووي RNA، لهذا قد يسهم في تصنيع البروتين.

٤ - يعمل كمنشط لعدد من الإنزيمات الضرورية لأيض الغذاء.

(١٠, ٩, ٣) مصادر الكروم الغذائية Dietary sources of chromium

يتوافر الكروم بنسب مختلفة في مجموعة واسعة من الأغذية الحيوانية والنباتية، وكذلك في مياه الشرب في صورة كروم ثلاثي التكافؤ trivalent chromium، وتعتبر اللحوم والحبوب الكاملة والأجبان والكبد مصدراً جيداً للكروم، بينما يعد الحليب والدقيق الأبيض والخبز والسمك والخضروات الورقية والأرز المقشور polished rice والسكر المكرر refined sugar والدقيق المكرر refined flours من المصادر الفقيرة به. وتجدر الإشارة إلى أن تكرير refining القمح الكامل يؤدي إلى إزالة معظم الكروم منه، نظراً لأنه يكون مركزاً في الجنين germ والنخالة bran. كذلك فإن تكرير السكر يؤدي إلى انفصال الكروم منه وتركزه في مادة المولاسس molasses التي تفصل عن السكر الخام عند صناعته. وبشكل عام فإن الفواكه تمد الجسم بحوالي ٢٠ جزءاً في المليون (PPM) كروم والخضروات ٣٠-٥٥ جزءاً في المليون والحبوب والسيريل ٣٠-٧٠ جزءاً في المليون.

(١٠, ٩, ٤) نقص الكروم Deficiency of chromium

تظهر أعراض نقص الكروم على الشخص في حالات سوء التغذية الشديدة خصوصاً بالنسبة للأطفال، وكذلك عند الإصابة بمرض السكري وأمراض الأوعية

الدموية والقلب cardiovascular diseases . ويؤدي نقص الكروم إلى ظاهرة عدم تحمل الجلوكوز في الفئران واضطرابات في أيض الكربوهيدرات (الجلوكوز) والأحماض الأمينية والدهون وارتفاع مستوى الكوليسترول في الدم وانخفاض معدل تحول الجلوكوز إلى جليكوجين في الحيوانات. وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن إعطاء الكروم للأشخاص المصابين بمرض السكري مع ماء الشرب كان مفيداً لمعظمهم، إلا أن ذلك لا يعني أنه يعالج هذا المرض.

(١٠, ٩, ٥) احتياجات الكروم اليومية Daily requirements of chromium

لم تحدد هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (١٩٨٩م) المقررات الغذائية الموصى بها لعنصر الكروم، إلا أنها قدرت احتياجات البالغين والمراهقين والأطفال في عمر ٧-١٠ سنوات بحوالي ٥٠-٢٠٠ ميكروجرام في اليوم والرضع بحوالي ١٠-٦٠ ميكروجراماً والأطفال في عمر ١-٦ سنوات بحوالي ٢٠-١٢٠ ميكروجراماً في اليوم. وتجدر الإشارة إلى أن جميع الكميات المقترحة تناولها من الكروم قد وضعت على أساس أن نسبة امتصاصه تصل إلى حوالي ١-٢٪ من الكمية الكلية في الوجبة الغذائية. وبشكل عام تمّد الوجبة الغذائية المتكاملة للشخص بحوالي ٥٠-١٠٠ ميكروجرام كروم أو أكثر في اليوم.

(١٠, ٩, ٦) امتصاص الكروم ونقله وتخزينه Absorption, transportation and storage of chromium

storage of chromium

تتوقف نسبة الكروم الممتصة على كميتها في الوجبة الغذائية المتناولة، فمثلاً في حالة تناول ٤٠ ميكروجراماً كروم أو أكثر يومياً فإن نسبة الامتصاص تبلغ حوالي ٥, ٠٪، بينما في حالة تناول كمية أقل من ٤٠ ميكروجراماً يومياً فإن نسبة الامتصاص ترتفع إلى حوالي ٢٪ من الكروم الكلي في الوجبة الغذائية.

وتخرج معظم الكمية الممتصة من الكروم خارج الجسم مع البول. كما تقدر نسبة امتصاص الكروم غير العضوي inorganic chromium بأقل من ١٪، بينما ترتفع هذه

النسبة إلى ١٠-٢٥٪ بالنسبة للكروم الذي مصدره مستخلصات الخميرة Brewer's yeast extracts . يتضح مما سبق ذكره أن هناك عدة عوامل غير معروفة تحدد امتصاص الكروم من خلال جدار الأمعاء .

(١٠، ٩، ٧) **Excess doses of chromium** تعاطي كميات مفرطة من الكروم لا تعرف أعراض التسمم بالكروم على الإنسان، وقد يعزى ذلك إلى انخفاض محتوى الوجبة الغذائية بهذا العنصر. كذلك لم تظهر أعراض التسمم بعنصر الكروم على الفئران والمice التي تناولت ماء يحتوي على ٥ مجم كروم لكل لتر خلال فترة حياتها. كما أشارت الدراسات إلى أن تناول الفئران الأغذية التي تحتوي على ١٠٠ مجم كروم لكل كيلوجرام لم يؤد إلى تسممها.

(١٠، ١٠) الفلور (F1) **Fluorine (F1)**

(١٠، ١٠، ١) المقدمة **Introduction**

اكتشف الفلور عام ١٩٠٥م عندما لاحظ جاي لوسك Gay-Lussac وجوده في جسم الحيوان، وبعد ذلك عرفت أهميته في وقاية الأسنان من التسوس بسبب ترسبه على سطح الأنامل. وفي عام ١٩٧٢م بدأ الاهتمام به كعنصر أساسي في التغذية عندما أثبتت الدراسات أن إعطاء الفئران غذاء يحتوي على الفلور يؤدي إلى زيادة في النمو وتكوين الصبغة الطبيعية في أنيابها. ويحتوي جسم الإنسان على كميات قليلة جدًا trace من الفلور الذي يتركز معظمه في العظام ومينا enamel الأسنان.

(١٠، ١٠، ٢) وظائف الفلور **Functions of fluorine**

يمكن تلخيص وظائف الفلور الفسيولوجية في جسم الإنسان كالتالي:

- ١- يلعب الفلور دوراً رئيسياً في وقاية الأسنان من التسوس، حيث يحدث ترسب لبثورات crystals الهيدروكسي أبسايت (Ca₃ P₂ O₈ Ca (OH)₂) التي تحتوي على

الكالسيوم والفوسفور في الأسنان والعظام أثناء عملية التكلس، بعد ذلك يحل الفلور محل مجموعة الهيدروكسيل (OH) الموجودة في البلورات لتكوين الفلورأباتيت ($Ca_3 P_2$) fluorapatite $Ca_5 (F, O)_2$ الذي يجعل الأسنان أكثر قوة ومقاومة للتسوس، كما أنه يقلل من درجة ذوبان معادن الأسنان. ولقد أشارت الدراسات إلى أن إضافة أيونات الفلور إلى ماء الشرب بتركيز جزء واحد في المليون (١ مجم لكل لتر) يؤدي إلى خفض معدل الإصابة بتسوس الأسنان للأطفال بنسبة ٥٠-٦٠٪ خصوصًا الأطفال الذين يشربون الماء المحتوي على الفلور منذ فترة الرضاعة. لهذا تقوم معظم الدول المتقدمة بإضافة الفلور إلى ماء الشرب fluoridation لوقاية أسنان الأطفال من التسوس، إلا أن الأشخاص البالغين لا يستفيدون من الفلور الموجود في ماء الشرب بسبب عدم ترسبه على أسنانهم المكتملة النمو.

٢ - يعمل الفلور على زيادة مقاومة عظام الأشخاص المسنين للإصابة بمرض لين العظام osteoporosis، حيث أشارت الدراسات إلى أنه تندر إصابة المسنين بهذا المرض في المناطق التي تعتمد على مياه الشرب المضاف إليها الفلور fluoridated water.

٣ - يثبط الفلور نشاط البكتريا المنتجة للأحماض من المواد الكربوهيدراتية في الفم، مما يقلل من تحلل الأسنان، وكذلك درجة تأثرها بهذه الأحماض. كما يمنع الفلور تكوين الأحماض في plaque الأسنان ويحفز على ترسيب الفوسفات والكالسيوم.

(٣، ١٠، ١٠) مصادر الفلور الغذائية Dietary sources of fluorine

يتوافر الفلور في مجموعة واسعة من الأغذية، وينسب متباينة، وذلك حسب تركيزه في الماء والتربة التي ينمو فيها النبات، وتعد الأغذية البحرية seafoods والشاي والقهوة والبقوليات من المصادر الغنية به. وبشكل عام يعتبر ماء الشرب المحتوي على الفلور بتركيز جزء واحد في المليون هو المصدر الرئيسي للفلور الذي يحتاجه جسم الإنسان، إذ يمدّه بحوالي ١-٥، ١ مجم يوميًا، بالإضافة إلى أن الأغذية المتناولة تمد الجسم بحوالي ٢، ٠-٤، ٠ مجم في اليوم. وفي حالة تعذر إضافة الفلور إلى ماء الشرب فإنه يمكن منع تسوس الأسنان لدى الأطفال بواسطة استعمال معاجين الأسنان المحتوية على الفلور toothpaste أو إضافة الفلور موضعياً على الأسنان أو تناول حبوب الفلور fluoride tablets.

تعاطي جرعات مفرطة من الفلور Excess doses of fluorine

تؤدي زيادة متوسط تركيز الفلور في مياه الشرب على ١,٥ جزء في المليون (٢-٨ جزء في المليون) إلى ظهور بقع رمادية إلى سوداء على أنامل أسنان الأطفال الدائمة يصحبها تكوين حفر في الأسنان، ويعرف هذا بالتسمم الفلوري dental fluorosis. أما إذا زاد تركيز الفلور في مياه الشرب على ٨ أجزاء في المليون فإن ذلك يؤدي إلى تصلب العظام والغضاريف sclerosis بسبب تراكمه فيها، مما يؤدي إلى تصلب العمود الفقري وصعوبة الانحناء وكذلك صعوبة ثني الركبة واليد. كما أن استهلاك كميات كبيرة من الفلور يعوق تكوين الكولاجين ويسبب تأخرًا في ترسيب الكالسيوم على العظام.

وتظهر أعراض التسمم بالفلور على الإنسان عند تناول ٢٠-٨٠ مجم فلور يوميًا لعدة سنوات على شكل تسمم فلوري عظمي skeletal fluoris والذي يتميز بعظام هشة وطباشيرية سريعة الانكسار.

(١٠, ١٠, ٤) نقص الفلور Deficiency of fluorine

إن أعراض نقص الفلور لا تزال يكتنفها بعض الغموض، إلا أنه يعتقد بأن نقصه أثناء فترة الطفولة يؤدي إلى حدوث تسوس في الأسنان وإلى تقليل الإصابة بمرض لين العظام osteoporosis أثناء فترة الشيخوخة.

(١٠, ١٠, ٥) احتياجات الفلور اليومية Daily requirements of fluorine

لم تحدد هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (١٩٨٩م) المقررات الموصى بها، ولكنها قدرت الاحتياجات اليومية التي تكفي لسد احتياجات الجسم وهي: ١-١٠ مجم للرضع و ٥-٢,٥ مجم للأطفال و ١,٥-٢,٥ مجم للمراهقين و ١-٤ مجم للبالغين. ويمد ماء الشرب المضاف إليه جزء واحد في المليون فلور الجسم بحوالي ١-١,٥ مجم فلور يوميًا، وقد تصل هذه الكمية إلى ٤ مجم عندما يزداد محتوى الماء من الفلور أو بسبب تناول كميات كبيرة من الماء كما هو الحال في المناطق الحارة.

Absorption, transportation and storage of fluorine (١٠, ١٠, ٦) امتصاص الفلور ونقله وتخزينه

يتم امتصاص الفلور من المعدة والأمعاء gastrointestinal tract حيث يمتص معظمه من خلال جدار الأمعاء الدقيقة وجزء قليل جدًا من خلال جدار المعدة، وتراوح نسبة الامتصاص ما بين ٧٥-٩٠٪ من الكمية الموجودة في الغذاء. ثم يتجه حوالي ٥٠٪ من الفلور الممتص إلى الأسنان والعظام ليدخل في تكوينها، ويخرج الجزء الباقي مع البول عن طريق الكليتين خلال ٢٤ ساعة، وهو يقدر بحوالي ٣ مجم. ولقد وجد أن تركيز الفلور في الدم وأنسجة الجسم الطرية ثابت لا يتغير بغض النظر عن الكمية المتناولة في الوجبة الغذائية. وتنخفض نسبة امتصاص الفلور عند وجود بعض المعادن مثل الألومنيوم والكالسيوم، كما يؤثر محتوى الوجبة الغذائية من الدهون على امتصاص الفلور.

Cobalt (Co) الكوبالت (١٠, ١١)

Introduction المقدمة (١٠, ١١, ١)

اعتبر عنصر الكوبالت من العناصر المهمة في تغذية الإنسان والحيوان في عام ١٩٤٨م عندما تم التعرف على أنه يدخل في تركيب فيتامين ب١٢ بنسبة ٤٪. ونظرًا لأن فيتامين ب١٢ يصنع بواسطة البكتريا، فإن الكوبالت يعتبر عنصرًا أساسيًا للحيوانات خصوصًا تلك التي تعتمد كلية على البكتريا كمصدر لفيتامين ب١٢ مثل المجترات. وتقدر كمية الكوبالت في جسم الشخص البالغ بحوالي ١,٥ مجم. ولقد وجد أن نقص الكوبالت في علائق الحيوانات المجترة يؤدي إلى حدوث نقص في تصنيع فيتامين ب١٢، بالإضافة إلى فقد الشهية للأكل ونقص النمو والهزال. ويستفيد جسم الإنسان من الكوبالت الموجود في تركيب فيتامين ب١٢ فقط، لهذا لا يعتبر الكوبالت الحر ضروريًا للإنسان من الناحية التغذوية لأنه لا يستطيع الاستفادة منه في تكوين فيتامين ب١٢.

Functions of cobalt (١٠, ١١, ٢) وظائف الكوبالت

- يمكن تلخيص الوظائف الفسيولوجية للكوبالت في جسم الإنسان كالتالي:
- ١ - يدخل في تركيب فيتامين ب_{١٢} الضروري للوقاية من الأنيميا ذات كرات الدم المتضخمة macrocytic anemia أو الأنيميا الخبيثة نظراً لأن هذا الفيتامين يلعب دوراً أساسياً في تكوين كرات الدم الحمراء .
 - ٢ - يعتبر عنصر الكوبالت من العناصر الأساسية لقيام جميع الخلايا بوظائفها الحيوية خصوصاً خلايا early cells في نخاع العظام والجهاز العصبي والجهاز الهضمي gastrointestinal system .
 - ٣ - يُعد الكوبالت ضرورياً لتنشيط بعض الإنزيمات المهمة مثل إنزيم الفوسفوترانسفيراز phosphotransferase .

Dietary sources of cobalt (١٠, ١١, ٣) مصادر الكوبالت الغذائية

وجد أن الإنسان وجميع الحيوانات ذات المعدة الواحدة لديها قدرة محدودة جداً على تصنيع فيتامين ب_{١٢} في الأماكن التي يحدث فيها امتصاصه، لهذا فإنها تحصل على احتياجاتها منه من الأغذية الحيوانية وخصوصاً الكبد والكلاوي اللتان تحتويان على حوالي ١٥، ٢٥-٠، ٠ جزء في المليون من الكوبالت على أساس الوزن الجاف. كذلك فإن لحوم الحيوانات الحمراء والأسماك والدواجن تحتوي على نصف هذه الكمية. كما تعد المحار oysters والأصداف البحرية clams من المصادر الممتازة لعنصر الكوبالت. كذلك تعتبر الأغذية النباتية مصادر لا بأس بها لعنصر الكوبالت خصوصاً الحبوب والبقوليات والخضروات الورقية. وبشكل عام فإن تركيز الكوبالت في الأغذية النباتية يتوقف على تركيزه في التربة التي تنبت فيها هذه النباتات. ولقد وجد أن تناول الشخص لوجبة غذائية متكاملة يمدّه بحوالي ٣ مجم من الكوبالت في اليوم.

Deficiency of cobalt (١٠, ١١, ٤) نقص الكوبالت

أعراض نقص الكوبالت على الإنسان غير معروفة حتى الوقت الحديث، أما بالنسبة للحيوانات فإن نقصه يسبب إصابة الأبقار والأغنام بمرض الهزال الذي تظهر

أعراضه في صورة فقدان للشهية وهزال وقلة الحركة وأنيميا نتيجة عدم كفاية الكوبالت اللازم لتصنيع فيتامين ب_{١٢} بواسطة البكتريا في المعدة المركبة . ولقد أمكن معالجة هذا المرض بإعطاء الحيوانات فيتامين ب_{١٢} . وبما تجدر الإشارة إليه أن النباتيين المتزمطين strict vegetarians يكونون أكثر عرضة للإصابة بأعراض نقص الكوبالت وخصوصاً أولئك الذين يتجنبون تناول اللحوم كلية .

(١٠, ١١, ٥) Daily requirements of cobalt اليومية احتياجات الكوبالت

لا يوجد دليل على أن الوجبة الغذائية المتكاملة تكون منخفضة في محتواها من عنصر الكوبالت، لهذا فإنه من غير الضروري تحديد مقررات غذائية RDA له . إلا أنه يعتقد أن جسم الشخص يحتاج إلى ١ ميكروجرام من الكوبالت يوميًا في صورة فيتامين ب_{١٢} .

(١٠, ١١, ٦) Absorption, transportation and تخزينه ونقله امتصاص الكوبالت storage of cobalt

يمتص الكوبالت بمعدلات جيدة من خلال الجزء الأوسط (الصائم) للأمعاء الدقيقة، وبصورة رئيسية كجزء تרכيبي من فيتامين ب_{١٢} ، ويزداد معدل الامتصاص لدى المرضى المصابين بارتفاع مستوى الحديد iron overload وتليف الكبد البابي portal cirrhosis والهيموكروماتوسيس ذاتي العلة idiopathic hemochromatosis ، وهي حالة تنتج من امتصاص الحديد المفرط وتؤدي إلى صبغ الجلد وتخزين الهيموسيدرين hemosiderin في الكبد وبعض الأعضاء الأخرى . ويطرح الكوبالت خارج الجسم بصورة أساسية مع البول (٨٥٪) وبكميات قليلة مع البراز والعرق والشعر . ويركز معظم الكوبالت في جسم الإنسان في الكبد وينسب أقل في الطحال والكليتين والبنكرياس . كما تحتوي بلازما الدم blood plasma على حوالي ١ ميكروجرام كوبالت لكل ١٠٠ ملل .

Excess doses of cobalt الكوبالت المفرطة من الكوبالت (١٠، ١١، ٧)

إن حدوث التسمم في الإنسان والحيوانات نتيجة تناول جرعات كبيرة من الكوبالت محدودة جدًا. إلا أنه تظهر بشكل واضح أعراض التسمم بهذا العنصر على الأشخاص الذين يفرطون في تناول البيرة نظرًا لأنه يضاف إليها الكوبالت كمادة مانعة للفران antifroaming agent. كذلك تظهر أعراض التسمم على الأبقار التي تتغذى على علائق محتوية على تركيزات عالية من الكوبالت (١ مجم لكل كيلوجرام علف). وبشكل عام فإن تناول جرعات كبيرة من الكوبالت تسبب الآتي: (١) زيادة في عدد وتركيز كرات الدم الحمراء polycythemia بسبب زيادة إفراز هرمون erythropoietin الضروري لتصنيع كرات الدم الحمراء erythropoiesis في نخاع العظام، (٢) فرط الاستنساخ (تكاثر أنسجة الخلايا على نحو غير سوى) hyperplasia في نخاع العظام، (٣) تيكلوسيتوسيس tuculocytosis، (٤) زيادة حجم الدم، (٥) اضطراب في وظائف القلب، (٦) تضخم الغدة الدرقية، إلا أن هذه النقطة تحتاج إلى مزيد من البحث.

Vanadium (V) الفاناديوم (١٠، ١٢)

تحتوي بعض أنسجة الإنسان والحيوان على نسب قليلة جدًا من الفاناديوم خصوصًا الكبد والعظام، وقد أثبتت بعض الدراسات الحديثة أنه عنصر أساسي للإنسان. وقد أشار العالمان هوبكنز Hopkins وموزر Mohr إلى أن الفاناديوم يلعب دورًا مهمًا بالنسبة لأيض الدهون في الإنسان. كما أن هناك دورًا آخر للفاناديوم في منع تسوس الأسنان، حيث يحل محل الفوسفور في تكوين ملح الأباتيت المسؤول عن إعطاء الصلابة للأسنان وزيادة مقاومتها للتسوس والنخر. كما يؤدي هذا العنصر نفس الدور السابق ذكره بالنسبة للعظام، مما يعمل على تقويتها وزيادة صلابتها.

يتوافر الفاناديوم بنسب منخفضة في معظم الأغذية الحيوانية والنباتية وتزود الوجبة الغذائية المتكاملة جسم الإنسان بحوالي ٢٥ ميكروجرام في اليوم. يؤدي نقص الفاناديوم في صيغان الدجاج إلى بطء في النمو وضعف في التكاثر واضطراب في أيض الدهون وتشوهات في العظام وضعف في نمو الريش ونقص في مستوى الكوليسترول. كما يؤدي نقصه في الفئران إلى ضعف في النمو والتكاثر والأداء الجنسي وارتفاع معدل

الوفيات بين المواليد. وتجدر الإشارة إلى أنه لا تتوافر معلومات كثيرة عن محتوى الأغذية من الفانديوم، كما تقدر الاحتياجات اليومية منه بحوالي ٣, ٠ مجم. يخزن حوالي ٤٠٪ من الفانديوم الممتص من خلال جدار الأمعاء في الكبد والعظام والباقي (٦٠٪) يخرج من الجسم مع البول.

Tin (Sn) القصدير (١٠, ١٣)

كان الاعتقاد السائد حتى وقت قريب أن وجود القصدير في الأنسجة الحيوانية يعود إلى التلوث البيئي، إلا أن العالم Schwarz وزملاء Colleagues في عام ١٩٧٠م استطاعوا أن يثبتوا أن إعطاء الفئران وجبات غذائية تحتوي على جزء واحد في المليون (1PPM) من كبريتات القصدير stannic sulphate يترتب عليه زيادة في معدل نموها، بينما يسبب إعطاء الفئران وجبات غذائية فقيرة في محتواها من القصدير بطئا وتأخرًا في النمو والتهاب في الجلد وتساقط في الشعر، وقد يكون للقصدير دور مهم بالنسبة لنمو الإنسان. لا يوجد حديثاً معلومات كافية عن محتوى الأغذية من القصدير، إلا أن نسبة كبيرة منه توجد في مستخلص الدهون التجارية. كذلك لا تعرف أعراض التسمم بالقصدير على الإنسان نظراً لصعوبة امتصاصه من خلال جدار الأمعاء، وخروج معظمه خارج الجسم مع البراز. يدخل القصدير في تركيب العلب الصفائح المستعملة لحفظ الأغذية، لهذا ففي حالة تغليب المواد الغذائية الحامضية مثل الفواكه وعصائر الحمضيات تطلي العلب الصفائح من الداخل بطبقة ورنيشية lacquer تمنع اتصال الغذاء بالقصدير، مما يقلل تلوث الغذاء به. وتقدر كمية القصدير في الوجبة الغذائية التي يتناولها الإنسان يومياً بحوالي ٣, ٥-١٧ مجم، والحد الأعلى المسموح به في الأغذية المعلبة هو ٢٥٠ مجم لكل كيلوجرام. ويعتقد أن الإنسان يحتاج يومياً إلى حوالي ٣-٦ مجم قصدير، وتحتاج الفئران إلى ٢, ١-٢ جزء في المليون.

Nickle (Ni) النيكل (١٠, ١٤)

يوجد النيكل بكميات قليلة جداً في أنسجة الجسم المختلفة خصوصاً الدم والرئة والأسنان والعظام والكليتين والبنكرياس والجلد وشريان الأورطي aorta. يستعمل

النیکل على نطاق واسع لتبطين أوعية الطهو وأجهزة البسترة، إلا أن ذلك لا يؤدي إلى حدوث تسمم للإنسان. ولقد أشارت الدراسات إلى أن النیکل عنصر أساسي للفئران وصيصان الدجاج، حيث يعمل على تنشيط بعض الهرمونات والنظم الإنزيمية. ويؤدي نقص النیکل في الحيوانات إلى تغيرات في الكبد وضعف في التكاثر. وتعد الحبوب والخضروات من المصادر الغنية بالنیکل، بينما تعتبر الأغذية الحيوانية من المصادر الفقيرة به. لهذا فإن الوجبة الغذائية الغنية بالأغذية الحيوانية والدهون تكون فقيرة في محتواها من النیکل.

السليكون (Si) (١٥، ١٠)

كان الاعتقاد السائد حتى وقت قريب أن السيلكون من الملوثات البيئية السامة للإنسان، ولكن في سنة ١٩٧٢ أثبت Schwarz أن إعطاء الفئران جرعات من السيلكون يؤدي إلى زيادة في معدلات نموها. وتحتوي غضاريف الإنسان human cartilages على تركيزات عالية من السيلكون المرتبط في صورة كبريتات الكوندرويتين chondroitin sulphate وكبريتات الكيراتين keratin sulphate. ويقدر تركيز السيلكون في الدم بحوالي ٥ مجم لكل ١٠٠ ملل. ويتعرض عادة عمال المناجم إلى استنشاق كميات كبيرة من السيلكون، مما يؤدي إلى تسممهم به silicosis. وبشكل عام يعتبر السيلكون عنصراً أساسياً لنمو الفئران والدواجن وربما الإنسان، بالإضافة إلى ذلك فإنه يلعب دوراً مهماً بالنسبة لتكلس العظام. ولقد أشارت بعض الدراسات الحديثة إلى أن السيلكون يدخل في تركيب الأنسجة الضامة connective tissue والغضاريف، مما يدعم هذه الأنسجة ويثبت أو يرسخ الكربوهيدرات المخاطية المتعددة mucopolysaccharids. يتميز السيلكون بأنه ضعيف الذوبان في الماء، لهذا يصعب امتصاصه في الجهاز الهضمي، وتستعمل بعض أملاح السيلكون مثل سليكات الألومنيوم وثلاثي سليكات المغنسيوم في معالجة حالات الإسهال وحموضة المعدة على التوالي. وبشكل عام فإن الأغذية الحيوانية تعتبر فقيرة في محتواها من السيلكون، بينما الأغذية النباتية خصوصاً الحبوب غير المكررة unrefined grains تعد مصادر غنية به.

كذلك تعتبر البيرة من أغنى المصادر بعنصر السليكون، حيث يقدر تركيزه فيها بحوالي ١٢٠٠ ميكروجرام لكل جرام. يؤدي نقص السليكون في الحيوانات إلى تشوهات في الغضاريف والأنسجة الرابطة والعظام وضعف النمو وترسب السليكون في الكليتين والحالب أو المثانة، مما يسبب الحصاة الكلوية.

(١٦، ١٠) الزرنيخ (Arsenic (As)

يتوافر الزرنيخ بنسب قليلة جدًا في سوائل وأنسجة الجسم خصوصًا الأظافر والشعر والجلد، وهو عنصر أساسي بالنسبة للحيوانات، ويوجد الزرنيخ في الماء والتربة وبعض النباتات والأغذية الحيوانية، وتعتبر المحاريات shellfish من أغنى المصادر به. ويترب على نقص الزرنيخ في صيصان الدجاج ظهور ضعف في الرجلين وبطء في النمو وزيادة في معدل راسب الدم hematocrit ونقص في حمض اليوريك، أما بالنسبة للفرثان فإن نقصه يؤدي إلى ضعف في النشاط الجنسي والنمو وتخشن في الجلد وزيادة في معدل وفيات الأجنة.

الماء

- المقدمة ● توزيع الماء في الجسم ● وظائف الماء ● الماء الأيضي
- احتياجات الماء ● مصادر الماء للجسم ● فقدان الماء من الجسم ● توازن
- الالكتروليتات في ماء الجسم .

المقدمة (١١، ١) Introduction

يعتبر الماء من أهم المواد الغذائية الموجودة في جسم الإنسان، لهذا فهو أساس الحياة، وبدونه لا توجد حياة على سطح الكرة الأرضية، ويصنف الماء في المرتبة الثانية بعد الأكسجين بالنسبة لأهميته للإنسان. ولقد وجد أن الإنسان يستطيع أن يحيا ما يقرب من مائة يوم بدون الطعام اعتماداً على الأنسجة المختلفة المخزنة في جسمه، بينما يموت بعد عدة أيام (٣-٥ أيام) في حالة الاستغناء عن الماء. كذلك لوحظ بأن الإنسان لديه القدرة على الحياة لو فقد جميع الأنسجة الدهنية والجليكوجية من جسمه و٥٠٪ من الأنسجة البروتينية، إلا أن فقدان ٢٠٪ من محتوى الماء في الجسم يسبب الوفاة. يتبين مما ذكر أعلاه مدى أهمية الماء كعنصر غذائي أساسي وضروري للمحافظة على اتزان العناصر الغذائية في جسم الإنسان homeostasis واستمرار الحياة، وصدق الله العظيم الذي يقول في كتابه العزيز ﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾. ويشكل الماء حوالي ثلثي وزن جسم الشخص البالغ، لهذا فالإنسان يحيا في بركة من الماء. ويتميز الماء بأنه سهل الامتصاص، وسهل الخروج من الجسم، ولا يخزن في الجسم بكميات تزيد على احتياجات الشخص.

(١١, ٢) توزيع الماء في الجسم Distribution of Water in Body

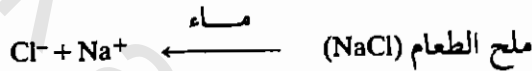
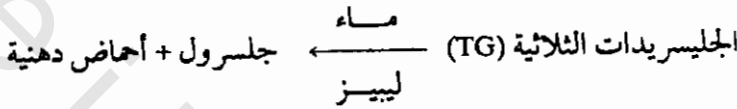
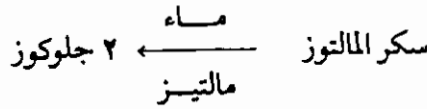
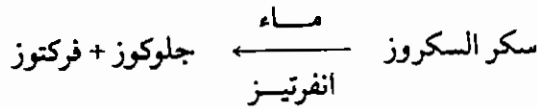
يعتبر الماء مكوناً أساسياً لجميع أجزاء الجسم، حيث يشكل حوالي ٦٠٪ من وزن الجسم الكلي بالنسبة للشخص العادي البالغ و ٥٠٪ بالنسبة للشخص البدين، و ٧٥٪ بالنسبة للطفل الرضيع، و ٧٠٪ بالنسبة للشخص الممتلئ العضلات lean person . ويوجد حوالي ٦٥٪ من الماء الكلي في الجسم داخل الخلايا (٤٠٪ من وزن الجسم)، و ٣٥٪ خارج الخلايا extracellular (٢٠٪ من وزن الجسم). وتحتوي أنسجة الجسم على نسب متباينة من الماء وهي :

٥٪	الأسنان Enamel
٢٥٪	العظام
٤٥-٣٠٪	الأنسجة الدهنية
٨٠-٧٥٪	العضلات
٩٢-٩٠٪	بلازما الدم

(١١, ٣) وظائف الماء Functions of Water

يعد الماء من أهم مركبات الجسم (بعد الأكسجين) من وجهة النظر الفسيولوجية والتشريحية، وتأتي أهميته من خلال الأدوار التي يقوم بها في جسم الإنسان والتي تتمثل في التالي :

١ - يعتبر الماء المفاعل reactant والوسط الأساسي الضروري لعمليات هضم العناصر الغذائية، حيث يعمل على التحلل المائي hydrolysis للدهون والكربوهيدرات والبروتينات بمساعدة بعض الإنزيمات، ويحولها إلى مواد بسيطة غير معقدة يسهل هضمها وامتصاصها من خلال جدار القناة الهضمية . كذلك يساعد الماء على تليين وطحن المادة الغذائية المتناولة مما يسهل بلعها ومرورها في القناة الهضمية . ويمكن تلخيص تفاعلات التحلل المائي للكربوهيدرات والدهون وملح الطعام كالآتي :

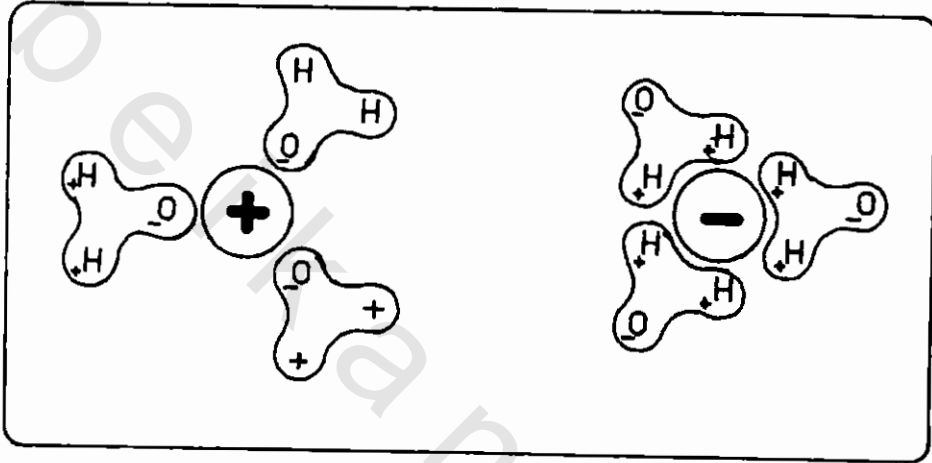


٢ - يدخل الماء في تركيب جميع سوائل الجسم المختلفة مثل الدم واللمف lymph والبول والعصارات الهاضمة digestive juices والعرق sweat ، وهذه السوائل تساعد على نقل العناصر الغذائية إلى الخلايا وطرح المخلفات wastes المتبقية منها خارج الجسم . كما أن الماء يدخل في تركيب جميع أنسجة الجسم وينسب مختلفة كما أشير إلى ذلك أعلاه . ولقد وجد بأن الجرام الواحد من الأنسجة الدهنية يرتبط بحوالي ٢ , ٠ جرام من الماء ، والجرام الواحد من الأنسجة العضلية (بروتين) يرتبط بحوالي ٤ جرامات ماء .

٣ - يعد الماء وسطاً مناسباً لنقل المواد الغذائية في الجسم أثناء عملية الهضم والامتصاص والأيض ، وكذلك يعمل على طرح الفضلات خارجة excretion of waste products نظراً لأن معظم العناصر الغذائية البسيطة ومخلفات الأيض الغذائي قابلة للذوبان في الماء . فمثلاً بواسطة الماء تنتقل العناصر الغذائية المهضومة من خلال جدار الأمعاء الدقيقة إلى الدورة الدموية ، ومنها إلى أنسجة الجسم المختلفة ، كما يعمل الماء على نقل مخلفات الأيض الغذائي (ثاني أكسيد الكربون والأمونيا والإلكتروليات وغيرها) إلى الرئتين والكليتين والجلد والأمعاء gut لطرحها خارج الجسم . وتقدر كمية السوائل في الشرايين والأوعية والشعيرات الدموية والتي تحمل العناصر الغذائية الممتصة

(أحماض دهنية، أحماض أمينية، سكريات، أملاح، فيتامينات) إلى أنسجة الجسم المختلفة بحوالي ٣ - ٥ لترات.

٤ - يعد الماء الوسط المذيب solvent المناسب لجميع العناصر الغذائية، ويوضح الشكل ذوبان الأيونات ions بواسطة الماء.



الشكل (١، ١١) ذوبان الأيونات ions بواسطة الماء.

٥ - ينظم الماء درجة حرارة الجسم، ويحافظ على تثبيتها عند درجة الحرارة الطبيعية، وعدم تأثرها بالتغيرات الخارجية من حرارة أو برودة، ويُعزى ذلك إلى أن الماء يتميز بحرارة نوعية مرتفعة high specific heat، أي أنه يحتاج إلى مقدار كبير من الحرارة مقارنة بالوسائل الأخرى لرفع درجة حرارته. وتعرف الحرارة النوعية بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من السائل درجة مئوية واحدة. ويمكن أن نستنتج مما ذكر أعلاه بأن حرارة الجسم لا تتغير بشكل سريع بتغير الظروف الجوية من حرارة أو برودة. كما يتميز الماء بأنه موصل جيد للحرارة good conductor of heat، حيث يعمل على امتصاص الحرارة الناتجة من التفاعلات الكيميائية وينقلها من داخل الجسم إلى خارجه بواسطة العرق عن طريق الجلد أو هواء الزفير عن طريق الرئتين. ولقد وجد بأن ٢٥٪ من حرارة الجسم تفقد عن طريق الرئتين والجلد، حيث إن خروج لتر واحد من الماء مع العرق يمثل فقداناً في حرارة الجسم مقدارها ٦٠٠ سعر.

- ٦ - يعمل الماء كمادة مزلفة (ملينة) lubricant تقلل الاحتكاك بين أجزاء الجسم وتسهل حركة العضلات muscles والأعضاء organs والمفاصل joints في الجسم . كذلك يساعد اللعاب saliva على بلع الطعام وتساعد الإفرازات المخاطية mucous secretion في الجهاز الهضمي على مرور الطعام من خلال القناة الهضمية ثم طرح مخلفات الأيض الغذائي خارج الجسم من خلال الجهاز الإخراجي .
- ٧ - يساعد الماء على نقل الصوت sound في الأذن .
- ٨ - يلعب الماء دوراً مهماً في المحافظة على توازن الضغط الأسموزي في الجسم نظراً لذوبان البروتينات والإلكتروليتات فيه .

(٤, ١١) الماء الأيضي Metabolic Water

يقصد به كمية الماء الناتجة من عمليات الأيض الغذائي (أكسدة العناصر الغذائية) في داخل الخلايا . وتختلف كمية الماء الناتجة من عملية الأيض الغذائي باختلاف المادة الغذائية، فمثلاً تنتج الكربوهيدرات ٦٠٪ من وزنها ماء أيضاً، وتنتج البروتينات ٤٢٪ من وزنها ماء أيضاً، وتنتج الدهون ١٠٧٪ من وزنها ماء أيضاً لأنها غنية جداً في محتواها من الهيدروجين . ويمكن توضيح ذلك بالمعادلات الآتية:

الكربوهيدرات Carbohydrates :



(الماء الأيضي) (جلوكوز)

$$\text{الوزن الجزيئي للجلوكوز} = 6 \times (C) 12 + 12 \times (H) 1 + 6 \times (O) 16 =$$

$$72 + 12 + 96 =$$

$$180 =$$

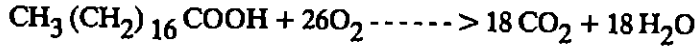
$$\text{الوزن الجزيئي لـ 6 جزيئات ماء} = 6 \times (H) 1 + 6 \times (O) 16 =$$

$$12 + 96 =$$

$$108 =$$

$$\text{نسبة الماء الأيضي الناتج} = 108 \div 180 \times 100 = 60\%$$

الدهون : Fats



(حمض الاستياريك)

(الماء الأيضي)

٢٨٤

٣٢٤

نسبة الماء الأيضي الناتج = $100 \times 284 \div 324 = 114\%$

وبشكل الماء الأيضي حوالي ١٠٪ من كمية الماء التي يتناولها الشخص في اليوم، ويستخدم جزء منه في عمليات التحلل المائي hydrolysis وجزء في امتصاص الحرارة الناتجة من التفاعلات الكيميائية، وجزء لتخفيف مخلفات الأيض الغذائي لإخراجها مع البول.

(١١، ٥) احتياجات الماء Water Requirements

تحدد كمية الماء التي يحتاجها الشخص في اليوم بواسطة عوامل كثيرة مثل درجة حرارة الجو، ومعدل النشاط العضلي الذي يؤديه الشخص، وحالته الصحية، وغيرها من العوامل التي سوف نتحدث عنها لاحقاً إن شاء الله. وبشكل عام يحتاج الشخص إلى حوالي ١،٥ لتر ماء يومياً في الظروف الطبيعية التي تشمل تناول وجبات منخفضة في محتواها من المواد الذائبة والأملاح، وممارسة تمارين رياضية خفيفة، والحياة في مناطق ذات أجواء معتدلة لا تسبب فقداناً في العرق. ويحصل الشخص على هذه الكمية من الماء من المصادر الأساسية الثلاثة وهي المشروبات المختلفة (بما فيها الماء)، والأغذية، والماء الأيضي الناتج من أكسدة العناصر الغذائية. وتختلف كمية الماء التي يحتاجها الفرد باختلاف عمره، فلقد وجد بأن الشخص البالغ يحتاج إلى ١ ملل ماء لكل كيلو كالوري واحد من الطاقة المستهلكة، بينما يحتاج الرضيع إلى ١،٥ ملل ماء لكل كيلو كالوري واحد من الطاقة المستهلكة.

العوامل التي تؤثر على احتياجات الماء Factors affecting water requirements

يمكن تلخيص العوامل التي تؤثر على احتياجات الشخص للماء كالآتي:

١ - نوع الغذاء Type of diet: تحدد نوع الوجبة الغذائية المتناولة كمية الماء التي يحتاجها الشخص، فمثلاً تناول البطيخ watermelon أو الخيار يقلل من احتياجات

الشخص للماء، بينما تناول شرائح الذرة cornflakes أو البروتينات أو الأغذية الجافة الأخرى يزيد من الاحتياجات المائية. كذلك تزداد احتياجات الشخص للماء بزيادة محتوى الوجبة من المواد غير القابلة للهضم undigestible materials والأملاح والأغذية المسهلة laxative foods، حيث إن مادة اليوريا urea الناتجة من الجزء غير المتأكسد من البروتين، وكذلك الأملاح الزائدة على حاجة الجسم تحتاج إلى كمية من الماء لتخفيفها وإخراجها من الجسم لتفادي سميته، كما أن المواد غير القابلة للهضم تمتص كمية كبيرة من الماء في القناة الهضمية مما يسبب فقدانها مع البراز.

٢ - كمية الغذاء Amount of food : تزداد كمية الماء المتناولة بازدياد كمية الأغذية الصلبة المستهلكة، لهذا يقل احتياج الشخص للماء أثناء فترة الصيام.

٣ - الإنتاجية Production : تحتاج عملية إنتاج الحليب في الغدد الثديية أثناء فترة الرضاعة إلى كمية كبيرة من الماء قد تصل إلى ٩٠٠ ملل في اليوم، بينما يحتاج بناء الأنسجة tissues growth إلى كمية أقل من الماء.

٤ - الظروف البيئية Environmental conditions : تزداد احتياجات الشخص للماء بارتفاع درجة حرارة الجو، وانخفاض الرطوبة الجوية كما أشير إلى ذلك أعلاه.

٥ - الظروف المرضية Pathological conditions : تزداد حاجة الشخص للماء عند الإصابة بالإسهال أو الالتهابات أو الحروق.

٦ - النوع Species : تفرز الثدييات mammals اليوريا urea في صورة ذائبة في الماء، ولكنها سامة على الإنسان في حالة التركيزات المرتفعة، لهذا يلزم الماء بكميات كبيرة لتخفيفها وإخراجها مع البول، بينما تفرز الطيور مخلفات هدم المواد البروتينية في صورة حمض يوريك uric acid والذي يتميز بأنه أقل سمية، ولهذا تحتاج الطيور إلى كميات أقل من الماء مقارنة بالثدييات لتخفيفه. كذلك يستطيع الجمل أن يعيش مدة طويلة بدون الحاجة إلى الماء، ويرجع ذلك إلى تناوله أغذية غنية بالكربوهيدرات وفقيرة في البروتينات، لهذا فإن كمية اليوريا الناتجة من الأيض الغذائي للجمل قليلة جدًا ولا تحتاج إلى كمية كبيرة من الماء لتخفيفها. كما تستطيع الجمل أن تحصل على احتياجاتها من الماء من مخزون الدهون في السنام hum الذي يتميز بإنتاجه العالي من الماء الأيضي.

ولقد أشارت الدراسات بأن الجمل يفقد ٤٠٪ من كمية الماء الموجودة في جسمه، وكذلك يستطيع أن يشرب كمية من الماء تعادل ٣٥٪ من وزن جسمه في فترة ١٠ دقائق دون الإصابة بأي ضرر أو أذى.

Water Sources to the Body (١١, ٦) مصادر الماء للجسم

هناك ثلاثة مصادر رئيسة تمد جسم الإنسان بالماء وهي :

١ - ماء الشرب والمشروبات Beverages والسوائل الأخرى
تعتبر السوائل التي يتناولها الشخص المصدر الأساسي للماء الذي يحتاجه الجسم، وتتراوح كمية الماء والسوائل الأخرى التي يتناولها الشخص البالغ في اليوم ما بين ١٠٠٠ - ١٥٠٠ ملل في الظروف الطبيعية.

٢ - الماء الغذائي Water in foods

تحتوي جميع الأغذية التي يتناولها الإنسان على الماء ولكن بنسب مختلفة حسب نوع المادة الغذائية، ويمكن توضيح ذلك كالآتي :

الخضراوات الطازجة	٩١٪ ماء
الحليب الكامل الدسم	٨٧٪ ماء
الفواكه والخضراوات	٧٠-٩٥٪ ماء
الحبوب المطهورة	٦٠-٨٠٪ ماء
اللحوم المطهورة	٤٠-٥٠٪ ماء
البيض	٧٤٪ ماء
الخبز الأبيض	٣٦٪ ماء

وتتراوح كمية الماء الغذائي (ماء الغذاء) التي يتناولها الإنسان في اليوم ما بين ٤٠٠-٥٠٠ ملل.

٣ - الماء الأيضي Metabolic water

تختلف كمية الماء حسب نوع المادة الغذائية كما ذكر آنفاً، فمثلاً ١٠٠ جم من

البروتينات تنتج ٤٢ ملل ماء، و ١٠٠ جم من الكربوهيدرات تنتج ٥٦ ملل ماء و ١٠٠ جم من الدهون تنتج ١٠٧ ملل ماء.

مثال : تناول شخص وجبة غذائية تحتوي على ٢٥٠٠ سعر، وقد اتضح أن ٥٨٪ من السعرات مصدرها الكربوهيدرات، و ١٥٪ مصدرها البروتينات، و ٢٧٪ مصدرها الدهون، احسب كمية الماء الأيضي الناتج من العناصر الغذائية الثلاثة الأساسية.

الحل:

$$\begin{aligned} \text{كمية الكربوهيدرات في الوجبة الغذائية} &= (0,58 \times 2500) = 1450 \text{ جم} \\ \text{كمية البروتينات في الوجبة الغذائية} &= (0,15 \times 2500) = 375 \text{ جم} \\ \text{كمية الدهون في الوجبة الغذائية} &= (0,27 \times 2500) = 675 \text{ جم} \\ \text{كمية الماء الناتجة من أيض الكربوهيدرات} &= 1450 \times 0,56 = 812 \text{ جم} \\ \text{كمية الماء الناتجة من أيض البروتينات} &= 375 \times 0,42 = 158 \text{ جم} \\ \text{كمية الماء الناتجة من أيض الدهون} &= 675 \times 0,107 = 72 \text{ جم} \\ \text{كمية الماء الأيضي الكلية} &= 812 + 158 + 72 = 1042 \text{ جم} \end{aligned}$$

(١١، ٧) فقدان الماء من الجسم Loss of Water from Body

يجب أن تكون كمية الماء التي يتناولها الشخص متساوية مع الكمية التي يفقدها من جسمه، وهذا ما يعرف باسم التوازن المائي water balance. ولقد وجد بأن الإصابة ببعض الأمراض تؤدي إلى حدوث اختلال (اضطراب) في التوازن المائي داخل الجسم، فمثلاً تُسبب الإصابة بالادِيمَا (الإستسقاء) edema احتجاز الماء وتجمعه في أنسجة الجسم، بينما تسبب الإصابة بالإسهال فقدان كمية كبيرة من ماء الجسم والإصابة بالجفاف dehydration. لهذا ينصح بالتقليل من تناول الماء بالنسبة للحالة الأولى والإكثار من تناوله بالنسبة للحالة الثانية لتعويض الكمية المفقودة من الجسم. ويفقد الشخص الماء من جسمه من طرق عديدة أهمها الكليتين والجلد والرئتين

والأمعاء. وتجدر الإشارة إلى أن الماء الذي يخرج من الجسم عن طريق الكليتين في صورة بول يشكل الجزء الأكبر من الماء المفقود من الجسم حيث تقدر كميته بحوالي ٠,٥ - ١ لتر في اليوم، أي بمعدل ١ ملل/دقيقة واحدة. ولقد وجد أن كمية البول التي يفرزها الجسم يومياً تتناسب طردياً مع كمية الفضلات التي يجب أن يتخلص منها الجسم، فمثلاً يقل إفراز البول في حالة تناول وجبة غذائية غنية بالبروتينات أو الأملاح خصوصاً كلوريد الصوديوم. ويتركب البول من حوالي ٩٧٪ ماء والباقي مركبات أخرى مثل اليوريا وكلوريد الصوديوم. ولقد تبين بأنه في حالة فقدان الجسم لكمية كبيرة من الماء بسبب العرق المفرط أو الغزير أو نتيجة الإصابة بالإسهال فإن الكليتين تعملان على إفراز كميات قليلة من البول بفعل هرمون ADH Pituitary antidiuretic hormone الذي يحفز على إعادة امتصاص الماء في الكليتين. أما بالنسبة للماء الذي يُفقد عن طريق الجلد في صورة عرق فإن كميته المفرزة تزداد بارتفاع درجة حرارة الجو، ويزداد المجهود العضلي الذي يؤديه الشخص. وتوجد صورتان للعرق المفقود من الجلد هما:

١ - العرق المنظور (المرئي) Visible perspiration

وهو العرق الذي يمكن رؤيته بسهولة، خصوصاً أثناء القيام بمجهود عضلي، وتتراوح كميته ما بين صفر في الأجواء الباردة إلى عدة لترات في الأجواء الحارة أو عند القيام بمجهود عضلي. وتقدر كمية الماء التي يفقدها اللاعب في المباريات العنيفة مثل كرة القدم والجري لمسافات طويلة بحوالي ٣-٥ لترات.

٢ - العرق غير المدرك (الخفي) Insensible perspiration

وهو العرق الذي لا يشعر به الشخص، لأنه يفرز بكميات ضئيلة جداً تتبخر بمجرد تكوينها. ويفقد الجسم كمية ثابتة تقريباً من الماء في صورة عرق غير محسوس تقدر بحوالي ٣٥, ٠-٦, ٠ لتر في اليوم نظراً لكبر المساحة السطحية للجسم. ويكون معدل فقدان الماء عن طريق الجلد أعلى للأطفال منه للكبار لأن مساحة الجسم السطحية لديهم أكبر.

أما الماء المفقود عن طريق الرئة فيكون في صورة بخار ماء في هواء الزفير، وتتراوح كميته ما بين ٢٥, ٠ - ٤٠, ٠ لتر يومياً. وتزداد كمية الماء المفقودة عن طريق الرئة بزيادة

معدل التنفس، خصوصاً عند الإصابة بالحمى أو الالتهاب أو أداء مجهود عضلي شاق أو في حالة الحروق أو التقيؤ. كذلك يفقد الجسم الماء عن طريق القناة الهضمية (القولون) مع البراز المطروح خارج الجسم، ويقدر ذلك بحوالي ٥٠-٢٠٠ ملل في اليوم، وتزيد هذه الكمية بزيادة نسبة الألياف المتناولة في الوجبة الغذائية. ولقد وجد بأن الجسم يفرز أكثر من ٨,٣ لترات من العصارات الهاضمة digestive juices التي تسمى أحياناً بالماء الدوراني water turnover، كما تصل كمية الماء في الدورة الدموية إلى أكثر من ٣ لترات. وبشكل عام فإنه يجب أن تكون كمية الماء الداخلة إلى الجسم يومياً مساوية لكمية الماء المفقودة منه، وهي تقدر بحوالي ٢-٤,٤ لترات.

وبين الشكل (٢, ١١) توازن الماء في جسم الشخص البالغ (الماء المتناول والماء المفقود) في ظروف الحياة الطبيعية.

توازن الماء في جسم الشخص البالغ



شكل (٢, ١١). توازن الماء في جسم الشخص البالغ.

(٨، ١١) توازن الإلكتروليتات في ماء الجسم

Electrolytes Balance in Body Water

الإلكتروليتات عبارة عن أيونات ions ناتجة من تأين المركبات الكيميائية في الماء، وتحمل إما شحنات كهربائية سالبة (أنيونات Anions) أو موجبة (كاتيونات Cations). وأهم الإلكتروليتات في الجسم هي الصوديوم (Na^+) والبوتاسيوم (K^+) والمغنسيوم (Mg^{2+}) والكالسيوم (Ca^{2+}) والكلوريد (Cl^-) والفوسفور (HPO_4^{2-}) و ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$) والبيكربونات (HCO_3^{2-}) التي تنتج عن العمليات الأيضية metabolism وليست العناصر الغذائية، ويعبر عن تركيز الإلكتروليتات في سوائل الجسم بالمللي مكافئات milliequivalents (mEq) وهي عبارة عن وزن العنصر بالمليجرامات الذي يتحد أو يحل محل مليجرام واحد من الهيدروجين.

ويمكن حساب المللي مكافئات للإلكتروليت electrolyte من المعادلة التالية:

$$\frac{\text{وزن العنصر في لتر واحد}}{\text{الوزن المكافئ (EW)}} = \text{مللي مكافئ/لتر mEq/liter}$$

الوزن الذري (AW)

$$\frac{\text{الوزن المكافئ}}{\text{التكافؤ Valence}} =$$

مثال:

وجد بأن تركيز المغنسيوم في بلازما الدم حوالي ٣,٦ مجم لكل ١٠٠ ملل، فما هو المللي مكافئ له، علمًا بأن تكافؤ المغنسيوم ٢ والوزن الذري له ٢٤.
الحل:

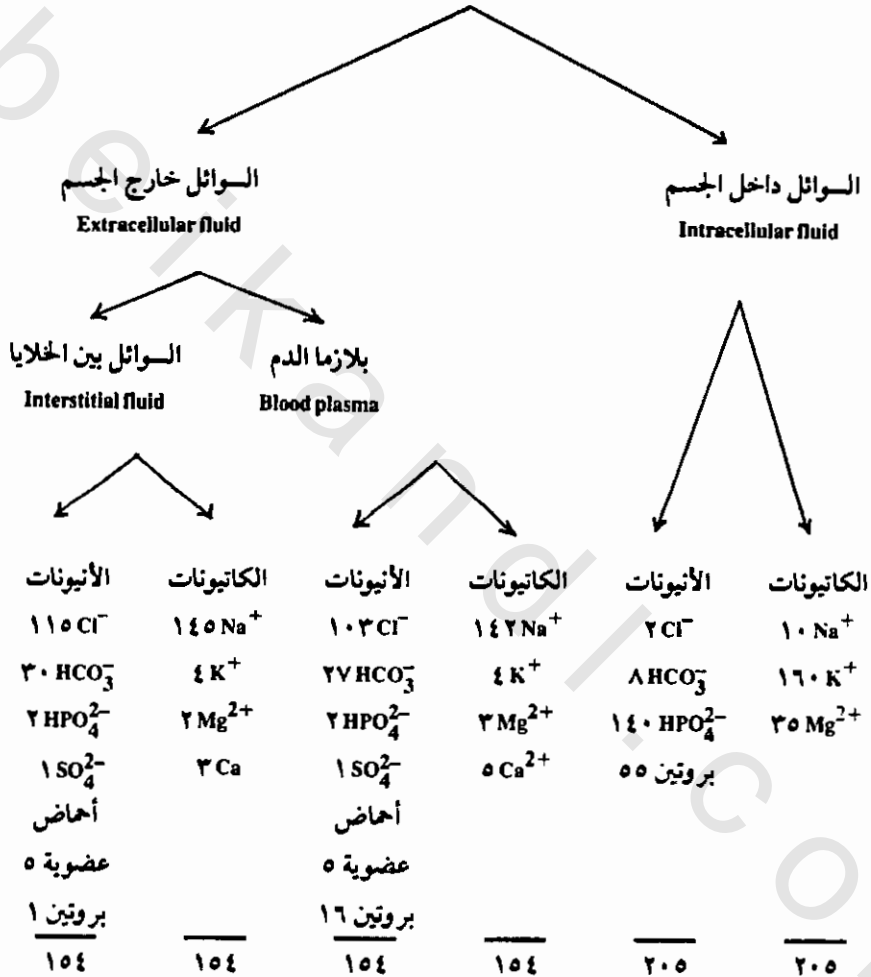
$$\frac{\text{وزن المغنسيوم في لتر دم}}{\text{الوزن المكافئ}} = \text{مللي مكافئ/لتر}$$

$$\text{الوزن المكافئ} = 24 \div 2 = 12$$

$$\text{إذن مللي مكافئ/لتر} = 36 \div 12 = 3$$

توجد الإلكتروليتات في السوائل داخل الخلايا وخارجها (بلازما الدم والسائل بين الخلايا Interstitia) كما هو موضح على الشكل (٣، ١١). والجدير بالذكر أنه على الرغم من أن تركيز الإلكتروليتات يختلف في السوائل داخل الخلايا عنه في السوائل خارج الخلايا إلا أن الأزموزية osmolarity في كلا السائلين متساوية، وتقدر بحوالي ٢٨١ مللي ازموليس milliosmoles، إلا أنها تكون مرتفعة بمعدل قليل جداً في بلازما الدم، ويتحرك الماء دخولاً وخروجاً من خلال الأغشية الخلوية للمحافظة على هذا الاتزان. ومما تجدر الإشارة إليه أيضاً أن تركيز الإلكتروليتات في بلازما الدم مشابه تماماً لتركيزها في السوائل بين الخلايا. وعندما ترتفع الأزموزية osmolarity في السوائل خارج الخلايا فإن الماء يتحرك إلى خارج الخلايا بواسطة الضغط الأسموزي osmosis مما يسبب انقباض الخلايا، بينما يترتب على انخفاض الأزموزية osmolarity في السوائل خارج الخلايا تحرك الماء إلى داخل الخلايا مسبباً انتفاخها.

توزيع الإلكتروليتات في
سوائل الجسم بالمللي مكافئ



شكل (١١،٣). توزيع الإلكتروليتات في سوائل جسم الشخص البالغ بالمللي مكافئ لكل لتر

(mEq/liter).

طاقة الغذاء وقياسها

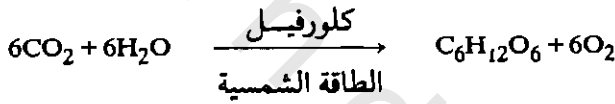
Food Energy and Its Measurement

- المقدمة ● وحدات الطاقة ● صور الطاقة ● قياس الطاقة الغذائية
- قياس صرف الطاقة ● احتياجات الجسم للطاقة ● توازن الطاقة
- حساب احتياجات الجسم من الطاقة .

المقدمة (١٢، ١) Introduction

يعتبر الغذاء المصدر الرئيسي الذي يمد الإنسان بالطاقة التي يحتاجها جسمه للقيام بوظائفه ونشاطاته الحيوية المختلفة مثل انقباض عضلة القلب heart contractions وعضلات الجهاز التنفسي، وتحركات الدم داخل الجهاز الهضمي، ودخول وخروج الهواء من وإلى الرئتين، ونمو الجسم، والمحافظة على حرارته، والقيام بالنشاط الحركي الخارجي، أي أن الطاقة ضرورية لقيام جميع أجهزة الجسم بوظائفها الحيوية مثل الجهاز الهضمي والدوري والعضلي والتنفسي والإخراج. وتستلزم التغذية المتكاملة احتواء الطعام على كمية مناسبة من الطاقة كما تستلزم وجود البروتينات والفيتامينات والمعادن. ويحصل الجسم على الطاقة من أيض (أكسدة) الكربوهيدرات والدهون والبروتينات بمساعدة عناصر غذائية أخرى مثل المعادن والفيتامينات، حيث إن تناول جرام واحد من أي من هذه العناصر الغذائية الثلاثة يمد الجسم بحوالي ٤ سعرات و ٩ سعرات و ٤ سعرات على التوالي. وتنتج الطاقة من الغذاء بسبب تكسر الروابط الكيميائية الغنية بالطاقة بواسطة الإنزيمات، وانتقالها داخل الجسم بواسطة المركبات الغنية بالطاقة مثل ATP. ولقد وجد بأن قلة تناول الغذاء يسبب نقصاً في كمية الطاقة التي يحتاجها الجسم مما يسبب عدم قدرة الجسم على القيام بوظائفه ونشاطاته الحيوية، وانخفاض الوزن، كما قد يتوقف نمو الطفل ويصاب بالهزال والضعف الجسدي. وفي حالة عدم توافر الطاقة

من مصادر غذائية، فإن الجسم يعتمد على أنسجته الداخلية في الحصول عليها، مما يؤدي إلى تحللها وتآكلها، وفي النهاية قد تحدث الوفاة. وتعرف الطاقة بأنها القدرة على أداء العمل، أي أنها القوة التي تمكن الجسم من القيام بوظائفه ونشاطاته الحيوية المختلفة التي تحافظ عليه حياً، ومتى ما توقفت هذه النشاطات تحدث الوفاة. توجد الطاقة الطبيعية في صور كثيرة مثل الطاقة الشمسية والطاقة الكيميائية والطاقة الكامنة والطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية والطاقة الإشعاعية والطاقة الكهربائية والطاقة الغذائية. ولا تستطيع الحيوانات أن تستفيد مباشرة من الطاقة الشمسية، بينما النباتات الخضراء التي تحتوي على مادة الكلوروفيل chlorophyll تستخدم الطاقة الشمسية لتصنيع الكربوهيدرات من ثاني أكسيد الكربون والماء خلال عملية التمثيل الضوئي photosynthesis. وعندما يتناول الإنسان النباتات فإنه يحصل على هذه الطاقة المخزنة بها (طاقة كيميائية) في صورة كربوهيدرات، كذلك فإن الإنسان يحصل على الطاقة الكيميائية الكامنة في البروتينات والدهون عندما يتناول الأغذية الغنية بها.



تخزن الطاقة الكيميائية الكامنة في الكربوهيدرات (النشويات) في الروابط الجلوكوسيدية glucosidic bonds التي تربط وحدات الجلوكوز مع بعضها البعض، ويمكن للنباتات أن تستخدم جزءاً منها للنمو (بناء هياكلها) أو أنها تحول جزءاً من هذه الطاقة إلى زيوت أو مركبات بروتينية أولية في وجود النيتروجين والفوسفور والكبريت. يتضح مما سبق ذكره بأن الإنسان لا يستطيع أن يصنع الطاقة داخل جسمه، ولكن يعتمد على النباتات والحيوانات المختلفة في الحصول عليها. وقد أثبتت الدراسات بأن الإنسان يستطيع أن يعيش لفترة طويلة بدون تناول البروتينات أو الفيتامينات أو المعادن بينما لا يستطيع أن يعيش طويلاً بدون الطاقة. والجدول (١٢، ١) يوضح مقدار الطاقة التي يوصي بها للفئات المختلفة.

جدول (١٢, ١). متوسط الأطوال والأوزان ومقدار الطاقة التي يوصى بها.

الفئة	العمر بالسنوات	الوزن كجم رطل	الطول سم بوصة	احتياجات الطاقة كيلوكالوري	احتياجات الطاقة ميجاجول
المرضع	٠,٥-٠,٠	٦ ١٢	٦٠ ٢٤	كجم ١١٥× (١٤٥-٩٥)	كجم ٠,٤٨×
	١,٠-٠,٥	٩ ٢٠	٧١ ٢٨	كجم ١٠٥× (١٣٥-٨٠)	كجم ٠,٤٤×
الأطفال	٣-١	١٣ ٢٩	٩٠ ٣٥	١٣٠٠ (١٨٠٠-٩٠٠)	٥,٥
	٦-٤	٢٠ ٤٤	١١٢ ٤٤	١٧٠٠ (٢٣٠٠-١٣٠٠)	٧,١
	١٠-٧	٢٨ ٦٢	١٣٢ ٥٢	٢٤٠٠ (٣٣٠٠-١٦٥٠)	١٠,١
الذكور	١٤-١١	٤٥ ٩٩	١٥٧ ٦٢	٢٧٠٠ (٣٧٠٠-٢٠٠٠)	١١,٣
	١٨-١٥	٦٦ ١٤٥	١٧٦ ٦٩	٢٨٠٠ (٣٩٠٠-٢١٠٠)	١١,٨
	٢٢-١٩	٧٠ ١٥٤	١٧٧ ٧٠	٢٩٠٠ (٣٣٠٠-٢٥٠٠)	١٢,٢
	٥٠-٢٣	٧٠ ١٥٤	١٧٨ ٧٠	٢٧٠٠ (٣١٠٠-٢٣٠٠)	١١,٣
	٧٥-٥١	٧٠ ١٥٤	١٧٨ ٧٠	٢٤٠٠ (٢٨٠٠-٢٠٠٠)	١٠,١
	+٧٦	٧٠ ١٥٤	١٧٨ ٧٠	٢٠٥٠ (٢٤٥٠-١٦٥٠)	٨,٦
الإناث	١٤-١١	٤٦ ١٠١	١٥٧ ٦٢	٢٢٠٠ (٣٠٠٠-١٥٠٠)	٩,٢
	١٨-١٥	٥٥ ١٢٠	١٦٣ ٦٤	٢١٠٠ (٣٠٠٠-١٢٠٠)	٨,٨
	٢٢-١٩	٥٥ ١٢٠	١٦٣ ٦٤	٢١٠٠ (٢٥٠٠-١٧٠٠)	٨,٨
	٥٠-٢٣	٥٥ ١٢٠	١٦٣ ٦٤	٢٠٠٠ (٢٤٠٠-١٦٠٠)	٨,٤
	٧٥-٥١	٥٥ ١٢٠	١٦٣ ٦٤	١٨٠٠ (٢٢٠٠-١٤٠٠)	٧,٦
	+٧٦	٥٥ ١٢٠	١٦٣ ٦٤	١٦٠٠ (٢٠٠٠-١٢٠٠)	٦,٧
الحمل الرضاعة				٣٠٠+	
				٥٠٠+	

(١٢، ٢) وحدات الطاقة Energy Units

تقاس الطاقة الناتجة من أيض العناصر الغذائية (الأكسدة) بوحدات تسمى الكالوري calorie والكيلوكالوري kilocalorie والميجالكالوري megacalorie والجلول joule والميجاجول megajoule . ويمكن تعريف وحدات قياس الطاقة كالتالي :

- الكالوري (Cal) أو السعر الصغير: هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة وذلك من ١٥-١٦°م .
- الكيلوكالوري (Kcal) أو السعر الكبير: هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية، وذلك من ١٥-١٦°م .
- الجلول (J) : وهو كمية الطاقة اللازم صرفها لتحريك كيلوجرام واحد لمسافة متر بقوة مقدارها واحد نيوتن newton. ويستخدم في النظام المتري metric system ، ويمكن توضيح العلاقة بين وحدات قياس الطاقة كالتالي :

$$1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ Cal}$$

$$1 \text{ Kcal} = 4.184 \text{ KJ (Kilojoules)}$$

$$1 \text{ Cal} = 4.184 \text{ J}$$

$$1 \text{ KJ} = 0.240 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ MJ (megajoule)} = 240 \text{ Kcal}$$

$$1 \text{ Mcal (megacalorie)} = 1000 \text{ Kcal}$$

ويعبر دائماً عن الطاقة الناتجة من الأيض الغذائي (الأكسدة) للكربوهيدرات والبروتينات والدهون بالكيلوكالوري حتى لو ذكرت كلمة كالوري calorie في كتب التغذية فإنه يقصد بها السعر الكبير (الكيلو كالوري)، إلا أن الكالوري يستخدم في الفيزياء والكيمياء فقط .

(١٢، ٣) صور الطاقة Forms of Energy

تخزن الطاقة الكامنة potential energy في جسم الإنسان بكميات قليلة في جليكوجين الكبد، والعضلات وكميات كبيرة في الأنسجة الدهنية، وتتحول هذه

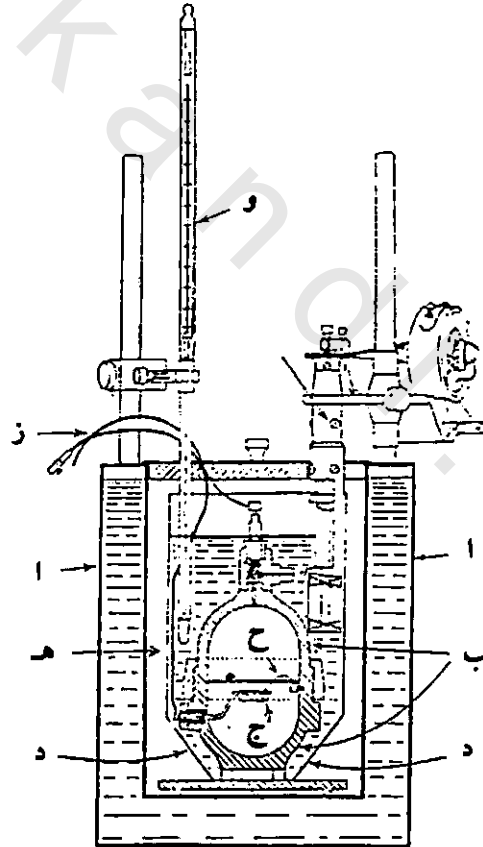
الطاقة إلى صور أخرى لكي يستطيع الجسم أن يقوم بوظائفه ونشاطاته الحيوية المختلفة. وأهم الصور التي تتحول إليها الطاقة الكامنة في الجسم هي: (١) الطاقة الحرارية thermal energy الضرورية لتنظيم درجة حرارة الجسم، (٢) الطاقة الكهربائية electrical energy التي تستخدم لنقل النبضات العصبية nerve impulses من خلية عصبية إلى أخرى، (٣) الطاقة الأزموزية osmotic energy اللازمة لنقل العناصر الغذائية nutrients، (٤) والطاقة الميكانيكية mechanical energy الضرورية لانقباض وانبساط العضلات، (٥) الطاقة الكيميائية chemical energy التي تستخدم لتصنيع مركبات جديدة new compounds وتكون مخزنة في الروابط الكيميائية في الأغذية (العناصر الغذائية)، (٦) الطاقة المتاحة available energy التي تكون جاهزة للاستخدام في صورة أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP، (٧) الطاقة الحرة free energy الناتجة من الأيض الغذائي والتي لم تخزن في الروابط الكيميائية في المركبات الغذائية. وعندما ينتج الجسم أي صورة من صور الطاقة فإن ذلك يصاحبه انخفاض في صورة أخرى بالكمية المنتجة نفسها، وهذا ما يعرف بقانون المحافظة على الطاقة conservation of energy، أي أن الطاقة لا تدمر ولا تستحدث created، ولكن يمكن لها أن تتحول إلى صور أخرى فقط. وتخزن الكميات الزائدة من الطاقة في جسم الإنسان على هيئة أنسجة دهنية adipose tissues ويؤدي هذا إلى السمنة وأمراض القلب، كما أن الجسم يستطيع أن يحصل على بعض احتياجاته من الطاقة اللازمة للنشاطات العضلية من الأنسجة الدهنية المخزنة في الجسم.

(٤، ١٢) قياس طاقة الغذاء Measurement of Food Energy or Calorimetry

المسعر ذو البومبة (المسعر الحراري) Bomb calorimeter

يستخدم المسعر ذو البومبة لقياس كمية الطاقة في الأغذية والناتجة عن الاحتراق الكامل للعناصر الغذائية المكونة للغذاء. لهذا تعرف الطاقة الغذائية بأنها الحرارة الناتجة من الاحتراق (الأكسدة) الكامل لكمية معلومة من الغذاء داخل أسطوانة محكمة القفل في وجود الأكسجين. والشكل (١، ١٢) يوضح رسمًا تخطيطيًا للمسعر ذي البومبة الذي يتكون من الآتي:

- (أ) حمام مائي له جدار مزدوج مغطى ببادئة عازلة ومملوء بالماء .
 (ب) بومبة bomb مملوءة بالأكسجين .
 (جـ) بوتقة من البلاتين platinum توضع عليها العينة الغذائية المراد تقدير محتواها من الطاقة .
 (د) وعاء يحتوي على ماء معلوم الوزن ، والذي تغمر بداخله البومبة .
 (هـ) فراغ هواء air space .
 (و) مقياس الترمومتر .
 (ز) سلك لتوصيل التيار الكهربائي إلى الفيوز fuse .
 (ح) فيوز fuse يوصل بالتيار الكهربائي .



شكل (١٢، ١) . المسعر ذو البومبة .

وقبل تقدير كمية الطاقة في الغذاء تملأ البومبة بالأكسجين النقي حتى يصبح الضغط ٢٥ جوي بواسطة صمام خاص، كذلك يملأ الحمام المائي بالماء. يؤخذ وزن معلوم من عينة الغذاء الجافة dried food وتوضع على طبق العينة في داخل البومبة، ثم يملأ الوعاء المحيط بالبومبة بكمية معلومة من الماء. ويوصل السلك الكهربائي بمصدر التيار الكهربائي فتحترق العينة الغذائية وتنقل الحرارة الناتجة من الاحتراق إلى الماء من خلال جدار البومبة فتتغير درجة حرارته ويكون الاحتراق مصحوباً بانفجار. وتقدر كمية الطاقة في الغذاء بمعرفة الفرق في درجة حرارة الماء قبل وبعد حرق العينة الغذائية، وكذلك بمعرفة كمية الماء، لهذا يعرف الكيلوكالوري بأنه كمية الحرارة اللازمة لتغير درجة حرارة حجم معلوم من الماء. أي أن حرارة الاحتراق يتم تحديدها عن طريق الارتفاع في درجة حرارة الماء، ومعدل تبريده بعد ذلك، والحرارة النوعية للمسعر.

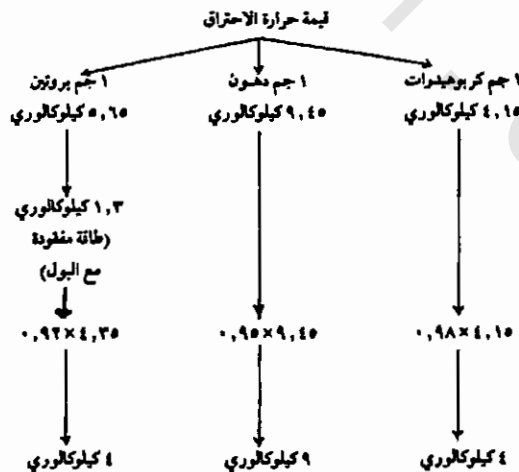
وتحسب كمية الطاقة في الغذاء من المعادلة التالية :

كمية الطاقة في الغذاء (القيمة السعرية) =

$$\frac{\text{وزن الماء} \times \text{فرق درجة حرارة الماء قبل وبعد حرق العينة} - \text{التصحیح}}{\text{وزن العينة بالجرامات}}$$

وقد أشارت الدراسات إلى أن حرق جرام واحد من البروتينات أو الدهون أو الكربوهيدرات بواسطة المسعر ذي البومبة ينتج ٥,٦٥ و ٩,٤٥ و ٤,١٥ سعر على التوالي. وتمثل هذه القيم الطاقة الكلية الكامنة في هذا العناصر. وتؤدي عملية حرق العينة الغذائية إلى انطلاق الطاقة الكامنة في الروابط الكيميائية chemical bonds في صورة حرارة heat والتي يتم قياسها مباشرة بواسطة المسعر، لذا تسمى هذه الطريقة di-rect calorimetry . ولقد وجد بأن قيمة الطاقة التي نحصل عليها من احتراق المادة الغذائية داخل المسعر ذي البومبة أعلى من تلك الناتجة من أكسدة (أيض) الغذاء في جسم الإنسان، وهذا يرجع إلى أن المسعر يسبب حدوث أكسدة كاملة لجميع مكونات المادة الغذائية (تتحول كل ذرات الكربون والهيدروجين والنيتروجين إلى ثاني أكسيد كربون وماء وأكسيد نيتروز) بينما في حالة أيض الغذاء في جسم الإنسان فإن امتصاص

وأكسدة العناصر الغذائية يكون غير مكتمل، مما يؤدي إلى حدوث فقدان لبعض العناصر الغذائية مع البراز والبول، بالإضافة إلى أن النيتروجين الناتج من تحلل البروتين لا يتحول نهائياً إلى أكسيد نيتروز في جسم الإنسان. لهذا يجب تعديل قيمة الطاقة التي نحصل عليها من المسعر، وذلك بضربها في معامل هضم coefficient of digestibility الكربوهيدرات (٩٨٪) والدهون (٩٥٪) والبروتينات (٩٢٪) للحصول على قيمة طاقة الغذاء التي تتوافر للجسم، والتي تسمى القيمة الفسيولوجية للطاقة physiological energy values. ومما سبق ذكره يمكن تعريف القيمة الفسيولوجية للطاقة بأنها كمية الطاقة الناتجة من أيض (أكسدة) جرام واحد من البروتينات أو الدهون أو الكربوهيدرات داخل الجسم مع الأخذ بعين الاعتبار كمية الطاقة المفقودة مع البراز (غير الممتصة) في صورة فضلات، وكذلك الطاقة المفقودة مع البول. ومما تجدر الإشارة إليه أن جميع المركبات الناتجة من حرق الغذاء داخل المسعر (ثاني أكسيد الكربون والماء وأكسيد النيتروز أو حمض النيتريك) تعد ذات درجة عالية من السمية، كذلك فإنه في جسم الإنسان لا تحدث أكسدة لمجموعة الأمين NH_2 الموجودة في البروتينات حيث إنها تتحول إلى بولينا وتطرح خارج الجسم مع البول. ويوضح المثال التالي طريقة تحويل قيم حرارة الاحتراق في المسعر إلى قيم حرارية فسيولوجية التي يستفيد منها الجسم:



قيم الحرارة الفسيولوجية التي تعرف باسم قيم أتواتر Atwater factors.

ويلاحظ من المثال أعلاه بأن قيم الحرارة الفسيولوجية التي يستفيد منها الجسم =
(قيم حرارة الاحتراق في المسعر - القيم السعيرية للمركبات غير كاملة الاحتراق) ×
معامل الهضم.

(١٢, ٥) قياس صرف (استهلاك) الطاقة

Measurement of Energy Expenditure

يصرف جسم الإنسان الطاقة للمحافظة على معدل الأيض القاعدي basal metabolic rate (BMR)، وعلى النشاطات العضلية physical activities، وعلى التأثير الديناميكي الخاص بالأغذية specific dynamic action، لهذا فإن الطاقة التي يصرفها جسم الإنسان يومياً عبارة عن حاصل جمع الأجزاء الثلاثة السابقة. وتوجد طريقتان لقياس الطاقة الكلية التي يصرفها الجسم أثناء أداء وظائفه ونشاطاته الحيوية المختلفة وهي:

أولاً: الطريقة المباشرة لقياس الطاقة Direct calorimetry

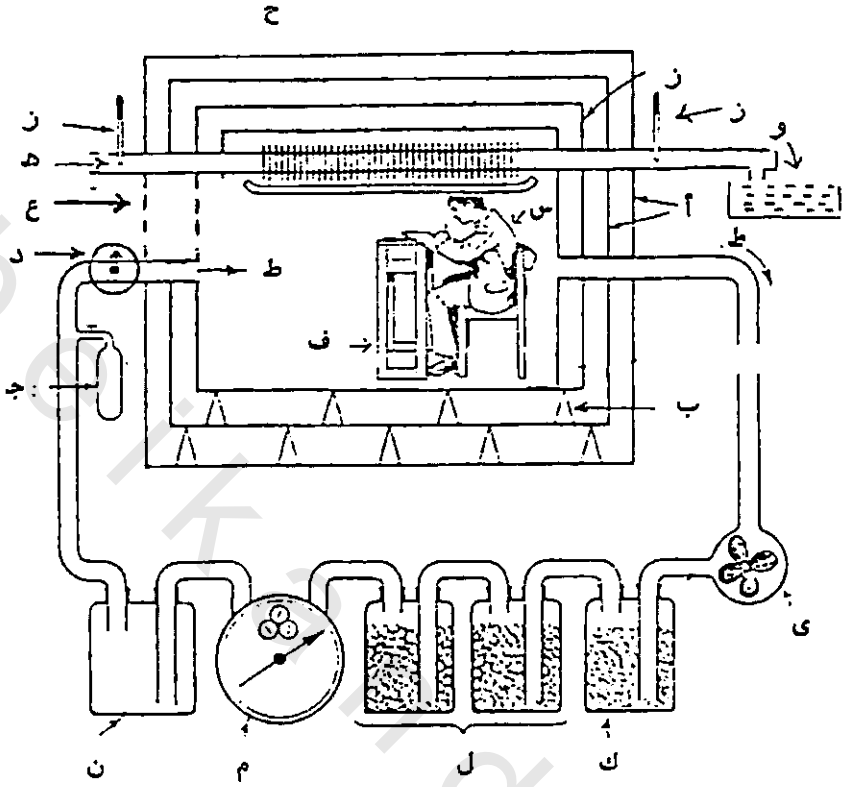
قام العالمان اتواتر Atwater وروزا Rosa (١٨٩١-١٩٠٣م) الأمريكيان بتصميم هذه الطريقة، وهي سهلة التطبيق من الناحية النظرية، وتعتمد على قياس كمية الحرارة التي ينتجها الجسم، إلا أنها تستخدم على نطاق ضيق في بعض مراكز الأبحاث، وتعتبر معقدة من الناحية العملية، وغالية الثمن، وتحتاج إلى كثير من الصبر لإجرائها، وإلى مجموعة من الفنيين المهرة، وعند قياس الحرارة المنصرفة يجلس الشخص في حجرة (أبعادها ٢×٢×٣ متر) مصممة من جدران محتوية على مادة عازلة لمنع دخول وخروج الحرارة، ومجهزة بمستلزمات النوم والأكل والرياضة، وبها كرسي وسرير وتلفزيون وهاتف. وتمتص الحرارة المنطلقة من الشخص أثناء ممارسة نشاطاته العادية داخل الغرفة بواسطة ماء (مالح ومثلج)، يجري في أنابيب coils داخل جدران الحجرة، والفرق بين درجة حرارة الماء قبل إجراء التجربة وبعدها يعبر عن الحرارة المفقودة، كما

يحسب حجم الماء الذي يجري في داخل الأنابيب، ومن هذه المعلومات يمكن حساب الطاقة الكلية المنصرفة من الجسم، كما تحتوي الحجرة على ترمومترات لقياس درجة حرارة الماء، وعدادات لقياس كمية الماء الجاري في الأنابيب، وكذلك تزود الحجرة باسطوانات من الأكسجين المضغوط الذي يدفع إلى داخل الحجرة ليستنشقه الشخص أثناء التجربة. وما تجدر الإشارة إليه أن الطعام والشراب يقدم إلى الشخص الذي تجرى عليه التجربة عن طريق نافذة في الحجرة، كما يتم إخراج البراز والبول الخاص به من النافذة نفسها. يمرر هواء الغرفة المحمل بثاني أكسيد الكربون وبخار الماء الناجمين من عملية استنشاق الأكسجين على حمض الكبريتيك لامتصاص بخار الماء منه، ثم على جير الصودا (صودا الكلس soda lime) لامتصاص ثاني أكسيد الكربون، ثم على حمض الكبريتيك مرة أخرى لامتصاص المتبقى من بخار الماء، وبعد ذلك يعود الهواء مرة أخرى إلى داخل الغرفة بعد اختلاطه بالأكسجين. وتحسب الحرارة الكامنة في بخار الماء المفقود من الرئتين أو الجلد بقياس رطوبة الهواء الخارج من الجهاز، حيث يتم امتصاص بخار الماء وثاني أكسيد الكربون منه كما ذكر أعلاه. وتعرف الحرارة الكامنة في بخار الماء بأنها كمية الحرارة اللازمة لتبخير جرام واحد من الماء عند درجة ٣٠°م، وهي تعادل ٥٨٠ كيلوكالوري، كما تجرى تصحيحات لاختلاف درجات الحرارة بسبب إحضار الغذاء والشراب للغرفة أو اختلاف حرارة الجسم. وتشمل الطاقة الكلية المنصرفة من الجسم الحرارة المفقودة عن طريق التوصيل والإشعاع أثناء القيام بمجهود، بالإضافة إلى الحرارة الكامنة في بخار الماء المفقودة من الرئتين أو الجلد. ويسمى الجهاز المستخدم لقياس الطاقة بالطريقة المباشرة بالمسعر التنفسي respiratory calorimeter، وكلمة calorimeter (المسعر) مشتقة من الكلمة اللاتينية calor التي يقصد بها الحرارة. ويوضح الشكل (٢، ١٢) رسمًا تخطيطيًا للمسعر التنفسي حسب طريقة أتواتر وروزا.

ثانيًا: الطرق غير المباشرة لقياس الطاقة Indirect calorimetry

(١) قياس الأكسجين المستهلك

تتميز هذه الطريقة بأنها سهلة الاستخدام ورخيصة الثمن وغير معقدة من الناحية العملية، بالإضافة إلى أنها تستخدم على نطاق واسع لقياس صرف الطاقة

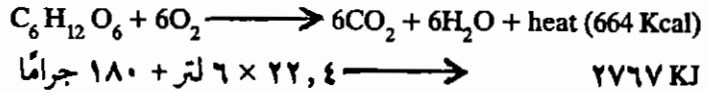


شكل (٢، ١٢). رسم تخطيطي للمسعر التنفسي حسب طريقة اتواتر وروزا.

توضيحات:

(ط) هواء خارج من الغرفة	(أ) حجرة معزولة
(ي) مروحة لضخ الهواء إلى الخارج	(ب) مواد عازلة
(ك) صودا تمتص الماء	(ج) أسطوانة أكسجين
(ل) حمض كبريتيك يمتص ثاني أكسيد الكربون	(د) مقياس للأكسجين
(م) مقياس للغاز	(هـ) ماء مالح مثلج داخل إلى الغرفة
(ن) مرطب	(و) ماء خارج من الغرفة (يجمع لمعرفة حجمه)
(س) شخص يجلس على كرسي	(ز) ترمومتر
(ع) فتحة إدخال وإخراج الطعام	(ح) مبرد حراري
(ف) طاولة	

energy expenditure . وتعتمد هذه الطريقة أساساً على قياس حجم الأكسجين المستهلك خلال فترة زمنية محددة، حيث إن كمية الأكسجين المستهلك لأكسدة الغذاء أثناء عملية الأيض الغذائي أو باستخدام المسعر calorimeter تتناسب طردياً مع كمية الطاقة المنبعثة في صورة حرارة. ويمكن تمثيل أكسدة الجلوكوز بالمعادلة الكيميائية التالية :



إذن يحتوي الجرام الواحد من الجلوكوز على $٢٧٦٧ \div ١٨٠ = ١٥,٣٧$ كيلوجول (KJ)
 $٣,٩٦ = ٠,٢٤٠ \times ١٥,٣٧ =$ كيلوكالوري

وبما أن حجم الأكسجين المستهلك يساوي $١٣٤,٤ (٢٢,٤ \times ٦)$ لتر
 إذن فإن الحرارة التي يكافئها لتر واحد من الأكسجين $= ٢٧٦٧ \div ١٣٤,٤ = ٢٠,٦$ كيلوجول
 $= ٤,٩٢ = ٤,١٨٤ \div ٢٠,٦ =$ كيلوكالوري
 حيث إن القيمة $١٣٤,٤$ تمثل حجم الأكسجين .

يتضح من المعادلات الكيميائية أعلاه بأنه عند أكسدة الكربوهيدرات فإن حجم الأكسجين المستهلك يساوي حجم ثاني أكسيد الكربون الناتج، بينما في حالة أكسدة الدهون فإن حجم الأكسجين المستهلك يساوي ١٤٤% من حجم ثاني أكسيد الكربون الناتج . كما يتضح بأنه يعبر عن حاصل التنفس بكسر (RQ) عشري ينتج من قسمة حجم ثاني أكسيد الكربون على حجم الأكسجين .

وبالطريقة السابقة نفسها يمكن حساب الطاقة المنطلقة من أكسدة الحمض الدهني بالميتيك palmitic كالتالي :



وبشكل عام فقد أشارت الدراسات التي أجريت على أشخاص في أعمار مختلفة بأن استهلاك لتر واحد من الأكسجين في أكسدة البروتينات أو الكربوهيدرات أو الدهون ينتج حوالي $٤,٦$ كيلوكالوري أو $٥,٠٥$ كيلوكالوري أو $٤,٦٩$ كيلوكالوري

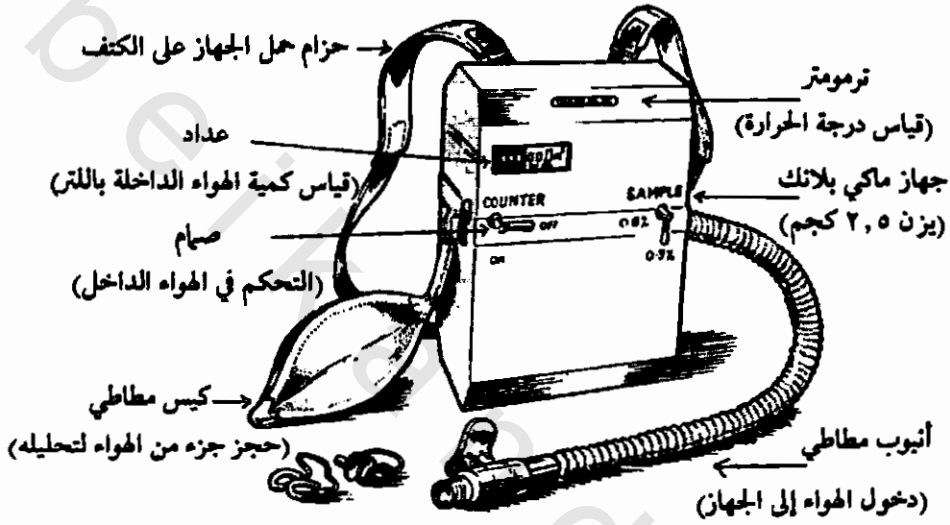
على التوالي . والغذاء الذي يتناوله الإنسان عبارة عن خليط من العناصر الغذائية الثلاثة السابقة ، لهذا وجد أنه من المناسب استخدام متوسط مكافئ حراري -caloric equivalent قدره ٨, ٤ كيلوكالوري لكل لتر مستهلك من الأكسجين . ويتوافر حالياً عدة أجهزة مختلفة لقياس الطاقة المنصرفة بالطريقة غير المباشرة ، حيث إن بعضها يستخدم لقياس الطاقة المنصرفة أثناء ركوب الدراجة الثابتة stationary bicycle أو المشي على جهاز الحركة الدائرية عند الإقدام treadmill ، ويتميز البعض الآخر بأنه قابل للنقل portable ، لهذا يستخدم أثناء الكتابة على الآلة الكاتبة أو تسلق الجبال أو الكي iron-ing أو أداء أي نشاطات أخرى داخل أو خارج المنزل . وتتألف هذه الأجهزة من كامرة توضع على الفم ومقياس meter لقياس حجم هواء الزفير expired air ، وحقيبة bag لتجميع هواء الزفير ، وأسطوانة أكسجين يستخدمها الشخص ، وتحليل محتويات عينات الهواء من الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون يمكن تقدير الطاقة المنصرفة . وتجدر الإشارة إلى أن كمية الأكسجين الموجودة في الأسطوانة تقل تدريجياً أثناء التجربة ، ويتم تسجيل ذلك على المقياس لمعرفة كمية الأكسجين المستهلكة . وقد أثبتت الدراسات بأن استهلاك لتر واحد من الأكسجين يصاحبه طاقة منصرفة مقدارها ٢٠ كيلو جول (KJ) . ويوجد في الوقت الحالي أنواع مختلفة من أجهزة قياس التنفس التسجيلي recording re-spirometer وهي منتشرة على نطاق واسع في معامل المدارس الثانوية .

وتجدر الإشارة إلى أنه توجد لأجهزة قياس التنفس التسجيلي بعض العيوب منها :

- ١- أنها لا تعطي معلومات عن أنواع الأغذية التي تتأكسد داخل الجسم أثناء إجراء التجربة ،
- ٢- تتطلب إعادة ملئها كل ١٠-١٥ دقيقة .
- ٣- لا تستطيع قياس حجم ثاني أكسيد الكربون الناتج ، ولهذا لا يمكن حساب حاصل التنفس (RQ) .
- ٤- يتطلب من الشخص تحت التجربة أن يكون في حالة راحة تامة أثناء التجربة ، وأن يتنفس بانتظام ، حيث إن حدوث سعال أو ابتلاع اللعاب يؤثر على النتيجة .

وبشكل عام فإن أجهزة قياس التنفس تستخدم لقياس الطاقة المنصرفة لأداء وظائف مختلفة ، والأساس الذي تعتمد عليه هو التحليل الكيميائي لهواء الزفير ، وكذلك حجم هذا الهواء خلال فترة زمنية محددة . والشكل (٣، ١٢) يوضح رسماً

تخطيطيًا لجهاز ماكس بلانك لقياس التنفس The Max Planck Respirometer . حيث يتنفس الشخص من خلال صمام الزفير expiratory valve للهواء الداخل ، ويسجل حجم الهواء مباشرة على عداد counter ، كما أن جزءًا من هواء الزفير يتجه إلى كيس مطاطي bladder للتحليل الكيميائي .



شكل (١٢،٣) . جهاز ماكس بلانك لقياس التنفس The Max Planck respirometer .

(ب) قياس حاصل (معدل) التنفس Respiratory quotient (RQ)

هو عبارة عن طريقة سريعة وسهلة ورخيصة الثمن تستخدم لتقدير الطاقة المنصرفة energy expenditure من جسم الإنسان أثناء القيام بنشاطاته المختلفة ، ويسمى أحياناً معامل أو مكافئ التنفس . وحاصل التنفس يعني النسبة بين حجم ثاني أكسيد الكربون المنطلق وحجم الأكسجين المستهلك أثناء تكوين الطاقة الحرارية $OC = QR \div$ وكما هو معروف فإن أيض المادة الغذائية (أكسدها) يتم في وجود الأكسجين وينتج عن ذلك ثاني أكسيد الكربون وطاقة تتناسب طردياً مع كمية الأكسجين المستهلكة . لذلك ، صممت بعض أجهزة قياس التنفس respiration

calorimeter التي تستطيع قياس الأكسجين المستهلك وثاني أكسيد الكربون المنطلق مع هواء الزفير في الوقت نفسه الذي تنطلق فيه الحرارة من الجسم.

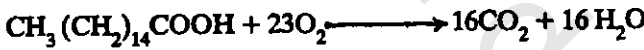
يختلف حاصل التنفس باختلاف المادة الغذائية المتأكسدة في الجسم، لذلك يستخدم كدليل لمعرفة نوع المادة الغذائية التي تأكسدت في الجسم، ومدى تحول المواد الغذائية إلى بعضها البعض. ولقد وجد بأن كمية الأكسجين اللازمة لأكسدة المادة الغذائية تتوقف على محتواها من الأكسجين، فمثلاً تحتوي الكربوهيدرات على كمية كبيرة من الأكسجين عما في الدهون، لهذا تحتاج إلى كمية قليلة من الأكسجين لأكسبتها إلى ثاني أكسيد الكربون. ويمكن توضيح حساب حاصل التنفس للكربوهيدرات والدهون والبروتينات حسب المعادلات التالية:

١ - الكربوهيدرات (الجلوكوز):

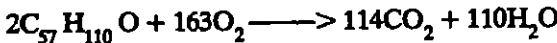


$$\text{RQ} = 6\text{CO}_2 + 6\text{O}_2 = 1.0$$

٢ - الدهون: (حمض البالميتيك palmitic acid وثلاثي الاستيرين tristearin على التوالي).



$$\text{RQ} = 16\text{CO}_2 + 23\text{O}_2 = 0.7$$



$$\text{RQ} = 114\text{CO}_2 + 163\text{O}_2 = 0.7$$

٣ - البروتينات Proteins: إن حساب حاصل التنفس للبروتينات أكثر تعقيداً

نظراً لعدم تأكسدها بصورة كاملة داخل الجسم، حيث يحدث لها فقدان مع البول على شكل يوريا. ولكن أشارت الدراسات إلى أن متوسط حاصل التنفس المناسب للبروتينات هو ٠,٨. ومن المعروف أن الوجبة الغذائية التي يتناولها الإنسان تتكون من خليط من كل من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون، ولهذا فإن حاصل التنفس يقع بين ٠,٧ وواحد صحيح، ويمتوسط قدره ٠,٨٥. ويمكن الاسترشاد بحاصل التنفس للتعرف على نوعية الغذاء في حدود معينة، فمثلاً إذا كان حاصل التنفس

يساوي ٠,٧ أو واحد صحيح فهذا يدل على أن الغذاء المؤكسد أثناء عملية الأيض الغذائي عبارة عن دهون أو كربوهيدرات على التوالي. بينما إذا كان الرقم المتحصل عليه لحاصل التنفس يقع بين ٠,٧ و واحد صحيح فإنه يصعب تحديد نوع الغذاء المتناول، إلا أنه يكون أقرب إلى البروتين. ويوضح جدول (٢, ١٢) قيم الأكسجين وثاني أكسيد الكربون اللازمة لأكسدة بعض العناصر الغذائية. وتوجد عدة عوامل تؤثر على حاصل التنفس منها:

١- الصيام Fasting ومرض السكري Diabetes : وكلاهما يقلل من قيم حاصل التنفس بسبب انخفاض مستوى الجلوكوز، وارتفاع معدل أكسدة الأحماض الدهنية التي تحتاج إلى كمية كبيرة من الأكسجين.

٢- تحول الدهون إلى كربوهيدرات في جسم الإنسان : يحتاج ذلك إلى كمية كبيرة من الأكسجين مع هواء الشهيق مما يقلل من حاصل التنفس.

٣- إنتاج الأجسام الكيتونية keton bodies بكمية كبيرة : يعمل ذلك على تقليل حاصل التنفس نظراً لأن تحول الأحماض الدهنية إلى أجسام كيتونية يستهلك كمية كبيرة من الأكسجين.

٤- التمارين الرياضية : تقلل التمارين الرياضية من حاصل التنفس نظراً لاستهلاك كمية كبيرة من الأكسجين اللازم لأكسدة حمض اللاكتيك lactic acid الموجود في العضلات ، بالإضافة إلى أن ثاني أكسيد الكربون المنتج يتحد مع القواعد التي كانت مرتبطة بـحمض اللاكتيك وبذلك لا يخرج مع هواء الزفير.

٥- الإصابة بمرض الكلى والاختناق وزيادة إفراز الأدرينالين : يزيد ذلك من حاصل التنفس بسبب تكون كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون الناتجة من تفاعل الأحماض الزائدة في الدم مع بيكربونات الصوديوم.

يمكن استخدام حاصل التنفس لحساب الطاقة المنصرفة من الجسم بسبب أكسدة المادة الغذائية وذلك بالرجوع إلى جداول حاصلات الطاقة الحرارية كما يوضحه المثال التالي :

تناول طالب مادة غذائية، وقدرت كمية الطاقة المنصرفة منه أثناء الأيض الغذائي بطريقة حاصل التنفس فكانت النتائج كالتالي :

حجم الأكسجين المستهلك يساوي ١٤,٤ لتر في الساعة .

حجم ثاني أكسيد الكربون الناتج يساوي ١٢ لترًا في الساعة .

الحل :

$$\text{حاصل التنفس} = \text{حجم ثاني أكسيد الكربون} \div \text{حجم الأكسجين}$$

$$٠,٨٣ = ١٤,٤ \div ١٢ =$$

وبالرجوع إلى جداول حاصلات الطاقة الحرارية (جدول ١٢,٣) نلاحظ أنه عند حاصل تنفس ٠,٨٣ يقابلها قيمة حرارية مقدارها ٤,٨٣٨ لكل لتر أكسجين وقيمة حرارية مقدارها ٥,٨٢٩ لكل لتر ثاني أكسيد كربون .

$$\text{إذن الطاقة المنصرفة} = ٤,٨٣٨ \times ١٤,٤ = ٦٩,٧ \text{ كيلوكالوري في الساعة}$$

$$\text{أو الطاقة المنصرفة} = ٥,٨٢٩ \times ١٢ = ٦٩,٩ \text{ كيلوكالوري في الساعة}$$

(١٢,٦) احتياجات الجسم للطاقة Energy Requirements of the Body

إن الطاقة الكلية التي يصرفها الإنسان تحددها ثلاثة عوامل هي : معدل الأيض الأساسي (BMR) basal metabolic rate والنشاطات العضلية muscular or physical activities والتأثير الديناميكي النوعي للغذاء (SDE) specific dynamic effect .

جدول (١٢، ٢). قيم الأكسجين وثاني أكسيد الكربون اللازمة لأكسدة بعض العناصر الغذائية.

الأكسجين اللازم مللييلتر/ جرام (المستهلك)	ثاني أكسيد الكربون مللييلتر/ جرام (الناتج)	حامل التنفس (RQ)	الطاقة الناتجة كيلوجول/ جرام	الطاقة الناتجة من استهلاك لتر أكسجين واحد
نشا	٨٣٠	١,٠	١٧,٠	٢١,١
جلوكوز	٧٤٧	١,٠	١٥,٥	٢٠,٨
دهن	٢٠٢٠	٠,٧١	٣٩,٠	١٩,٦
بروتين	٩٦٦	٠,٨١	١٨,٦	١٩,٣

المصدر: د. آمال السيد الشامي وآخرون (١٩٨٥م)، ص ٥١.

جدول (١٢، ٣). القيمة الحرارية للأكسجين وثاني أكسيد الكربون عند حاملات التنفس المختلفة.

النسبة المئوية للحرارة الكلية الناتجة عند تناول الدهن	النسبة المئوية للأكسجين المستهلك عند تناول الدهن	القيمة الحرارية لكل لتر ثاني أكسيد الكربون	القيمة الحرارية لكل لتر أكسجين	حاصل التنفس للمواد غير البروتينية
١٠٠,٠	١٠٠,٠	٦,٦٢٩	٤,٦٨٦	٠,٧٠٧
٩٨,٥	٩٩,٠	٦,٦٠٦	٤,٦٩٠	٠,٧١
٩٥,٢	٩٥,٦	٦,٥٣١	٤,٧٠٢	٠,٧٢
٩١,٦	٩٢,٢	٦,٤٥٨	٤,٧١٤	٠,٧٣
٨٨,٠	٨٨,٧	٦,٣٨٨	٤,٧٢٧	٠,٧٤
٨٤,٤	٨٥,٣	٦,٣١٩	٤,٧٢٩	٠,٧٥
٨٠,٨	٨١,٩	٦,٢٥٣	٤,٧٥١	٠,٧٦
٧٧,٢	٧٨,٥	٦,١٨٧	٤,٧٦٤	٠,٧٧
٧٣,٧	٧٥,١	٦,١٢٣	٤,٧٧٦	٠,٧٨
٧٠,١	٧١,٧	٦,٠٦٢	٤,٧٨٨	٠,٧٩
٦٦,٦	٦٨,٣	٦,٠٠١	٤,٨٠١	٠,٨٠

٠,٨١	٤,٨١٣	٥,٩٤٢	٦٤,٨	٦٣,٧
٠,٨٢	٤,٨٢٥	٥,٨٨٤	٦١,٤	٥٩,٧
٠,٨٣	٤,٨٢٨	٥,٨٢٩	٥٨,٠	٥٦,٢
٠,٨٤	٤,٨٥٠	٥,٧٧٤	٥٤,٦	٥٢,٨
٠,٨٥	٤,٨٦٢	٥,٧٢٧	٥١,٢	٤٩,٣
٠,٨٦	٤,٨٧٥	٥,٦٦٩	٤٧,٨	٤٥,٩
٠,٨٧	٤,٨٨٧	٥,٦١٧	٤٤,٤	٤٢,٥
٠,٨٨	٤,٨٩٩	٥,٥٦٨	٤١,٠	٣٩,٢
٠,٨٩	٤,٩١١	٥,٥١٩	٣٧,٥	٣٥,٨
٠,٩٠	٤,٩٢٤	٥,٤٧١	٣٤,١	٣٢,٥
٠,٩١	٤,٩٣٦	٥,٤٢٤	٣٠,٠	٢٩,٢
٠,٩٢	٤,٩٤٨	٥,٣٧٨	٢٧,٣	٢٥,٩
٠,٩٣	٤,٩٦٧	٥,٣٣٣	٢٣,٩	٢٢,٦
٠,٩٤	٤,٩٧٣	٥,٢٩٠	٢٠,٥	١٩,٣
٠,٩٥	٤,٩٨٥	٥,٢٤٧	١٧,١	١٦,٠
٠,٩٦	٤,٩٩٨	٥,٢٠٥	١٣,٧	١٢,٨
٠,٩٧	٥,٠١٠	٥,١٦٥	١٠,٢	٩,٥١
٠,٩٨	٥,٠٢٢	٥,١٢٤	٦,٨٣	٦,٣٧
٠,٩٩	٥,٠٣٥	٥,٠٨٥	٣,٤١	٣,١٨
١,٠٠	١,٠٠	٥,٠٤٧	صفر	صفر

أولاً: معدل الأيض الأساسي

يقصد به كمية الطاقة الكلية التي يصرفها الجسم على العمليات اللاإرادية (نشاطاته الحيوية الأساسية) اللازمة للمحافظة على الحياة مثل دقات القلب والدورة الدموية والتنفس (امتصاص الأكسجين وطرده ثاني أكسيد الكربون) والمحافظة على درجة حرارة الجسم وعملية إخراج الفضلات من الجسم والنشاطات الأيضية داخل الخلايا ونشاط الكليتين والغدد. ويمثل معدل الأيض الأساسي الجزء الأكبر من الطاقة التي

يصرفها الإنسان، إذ يصل إلى أكثر من نصف السرعات الكلية المنصرفة، ويقاس الأيض الأساسي بالطريقة المباشرة أو غير المباشرة التي سبق ذكرها آنفاً، والشخص في حالة راحة تامة جسدياً وعقلياً ونفسياً، وبعد تناول الطعام بحوالي ١٤ ساعة (١٢-١٦ ساعة). كما تجرى التجربة والشخص مستلقياً على ظهره في غرفة ذات درجة ملائمة وإضاءة هادئة ومرتبدياً ملابس ملائمة وقليلة. أي تقدر الطاقة المنصرفة من الأيض الأساسي والشخص في حالة راحة تامة، وأفضل وقت لقياسها هو في الصباح قبل تناول الإفطار.

العوامل التي تؤثر على معدل الأيض الأساسي Factors affecting the basal metabolic rate

١- العمر والنمو Age and growth : أشارت الدراسات إلى أن الأيض الأساسي لكل وحدة من مساحة الجسم السطحية يصل إلى أقصاه في عمر ١٨ شهراً (٥٥-٦٠ سعراً/متر مربع / ساعة)، ثم يبدأ في الانخفاض التدريجي أثناء مرحلة الطفولة المبكرة والمراهقة. ويستمر الانخفاض في معدل الأيض الأساسي بمعدل منتظم أثناء فترة الحياة الباقية بمعدل يقدر بحوالي ٢٪ لكل تقدم في العمر مقداره عشر سنوات ابتداء من ٢١ سنة، وذلك بسبب انخفاض في كتلة الأنسجة العضلية النشطة active cell mass في الجسم، وزيادة كمية الأنسجة الدهنية فيه. وقد أشارت الدراسات إلى أن معدل الأيض الأساسي يستمر في الانخفاض أثناء فترة الشيخوخة حتى يصل إلى ٣٢ سعراً/متر مربع / ساعة للذكور وإلى ٩, ٣٠ سعراً/متر مربع / ساعة للإناث.

وتجدر الإشارة إلى أن السبب في ارتفاع معدل الأيض القاعدي في سن الطفولة يرجع إلى سرعة معدل النمو أثناء هذه الفترة التي يصاحبها ارتفاع في عمليات الأيض. لهذا فإن كمية الطاقة الموصى بها للأطفال الذكور والإناث حتى عمر ١٠ سنوات تكون متشابهة، وذلك لتساوي معدل الأيض الأساسي لديهما. إلا أنه بعد عمر ١١ سنة تصبح كمية الطاقة الموصى بها للأولاد أعلى من تلك الموصى بها للبنات نظراً لاختلاف معدل النمو في هذه الفترة. ولقد أشارت الدراسات بأن معدل الأيض الأساسي لرجل

عمره ٧٥ عامًا يقل بحوالي ٢٠٪ عن الأيض الأساسي لرجل عمره ٢٠ عامًا. ويزيد معدل الأيض الأساسي في المرأة أثناء فترة الحمل بنسبة ١٥-٢٣٪ بسبب نمو الجنين وتكوين أنسجة جديدة في جسم الأم مثل المشيمة والثديين، أي لزيادة الأنسجة العضلية.

٢- الجنس Sex : وجد أن معدل الأيض الأساسي للرجل يكون أعلى عما هو بالمرأة في العمر نفسه نظرًا لكبر وزن الرجل عن وزن المرأة، بالإضافة إلى أن نسبة الأنسجة الدهنية adipose tissues (غير فعالة أيضيًا metabolically inert) في جسم الرجال أقل مما في جسم النساء، بينما تكون كتلة الأنسجة العضلية (فعالة أيضيًا) أقل في جسم النساء مما في جسم الرجال. ولقد أشارت الدراسات إلى أن معدل الأيض الأساس في النساء يقل بحوالي ٦-١٠٪ عن الرجال. ويعتقد كل من كلايبر Kleiber وميتشل Mitchel أن الهرمونات الجنسية sex hormones قد يكون لها بعض التأثير على اختلاف معدل الأيض الأساسي بين الرجال والنساء. كما أشارت الدراسات بأن معدل الأيض الأساسي يكون أعلى لدى الأشخاص الرياضيين athletes منه لدى الأشخاص قليلي الحركة sedentary persons ، ويكون أقل عند الأشخاص السمان obese persons ، ويرجع هذا كله إلى اختلاف تركيب الجسم في الأنسجة العضلية والدهنية. ويبين الجدول (٤، ١٢) الأوزان المناسبة المقترحة بالنسبة للطول لكل من الرجال والنساء البالغين.

٣- الحالة الصحية Health status : تكون الحالة الصحية للشخص أثناء قياس معدل الأيض الأساسي مهمة جدًا نظرًا لأن لها تأثيرًا مباشرًا عليها، لهذا يشترط أن يكون الشخص في حالة صحية جيدة. فمثلاً ينخفض الأيض الأساسي عن المعدل الطبيعي بالنسبة للأشخاص المصابين بأمراض سوء التغذية، بينما يرتفع الأيض الأساسي بمعدل ١٣٪ بالنسبة للأشخاص المصابين بالحمى fevers (أعلى من ٣٧°م) مقابل زيادة درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة. كما أشارت الدراسات إلى أن معدل الأيض الأساسي قد انخفض في حالة الصيام وفي حالة المجاعات بنسبة ٢٥٪ بعد ٢٠ يومًا من التوقف عن تناول الطعام.

جدول (٤، ١٢). الأوزان المناسبة المقترحة بالنسبة للطول (للرجال والنساء البالغين).

الطول (١)		الوزن (٢)			
		الرجال		النساء	
بوصة	سم	رطل	كجم	رطل	كجم
٥٨	١٤٧	—	—	١٠٢ (٩٢-١١٩)	٤٧ (٤٢-٦٤)
٦٠	١٥٢	—	—	١٠٧ (٩٦-١٢٥)	٤٩ (٤٤-٥٧)
٦٢	١٥٨	١٢٣ (١١٢-١٤١)	٥٦ (٥١-٦٤)	١١٣ (١٠٢-١٣١)	٥١ (٤٦-٥٩)
٦٤	١٦٣	١٣٠ (١١٨-١٤٨)	٥٩ (٥٤-٦٧)	١٢٠ (١٠٨-١٣٨)	٥٠ (٤٩-٦٣)
٦٦	١٦٨	١٣٦ (١٢٤-١٥٦)	٦٢ (٥٦-٧١)	١٢٨ (١١٤-١٤٦)	٥٨ (٥٢-٦٦)
٦٨	١٧٣	١٤٥ (١٣٢-١٦٦)	٦٦ (٦٠-٧٥)	١٣٦ (١٢٢-١٥٤)	٦٢ (٥٥-٧٠)
٧٠	١٧٨	١٥٤ (١٤٠-١٧٤)	٧٠ (٦٤-٧٩)	١٤٤ (١٣٠-١٦٣)	٦٥ (٥٩-٧٤)
٧٢	١٨٢	١٦٢ (١٤٨-١٨٤)	٧٤ (٦٧-٨٤)	١٥٢ (١٣٨-١٧٣)	٦٩ (٦٣-٧٩)
٧٤	١٨٨	١٧١ (١٥٦-١٩٤)	٧٨ (٧١-٨٨)	—	—
٧٦	١٩٣	١٨١ (١٦٤-٢٠٤)	٨٢ (٧٤-٩٣)	—	—

المصدر : Fleck, H. (1981). p. 106 .

(١) الطول بدون حذاء .

(٢) الوزن بدون ملابس . مدى متوسط الوزن بين قوسين .

٤- إفرازات الغدد الصماء Endocrine glands : من المعروف أن هرمونات الغدة الدرقية thyroid gland تعمل على تنظيم معدل أيض الطاقة، وأن حدوث اضطراب فيها يؤثر على معدل الأيض الأساسي. فمثلاً تؤدي زيادة إفراز هرمون الثيروكسين thyroxine (Hyperthyroidism) في الدم إلى رفع معدل الأيض الأساسي بنسبة قد تصل إلى ٧٥-١٠٠٪، بينما يؤدي انخفاض إفراز الثيروكسين hypothyroidism إلى تقليل معدل الأيض الأساسي بنسبة قد تصل إلى ٣٠-٤٠٪ .

كما يحدث الإفراط في إفرازات الغدد الصماء الأخرى مثل هرمونات الغدة

النخامية pituitary hormones وهرمون الأدرينالين adrenalin (Epinephrine) زيادة في معدل الأيض الأساسي، إلا أن تأثير الهرمون الأخير يكون وقتياً (مؤقت) بالنسبة لزيادة معدل الأيض الأساسي.

٥- النشاطات Activities : أوضحت لجنة الخبراء التابعة لمنظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO بأن النشاطات الجسدية التي يؤديها الشخص أثناء النوم لها تأثير واضح وكبير على معدل الأيض الأساسي، فمثلاً يزيد معدل الأيض الأساسي للشخص الرياضي عنه للشخص غير الرياضي في العمر والحجم نفسه وتركيب الجسم.

٦- الحالة الغذائية Nutrition state : ينخفض معدل الأيض الأساسي أثناء الصيام لفترة طويلة أو أثناء المجاعات starvation أو بسبب سوء التغذية malnutrition كما أشير أعلاه، وقد يصل الانخفاض إلى ٥٠٪ عن الحالة الطبيعية. كما أشارت دراسات جديدة بأن معدل الأيض الأساسي يكون أقل في الأطفال المصابين بالكواشيوركور kwashiorkor أو المراسمس marasmus بسبب سوء التغذية الناتج عن نقص السعرات والبروتين مقارنة بالأطفال الأصحاء في العمر والحجم نفسيهما. كما أن تناول كميات كبيرة من البروتينات تزيد من معدل الأيض الأساسي.

٧- النوم Sleep : ينخفض معدل الأيض الأساسي في الأشخاص النائمين عما في الأشخاص المستيقظين (اليقظين).

٨- الظروف الجوية Climate . أشارت الدراسات إلى أن تغير الظروف الجوية من حرارة أو برودة لا يؤثر على معدل الأيض الأساسي، أما بالنسبة لسكان المناطق ذات الظروف الجوية الاستوائية (الحارة) tropical climate فإن معدل الأيض الأساسي يقل بمعدل ١٠٪ عما في المناطق الباردة. كما أن الطاقة التي يصرفها الشخص أثناء قيامه بنشاط معين تزداد بمعدل ٥٪ عندما تكون درجة حرارة الوسط أقل من ١٤°م.

٩- المساحة السطحية Surface area : يتناسب معدل الأيض الأساسي تناسباً طردياً مع مساحة الجسم السطحية، فمثلاً يكون الأيض الأساسي في الشخص الطويل والنحيف أعلى عما في الشخص القصير والسمين في العمر والوزن نفسيهما.

١٠- تركيب الجسم Body composition : يزداد معدل الأيض الأساسي بزيادة نسبة الأنسجة العضلية في الجسم وانخفاض نسبة الأنسجة الدهنية، والعكس. حيث تعتبر الأنسجة الدهنية المراكز النشيطة لعمليات الأكسدة والأيض الغذائي، بينما تعتبر الأنسجة الدهنية مراكز خاملة لعمليات أكسدة الغذاء. ويفسر ذلك ارتفاع معدل الأيض الأساسي في الرياضيين عنه في غير الرياضيين، وفي الرجال عنه في النساء نظراً لاحتواء أجسامهم على نسب أعلى من الأنسجة العضلية.

ثانياً: النشاطات العضلية Muscular activities :

يقصد بالنشاطات العضلية الشغل الخارجي الذي يؤديه الشخص مثل الأعمال المكتبية والمنزلية والتمارين الرياضية وغيرها من النشاطات الأخرى المختلفة. وتمثل الطاقة المنصرفة على النشاطات العضلية جزءاً كبيراً من احتياجات الطاقة الكلية بعد معدل الأيض الأساسي BMR. ولا ينطبق هذا على الأشخاص شديدي النشاط very active مثل السباحين والمصارعين ولاعب كرة القدم، حيث إن الطاقة المنصرفة على النشاطات العضلية تكون أعلى من تلك المنصرفة على معدل الأيض الأساسي. أي أن كمية الطاقة التي يصرفها الشخص الرياضي على نشاطاته العضلية تكون أكبر من تلك التي يصرفها الشخص غير الرياضي، كما أن كمية الطاقة التي يصرفها الشخص البدني تكون أكبر من تلك التي يصرفها الشخص النحيف الذي يؤدي النشاطات نفسها. وتحتاج النشاطات المختلفة التي يؤديها الشخص في حياته اليومية إلى طاقة تتناسب مع نوع هذا النشاط ومدته ودرجة الجهد المبذول فيه. ولقد أمكن قياس مقدار الطاقة التي يصرفها الإنسان أثناء أدائه للعديد من النشاطات المختلفة (جدول ٥، ١٢) مما يساعد على حساب الاحتياجات الكلية من الطاقة خصوصاً عند تخطيط الوجبات الغذائية.

جدول (١٢,٥). الطاقة المستهلكة في بعض النشاطات اليومية العادية للشخص البالغ محسوبة لكل كيلوجرام من وزن الجسم ولكل ساعة من الزمن.

نوع النشاط	كيلو كلوري/كجم/ساعة	نوع النشاط	كيلو كلوري/كجم/ساعة
ركوب الدراجة (سباق)	٧,٦	القراءة (بصوت عال)	٠,٤
ركوب الدراجة بسرعة معتدلة	٢,٥	التجديف (سباق)	١٦,٠
تجليد الكتب	٠,٨	الجري السريع	٧,٠
للاكمة	١١,٤	نشر الخشب	٥,٧
عمل التجارة (الثقل)	٢,٣	الخياطة (باليد)	٠,٦
الرقص	٣,٠	الخياطة (بالمكنة)	٠,٤
غسل الصحون	١,٠	صناعة الأحذية	١,٠
تغيير الثياب	٠,٧	الغناء بصوت مرتفع	٠,٨
قيادة السيارة	٠,٩	الجلوس (بهلوه)	٠,٤
تناول الطعام	٠,٤	للتزلج على الماء	٣,٥
التمرين الرياضي	١٠,٣	التزلج على الجليد	١٠,٣
التمرين الخفيف جداً	٠,٩	الوقوف باسترخاء	٠,٥
التمرين الخفيف	١,٤	قلع الحجارة	٤,٧
التمرين المعتدل	٣,١	كنس بمكنسة أرض (عادية)	١,٤
التمرين الشديد	٥,٤	كنس بمكنسة أرض (مفروشة)	١,٦
التمرين الشديد جداً	٧,٦	تنظيف بآلة الشفط	٢,٧
المشي أوركوب الخيل	١,٤	السباحة ٢ ميل / ساعة	٧,٩
ركوب الخيل (القفز)	٤,٣	تفصيل الثياب	٠,٩
ركوب الخيل (علو)	٦,٧	استعمال الآلة الكاتبة اليدوية	١,٠
كي الثياب	١,٠	استعمال الآلة الكاتبة الكهربائية	٠,٥
الحياكة	٠,٧	العزف على الفيولين	٠,٦
الفنل (الخفيف)	١,٣	المشي السريع ٣ أميال / ساعة	٢,٠
الاضطجاع (دون نوم)	٠,١	المشي السريع ٤ أميال / ساعة	٣,٤
دهان الأثاث	١,٥	المشي السريع جداً ٥,٣ أميال / ساعة	٩,٣

تابع جدول (١٢,٥).

نوع النشاط	كيلو كلوري/كجم/ساعة	نوع النشاط	كيلو كلوري/كجم/ساعة
لعبة تنس الطاولة	٤,٤	غسيل أرضية البيت	١,٢
عزف البيانو (دون غناء)	٠,٨	الكتابة	٠,٤
		نزول الدرجات	٠,٧
		صعود الدرجات	٢,١

المصدر: حامد التكروري وخضر المصري (١٩٨٩م).

ويمكن قياس الطاقة المنصرفة على النشاطات العضلية إما بالطريقة المباشرة أو الطريقة غير المباشرة التي سبق الإشارة إليها أعلاه. كما يمكن تقدير الطاقة المنصرفة على النشاطات العضلية بواسطة معرفة مستوى النشاط الذي يقوم به الشخص في حياته اليومية. حيث تقدر الطاقة المنصرفة للنشاطات العضلية بحوالي ٢٠٪ من معدل الأيض الأساسي BMR إذا كان الشخص دائم الجلوس sedentary ، و ٣٠٪ من الأيض الأساسي إذا كان قليل النشاط lightly active ، و ٤٠٪ من الأيض الأساسي إذا كان متوسط النشاط moderately active ، و ٥٠٪ من الأيض الأساسي إذا كان الشخص شديد النشاط very active .

ثالثاً: التأثير الديناميكي النوعي للغذاء Specific dynamic effect (SDE) of food
يقصد به الزيادة في طاقة الأيض الأساسي BMR فوق مستوى حالة السكون re-sting conditions بسبب تناول الوجبة الغذائية، ويسمى أحياناً التأثير الحراري الناشيء عن الغذاء thermogenic effect of food . ويلاحظ عادة أن تناول الغذاء يصاحبه زيادة في درجة الحرارة التي تخرج من الجسم دون أن يستفيد منها. وقد كان يعتقد بأن التأثير الديناميكي للغذاء يمثل الطاقة المنصرفة أثناء عملية هضم وامتصاص وأيض الغذاء، إلا أنه قد ثبت أنه يمثل أيضاً الطاقة المنصرفة أثناء إفراز الإنزيمات وحركات الأمعاء ونقل الغذاء داخل الجهاز الهضمي وطرح الفضلات خارج الجسم. وبما تجدر

الإشارة إليه أيضاً أن تناول البروتين بمفرده يسبب زيادة كبيرة في معدل الأيض الأساسي مقدارها ٣٠٪، بينما تناول الكربوهيدرات أو الدهون يسبب زيادة قليلة جداً فيه تقدر بحوالي ٦٪ و ٤٪ على التوالي.

وبشكل عام فإن الوجبة الغذائية المحتوية على العناصر الغذائية الثلاثة (البروتينات والدهون والكربوهيدرات) تؤدي إلى حدوث زيادة في الطاقة المنتجة تقدر بحوالي ٦٪ من قيمة الطاقة الغذائية المتناولة. ولكن إعطاء الغذاء عن طريق الحقن المباشر إلى الدم لم يسبب تغيراً في التأثير الديناميكي النوعي للغذاء مما ألغى فكرة فقدان جزء من الطاقة أثناء عملية الامتصاص، وأن التأثير الديناميكي للغذاء يمثل الطاقة المنصرفة بعد عملية امتصاص العناصر الغذائية. هناك عدة نظريات تقترح بأن سبب التأثير الديناميكي للغذاء هو الحرارة المفقودة من التفاعلات المعقدة اللازمة لإزالة مجموعة الأمين deamination من الأحماض الأمينية أثناء عملية أيض البروتينات، بالإضافة إلى حرارة التفاعلات الناتجة من المواد السريعة التأكسد بالنسبة للدهون وحرارة التفاعلات الوسطية بين الجلوكوز والجليكوجين بالنسبة للكربوهيدرات. والنظرية الأخيرة التي تقدم بها كريس Krebs عام ١٩٦٤م تعتبر أكثر قبولاً وتقترح بأن سبب التأثير الديناميكي للغذاء هو الحرارة المفقودة أثناء تخزين الطاقة في الجسم. حيث إن إنتاج جزيء واحد ATP من الكربوهيدرات أو البروتينات أو الدهون يلزمه حوالي ١٧,٤ سعر و ٢١,٢ سعر و ١٨,١ سعر على التوالي. وبشكل عام يقدر التأثير الديناميكي للغذاء بحوالي ١٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية، أي ١٠٪ من مجموع الطاقة المنصرفة على كل من الأيض الأساسي BMR والنشاطات العضلية.

Energy Balance (١٢,٧) توازن الطاقة

يقصد به كمية الطاقة المتبقية في الجسم بعد خصم كمية الطاقة المنصرفة energy expenditure منه (المستهلكة) من كمية الطاقة الكلية المتناولة مع الغذاء energy intake أي:

توازن الطاقة = كمية الطاقة المتناولة - كمية الطاقة المنصرفة

$$\text{Energy balance} = \text{energy input} - \text{energy output}$$

وتوجد ثلاث حالات لتوازن الطاقة في الجسم وهي:

١ - توازن الطاقة المتعادلة Equilibrium energy balance

يعني أن كمية الطاقة المتناولة مع الغذاء تكون متساوية مع كمية الطاقة المنصرفة من الجسم، وفي هذه الحالة لا يحدث تغير في وزن الجسم، أي يظل وزن الجسم ثابتاً. ويدل توازن الطاقة المتعادل على أن الجسم يستفيد من العناصر الغذائية المولدة للطاقة بشكل كاف ومتكامل، ويستخدم لتقدير احتياجات الشخص من الطاقة الكلية.

٢ - توازن الطاقة الموجب Positive energy balance

يقصد به أن كمية الطاقة المتناولة مع الغذاء أكبر من كمية الطاقة المنصرفة من الجسم، مما يري إلى تخزين الطاقة في الجسم على شكل أنسجة دهنية وحدوث زيادة في وزن الجسم والسمنة obesity.

توازن الطاقة الموجب = ٣٠٠٠ كيلوكالوري - ٢٥٠٠ كيلوكالوري = ٥٠٠ كيلوكالوري
(الطاقة المتناولة) (الطاقة المنصرفة)

ولقد وجد بأن تناول الشخص ٣٥٠٠ سعر زيادة على حاجته خلال فترة زمنية معينة يسبب زيادة في وزن الجسم مقدارها ٥,٠ كيلوجرام، أي أن تناول ٥٠٠ سعر يومياً زيادة على حاجة الجسم لمدة أسبوعين يسبب زيادة في الوزن مقدارها كيلوجرام واحد.

وتجدر الإشارة إلى أن توازن الطاقة الإيجابي يلاحظ بوضوح في بعض مراحل العمر مثل مرحلة الطفولة والمراهقة والحمل بسبب تكوين أنسجة جديدة في الجسم وبنائها ويعتبر مقبولاً، كذلك يلاحظ توازن الطاقة الإيجابي عند الأشخاص الذين أجريت لهم عمليات جراحية أو تعرضوا إلى الحروق، حيث يبدأ الجسم في بناء أنسجة جديدة.

٣ - توازن الطاقة السلبي Negative energy balance

يعني أن كمية الطاقة المتناولة مع الغذاء تكون أقل من كمية الطاقة المنصرفة من الجسم، مما يؤدي إلى نقص في وزن الجسم نتيجة استنزاف الطاقة المخزنة في أنسجته. ولقد وجد بأن توازن الطاقة الإيجابي والسلبي يسببان حالة سوء التغذية malnutrition.

توازن الطاقة السليم = ٢٥٠٠ كيلوكالوري - ٣٠٠٠ كيلوكالوري = - ٥٠٠ كيلوكالوري
(الطاقة المتناولة) (الطاقة المنصرفة)

وتمثالاً لما ذكر سابقاً فإن نقصاً في الطاقة مقداره ٣٥٠٠ كيلوكالوري يسبب إنخفاضاً في وزن الجسم مقداره ٥, ٠ كيلوجرام، أي أن تناول وجبات غذائية ناقصة في محتواها من الطاقة بمقدار ٥٠٠ كيلوكالوري في اليوم لمدة أسبوعين يترتب عليه فقدان كيلوجرام واحد من وزن الجسم.

(٨، ١٢) حساب احتياجات الجسم من الطاقة

أولاً: الطريقة التقديرية Estimated method

تعتبر طريقة سريعة وسهلة، إلا أنها غير دقيقة، وتعتمد على معرفة المجالات التي تصرف فيها الطاقة أثناء اليوم وهي:

- ١ - معدل الأيض الأساسي.
- ٢ - النشاطات العضلية.
- ٣ - التأثير الديناميكي النوعي للغذاء.

مثال:

رجل وزنه ١٥٦ رطلاً ويؤدي أعمالاً لا تحتاج إلى مجهود عضلي أو حركة، فما هي احتياجاته الكلية من السعرات في اليوم؟

الحل:

(١) حساب الطاقة المنصرفة على معدل الأيض الأساسي BMR حسب القاعدة التالية:

يصرف الرجل ١ كيلوكالوري / كيلوجرام من وزن الجسم / ساعة.

تصرف المرأة ٩, ٠ كيلوكالوري / كيلوجرام من وزن الجسم / ساعة.

إذن الطاقة المنصرفة على معدل الأيض الأساسي في الساعة =

وزن الجسم $\times$ ١ كيلوكالوري / كجم / ساعة = $1 \times 2, 2 \div 156 = 71$

كيلوكالوري

الطاقة المنصرفة على معدل الأيض الأساسي في اليوم = $1704 = 24 \times 71$ كيلوكالوري

(ب) حساب الطاقة المنصرفة على النشاطات العضلية، ويتم ذلك بعد التعرف على أسلوب الشخص في الحياة ونوع النشاطات أو الأعمال التي يؤديها في اليوم.

ولقد قسمت النشاطات العضلية إلى أربع مجموعات هي :

- النشاطات العضلية التي لا تحتاج إلى حركة أو جهد عضلي (دائم الجلوس) مثل قيادة السيارة أو الطائرة والنسخ، وهذه تمثل ٢٠٪ من معدل الأيض الأساسي.
 - النشاطات العضلية الخفيفة مثل أعمال المنزل والتدريس والمشي البطيء، وهذه تمثل ٣٠٪ من معدل الأيض الأساسي.
 - النشاطات العضلية المتوسطة مثل المشي السريع وأعمال التمرير، وهذه تمثل ٤٠٪ من معدل الأيض الأساسي.
 - النشاطات العضلية الشاقة مثل الجري السريع والسباحة ولعب كرة القدم والتنس وأعمال البناء والحفر، وهذه تمثل ٥٠٪ من معدل الأيض الأساسي.
- إذن الطاقة المنصرفة على النشاطات العضلية في اليوم = $1704 \times 2 = 3408$ ، (دائم الجلوس) = ٣٤١ كيلوكالوري

(ج) حساب التأثير الديناميكي النوعي (SDE) للغذاء على أساس ١٠٪ من مجموع معدل الأيض الأساسي والنشاطات العضلية.

إذن الطاقة المنصرفة على التأثير الديناميكي للغذاء = $(3408 + 1704) \times 0.1$

= ٢٠٥ كيلوكالوري

الطاقة الكلية المنصرفة في اليوم = $1704 + 3408 + 205 = 5317$ كيلوكالوري

ثانياً: الطريقة التفصيلية Detailed method

وهي طريقة مطولة وتحتاج إلى وقت وجهد ودقة، إلا أنها تعطي نتائج دقيقة مقارنة بالطريقة السابقة ويمكن توضيحها بحل المثال التالي.

مثال:

رجل عمره ٣٥ سنة ووزنه ٧٥ كيلوجراماً وطوله ٦ أقدام و ١ بوصة،
فما هي احتياجاته الكلية من السعرات في اليوم.

الحل:

(أ) حساب الطاقة المنصرفة على معدل الأيض الأساسي BMR كالتالي:

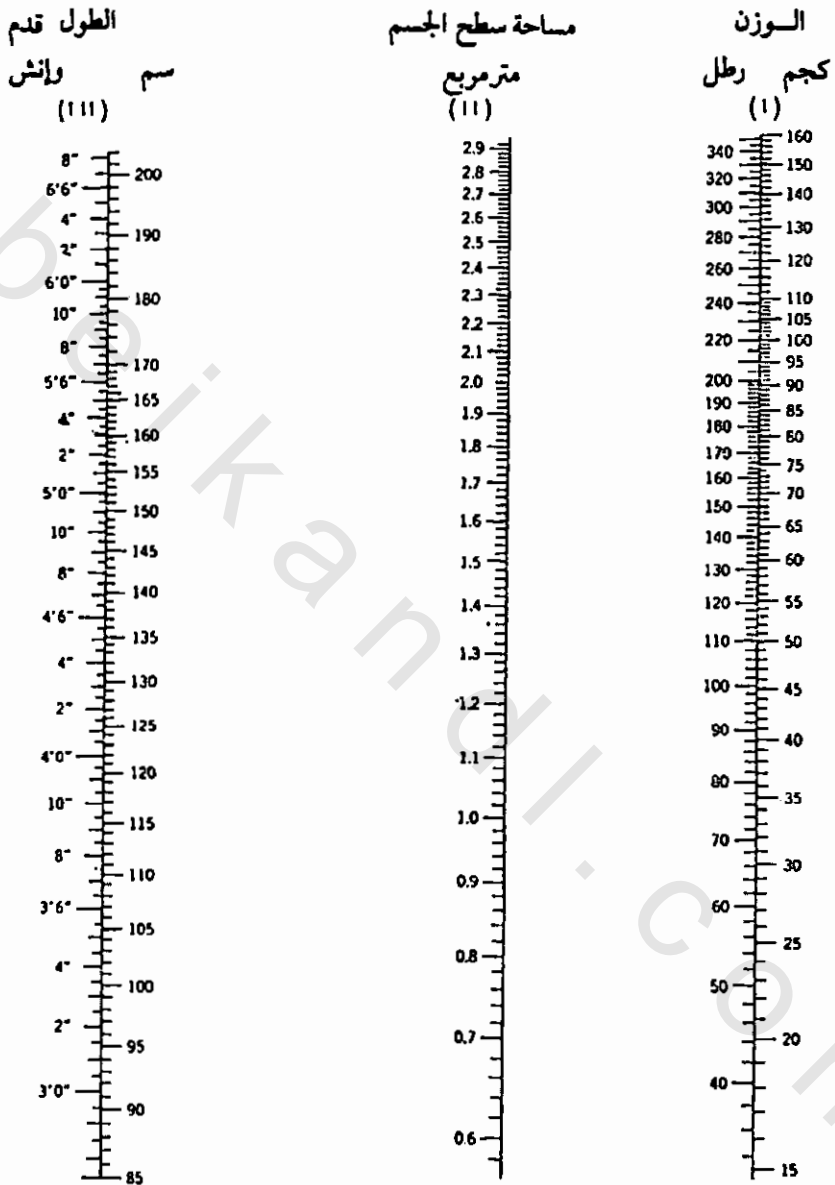
● يستخدم الشكل (٤، ١٢) لتقدير مساحة الجسم السطحية، وهو عبارة عن مخطط بياني يتألف من ثلاثة أعمدة يمثل العمود رقم 1 الوزن بالكيلوجرام ويمثل العمود رقم 2 مساحة سطح الجسم بالتر المربع ويمثل العمود رقم 3 الطول بالسنتيمترات، وعند تقدير مساحة الجسم يرسم خط مستقيم يوصل بين عمود الطول وعمود الوزن لتحصل على مساحة الجسم السطحية عند نقطة تقاطعه مع العمود الأوسط.

● يرجع إلى الجدول (٦، ١٢) لتقدير عامل معدل الأيض الأساسي basal metabolic rate factor حسب الجنس والعمر ثم يضرب الناتج في مساحة الجسم السطحية.

إذن عامل معدل الأيض الأساسي للرجل = $36,9$ كيلوكالوري / متر مربع / ساعة

إذن معدل الأيض الأساسي في الساعة = $2 \times 36,9 = 73,8$ كيلوكالوري / ساعة.

إذن معدل الأيض الأساسي في اليوم = $24 \times 73,8 = 2011,2$ كيلوكالوري



تعليمات: يرسم خط يوصل بين عمود الطول height وعمود الوزن weight ويقطع عمود مساحة سطح الجسم.

شكل (٤، ١٢). مخطط بياني chart لتقدير مساحة سطح الجسم surface area.

جول (١٢,٦). معدل الأيض الأساسي (Basal metabolic rate) للرجال والنساء في أعمار مختلفة.

العمر (بالسنة)	الرجال كيلوكالوري/متر/ساعة	النساء كيلوكالوري/متر/ساعة	العمر (بالسنة)	الرجال كيلوكالوري/متر/ساعة	النساء كيلوكالوري/متر/ساعة
٣	٦٠,١	٥٤,٥	٢٦	٢٨,٢	٢٥,٠
٤	٥٧,٩	٥٣,٩	٢٧	٢٨,٠	٢٥,٠
٥	٥٦,٣	٥٣,٠	٢٨	٢٧,٨	٢٥,٠
٦	٥٤,٠	٥١,٢	٢٩	٢٧,٧	٢٥,٠
٧	٥٢,٣	٤٩,٧	٣٠	٢٧,٦	٢٥,٠
٨	٥٠,٨	٤٨,٠	٣١	٢٧,٤	٢٥,٠
٩	٤٩,٥	٤٦,٢	٣٢	٢٧,٢	٢٤,٩
١٠	٤٧,٧	٤٤,٩	٣٣	٢٧,١	٢٤,٩
١١	٤٦,٥	٤٣,٥	٣٤	٢٧,٠	٢٤,٩
١٢	٤٥,٣	٤٢,٠	٣٥	٢٦,٩	٢٤,٨
١٣	٤٤,٥	٤٠,٥	٣٦	٢٦,٨	٢٤,٧
١٤	٤٣,٨	٣٩,٢	٣٧	٢٦,٧	٢٤,٦
١٥	٤٢,٩	٣٨,٣	٣٨	٢٦,٧	٢٤,٥
١٦	٤٢,٠	٣٧,٢	٣٩	٢٦,٦	٢٤,٤
١٧	٤١,٥	٣٦,٤	٤٤-٤٥	٢٦,٤	٢٤,١
١٨	٤٠,٨	٣٥,٨	٤٩-٥٥	٢٦,٢	٢٣,٨
١٩	٤٠,٥	٣٥,٤	٥٤-٥٥	٢٥,٨	٢٣,١
٢٠	٣٩,٩	٣٥,٣	٥٩-٥٥	٢٥,١	٢٢,٨
٢١	٣٩,٥	٣٥,٢	٦٤-٦٥	٢٤,٥	٢٢,٠
٢٢	٣٩,٢	٣٥,٢	٦٩-٦٥	٢٣,٥	٢٢,٠
٢٣	٣٩,٠	٣٥,٢	٧٤-٧٥	٢٢,٧	٢١,١
٢٤	٣٧,٧	٣٥,١	٧٥+	٢١,٨	
٢٥	٢٨,٤	٢٥,١			

- * تجمع عدد الدقائق المبذولة على كل مستوى طاقة منفرداً من الجدول (١٢,٧) وتدون في جدول (١٢,٩).
- * يؤخذ في الاعتبار تسجيل الطاقة المنصرفة أثناء صعود وهبوط السلم (الدرج) حيث إن كل ١٤-١٥ درجة تمثل مجموعة واحدة flight .

جدول (١٢,٨). مقدار الطاقة المنصرفة في الأنشطة المختلفة.

مستوى الطاقة	نوع النشاط	الطاقة المنصرفة
Energy level	Type of activity	كيلوكالوري/كجم/دقيقة
a	النوم والاسترخاء أو التمدد بدون حركة	٠,٠٠٠
b	الجلوس أو الوقوف بسكون (يشمل بعض النشاطات مثل الكتابة والاكل والقراءة والخياطة)	٠,٠١٠
c	نشاط خفيف جداً (يشمل قيادة السيارة أو المشي بسرعة متوسطة moderate activity على أرض مستوية)	٠,٠٢٠
d	النشاط الخفيف (يشمل أعمال المنزل الخفيفة مثل كنس الأرض والمشي بسرعة متوسطة على أرض مستوية حاملاً كتباً)	٠,٠٢٥
e	النشاط المتوسط (يشمل المشي السريع والرقص وقيادة الدراجة بسرعة متوسطة)	٠,٠٤٠
f	النشاط المجهد heavy activity (يشمل الرقص السريع والمشي المقارب للجري وتسلق الجبال «مشي سريع»)	٠,٠٢٠
g	النشاط الشاق severe activity (يشمل الجري ولعب التنس)	٠,١١٠
h	النشاط الشاق جداً Very severe activity (يشمل السباق والمصارعة والملاكمة والتجديف)	٠,١٤٠

المصدر : Whitney, E.N. and Hamilton, E.N. (1981). p. 271.

جدول (١٢,٩). نموذج لحساب الطاقة المنصرفة على الأنشطة العضلية

الاسم :

الوزن :

المهنة :

مستوى الطاقة	مجموع الدقائق المبذولة (يجب أن يكون ١٤٤٠ د)	الطاقة المنصرفة في الدقيقة (كيلوكالوري / كجم / دقيقة)	الطاقة الكلية المنصرفة لكل كجم من وزن الجسم (كيلوكالوري / كجم)
a	x	٠,٠٠	=
b	x	٠,٠١٠	=
c	x	٠,٠٢٠	=
d	x	٠,٠٢٥	=
e	x	٠,٠٤٠	=
f	x	٠,٠٧٠	=
g	x	٠,١١٠	=
h	x	٠,١٤٠	=
عدد مجموعات الهبوط (١)	x	٠,٠١٢	=
عدد مجموعات الصعود	x	٠,٠٣٦	=

(١) المجموعة flight تمثل ١٤ - ١٥ درجة متواصلة من السلم

إذن مجموع الطاقة الكلية المنصرفة لكل كجم من وزن الجسم = ----- كيلوكالوري / كجم / ٢٤ ساعة
 إذن الطاقة الكلية المنصرفة على الأنشطة العضلية في اليوم = الطاقة الكلية / كجم / ٢٤ ساعة x وزن الجسم (كجم)

----- x ----- =
 ----- =

(ج) حساب الطاقة المنصرفة على التأثير الديناميكي النوعي للغذاء على أساس ١٠٪ من

مجموع معدل الأيض الأساسي والنشاطات العضلية، أي (ا+ب) x ٠,١ .

(د) حساب الطاقة الكلية المنصرفة في اليوم، أي يجمع ا + ب + ج .

هضم وامتصاص وأيض الكربوهيدرات

Digestion, Absorption and Metabolism of Carbohydrate

- هضم الكربوهيدرات ● امتصاص الكربوهيدرات ● أيض
- الكربوهيدرات ● الجليكوجينيسز ● الجليكوجينوليسيز
- جلوكونيوجينيسز ● تحويل البنتوز ● الفركتوز والجالاكتوز ● علاقة
- أيض الكربوهيدرات بالبروتينات والدهون .

(١٣, ١) هضم الكربوهيدرات Digestion of Carbohydrate

هضم الكربوهيدرات هو تحلل السكريات الثنائية والسكريات المتعددة (النشا) الموجودة في الوجبة الغذائية إلى سكريات بسيطة simple sugars يمكنها المرور من خلال الأغشية المخاطية المبطنة لجدار الأمعاء . وهناك بعض السكريات المتعددة polysaccharides التي لا يمكن للإنسان هضمها مثل الألياف الغذائية (السليولوز cellulose والهيميسليولوز hemicellulose والبكتين pectin وغيرها) . يعتبر النشا السكر المتعدد الوحيد الذي يستطيع الإنسان هضمه وتحويله إلى طاقة ، وذلك لوجود الإنزيمات التي تكسر الروابط الجلوكوزيدية (1,4-) التي تربط وحدات الجلوكوز مع بعضها البعض . ويمكن تلخيص مراحل عملية هضم الكربوهيدرات في جسم الإنسان كالآتي :

١ - الفم Mouth

تبدأ المرحلة الأولى في هضم الكربوهيدرات في الفم ، حيث يفرز إنزيم الأميليز اللعابي salivary amylase الذي يحول جزءاً قليلاً جداً من النشا إلى مالتوز maltose ودكسترين dextrine . وقد وجد بأن إنزيم الأميليز في الفم يحلل (جزئياً) النشويات

المطهوه فقط، وذلك لأن فترة تعرضها له في الفم تكون قصيرة جداً، بينما لا يستطيع هذا الإنزيم تحليل النشويات الطازجة (غير المطهوه) raw starch .

٢ - المعدة Stomach

لا يحدث في المعدة هضم أو تحليل للكربوهيدرات لأنها لا تفرز إنزيمات هاضمة، لهذا تمر الكربوهيدرات من المعدة دون أن يحدث لها أي تغير.

٣ - الأمعاء الدقيقة Small intestine

يتم في الأمعاء الدقيقة الهضم الأساسي للنشويات المطهوه والطازجة (غير المطهوه) نتيجة لإفراز إنزيم الأميليز البنكرياسي pancreatic amylase الذي يحول النشويات إلى سكر مالتوز. كذلك تفرز خلايا الأمعاء الدقيقة بعض الإنزيمات التي تهضم السكريات الثنائية (Disaccharidase) مثل السكروز sucrose والمالتوز maltose واللاكتوز lactose ، وتحللها إلى سكريات أحادية مثل الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز (انظر الفصل الثالث).

لا تستطيع الإنزيمات التي يفرزها الإنسان هضم الألياف الغذائية، إلا أن جزءاً بسيطاً جداً منها قد يهضم في الأمعاء الغليظة (المصران الأعور Caecum والقولون Colon) بسبب وجود بعض الإنزيمات البكتيرية bacterial enzymes . وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأفراد يعانون من عدم القدرة على هضم اللاكتوز lactose intolerance وذلك نتيجة لانخفاض نشاط إنزيم اللاكتاز lactase أو لسبب وراثي، وتظهر الأعراض على شكل غازات تتكون نتيجة لتخمير سكر اللاكتوز غير المهضوم بفعل بكتريا الأمعاء وإسهال ومغص وتشنجات، وقد يحدث نزيف دموي في النهاية. وتعالج حالة عدم تحمل اللاكتوز بتناول الفرد المصاب منتجات الحليب مثل اللبن الزبادي yogurt والجبن بدلاً من الحليب. وبشكل عام فإن عدم توافر إنزيمات الداى سكريايدز disaccharidases في الأغشية المخاطية المبطنه لخملات الأمعاء الدقيقة يسبب عدم تحليل الكربوهيدرات الثنائية وتراكمها، وظهور أعراض عدم تحمل السكريات الثنائية disaccharide intolerance .

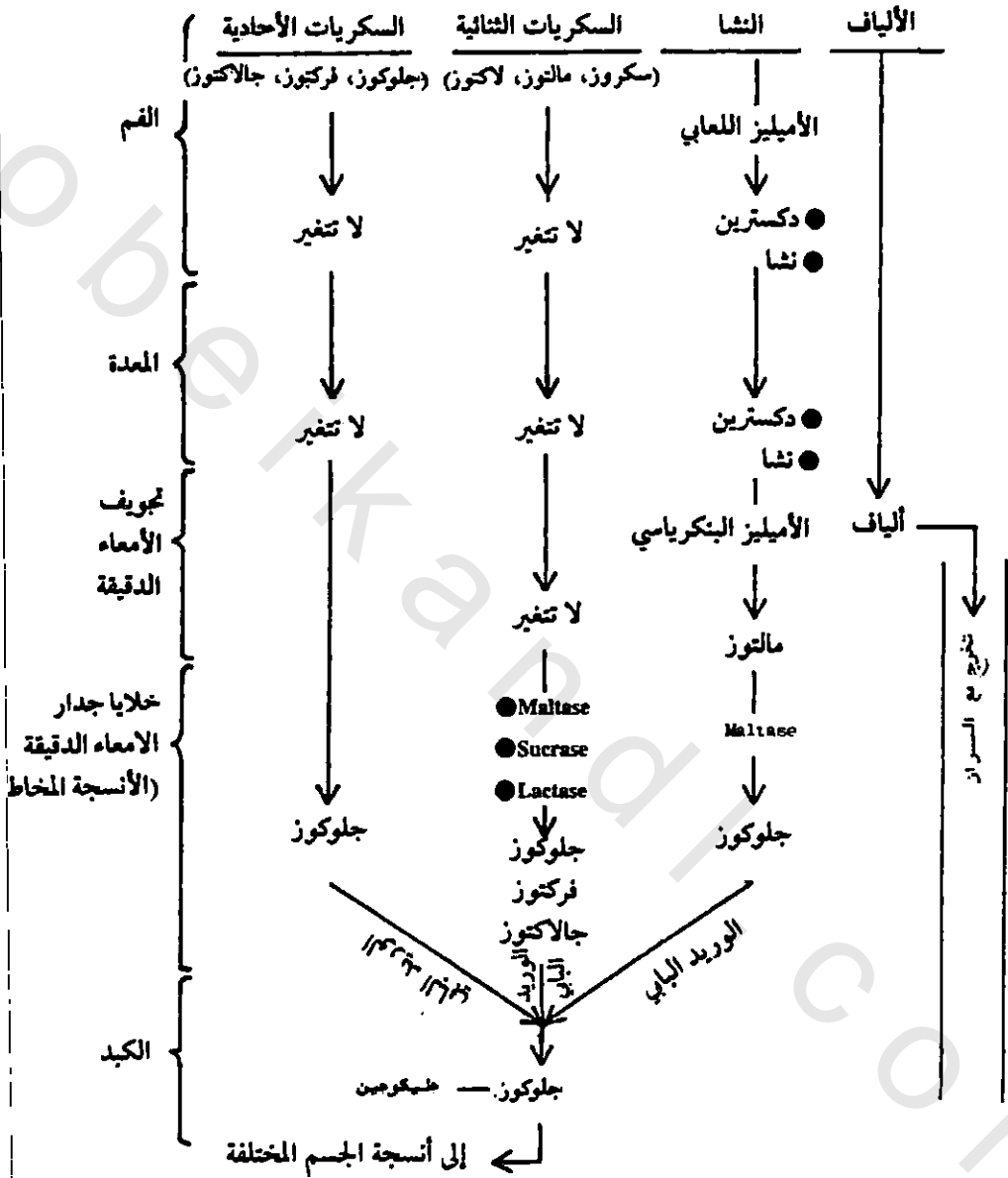
(١٣, ٢) امتصاص الكربوهيدرات Absorption of Carbohydrate

يتم امتصاص الكربوهيدرات بصورة رئيسية على شكل جلوكوز يليه الجالاكتوز والفركتوز من خلال الأنسجة المخاطية المبطنة لتتواءم (خلايا) epithelial cells of villi الأمعاء الدقيقة إلى الدم مباشرة. ثم ينتقل الجالاكتوز والفركتوز الممتصان مع الدورة الدموية عن طريق الوريد البابي إلى الكبد liver الذي يحولهما إلى جلوكوز. وبذلك تصبح جميع الكربوهيدرات التي في الجسم في صورة جلوكوز والذي يسمى أحياناً بسكر الدم (٨٠ مجم / ١٠٠ ملل دم). ويخزن سكر الجلوكوز في الكبد والعضلات في صورة جليكوجين بمساعدة هرمون الأنسولين الذي يفرزه البنكرياس. يختلف معدل سرعة امتصاص السكريات البسيطة باختلاف أنواعها فمثلاً يتساوى تقريباً معدل امتصاص سكر الجالاكتوز والجلوكوز ولكنها يكونها أسرع من معدل امتصاص سكر الفركتوز والذي يقدر معدل سرعة امتصاصه بحوالي ٤٣٪ مقارنة بسكر الجلوكوز.

يتم امتصاص الجلوكوز والجالاكتوز من خلال جدار الأمعاء الدقيقة بطريقة النقل النشط active transport ، والذي يتأثر بمضخة الصوديوم sodium pump ونظام النقل المتحرك mobile carrier system . أما سكر الفركتوز فلقد وجد بأنه لا يمتص عن طريق النقل النشط active transport ولكن عن طريق الانتشار السهل facilitated diffusion . وتجدر الإشارة إلى أن معظم السكريات يتم امتصاصها من الصائم (الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة). وهناك نظرية أخرى أكثر قبولاً تقول بأن الجلوكوز والجالاكتوز ينقلان مع الصوديوم بواسطة الحامل carrier الذي يسهل عملية الاختراق من خلال جدار الأمعاء الدقيقة، أي بطريقة النقل غير النشط (Passive mechanism) passive diffusion . ويوضح الشكل (١٣, ١) خطوات هضم وامتصاص الكربوهيدرات في جسم الإنسان.

(١٣, ٣) أيض الكربوهيدرات Metabolism of Carbohydrate

يمكن تعريف الأيض بأنه العمليات التي من خلالها تقوم خلايا الجسم بتحويل العناصر الغذائية إلى طاقة يستخدمها الجسم في عمليات النمو وبناء الأنسجة والنشاطات وغيرها. والجدير بالذكر أن سكر الجلوكوز يخزن في كل من الكبد والعضلات في صورة جليكوجين ليستهلكه الجسم عند الحاجة (أثناء الصيام وأداء

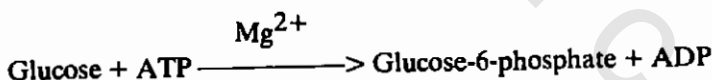


شكل (١، ١٣). هضم الكربوهيدرات وامتصاصها في الجسم.

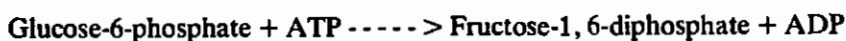
التسارين الرياضية والمجاعة والبرد)، حيث يتحول إلى جلوكوز وينتقل مع الدورة الدموية إلى الأنسجة المختلفة في الجسم والغدد والعضلات والجهاز العصبي ليتأكسد إلى طاقة وثاني أكسيد الكربون وماء. وبشكل عام فإن أيض الكربوهيدرات يمر في ثلاث مراحل رئيسية هي :

المرحلة الأولى : الجليكوليسيز Glycolysis

الجليكوليسيز أو تحلل السكر glycolysis هو عبارة عن سلسلة من التفاعلات التي تحول الجلوكوز إلى جزيئين من حمض البيروفيك pyruvate في وجود الأكسجين أو إلى جزيئين من حمض اللاكتيك في حالة عدم توافر الأكسجين، ويرافق هذه التفاعلات إنتاج أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP (Adenosine triphosphate). يتم الجليكوليسيز في السيتوسول cytosol بعد دخول الجلوكوز إلى الخلايا Cells، ويبدأ بحدوث فسفرة phosphorylation للجلوكوز ليتحول إلى جلوكوز-٦- فوسفات glucose 6-phosphate في وجود جزيء ATP الذي يقدم مجموعة فوسفات phosphonyl group إلى مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون رقم ٦. وتجدر الإشارة إلى أن عملية الفسفرة تهدف إلى تنشيط جزيء الجلوكوز، وتحويله إلى صورة يمكنها من النفاذ من خلال أغشية الخلايا ويساعد إنزيم الهكسوكينيز hexo-kinase على نقل مجموعة الفوسفات.



ثم يتحول الجلوكوز المفسفر إلى فركتوز ١، ٦- ثنائي الفوسفات fructose-1, 6-diphosphate في وجود الـ ATP الذي يتحول إلى ADP (أدينوسين ثنائي الفوسفات).



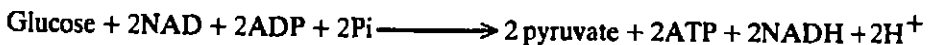
ثم ينقسم المركب الأخير إلى جليسر الدهيد -٣- فوسفات glyceraldehyde-3-phosphate (٣ ذرات كربون) وثنائي هيدروكسي أسيتون - فوسفات dihyd-roxyacetone-phosphate الذي يتحول إلى جليسرول glycerol يستخدم في إنتاج الجليسيريدات الثلاثية (الدهون). بعد ذلك يتأكسد جليسر الدهيد -٣- فوسفات إلى ١ ، ٣ - ثنائي جليسرates 1, 3-diphosphoglycerate في وجود الفوسفات (Inorganic phosphate) Pi وجزء NAD (Nicotinamide adenine dinucleotide) الذي يأخذ إلكترونين من الجليسر الدهيد -٣- فوسفات ليتحول إلى الشكل المختزل $NADH+H^+$.

$Glyceraldehyde-3-phosphate + Pi + NAD \longrightarrow 1,3-diphosphoglycerate + NADH + H^+$

ويسمى المركب NADH حامل الإلكترونات electrons carrier لأنه يحملها إلى glycerol phosphate shuttle . وتجدر الإشارة هنا إلى أن جميع حوامل NADH التي تكونت في السيتوسول cytosol (Cytoplasmic NADH) لا تستطيع أن تخترق جدار الميتوكوندريا mitochondria نظراً لأنه غير منفذ لها، وسوف يشرح لاحقاً إن شاء الله الطريقة التي تستطيع بها الإلكترونات المحمولة على الـ NADH ، والتي تكونت أثناء الجليكوليسيز glycolysis من دخول الميتوكوندريا. ثم تتحول جزيئة ١ ، ٣ ثنائي فوسفوجليسرates 1, 3-diphosphoglycerate التي تحتوي على مجموعتي فوسفات ذات طاقة عالية جداً إلى ٣- فوسفوجليسرates 3-phosphoglycerate بعد أن تمنح مجموعة الفوسفات مع طاقتها إلى ADP لتكوين ATP الذي يمثل الصورة الحاملة للطاقة في الجسم energy carrier .



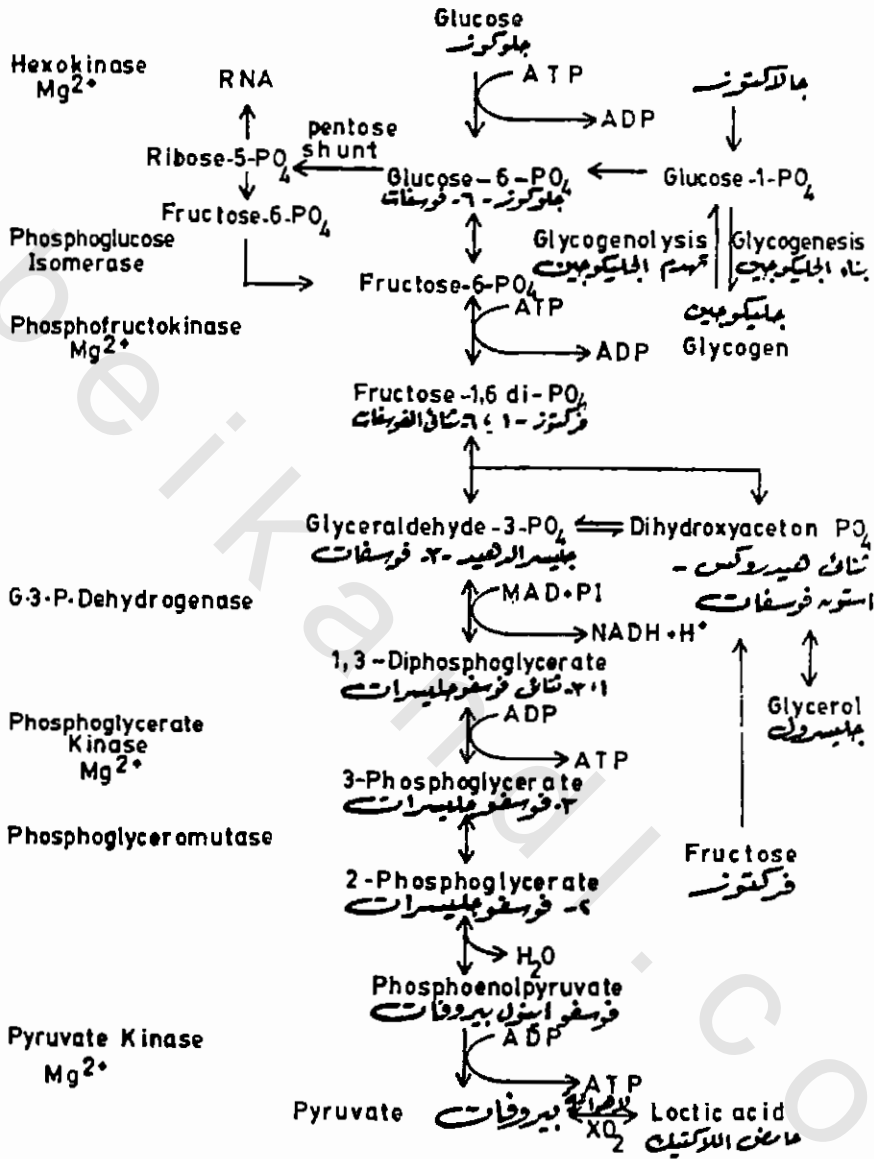
يلي ذلك حدوث عدة تفاعلات تؤدي في النهاية إلى تكوين مركب الفوسفوإينول بيروفات phosphoenolpyruvate الذي يفقد مجموعة فوسفات واحدة ليتحول إلى بيروفات pyruvate الذي يمثل نهاية مسار الجليكوليسيز glycolysis . وبشكل عام يمكن القول بأن الأيض الجليكولي (Glycolysis) لجزء جلوكوز واحد ينتج $2NADH + 2ATP + 2H^+$ (تتحول فيما بعد إلى ٦ ATP) كما يلي :



أف أن تفاعلالا الجلففكولفلسفز glycolysis اناا ٨ جزفأاا ATP من كل جزفء واحد جلوكوز فف الظروف الهوائفة فف الالففة فإن تفاعلالا الجلففكولفلسفز اناا ١٠ جزفأاا من ATP ، إلا أن جزفأفن ATP فُاسأاااا لفأوفل جزفء جلوكوز واحد إلى جزفأفن جلفسرالفهفد -٣- فوسفافا ، وبذلك فكون صافف النافا من الجلففكولفلسفز (أورة الفألل الجلففكولف) هو ٨ جزفأاا من ATP . كما أن امض البفروففك المأكون إما أن فآفه إلى المفأوكناأرفا لفأوفل إلى أسأفل كوانزفم ١ (أسأفل قرفن إنزفم) acetyl coenzyme A الذي فأأل أورة كرفس (CAC) لإنااا الطاقة أو ففأأزل فف السفأوبلازم أنه أأا الظروف اللاهوائفة (كمفة أكسجفن مأأة) كما فأأا أثناء الفمارفن الرفاففة العنففة إلى امض لافأفك lactic acid الذي فساعد على انقباض العضلال فف غفاب الأكسجفن . كما أن امض اللافأفك فمكن أن فعاء أكساأه reoxidized إلى امض البفروففك فف أالة فوافر الأكسجفن . فأأأ مافق ذكره أعلاه بأن مسار الجلففكولفلسفز فأأوف على مراكزف ففرع رففسفن الأول هو الجلوكوز -٦- فوسفافا الذي إما أن فآفه إلى مسار الجلففكولفلسفز لفأوفل الطاقة أو فآفه إلى مسار الجلففكولففسفز glycogenesis لفأوفل الجلففكولففن أو فآفه إلى فأوفلة البأأوز pentose shunt لفأوفل مكر الربفوز الأاماسف والفاف أوكس ربفوز اللأان فأألان فف أرفب الأاماض الفوففة (DNA و RNA) ، أما مراكز الففرغ الفافف فهو امض البفروففك الذي إما أن فآفه إلى أورة كرفس لفأوفل الطاقة أو فأأول إلى امض لافأفك فف العضلال أأا الظروف ففر الهوائفة كما ذكر أعلاه .

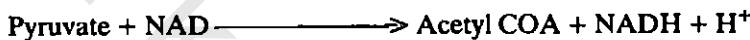
وبفأأ الشكل (١٣ ، ٢) مسار الجلففكولفلسفز glycolysis pathway لأفض الجلوكوز فف جسم الإنسان .

المراألة الفاففة : أورة كرفس أو أورة امض السأرفك أو أورة الأحامض الفاففة الكاربفكسل Krib's or Citric acid cycle (CAC) or tricarboxylic acid cycle (TCA) فأأأا هذه الأورة أكسة امض البفروففك أأا ظروف هوائفة إلى أسأفل كوانزفم ١ acetyl coenzyme A الذي فأكسا من ألال سلسلة من الفافعلاا مكوناً طاقة وإلكأروناا ، وأأأا سلسلة الفافعلاا أأأل أورة كرفس إلى ففأ NAD و FAD والمغنفسفوم وبعض الإنزففاا . وقبل أن أأا أورة كرفس فآفه معظم امض

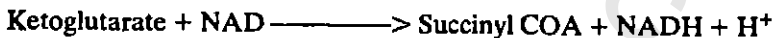
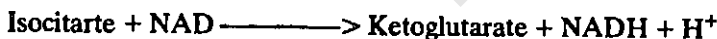


شكل (٢، ١٣). مسار الجليكوليزيس glycolysis pathway لأبيض الجلوكوز في جسم الإنسان.

البيروفيك الذي تكون في المرحلة السابقة (الجليكوليسين) إلى ميتوكوندريا-mitochondria الخلايا ليتأكسد إلى أستيل كوانزيم ١ acetyl CoA (حمض الخليك النشط) الذي يدخل دورة كريس . وتجدر الإشارة هنا إلى أن الدهون والكربوهيدرات المهضومة تدخل دورة كريس في صورة أستيل كوانزيم ١ . ويتكون أستيل كوانزيم ١ نتيجة لنزع مجموعة الكربوكسيل decarboxylation من حمض البيروفيك ، واتحاد مجموعة الأستيل acetyl الناتجة (حمض الخليك) مع الكوانزيم ١ . وتجدر الإشارة إلى أن الكوانزيم ١ (قرين الإنزيم) المستخدم في التفاعل السابق هو ثيامين بيروفوسفات (TPP) thiamine-pyrophosphate ، لهذا يؤدي نقص الثيامين المكون للكوانزيم ١ إلى تراكم حمض البيروفيك في الميتوكوندريا وارتفاع نسبته في الدم .

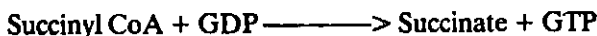


يلي ذلك حدوث تكاثف بين أستيل كوانزيم ١ وأكزالوأسيتات oxaloacetate لتكوين السترات (حمض الستريك) citrate التي يعاد ترتيبها isomerization of citrate لتكوين سيس أكونيتات Cis-aconitate ، ثم أيزوسترات iso-citrate . يفقد المركب الأخير هيدروجين ليتحول إلى ألفا كيتوجلوترات α - ketoglutarate الذي يتأكسد إلى سكسينيل قرين إنزيم ١ succinyl CoA بمساعدة NAD (عامل مساعد) التي تتقبل ذرات الهيدروجين ، ويرافق هذا التأكسد انطلاق الإلكترونات وثاني أكسيد الكربون

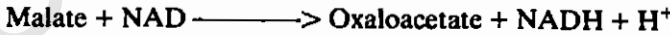
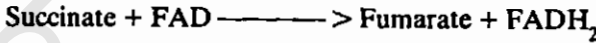


(Cofactor)

ثم يفقد سكسينيل قرين إنزيم ١ succinyl CoA قرين الإنزيم ١ (CoA) في وجود GDP (Guanosinediphosphate) التي تستقبل رابطة الفوسفات (الطاقة العالية) الموجودة في قرين الإنزيم ١ CoA ، والنواتج النهائية هي GTP وسكسينات Succinate



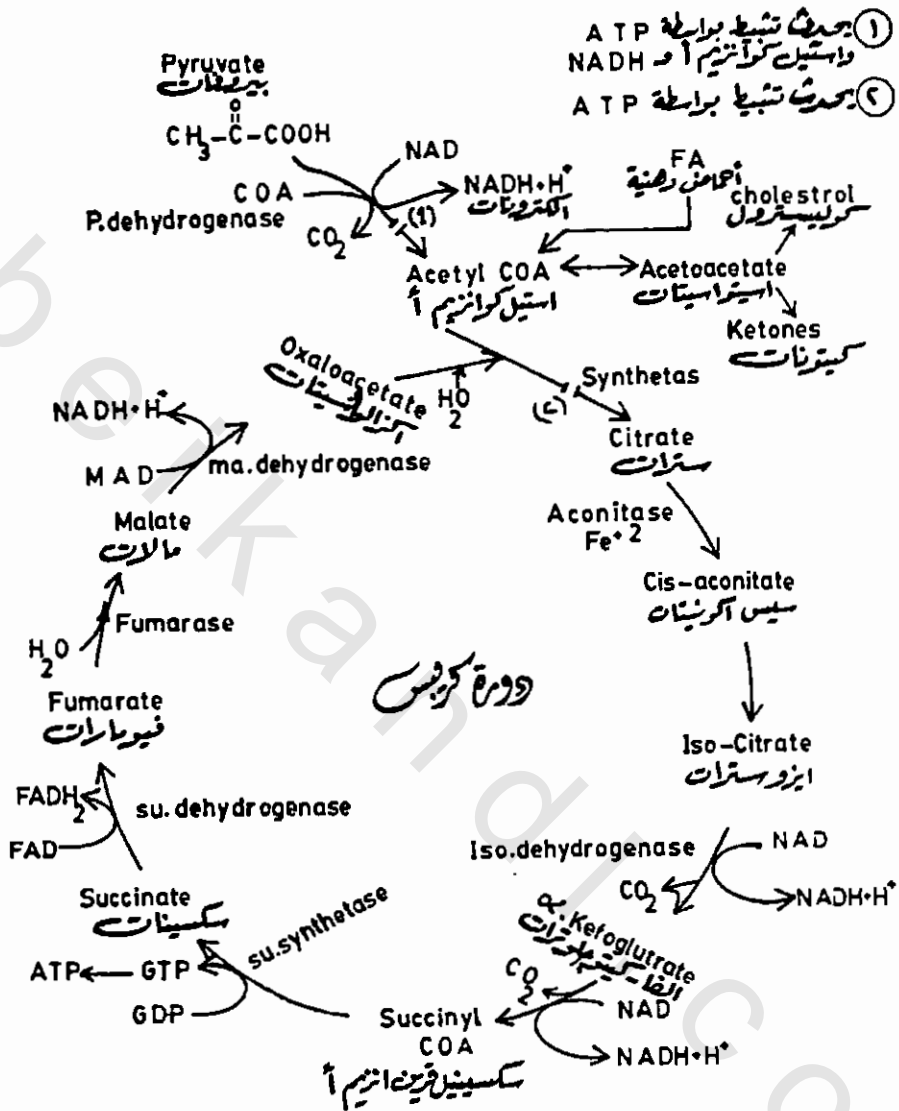
ويتحول المركب الأخير إلى فيوماترات fumarate في وجود العامل المساعد (Flavin adenine dinucleotide) FAD الذي يستقبل الإلكترونات. يضاف الماء إلى فيوماترات لتكوين مالات malate الذي تنزع منه الإلكترونات (الهيدروجين) لتكوين أكرالواسيتات oxaloacetate (في وجود DAN).



يتبين من تفاعلات الأكسدة والاختزال المذكورة آنفاً في دورة كربس أن هناك ثلاثة أزواج من ذرات الهيدروجين (سنة إلكترونات) نقلت إلى NAD ، بينما نقل زوج واحد من ذرات الهيدروجين (٢ إلكترون) إلى FAD . ثم بعد ذلك تتجه نواقل الإلكترونات (NAD و FAD) في صورتها المختزلة إلى مسار (سلسلة) الفسفرة التأكسدية لإنتاج الطاقة في صورة ATP ، ويمكن تمثيل نواتج التفاعل التام لدورة كربس كالتالي :



يتضح مما ذكر أعلاه بأن هناك أربعة فيتامينات لعبت دوراً رئيساً كعوامل مساعدة co-factor أثناء دورة كربس ، وهي الثيامين (thiamin) TPP) وحمض البانتوثينيك (CoA) pantothenic acid والريبوفلافين (riboflavin) FAD) والنياسين (niacin) NAD) . كما تجدر الإشارة إلى أن أكسدة أستيل كوانزيم أ في دورة كربس ينتج ١٢ جزيئاً من ATP ، وأن عملية (مسار) الجليكوليسيز glycolysis لجزء جلوكوز واحد تنتج جزءين من أستيل كوانزيم أ ، لهذا تكون المحصلة النهائية من أكسدة جزئي جلوكوز واحد هي ٢٤ جزيئاً ATP . ويبين الشكل (٣، ١٣) ملخص دورة كربس أثناء أيض العناصر الغذائية في جسم الإنسان .



شكل (٣، ١٣). دورة كريبس أثناء أيض العناصر الغذائية في جسم الإنسان.

المرحلة الثالثة: سلسلة نقل الإلكترونات (ETC) أو الفسفرة التأكسدية Electrons transport chain or oxidative phosphorylation or cytochrom system

تتضمن هذه المرحلة حمل ذرات الهيدروجين (الإلكترونات) بواسطة قرائن الإنزيمات (الكواينزيمات coenzymes) لتفاعل مع الأكسجين، والنواتج النهائية هي الماء الأيضي metabolic water والطاقة (ATPs). وتعتبر جزيئات FADH و NADH التي تكونت في مرحلة الجليكوليسيز glycolysis ، ودورة كربس مصادر غنية بالطاقة نظراً لاحتوائهما على زوج من الإلكترونات. لهذا عندما تتحد هذه الإلكترونات مع الأكسجين oxygen يؤدي ذلك إلى إنتاج الطاقة في صورة ATP. ويمكن مما سبق ذكره أن نعرف الفسفرة التأكسدية (سلسلة نقل الإلكترون) بأنها العملية التي من خلالها يتكون ATP عندما تنتقل الإلكترونات من الـ NADH أو FADH إلى الـ O بواسطة سلسلة من حوامل الإلكترونات series of electron carriers . وتحدث الفسفرة التأكسدية في الميتوكوندريا mitochondria ، حيث إن أكسدة جزيء NADH ينتج ثلاثة جزيئات من الـ ATP بينما أكسدة جزيء FADH ينتج جزيئين من ATP . ويمكن تلخيص خطوات الفسفرة التأكسدية كالآتي:

١ - ينتقل إلكترونان من الحامل NADH نتيجة لأكسدته بمساعدة إنزيم دي هيدروجينيز NADH dehydrogenase إلى الحامل FMN (فلافين أحادي النيوكلوتيد Flavin mononucleotide) مما يؤدي إلى اختزاله إلى الشكل FMNH . وتجدر الإشارة إلى أن FMN يوجد داخل إنزيم الدي - هيدروجينيز dehydrogenase (فلافوبروتين Flavoprotein) ، حيث يعمل كمساعد إنزيم prosthetic group ، بالإضافة إلى وجود الحديد iron .

٢ - تنتقل الإلكترونات (٢ إلكترون) من الحامل FADH إلى الحامل قرين الإنزيم Q (Coenzyme Q) الذي يتحول إلى الشكل المختزل.

٣ - يستمر انتقال الإلكترونات (Hydrogens) على حوامل الإلكترونات الباقية والتي هي عبارة عن سيتوكرومات cytochromes تحتوي على الحديد إلى أن تصل إلى الأكسجين وتفاعل معه لتكوين الماء (تنتقل من سيتوكروم إلى آخر).

٤ - تتكون عادة الطاقة (ثلاثة جزيئات من ال-ATP) في ثلاثة مواقع أثناء سريان الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون electron trasport chain إلى أن تصل إلى الأكسجين وهي :

الموقع الأول: عندما تمر الإلكترونات من NADH إلى FMN (يتكون جزيء واحد ATP).

الموقع الثاني: عندما تمر الإلكترونات من Cyt.b إلى Cyt.C1 (يتكون جزيء واحد من ATP).

الموقع الثالث: عندما تمر الإلكترونات من Cyt.c إلى Cyt. (a+a3) (يتكون جزيء واحد من ATP).

يتضح مما سبق ذكره أن أكسدة $NADH + H$ تنتج ثلاثة جزيئات من ATP ، بينما أكسدة FADH تنتج جزيئين من ATP . إن الحامل FAD الذي يتحول إلى الصورة المختزلة FADH عندما تتأكسد السكسينات succinate إلى فيوماترات في دورة كريس ، والذي يعمل كقرين لإنزيم دي هيدروجينيز سكسينات succinate dehydrogenase يقوم بنقل الإلكترونات التي يحملها مباشرة إلى قرين الإنزيم كيو coenzyme Q ، وتستمر هذه الإلكترونات في السريان حتى تصل إلى الأكسجين لتتفاعل معه ، وتتكون الطاقة والماء الأيضي . كما أن فسفرة GDP (Guanosinediphosphate) إلى GTP (Guanosinetriphosphate) في دورة كريس يعطي مباشرة جزيء ATP واحد .

يتضح مما ذكر أعلاه أن هناك ثلاث مجموعات (حوامل) مختلفة تحمل الإلكترونات من ال- NADH إلى الأكسجين وهي مجموعة الفلافين flavin والكوينون quinone والهيم heme . كما أن حوامل الإلكترونات أثناء الفسفرة التأكسدية عبارة عن مشتقات من فيتامينات ب مثل NAD من النياسين و FAD من الريبوفلافين وكذلك فيتامين أ . كما تحتاج السيتوكرومات إلى الحديد والنحاس لكي تقوم بدورها في نقل الإلكترونات ، حيث إن نقل الإلكترونات من سيتوكروم ب إلى سيتوكروم س_١ ينتج عنها أكسدة الحديد في سيتوكروم ب إلى حديدك ferric واختزاله في السيتوكروم ج_١ إلى حديدوز ferrous . ويوضح الشكل (٤، ١٣) سلسلة نقل الإلكترونات (الفسفرة التأكسدية)

لأيض العناصر الغذائية . وبشكل عام فإنه يمكن حساب الطاقة النهائية net energy الناتجة من أيض جزئيء واحد جلوكوز كالآتي :

أولاً : حساب الطاقة الناتجة في مرحلة الجليكوليسيز glycolysis (تحول الجلوكوز إلى بيروفات) . ينتج في هذه المرحلة :

٨ جزيئات أدينوسين ثلاثي الفوسفات $\leftarrow$ ٨ ATP

ثانياً : حساب الطاقة الناتجة من تحول البيروفات إلى أستيل كواإنزيم acetyl CoA . ينتج في هذه المرحلة :

جزيئان $NADH + H^+$ تتأكسد إلى $\leftarrow$ ٦ جزيئات من ATP

ثالثاً : حساب الطاقة الناتجة من دورة كربس (أيض جزئيء جلوكوز) . ينتج في هذه المرحلة :

٦ جزيئات $NADH + H^+$ تتأكسد إلى $\leftarrow$ ١٨ جزيئاً ATP

جزيئان $FADH_2$ تتأكسد إلى $\leftarrow$ ٤ جزيئات ATP

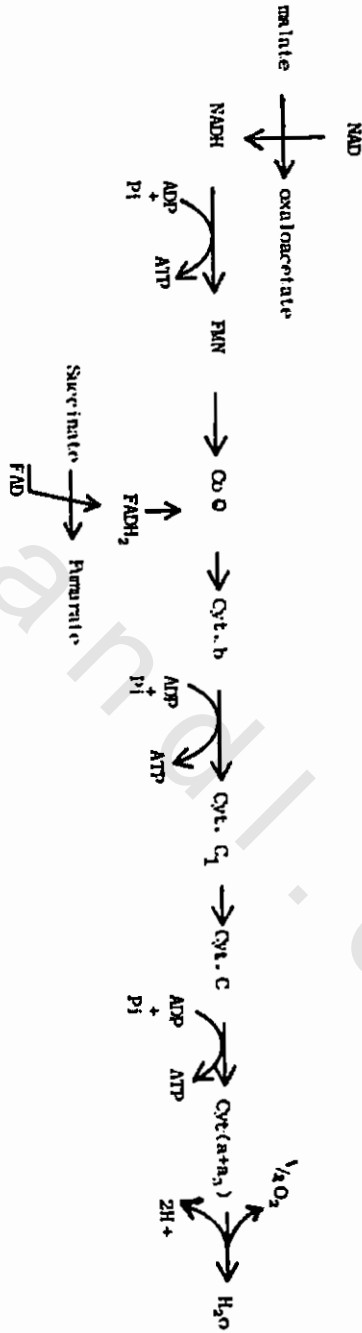
جزيئان GTP تتأكسد إلى $\leftarrow$ جزيئان ATP

إذن مجموع الـ ATP الناتجة من دورة كربس = ٢٤ جزيئاً من ATP .

إذن الطاقة النهائية الناتجة من أيض جزئيء جلوكوز = ٢٤ + ٦ + ٨ = ٣٨ جزيئاً ATP .
وتجدر الإشارة هنا إلى أن استخدام glycerophosphate يترتب عليه انخفاض الطاقة النهائية الناتجة من أيض جزئيء جلوكوز phuttle واحد إلى ٣٦ جزيئاً ATP نظراً لأن $2NADH$ تنتج ٤ ATP بدلاً من ٦ ATP .

(٤، ١٣) الجليكوجينيسيز (تكوين الجليكوجين) Glycogenesis

هو عبارة عن الخطوات التي يتم بها تحول الجلوكوز (Glucose-6-phosphate) الزائد عن حاجة الجسم إلى جليكوجين glycogen يخزن في الكبد والعضلات . وينظم



شكل (٤، ١٣). سلسلة نقل الإلكترونات لأيض العناصر الغذائية في الجسم.

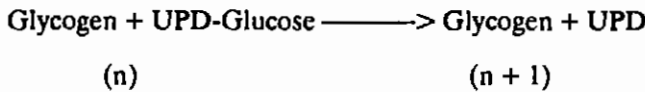
تصنيع الجليكوجين synthesis وتهدمه degradation داخل الجسم مستوى سكر الدم ويزود الجسم بمخزون من الجلوكوز الذي يستخدم في الأنشطة العضلية. وتتوقف كمية الجليكوجين المخزنة في الكبد والعضلات على نوع الغذاء المأكل حيث إن الوجبة الغنية بالكربوهيدرات من كمية الجليكوجين المخزنة، كما أن النشاطات التي يمارسها الشخص لها تأثير على كمية الجليكوجين المخزنة في الجسم. تقدر كمية الجليكوجين التي تخزن في الجسم في الحالة الطبيعية بالنسبة للشخص البالغ بحوالي ٣٥٠ جراماً، منها ١٢٠ جراماً في الكبد (٥٪ من وزنه) و ٢٣٠ في العضلات (١٪ من وزنه). يستخدم الجليكوجين كمصدر سريع للطاقة عند انخفاض مستوى الجلوكوز في الدم كما يحدث في حالة التمارين الرياضية العنيفة والجوع والصيام. ويمكن تلخيص مسار تكوين الجليكوجين (الجليكوجينيس) glycogenesis في الجسم كالآتي:

(أ) يعتبر مركب يوريدين داي فوسفو جلوكوز (Uridin diphosphate glucose) UDP-Glucose هو الشكل النشط الذي يهب الجلوكوز أثناء عملية تكوين الجليكوجين كما هو موضح في التفاعلات التالية:



ويحفز على عملية الفسفرة في التفاعل السابق إنزيم يوريدين داي فوسفوجلوكوز بيروفوسفوريليز UDP-glucose-phosphorylase.

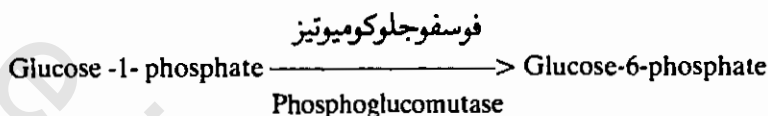
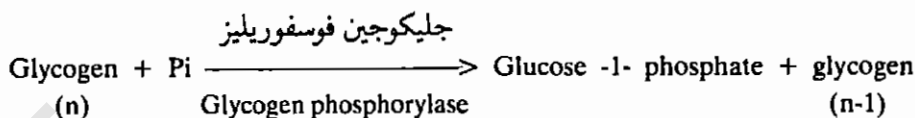
(ب) ينتقل جزيء جلوكوز من UDP-glucose إلى سلاسل تركيبية من الجليكوجين بمساعدة إنزيم جليكوجين سينثيتاز glycogen synthetase.



(١٣، ٥) الجليكوجينوليسيز (تهدم الجليكوجين) Glycogenolysis

هو عبارة عن تهدم الجليكوجين إلى جلوكوز الذي يمد الجسم بالطاقة وينظم مستوى الجلوكوز في الدم (جليكوجين الكبد). وتبدأ عملية تهدم الجليكوجين في

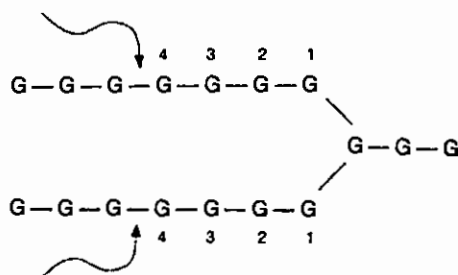
الجسم بتحلل الجليكوجين إلى جلوكوز-١- فوسفات، ثم بعد ذلك إلى جلوكوز-٦- فوسفات glucose-6-phosphate بمساعدة إنزيمات معينة كما في المعادلة التالية:



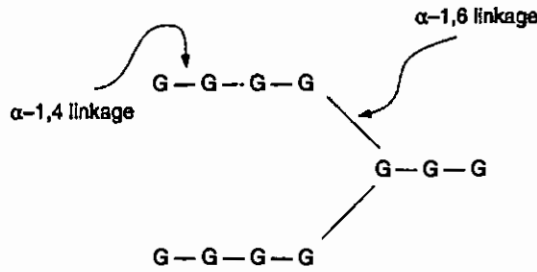
ولا يستطيع المركب الأخير الخروج من خلايا الكبد إلا بعد أن يتحول إلى جلوكوز بفعل إنزيم glucose-6-phosphatase الذي له القدرة على العبور من خلايا الكبد. ويمد الكبد الدم بالجلوكوز أثناء التمارين الرياضية (النشاطات)، وكذلك أثناء الفترات التي تفصل بين الوجبات، ويتجه الجلوكوز القادم من الكبد مباشرة إلى المخ والعضلات. وتجدر الإشارة إلى أن هناك ثلاثة إنزيمات رئيسة تشترك مع بعضها في تهدم الجليكوجين إلى جلوكوز وهي:

أولاً: إنزيم الفوسفوريلاز Phosphorylase

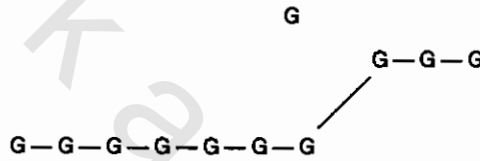
يعمل هذا الإنزيم على تحلل جزئي جزيء جليكوجين، حيث يقوم بتكسير الروابط ألفا-١، ٤ (1,4 linkages) في سلاسل الجليكوجين، إلا أن نشاطه يتوقف على بعد ٤ جزيئات من الجلوكوز من نقطة التفرع كما هو موضح في الشكل التالي:



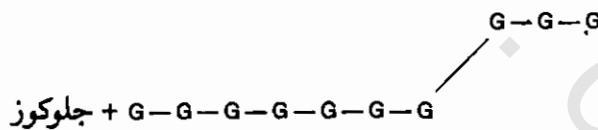
الرابطه الأخيرة التي يؤثر عليها الإنزيم



ثانيًا: إنزيم الترانس فيريز Transpherase يقوم هذا الإنزيم بنقل ثلاثة جزيئات جلوكوز من أحد التفرعات إلى الآخر لتكوين الشكل التالي:



ثالثًا: إنزيم الجليكوسيداز α -1,4-Glycosidase يقوم بتكسير الرابطة الفا-1، ٦ α -1,6 linkage التي قاومت الإنزيمات السابقة، ويؤدي ذلك إلى تكوين جزيء جلوكوز واحد وسلسلة مستقيمة من وحدات الجلوكوز.

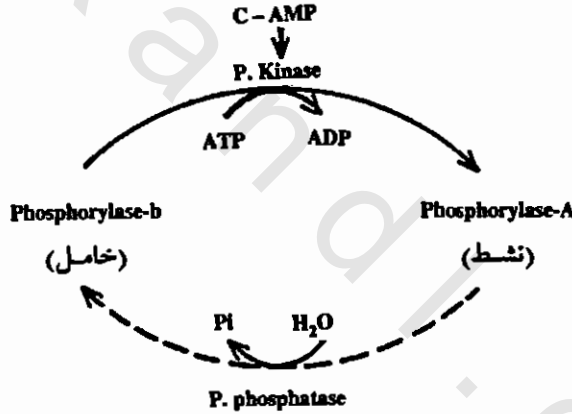


يتضح مما سبق ذكره أن الإنزيمين الثاني والثالث قد قاما بتحويل سلسلة الجليكوجين المتفرعة إلى سلسلة مستقيمة مما يساعد الإنزيم الأول على استمرار عملية تكسير الروابط ألفا-١، ٤ α -1,4 linkage وإنتاج الجلوكوز. وبما تجدر الإشارة إليه هنا أنه يتم التحكم في تهدم الجليكوجين glycogenolysis وتكوينه glycogenesis بواسطة (C-AMP) cyclic-adenosin mono phosphate كالتالي:

(أ) تهمد الجليكوجين Glycogenolysis

يحفز النشاط العضلي أو الجوع على إفراز هرمون إبينفرين epinephrin (الأدرينالين Adrenalin) من غدة الأدرينالين adrenal gland ، وينشط هذا الهرمون عملية تهمد الجليكوجين في العضلات عن طريق تنشيط مركب C-AMP ، بينما يفرز في الكبد هرمون الجلوكاجون glycagon الذي ينشط تهمد الجليكوجين في الكبد. وتعمل هذه الهرمونات على تهمد الجليكوجين عن طريق فسفرة الإنزيمات، حيث تحول إنزيم الفوسفوريلاز - ب (Phosphorylase-b) (الخامل إلى الفوسفوريلاز - أ (phos-phorylase-a) النشط الذي يحفز عملية تهمد الجليكوجين إلى جلوكوز كما هو مبين في شكل (١٣، ٥).

دورة C-AMP للتحكم في تهمد وتكوين الجليكوجين في الجسم.



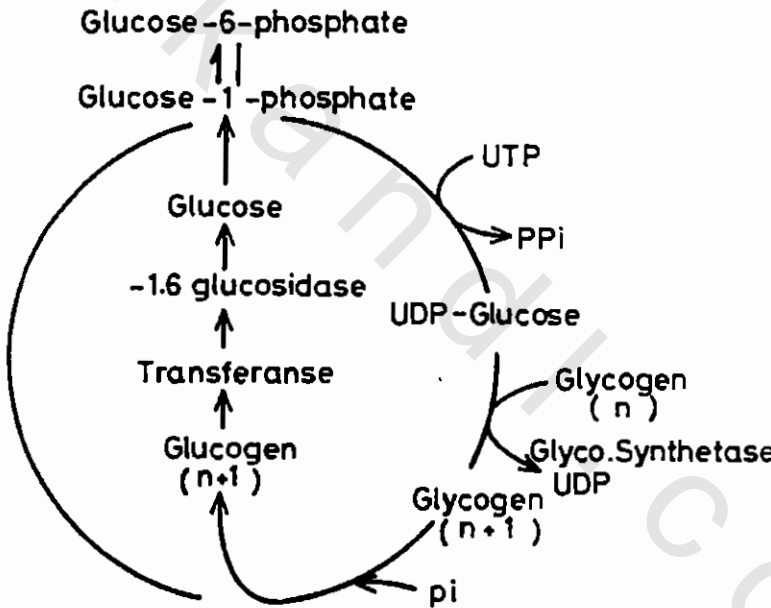
يعمل مركب C-AMP الذي يحفز بواسطة هرموني إبينفرين والجلوكاجون على تنشيط إنزيم P. Kinase الذي يلعب دوراً بارزاً في تحويل إنزيم الفوسفوريلاز من الصورة الخاملة إلى الصورة النشطة.

شكل (١٣، ٥). دورة C-AMP للتحكم في تهمد وتكوين الجليكوجين في الجسم.

(ب) تكوين الجليكوجين Glycogenesis

يعمل هرموني إبينفرين والجلوكاجون على تحويل إنزيم السينثيتاز - I (Synthetase-I) النشط إلى إنزيم السينثيتاز - د (Synthetase-D) الخامل مما يؤدي إلى إيقاف

تكون الجليكوجين، أي أن ما يحدث هو أن مجموعة الفوسفات تزال من الإنزيمات مما يجعل إنزيم السيثيتيز نشيطاً وإنزيم الفوسفوريليز خاملاً. يتضح مما سبق ذكره بأن هذه الهرمونات قامت بتحفيز نشاط الإنزيمات المسؤولة عن تدهم الجليكوجين وتثبيط نشاط الإنزيمات المسؤولة عن تكوين الجليكوجين. ولقد وجد أنه لا يحدث إفراز لهذه الهرمونات عند قلة الحركة أو النشاط أو الشبع مما يؤدي إلى تثبيط فعاليتها وانعكاس في سير التفاعلات المذكورة أعلاه. ويوضح الشكل (١٣، ٦) التفاعلات الرئيسة أثناء تكوين وتدهم الجليكوجين في الجسم.

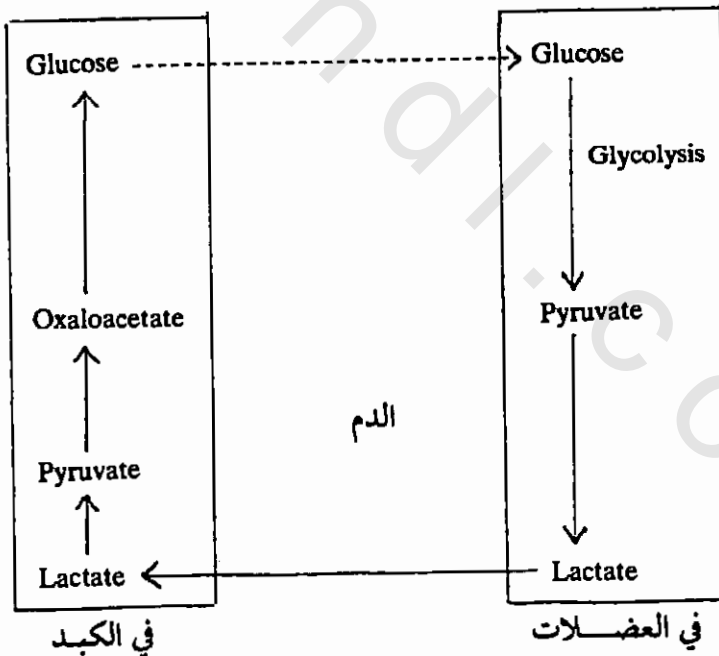


شكل (١٣، ٦). التفاعلات الرئيسة أثناء تكوين وتدهم الجليكوجين في الجسم.

(١٣، ٦) جلوكونيوجنيسيز Gluconeogenesis

يقصد بها تصنيع الجلوكوز (أو الجليكوجين) من مصادر غير كربوهيدراتية، ويتم ذلك بصفة رئيسية في الكبد وبمعدل منخفض جداً في الكلية. ويحدث

الجلوكونيوجنيسيز في حالة الجوع أو التمارين الرياضية العنيفة أو في حالة عدم التزويد بالكمية الكافية من الأنسولين في حالة مرض السكري، وقد وجد بأن حمض اللاكتيك *lactic* ومعظم الأحماض الأمينية والجليسرول تشكل المصادر الرئيسة غير الكربوهيدراتية التي يصنع منها الجلوكوز. تعمل الجلوكونيوجنيسيز على التنظيم والمحافظة على مستوى الجلوكوز في الدم مما يمكن العضلات والدماغ من الحصول على احتياجاتها من الجلوكوز. يتم التحكم في مستوى الجلوكوز في الدم بواسطة دورة كوري *cori cycle* (شكل ١٣، ٧)، حيث ينتقل حمض اللاكتيك الذي تكوّن نتيجة انقباض العضلات بواسطة الدم إلى الكبد ليتحول فيه إلى حمض البيروفيك ثم إلى جلوكوز الذي ينتقل مرة أخرى بواسطة الدم إلى العضلات. كما يتم تكوين الجلوكوز من الأحماض الأمينية بالطريقة السابقة نفسها. وتجدر الإشارة هنا إلى أن بعض حمض اللاكتيك الذي تكون نتيجة انقباض العضلات أثناء مسار الجليكوليسيز *glycolysis* يتجه إلى دورة كريس لإنتاج الطاقة.

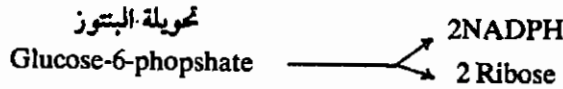


شكل (١٣، ٧). دورة كوري *Cori cycle* في جسم الإنسان.

(١٣, ٧) مسار تكوين السكريات الخماسية (تحويل البنتوز)

Hexose Monophosphate Shunt or Pentose Shunt

هي عبارة عن طريق جانبي من مسار الجليكوليسيز glycolysis وتحدث تحت ظروف هوائية لإنتاج سكر الريبوز ribose والـ NADPH .



تنقل بعض الإلكترونات وذرات الهيدروجين الناتجة من أيض الكربوهيدرات والدهون والبروتينات بواسطة NADPH (reduced nicotinamide adenin dinucleotide phosphate) لأجل عملية التصنيع الحيوي biosynthesis للأحماض الدهنية في الأنسجة الدهنية adipose tissue وكذلك لأجل عملية الاستفادة utilization من حمض اللاكتيك lactate في العضلات. أي أنه يستفاد من هذه الإلكترونات في عملية التصنيع synth- بدلاً من أن تنتقل إلى الأكسجين لإنتاج الطاقة (ATP) والخطوة الأولى في تحويل البنتوز هي إزالة الهيدروجين dehydrogenation من مركب جلوكوز-٦- فوسفات glu- cose-6-phosphate . ومن خلال تحويل البنتوز يتكون سكر الريبوز الذي يستخدم لتصنيع RNA و DNA المسؤولين عن نقل الصفات الوراثية.

(١٣, ٨) الفركتوز والجالاكتوز Fructose and Galactose

لقد أشارت الدراسات إلى أنه يحدث أيض لمعظم سكر الفركتوز في الكبد، حيث يتحول إلى ثنائي هيدروكسي - أسيتون فوسفات dihydroxyacetone-phosphate وجليسريد-٣- فوسفات glyceraldehyde-3-phosphate اللذان يتجهان إلى مسار الجليكوليسيز glycolysis . أما سكر الجالاكتوز فإنه يتحول في الكبد إلى جلوكوز-٦- فوسفات glucose-6-phosphate الذي يتجه أيضاً إلى مسار الجليكوليسيز glycolysis .

(١٣, ٩) علاقة أيض الكربوهيدرات بالبروتينات والدهون

تعتبر الكربوهيدرات المصدر الرئيسي للطاقة التي يحتاجها جسم الإنسان للقيام بوظائفه الحيوية ونشاطاته، وتخزن الكمية الزائدة منها في الجسم في صورة جليكوجين

glycogen في كل من الكبد والعضلات، وكذلك في صورة دهن في الأنسجة الدهنية. كما يمكن للكربوهيدرات - كما هو الحال بالنسبة للدهون - أن تتحول إلى بروتينات (بعض الأحماض الأمينية غير الأساسية) ويحتاج ذلك إلى مصدر للنيتروجين (N). كذلك يمكن أن تصنع الكربوهيدرات من الأحماض الأمينية الجلوكوجينية (Glucogenic amino acids) فقط، بينما لا تستطيع الأحماض الأمينية الكيتونية ketogenic amino acids أن تتحول إلى كربوهيدرات. وتكوين الكربوهيدرات من الدهون محدود جدًا لأن جزء الجليسرول glycerol في جزيء الدهن TG هو الذي يستطيع فقط التحول إلى كربوهيدرات (جلوكوز) نظرًا لأن مسار البيروفات إلى أستيل كوانازيم في دورة كربس غير قابل للانعكاس.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن كمية البروتينات الزائدة على احتياجات الشخص (لعمليات النمو والبناء) تخزن في الجسم على صورة دهن، ويتطلب ذلك استهلاك كمية كبيرة من الطاقة وفقد للنيتروجين. ويستخدم الجسم البروتينات والدهون كمصادر للطاقة في حالة عدم توافر كميات كافية من الكربوهيدرات، إلا أن استخدام البروتينات كمصدر للطاقة يكون على حساب بناء أنسجة الجسم وصيانتها. وفي حالة تناول أغذية فقيرة في محتواها من الكربوهيدرات (في حالات مرض السكري الحاد) يصبح الدهن المصدر الرئيس للطاقة في جسم الإنسان ويؤدي ذلك إلى تراكم المواد الكيتونية في الدم بسبب التهدم غير المتكامل للأحماض الدهنية.

يتضح مما سبق أنه لا يمكن فصل أيض الكربوهيدرات كلية عن أيض الدهون والبروتينات، أي أن أيض المواد الثلاثة الرئيسة مرتبط مع بعضها البعض في مواقع متعددة. والشكل (٨، ١٣) يوضح علاقة أيض الكربوهيدرات بالبروتينات والدهون في الجسم.

هضم وامتصاص وأيض الليبيدات

Digestion, Absorption and Metabolism of Lipids

● هضم الليبيدات ● امتصاص الليبيدات ● أيض الليبيدات ● أيض الكوليستيرول

(١٤, ١) هضم الليبيدات Digestion of Lipids

توجد لببيدات الغذاء في عدة صور، حيث إن ٩٥٪ منها عبارة عن جليسيريدات ثلاثية (TG)، وهذه تتعرض إلى تغيرات كثيرة أثناء عملية الهضم والامتصاص. والجزء الباقي (٥٪) من الليبيدات عبارة عن إسترات الكوليستيرول cholesterol esters وفوسفوليبيدات phospholipids. ويمكن تلخيص مراحل هضم الليبيدات كالتالي:

١ - الفم Mouth: لا يحدث هضم لليبيدات في الفم نظراً لعدم وجود الإنزيمات الهاضمة به.

٢ - المعدة Stomach: قد يحدث هضم جزئي بسيط جداً للجليسيريدات الثلاثية في المعدة بفعل إنزيم الليباز اللساني lingual lipase، ويتم الهضم الجزئي للدهون الموجودة على شكل مستحلب مثل الدهون الموجودة في صفار البيض والزبدة وكذلك للأحماض الدهنية القصيرة السلسلة.

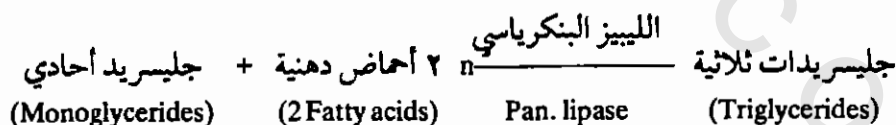
٣ - الأمعاء الدقيقة Small intestine: تهضم الليبيدات بشكل رئيسي في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة عندما يدخل الغذاء المحتوي على الدهن في صورة كيموس Chyme (مادة لبنية يتحول إليها الطعام بفعل العصارة المعدية) إلى الأمعاء الدقيقة. حيث يترتب على دخول الدهن إلى الأمعاء الدقيقة ما يلي:

(١) يحفز دخول الدهن إلى الأمعاء الدقيقة على إفراز هرمون انتيروجاسترون en-

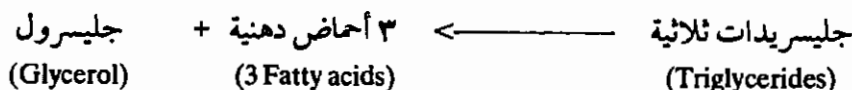
terogastron الذي يقلل من حركة وسريان الكيموس داخل الأمعاء الدقيقة.

(ب) يحفز الدهن على إفراز هرمون كوليسيستوكينين cholecystokinin الذي ينتقل عن طريق الدم إلى المرارة gall bladder لينشط إفراز الصفراء bile التي تعمل على استحلاب الدهون emulsification وتكسرها إلى أجزاء صغيرة، مما يزيد من مساحة أسطحها المعرضة إلى الإنزيمات. يلي ذلك تحلل الدهون المستحلبة emulsified fat بفعل إنزيمين رئيسين هما: إنزيم الليباز البنكرياسي pancreatic lipase ، إنزيم الليباز المعوي intestinal lipase إلى أحماض دهنية fatty acids وجليسيريدات أحادية monoglycerides (عند المواقع ١ و ٣) وجليسرول glycerol وجليسيريدات ثنائية diglycerides . كما تحتوي الأمعاء الدقيقة على إنزيمين آخرين هما: كولسترول إستيراز cholesterol esterase : يوجد في إفرازات البنكرياس pan-creatic secretions ، ويحلل إسترات الكولستيرول cholesterol esters إلى كولستيرول cholesterol وأحماض دهنية. وإنزيم فوسفوليبيز phos-pholipase يعمل على تكسير روابط مختلفة في جزيئات الفوسفوليبيدات. ويمكن تلخيص تفاعلات هضم الدهون كالتالي:

(أ) التفاعل الرئيسي Principle reaction



(ب) التفاعل الثانوي Minor reaction



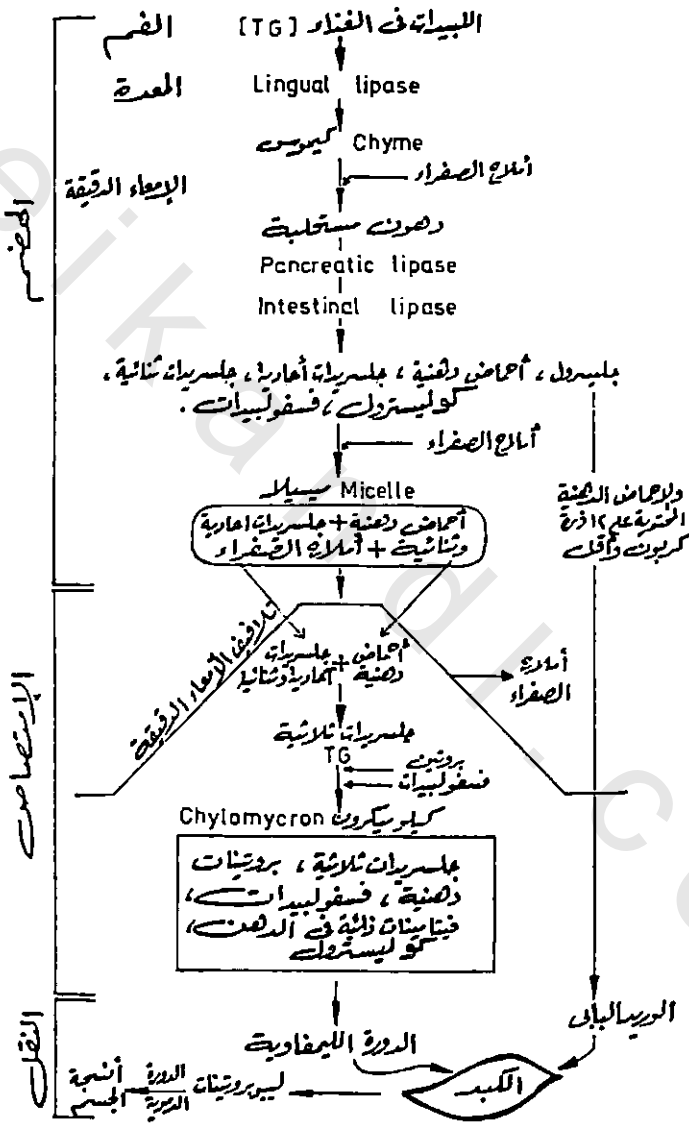
يتضح مما ذكر أعلاه بأن المركبات النهائية الناتجة من تحلل اللييدات، والتي يمكن امتصاصها من خلال جدار الأمعاء الدقيقة تشمل الأحماض الدهنية والجليسول والجليسيريدات الأحادية والثنائية والكوليستيرول والفوسفولييدات.

(٢، ١٤) امتصاص اللييدات Absorption of Lipids

تُمتص اللييدات من الأمعاء الدقيقة حيث تتجمع نواتج تحلل اللييدات (الأحماض الدهنية والجليسيريدات الأحادية والثنائية والكوليستيرول والفيتامينات الذائبة في الدهن)، وتتحد مع أملاح الصفراء bile salt في صورة مستحلب يسمى الميسيلات micelles قبل أن تعبر تلافيف الأمعاء الدقيقة villus of small intestine. وتتميز الميسيلات بأنها قابلة للذوبان في الماء ويسهل امتصاصها من خلال الجدار المخاطي المبطن لتلافيف الأمعاء الدقيقة. ويحدث امتصاص لمكونات الميسيلات في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة (الأثنى عشر Duodenum) مع انفصال أملاح الصفراء التي يتم امتصاصها في الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة (اللفائفي Ileum) لتنتقل إلى الكبد عن طريق الوريد البابي لإعادة استخدامها مرة أخرى. بعد ذلك تتحد الأحماض الدهنية الطويلة السلسلة (أكثر من ١٢ ذرة كربون) مع الجليسيريدات الأحادية والثنائية لتكوين الجليسيريدات الثلاثية (TG) ويتم ذلك في داخل خلايا الأنسجة المخاطية cells of mucosa وقبل الدخول إلى الدورة الليمفاوية lymph circulation. ثم تحاط الجليسيريدات الثلاثية بغلاف مكون من البروتين protein والفوسفولييدات phospholipids لتتحول إلى ما يسمى بالكيلوميكرونات chylomicrons التي تستطيع عبور أغشية الخلايا المؤدية إلى الدورة الليمفاوية. تتجه الكيلوميكرونات إلى الأوعية الليمفاوية التي تنقلها إلى الكبد (لتتحول بداخله إلى ليوبروتينات snietorpopil)، ومنه إلى الدورة الدموية (في صورة ليوبروتينات) والتي توزعها على جميع أنسجة الجسم المختلفة فيما عدا المخ.

أما الجليسرول glycerol والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة (١٢ ذرة كربون وأقل) فإنها تنقل إلى الكبد مباشرة عن طريق الوريد البابي portal vein دون أن تتحول إلى ميسيلات أو كيلوميكرونات. أما بالنسبة للكوليستيرول لأنه يمتص مع

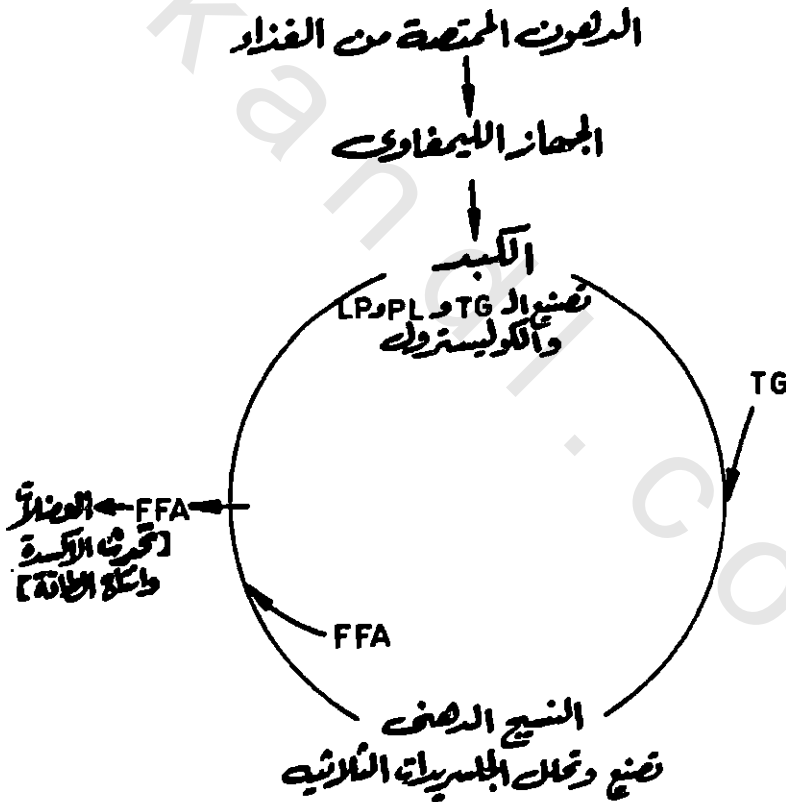
الكيلوميكرونات عن طريق الأوعية اللمفاوية.
ويبين الشكل (١٤، ١) مراحل هضم وامتصاص ونقل اللبيدات داخل جسم الإنسان.



شكل (١٤، ١). هضم اللبيدات وامتصاصها ونقلها.

Lipid Metabolism (١٤, ٣) أيض الليبيدات

تعتبر الليبيدات مصادر غنية جدًا بالطاقة، حيث إن تأكسد جرام واحد منها يمد الجسم بحوالي ٩ سعرات، ويرجع ذلك إلى أنها غير قطبية very non-polar، وتخزن في الجسم في صورة غير مائية anhydrous form بعكس الكربوهيدرات والبروتينات التي تتميز بأنها قطبية polar وأكثر تميؤًا (اتحاد مع الماء) more hydrated. ويعد الكبد والأنسجة الدهنية adipose tissues الأعضاء الأساسية في جسم الإنسان التي تتحكم في عملية أيض الليبيدات، أي أن الكبد والأنسجة الدهنية هما المعوقان الرئيسان لاستغلال الليبيدات، لهذا أطلق على العلاقة المتبادلة بينهما تعبير محور الكبد - النسيج الدهني liver-adipose tissue axis، كما هو موضح في الشكل (١٤, ٢).



شكل (١٤, ٢). العلاقة المتبادلة بين الكبد والأنسجة الدهنية أثناء أيض الليبيدات.

وتعتبر الأنسجة الدهنية المخزن الرئيس للدهون الزائدة على حاجة الجسم والتي يستخدمها الجسم في حالة الصيام أو الجوع الشديد أو أثناء القيام بمجهود عضلي كبير خصوصاً أثناء أداء التمارين الرياضية العنيفة. كذلك يحدث تصنيع للدهون في الأنسجة الدهنية خصوصاً في الحالات التي يتناول منها الإنسان كميات زائدة من الطاقة في غذائه. حيث تأخذ الأنسجة الدهنية الأحماض الدهنية التي جرى تميرها من المستحلبات الدهنية (Chylomicron و VLDL و LDL و HDL و FFA) بمساعدة إنزيم الليبوبروتين ليباز lipoprotein lipase لتكوين الدهون التي تخزن في الأنسجة الدهنية. وبعد الكبد العضو الرئيس الذي ينظم أيض الدهون في جسم الإنسان، ويمكن تلخيص ذلك كالآتي:

١ - يستطيع الكبد إطالة أو تقصير السلاسل الكربونية للأحماض الدهنية، وكذلك إضافة روابط مزدوجة إلى الأحماض الدهنية، فمثلاً يستطيع الكبد إضافة رابطة مزدوجة إلى حمض الاستياريك stearic acid لتكوين حمض الأوليك oleic acid ، إلا أنه لا يستطيع إضافة رابطة مزدوجة ثانية إلى حمض الأوليك oleic acid لتكوين حمض اللينوليك linoleic acid .

٢ - يمكن للكبد أن يحلل الجلسريدات الثلاثية (TG) إلى أبسط مكوناتها.

٣ - يمكن له تصنيع الجلسريدات الثلاثية من الأحماض الدهنية والجلوكوز أو الأحماض الأمينية (Carbone skeletons) ، وكذلك تصنيع الفوسفوليبيدات (PL) ، والليبوبروتينات (LP) ، وإطلاقها إلى الدورة الدموية أو سحبها منها للمحافظة على مستواها الطبيعي في الدم.

٤ - يستطيع الكبد أن يتحكم في تصنيع الكوليستيرول الداخلي endogenous cholesterol ، وإزالته من الدورة الدموية، وتحويله إلى أحماض الصفراء bile acids ، وكذلك إفراز الكوليستيرول وأحماض الصفراء إلى الأمعاء.

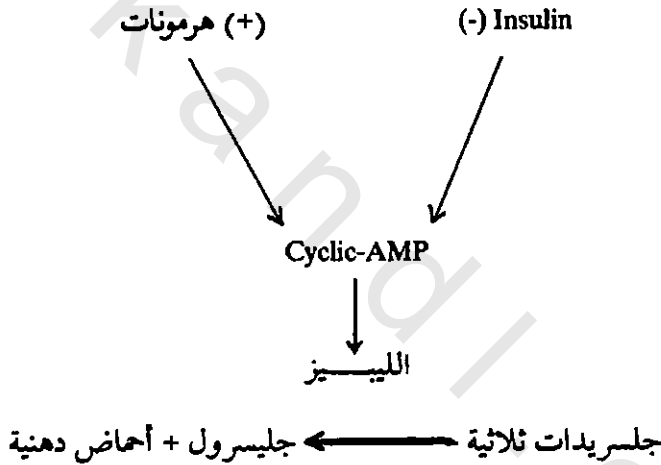
ويشمل أيض الليبيدات عمليتين رئيسيتين هما تحليل الليبيدات وتصنيع الليبيدات.

أولاً: تحليل الليبيدات Lipolysis of lipids

يعتبر التحلل المائي hydrolysis للجلسريدات الثلاثية (TG) إلى جليسرول

glycerol وأحماض دهنية بمساعدة إنزيم الليبيز lipase هو الخطوة الأولى لتوليد الطاقة من الدهون في الأنسجة الدهنية. ويتم تنظيم عمل إنزيم الليبيز بواسطة هرمونات إيبينفرين epinephrin ونون إيبينفرين nonepinephrin والجليكاجون glycagon التي تعمل على تحفيز مركب (Cyclic adenosin monophosphate) Cyclic-AMP ، مما ينشط عمل إنزيم الليبيز.

أما الإنسولين Insulin فإنه يعمل على تثبيط نشاط cyclic-AMP ، وتحلل الدهن، أي أنه يوقف عملية الأحماض الدهنية وإنتاج الطاقة.

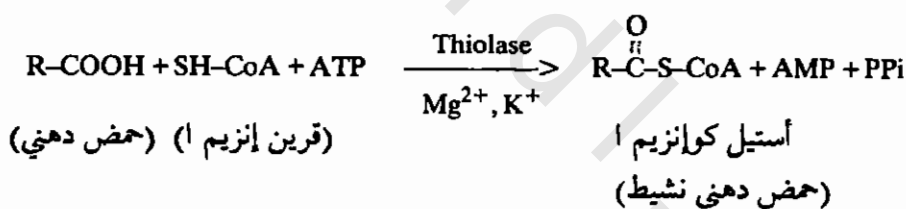


ثم تعبر الأحماض الدهنية الناتجة من تحلل الجليسيريدات الثلاثية أغشية الميتوكوندريا mitochondria ، حيث تحدث عملية الأكسدة بداخلها، بينما يتجه الجليسرول إلى مسار الجليكوليسيز glycolysis بعد تحوله إلى ثنائي هيدروكسي فوسفات الأستون dihyd- roxy acetone phosphate . وتجدر الإشارة إلى أن الحمض الدهني يتحول إلى أستيل كواينزيم أ (الصورة النشطة للحمض الدهني $R-C(=O)-S-CoA$) قبل دخوله الميتوكوندريا بمساعدة الكارنيتين carnitin من أجل عملية الأكسدة.

أكسدة الأحماض الدهنية في الميتوكوندريا β -oxidation of fatty acids

تتأكسد الأحماض الدهنية داخل ميتوكوندريا الخلية cell metochondria من خلال سلسلة من التفاعلات تسمى مسار بيتا لأكسدة الأحماض الدهنية β -oxidation pathway ، حيث تحدث خمسة تفاعلات متتابعة يتم خلالها انفصال ذرتين من الكربون وتكون أستيل كواإنزيم A acetyl CoA الذي يتجه إلى دورة كريبس لإنتاج الطاقة. وتجدد الإشارة إلى أن الأحماض الدهنية التي يؤكسدها الجسم لإنتاج الطاقة يتم الحصول عليها من تحلل الجليسيريدات الثلاثية (الدهون) في الأنسجة الدهنية أو من الدهون المتناولة مع الغذاء أو من الأحماض الدهنية التي يصنعها الجسم من مصادر غير دهنية. ويمكن تلخيص مسار بيتا لأكسدة الأحماض الدهنية كالآتي:

١ - تنشيط الأحماض الدهنية قبل بدء عملية الأكسدة، وذلك بارتباطها بالكواإنزيم A (CoA) ، أي بتكوين رابطة إستر ester بين الحمض الدهني وكواإنزيم A بمساعدة إنزيم ثيولاز سينثيتيز thiolase synthetase ، ويصاحب ذلك استهلاك طاقة ATP .



٢ - إزالة ذرتي هيدروجين dehydrogenation من الحمض الدهني النشط Acetyl CoA بمساعدة إنزيم أستيل كواإنزيم A دي هيدروجينيز acetyl CoA dehydrogenase المحتوى على FAD والنحاس والحديد لتكوين إنويل كواإنزيم A enoyl-CoA .

٣ - إضافة جزيء ماء hydration إلى الرابطة المزدوجة (غير المشبعة) بمساعدة إنزيم إنويل كواإنزيم A هيدراتيز enoyl CoA hydratase لتكوين هيدروكسيل أسيل كواإنزيم A hydroxyl acyl CoA .

٤ - إزالة الهيدروجين من المركب الأخير بمساعدة إنزيم hydroxyl CoA dehyd-

rogenase المحتوى على NAD لتكوين كيتو أسيل كوانزيم α ketoacyl COA .

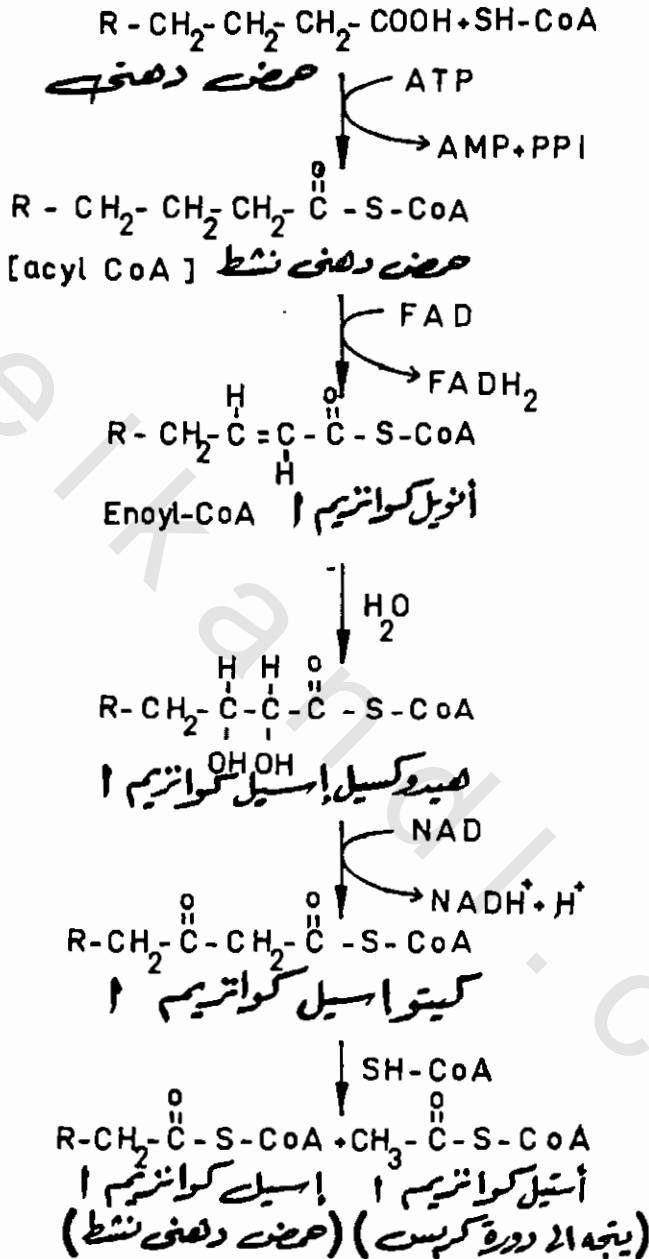
٥ - يحدث انشطار لمركب كيتو أسيل كوانزيم α بمساعدة إنزيم thiolase لتكوين أستيل كوانزيم α Acetyl COA الذي يتجه إلى دورة كريس وأسيل كوانزيم α acyl COA (حمض دهني نشيط) الذي يتجه إلى مسار بيتا - لأكسدة الأحماض الدهنية لتكوين مركب أستيل كوانزيم α آخر ويوضح الشكل (١٤، ٣) مسار بيتا لأكسدة الأحماض الدهنية والشكل (١٤، ٤) يوضح مسار بيتا لأكسدة حمض البالميتيك . أما بالنسبة للأحماض الدهنية ذات العدد الفردي من ذرات الكربون odd chains fatty acids فإنها تتأكسد بالطريقة نفسها التي تمر بها الأحماض الدهنية ذات العدد الزوجي من ذرات الكربون فيما عدا أنها تعطي أستيل كوانزيم α ويريوبونيل كوانزيم α prop- ionyl COA ، ويتحول المركب الأخير إلى سكسينيل كوانزيم α succinyl COA قبل أن يدخل دورة كريس لإنتاج الطاقة . ولقد وجد بأن جميع خلايا الجسم تستطيع أكسدة الأحماض الدهنية وإنتاج الطاقة فيما عدا خلايا الدم الحمراء والجهاز العصبي المركزي central nervous system ، لهذا يعتبر الجلوكوز مصدر الطاقة الوحيد بالنسبة للجهاز العصبي المركزي وخلايا المخ .

حساب الطاقة الناتجة من أكسدة حمض البالميتيك Palmitic acid

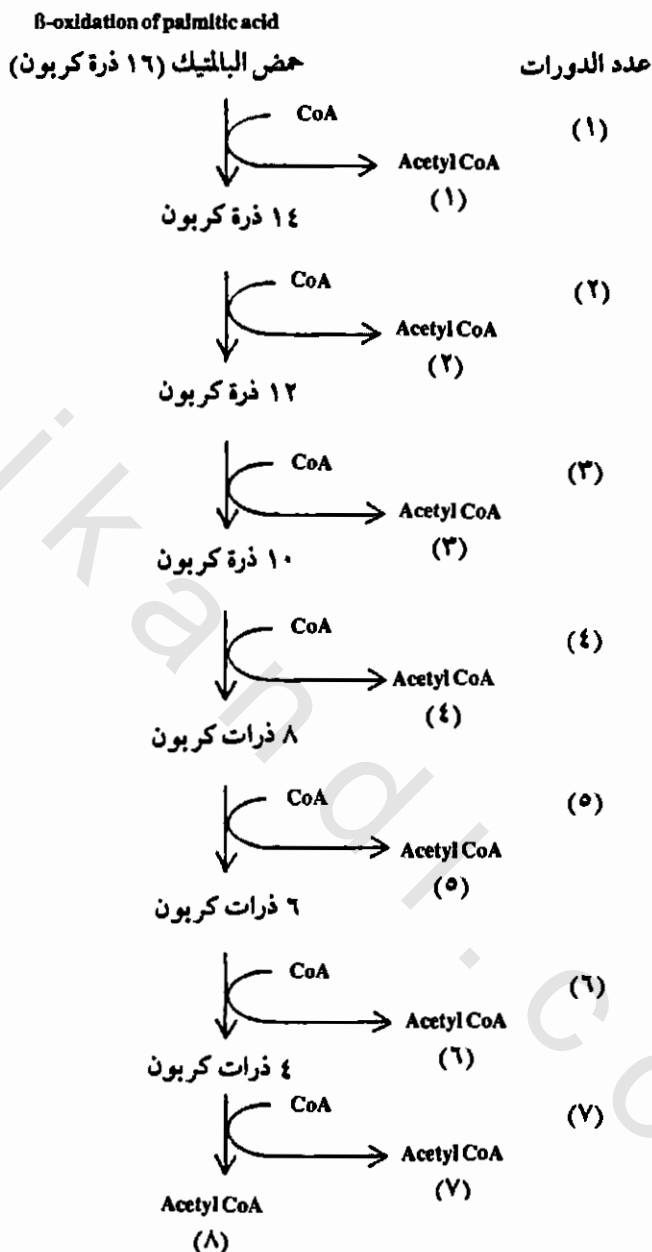
يتكون حمض البالميتيك من ١٦ ذرة كربون (C 16) ، لهذا يتجه إلى مسار بيتا لأكسدة الأحماض الدهنية β -oxidation سبع مرات لتكوين ثمانية جزيئات من أستيل كوانزيم α ، وبما أن الدورة الواحدة في هذا المسار تنتج واحدًا من أستيل كوانزيم α ، وواحدًا من NADH وواحدًا من FADH فإن الأكسدة الكاملة لحمض البالميتيك يمكن حسابها كالتالي :

٨ جزيئات أستيل كوانزيم α	←	٩٦ جزيئات ATP (٨×١٢)
٧ جزيئات FADH	←	١٤ جزيئات ATP (٧×١٢)
٧ جزيئات NADH	←	٢١ جزيئات ATP (٧×٣)

ATP جزيئات ١٣١



شكل (١٤، ٣). مسار بيتا - لأكسدة الأحماض الدهنية β -oxidation of fatty acids .



شكل (٤، ١٤). مسار بيتا - لأكسدة حمض البالميتيك (١٦ ذرة كربون) بالجسم B-oxidation of palmitic acid .

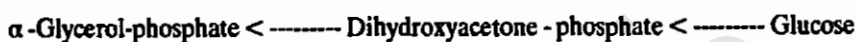
٢ ATP تستخدم لتنشيط الحمض الدهني، أي ٢-

١٢٩ جزيئاً ATP

ثانياً: تصنيع الدهون Lipogenesis or synthesis of fats

تعتبر الأنسجة الدهنية المواقع الرئيسة التي يتم فيها تصنيع الدهون، يليها الكبد والأغشية المخاطية المبطنة للأمعاء intestinal mucosa. وتصنع الجليسيريدات الثلاثية من استرات esterification الأحماض الدهنية في الصورة النشطة (أسيل كوانزيم Acyl CoA) مع الجليسرول glycerol في صورة الفا - جليسرول فوسفات α -glycerophosphate. وتأتي الأحماض الدهنية المستخدمة لتصنيع الدهون في جسم الإنسان من أيض الجلوكوز من خلال مسار الجليكوليسيز glycolysis، حيث يتحول الجلوكوز إلى بيروفات pyruvate، ثم إلى أستيل كوانزيم acetyl CoA الذي يتجه إلى دورة كربس لتكوين حمض الستريك citric. والكمية الزائدة من المركب الأخير تخرج من الميتوكوندريا إلى السيتوسول cytosol لتكوين أسيل كوانزيم (حمض دهني نشيط) الضروري لتصنيع الدهن. كذلك يعتبر أستيل كوانزيم الناتج من أكسدة الدهون وبعض الأحماض الدهنية مصدراً رئيساً للأحماض الدهنية النشطة اللازمة لتصنيع الدهن في الجسم. أما مركب الفاجليسرول فوسفات فيأتي من مصدرين رئيسين هما:

١ - أكسدة الجلوكوز من خلال مسار الجليكوليسيز:



٢ - الجليسرول الناتج من تحلل الدهون في الكبد والأغشية المخاطية المبطنة

للأمعاء.

(٤، ١٤) أيض الكوليستيرول Metabolism of Cholesterol

يُمتص الكوليستيرول في الأمعاء الدقيقة، ومنها ينقل عن طريق الدورة اللمفاوية lymphatic system إلى الكبد من ضمن مكونات الكيلوميكرونات chylomicron. تتراوح كمية الكوليستيرول الممتصة من الأمعاء الدقيقة بين ٢٤-٥٠٪، وذلك تبعاً

للكمية الموجودة منه في الجسم . ولقد أشارت الدراسات بأن الكولستيرول المصنع synthesized في الكبد يمكن أن يسلك المسارات التالية :

١ - يستخدم في تكوين الهرمونات الجنسية مثل التستوستيرون testosterone والأندروجينات androgens والإستروجينات estrogens ، وكذلك هرمونات الأدرينالين adrenocortical hormones مثل الكورتيزون cortisone .

٢ - يعتبر مولد precursor لفيتامين د اللازم لامتصاص الكالسيوم والفوسفور .

٣ - يتأكسد أو يتحول إلى أملاح الصفراء bile salts التي تخزن في المرارة gall bladder (٣٠-٥٠٪ من الكولستيرول) ، ومنها تفرز إلى الأمعاء الدقيقة لاستحلاب الدهن . ولقد وجد بأن كمية أملاح الصفراء الزائدة يعاد امتصاصها مرة أخرى من خلال جدار الأمعاء الدقيقة (في اللفائفي) مع الدهون الممتصة ، ثم تنقل إلى الكبد بواسطة الوريد البابي ، حيث تعاد دورة الصفراء مرة أخرى . كما يمكن لبعض أملاح الصفراء أن ترتبط بالألياف الغذائية وتطرد خارج الجسم مع البراز ويؤدي ذلك إلى خفض مستوى الكولستيرول في الجسم .

٤ - يخرج بعض الكولستيرول من الكبد في صورة ليوبروتينات lipoproteins مع الدم ، ويتجه إلى أنسجة الجسم المختلفة ، حيث يخزن فيها . يتراوح تركيز الكولستيرول في جسم الشخص السليم ما بين ٨٠-٣٠٠ مجم / ١٠٠ ملل من الدم ، حيث يوجد مرتبطاً مع الليوبروتين lipoprotein لأنه لا يذوب في الماء . يؤدي تناول الشخص وجبة غذائية تحتوي على كمية كبيرة من الدهون غير المشبعة unsaturated إلى انخفاض مستوى كولستيرول الدم والعكس .

هضم وامتصاص وإيض البروتينات

Digestion, Absorption and Metabolism of Proteins

- هضم البروتينات ● امتصاص البروتينات ● أيض البروتينات ● دورة اليوريا ● الاستخدامات الأخرى للأحماض الأمينية.

Digestion of Proteins (١٥, ١) هضم البروتينات

يقصد بهضم البروتينات تحليلها مائياً إلى مركبات بسيطة (الأحماض الأمينية) ليسهل امتصاصها من خلال جدار الأمعاء. وتتم عملية هضم البروتينات في الجهاز المعوي intestinal tract بمساعدة مجموعة كبيرة من الإنزيمات المحللة للبروتين pro-teolytic enzymes التي تتميز بصفة التخصص specificity، حيث يعمل كل إنزيم على تكسير رابطة ببتيدية محددة وجاورة لأحماض أمينية محددة. ويمكن تقسيم البروتينات تبعاً لمصادرها إلى الآتي:

١ - البروتينات الخارجية: وهي التي توجد في الغذاء المتناول، أي يكون مصدرها من خارج الجسم exogenous source.

٢ - البروتينات الداخلية: وهي التي يكون مصدرها من داخل الجسم endogenous source مثل أنسجة الجسم المتهدمة وبقايا الإنزيمات.

تسمى الإنزيمات التي تحلل البروتينات بالبروتيازات proteases، وتوجد في المعدة والأمعاء الدقيقة، وتفرز هذه الإنزيمات في صورة غير نشيطة تسمى المولدات precursors والتي يجري تنشيطها فيما بعد إلى الصورة النشيطة القادرة على تحليل البروتين عن طريق شق cleaving off السلسلة الببتيدية التي تغلف المركز الإنزيمي النشط. ويمكن تلخيص مراحل هضم البروتينات داخل الجهاز الهضمي لدى الإنسان كالتالي:

١ - الفم Mouth

لا يحدث هضم للبروتينات في الفم لأن اللعاب لا يحتوي على الإنزيمات المحللة للبروتينات، إلا أن عملية المضغ chewing تعمل على طحن الغذاء وزيادة المساحة السطحية المعرضة للإنزيمات.

٢ - المعدة Stomach

يبدأ هضم البروتينات جزئياً في المعدة، حيث يفرز إنزيم الببسينوجين pepsinogen، وهو عبارة عن المولد غير النشط لإنزيم الببسين pepsin النشط (Gastric pro-pepsin)، وعادة يتحول مولد الإنزيم هذا بفعل حمض الهيدروكلوريك (HCl) hydrochloric acid الموجود في المعدة إلى الصورة النشطة (الببسين) والتي تعمل على تكسير الروابط الببتيدية التي تربط الأحماض الأمينية العطرية aromatic amino acids مثل التيروسين tyrosine والفنيل ألانين phenylalanine منتجة ببتيدات متعددة polypeptides (انظر الفصل الثالث).

٣ - الأمعاء الدقيقة Small intestine

تعتبر الأمعاء الدقيقة الموقع الرئيس الذي يتم فيه هضم البروتينات، حيث تمر البروتينات التي هضمت جزئياً من المعدة إلى الأمعاء الدقيقة ذات الوسط القلوي والذي يعمل على معادلة حموضة المعدة. وتفرز المعدة الإنزيمات التالية:

(أ) التربسينوجين Trypsinogen

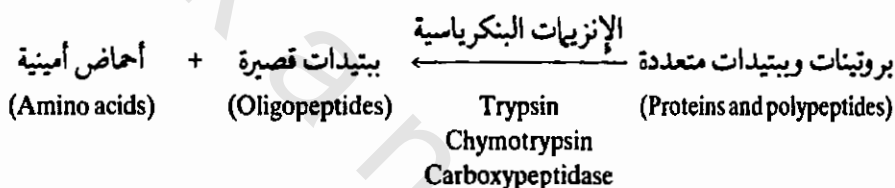
وهو عبارة عن المولد precursor غير النشط لإنزيم التربسين trypsin النشط الذي يعمل على فصل مجموعات الكربوكسيل (COOH) من الأحماض الأمينية أرجنين arginine ولايسين lysine نتيجة لتكسيده للروابط الببتيدية المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل.

(ب) كيموترسينوجين Chymotrypsinogen

وهو عبارة عن المولد precursor غير النشط لإنزيم الكيموتريبسين chymotrypsin النشط الذي يعمل على تكسير الروابط الببتيدية المتصلة بمجموعة الكربوكسيل (COOH) في حمض الترتوفان tryptophan والفنيل ألانين phenylalanine والتيروسين tyrosin .

(ج) بروكربوكسي ببتيداز Procarboxypeptidase

هو عبارة عن المولد precursor غير النشط لإنزيم الكربوكسي ببتيداز car-boxypeptidase النشط الذي يعمل على تكسير الروابط الببتيدية التي تلي مجموعة الكربوكسيل الطرفية في السلسلة الببتيدية القصيرة .



وتجدر الإشارة إلى أن جميع مولدات الإنزيمات precursors الثلاثة السابقة يفرزها البنكرياس (Pancreatic proteases) ، وتعمل مع إنزيم المعدة (الببسين) على تحليل ٣٠٪ من البروتينات الغذائية إلى أحماض أمينية حرة، و ٧٠٪ إلى ببتيدات صغيرة oligopeptides or small peptides ، وهذه الأخيرة يُكْمَل هضمها بواسطة الإنزيمات التي تفرزها خلايا الأمعاء الدقيقة (Intestinal proteases) التالية :

(د) أمينو أوليجو ببتيداز Amino-oligopeptidase

وهو عبارة عن إنزيم تفرزه خلايا تلافيف الأمعاء الدقيقة ويعمل على تكسير الروابط الببتيدية في الببتيدات القصيرة oligopeptides عند مجموعة الأمين الطرفية منتجاً أحماضاً أمينية .

(هـ) داي بيتيديز Dipeptidase

وهو عبارة عن إنزيم تفرزه خلايا تلافيف الأمعاء الدقيقة، ويعمل على تكسير الروابط في الببتيدات الثنائية dipeptides منتجاً أحماضاً أمينية. كما يوجد إنزيمان آخران في سيتوبلازم cytoplasm خلايا الأمعاء الدقيقة هما: ثنائي بيتيديز dipeptidase وثلاثي بيتيديز tripeptidase ويعملان على تحلل الببتيدات الثنائية والثلاثية إلى أحماض أمينية.

وفيما يلي ملخص لبعض الببتيدات المنظمة لعملية هضم الغذاء في المعدة والأمعاء:

هستامين Histamin

تفرزه الأغشية المخاطية mucosa في المعدة، ويعمل على تنشيط إفراز حمض الهيدروكلوريك المعدي الذي يساعد على تحويل الببسينوجين غير النشط إلى إنزيم الببسين النشط.

أستيل كولين Acetylcholin

تفرزه الأعصاب المعدية، ويعمل على تنشيط إفراز حمض الهيدروكلوريك، ويحفز على إفراز هرمون الجاسترين gastrin.

موتيلين Motilin

تفرزه الأغشية المخاطية المبطنة لاثنا عشر والصائم، ويعمل على تنشيط حركة المعدة والأمعاء.

سوماتوستاتين Somatostatin

تفرزه خلايا المعدة والأمعاء، ويعمل على إيقاف إنتاج حمض الهيدروكلوريك في المعدة وكذلك الهرمونات.

الببتيدة المعدية المثبطة (GIP) Gastric inhibitory peptide

تفرزها الأغشية المخاطية في الاثنا عشر والصائم، وتلعب دوراً مهماً فيما يتعلق بتنشيط إنتاج الحمض المعدي وحركة المعدة، بالإضافة إلى أنها تنشط الإفرازات المعوية، وتحفز على إفراز الأنسولين من البنكرياس.

الببتيدة المعوية النشطة (VIP) Vascoactive intestinal peptide
تفرزها الأعصاب المعوية، وتنشط إفراز الإنزيم البنكرياسي وثاني كربونات من الأمعاء.

(١٥، ٢) امتصاص البروتينات Absorption of Proteins

يمتص الجزء الأكبر من البروتينات المهضومة على صورة أحماض أمينية amino acids من خلال جدار الأمعاء الدقيقة إما بطريقة الانتشار diffusion أو بطريقة النقل النشط active transport التي تحتاج إلى الطاقة والصوديوم. كما يحدث امتصاص للبيبتيدات القصيرة (الثنائية والثلاثية) الموجودة في تجويف الأمعاء من خلال جدار الأمعاء الدقيقة، حيث وجد بأن معدل سرعة امتصاصها يكون أعلى من معدل سرعة امتصاص الأحماض الأمينية الحرة. وفي داخل خلايا تلافيف الأمعاء الدقيقة تتحلل البيبتيدات الثنائية والثلاثية إلى أحماض حرة. كذلك وجد بأن معدل امتصاص المتأكلات الطبيعية من نوع L للأحماض الأمينية (L-isomers) أسرع من معدل امتصاص المتأكلات من نوع D (D-isomers). ولقد وجد أن حوالي ٦٠٪ من الأحماض الأمينية يُمتص من الأمعاء الدقيقة، و ٢٨٪ في القولون، و ١٢٪ في المعدة. كما تجدر الإشارة إلى أن تناول بعض الأحماض الأمينية قد يمنع امتصاص أحماض أمينية أخرى، وذلك لأن الأحماض الأمينية الحرة الموجودة في الأمعاء تتنافس على الحامل carrier الذي يقوم بنقلها من خلال جدار الأمعاء. وتنتقل الأحماض الأمينية الممتصة مباشرة عن طريق الوريد البابي portal vein إلى الكبد ومنه إلى الدورة الدموية التي توزعها على أنسجة الجسم المختلفة لاستخدامها في بناء البروتينات اللازمة للنمو وصيانة الأنسجة وتكوين الهرمونات والإنزيمات وغيرها.

(١٥، ٣) أيض البروتينات Metabolism of Proteins

بعد عملية الهضم تنقل الأحماض الأمينية الممتصة بواسطة الوريد البابي إلى الكبد، ومنه إلى الدورة الدموية لتوزعها على أنسجة الجسم المختلفة حيث تستخدم للأغراض التالية:

١ - تصنيع البروتينات.

٢ - إنتاج الطاقة.

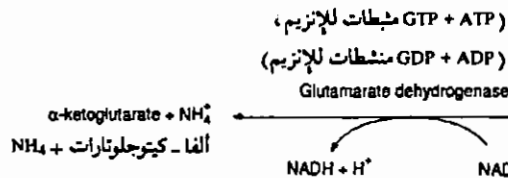
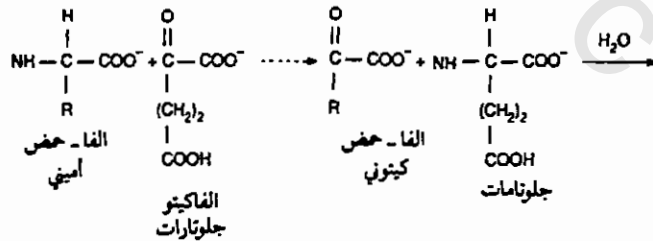
٣ - تصنيع مركبات نيتروجينية غير بروتينية.

ويتضمن أيض البروتينات عمليتين رئيسيتين هما: أولاً تهديم الأحماض الأمينية breakdown of amino acids وثانياً تصنيع البروتينات protein synthesis ، وسوف نقوم فيما يلي بمناقشة هاتين العمليتين بشيء من التفصيل.

أولاً: تهديم الأحماض الأمينية Breakdown of amino acids

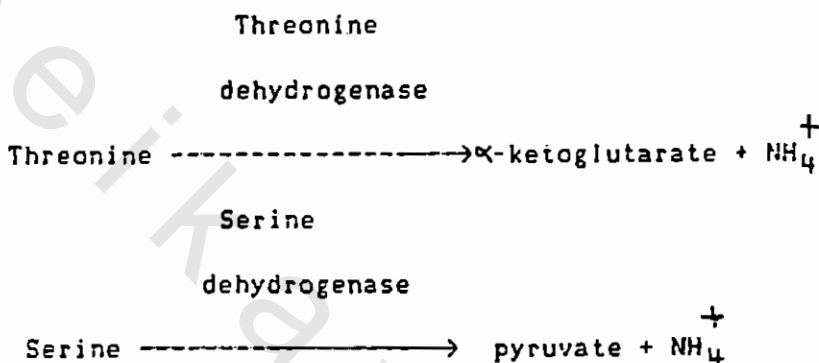
يحدث تهديم للأحماض الأمينية في الكبد بصورة رئيسة وفي الكليتين بصورة جزئية، حيث تتحول مجموعة الأمين amino group (NH_3^+) إلى يوريا (البولة) urea ، أما الهيكل الكربوني carbon skeleton (الأحماض الكيتونية Keto acids) المتبقي من الحمض الأميني فإنه ينقل إلى دورة كربس لإنتاج الطاقة.

وتنتزع مجموعة الأمين من الحمض الأميني بمساعدة إنزيم ترانس أميناز trans-aminase الذي يعمل على نقل مجموعة الأمين من حمض أميني إلى حمض كيتوني α -di- caotek ، أي يجري تبادل لمجموعتي الأمين والكيتون كل محل الآخر. حيث إن مجموعة الأمين في الحمض الأميني تنقل إلى مركب الفا - كيتو جلوتارات α -ketoglutarate لتكوين مركب الجلوتامات glutamate الذي تزال منه مجموعة الأمين لإنتاج الأمونيا (NH_4^+) التي تستخدم لتصنيع اليوريا في دورة اليوريا. ويمكن توضيح عملية نزع مجموعة الأمين التأكسدية oxidative deamination من الحمض الأميني كما يلي:



(تستخدم لتكوين اليوريا التي تخرج مع البول)

أما بالنسبة للأحماض الأمينية السيرين serine والثريونين threonine فإنها تتحول مباشرة إلى أمونيا (NH_4^+) نظراً لأنها تحتوي على مجموعة هيدروكسيل، أي أنه يحدث نزع مباشرة لمجموعة الأمين من الحمض الأميني بمساعدة إنزيم الديهيدروجيناز dehydro-rogenase، وتسمى هذه الحالة بنزع مجموعة الأمين غير التأكسدية Non-oxiditive deamination.



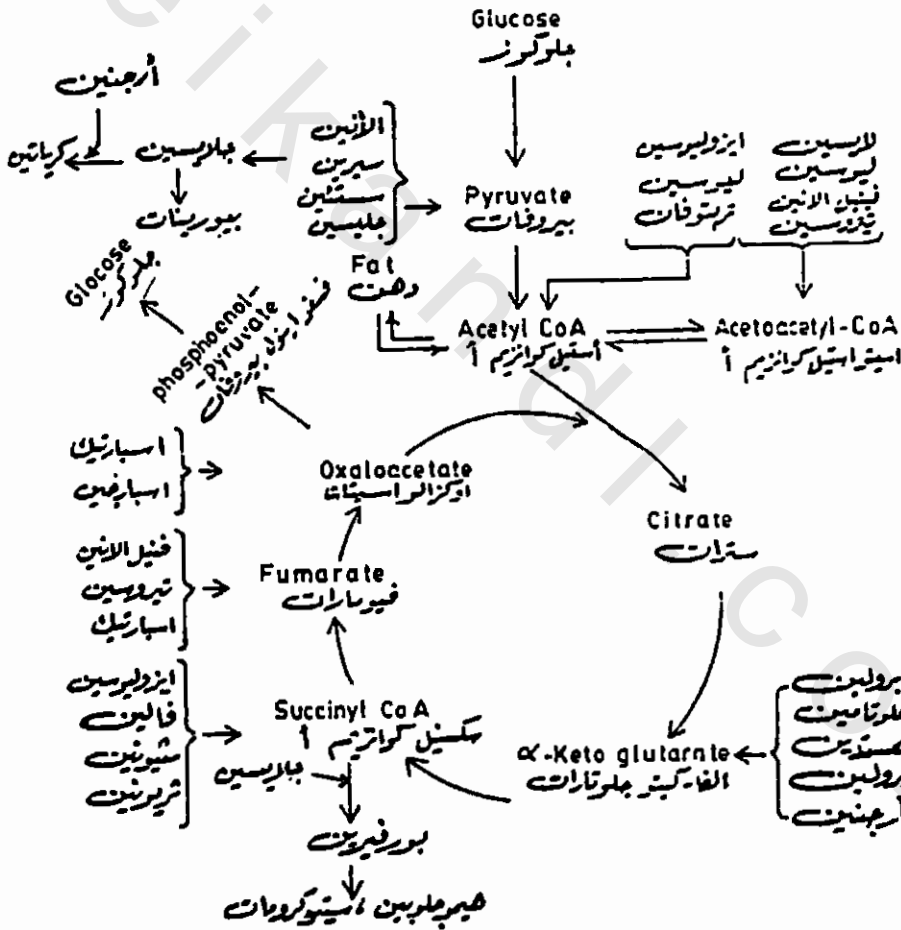
وتجدر الإشارة إلى أن الأمونيا التي تكونت من عملية تهديم الأحماض الأمينية (نزع مجموعة الأمين) تستخدم لتصنيع الحيوي لبعض المركبات النيتروجينية (أحماض أمينية، بيورينات purines، بيريميدينات pyrimidines، كرياتين creatine وغيرها من المركبات النيتروجينية غير البروتينية)، وتستخدم الكمية الزائدة من النيتروجين (الأمونيا) لتصنيع اليوريا (التي تخرج مع البول) من خلال دورة اليوريا. أما الهيكل الكربوني (الفا - حمض كيتوني) المتبقي من إزاحة مجموعة الأمين من الحمض الأميني فإنه يتجه إلى دورة كريس لإنتاج الطاقة. وتقسم الأحماض الأمينية التي تدخل دورة كريس إلى قسمين هما:

١ - الأحماض الأمينية الجليكوجينية Glycogenic amino acids

وهي الأحماض الأمينية التي تتحول إلى أكسالو أسيتات oxaloacetate وفيوماترات fumarate، وسكسينيل كوانزيم succinyl CoA والفاكيتو جلوتارات α -ketoglutarate، حيث تسبب زيادة في تصنيع الجلوكوز. وتقدر نسبة الأحماض الأمينية الجليكوجينية بحوالي ٥٨٪ من وزن البروتين، ويمكنها أن تتحول إلى جلوكوز بعد عملية نزع مجموعة الأمين منها.

٢ - الأحماض الأمينية الكيتوجينية Ketogenic amino acids

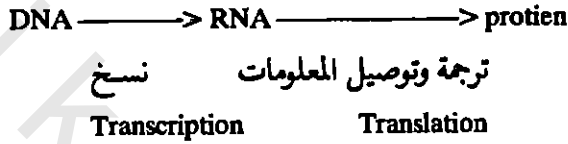
وهي الأحماض الأمينية التي تتحول إلى أستيل كواإنزيم acetyl CoA وأستيوأستيل كواإنزيم acetoacetyl CoA وتسبب زيادة في الأجسام الكيتونية keton bodies في الجسم (ويمكن أن تتحول إلى دهن). وتدخل الأحماض الكيتونية (الهيكل الكربوني للأحماض الأمينية) دورة كربس من مواقع مختلفة حسب الأحماض الأمينية التي اشتقت منها. وتقدر نسبة الأحماض الأمينية الكيتوجينية بحوالي ٤٥٪ من وزن البروتين. والشكل (١٥، ١) يوضح مواقع دخول الهياكل الكربونية للأحماض الأمينية دورة كربس.



شكل (١٥، ١) مواقع دخول الهياكل الكربونية للأحماض الأمينية دورة كربس.

ثانيًا: تصنيع البروتين Protein synthesis

يستطيع جسم الإنسان تصنيع البروتينات داخله بواسطة المعلومات الجينية - gene tic information (أو الشفرة) الموجودة في حمض دي أوكسي ريبونوكليك DNA (حمض النواة الريبوزي منزوع الأكسجين ، (dica cielcunobiryoed) الذي يوجد في نواة الخلية cell nucleus . بمعنى أن المعلومات الجينية الموجودة في الـ DNA تحدد نوع البروتين اللازم تصنيعه في خلايا الجسم وهذه الجينات تنتقل من جيل إلى آخر منذ الولادة . ويمكن توضيح سريان المعلومات الجينية في الخلايا كالتالي :



وكل خلية في الجسم لها القدرة على تصنيع أنواع مختلفة من البروتينات التي يبقى بعضها داخل الخلية لتكوين الهيكل البنائي لها ، ويغادر الجزء الآخر منها ، مثل الإنزيمات والهرمونات والأنسولين ، الخلية للقيام بوظائف أخرى . ويتطلب تصنيع البروتين المواد التالية :

١ - حمض دي أوكسي ريبونوكليك (DNA)

يعتبر المصدر الرئيسي للمعلومات الجينية ، أي النموذج pattern الضروري لتوجيه تصنيع البروتين في أنسجة الجسم ، ويوجد فقط في نواة الخلية .

٢ - حمض ريبونوكليك (حمض النواة) (RNA) Ribonucleic acid

يقوم بنقل المعلومات من النواة إلى سيتوبلازم الخلية ، حيث يتم تصنيع البروتين على الريبوزومات ribosomes .

٣ - حمض الريبونوكليك الناقل (t-RNA) Transfer RNA

يعمل على حمل الأحماض الأمينية ونقلها إلى الريبوزومات لتكوين الروابط الببتيدية .

٤ - حمض الريبونوكليك الرسولي (m-RNA) Messenger RNA

يقوم بنقل المعلومات الجينية إلى مواقع تصنيع البروتين على الريبوزومات، حيث يوجه صف وترتيب الأحماض الأمينية حسب نوع البروتين المطلوب تصنيعه.

٥ - الأحماض الأمينية Amino acids

تستخدم لتصنيع البروتين الجديد.

٦ - أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) Adenosine triphosphate

يعد مصدرًا للطاقة.

٧ - ريبوزوم Ribosome

يعد جهاز تصنيع البروتين في سيتوبلازم الخلية.

٨ - الإنزيمات Enzymes

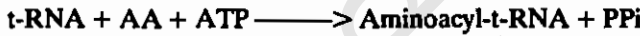
تساعد على تصنيع الحمض الأميني النشط، وتكوين الروابط الببتيدية في البروتين الجديد. ويمكن تلخيص خطوات تصنيع البروتين كالآتي:

(أ) يبدأ تصنيع البروتين بانقسام الـ DNA لتكوين نسخة متامة complementary copy له تسمى الـ m-RNA التي تحمل جميع المعلومات الجينية (الشفرة) الموجودة في الـ DNA. وتسمى عملية تكوين m-RNA من DNA بالنسخ transcription. ويشبه m-RNA في تركيبه DNA فيما عدا احتوائه على السكر الخماسي ريبوز ribose بدلاً من deoxyribose وكذلك شريط strand واحد بدلاً من إثنين وقاعدة pyrimidine تحل محل thymine.

(ب) يخرج الـ m-RNA من داخل نواة الخلية متجهًا إلى السيتوبلازم ليرتبط مع الريبوزوم ribosome الذي يسمى بآلة تصنيع البروتين، لأنه الموقع الذي يتم فيه تصنيع

البروتين. وتجدر الإشارة إلى أن بعضاً من الأحماض الأمينية الموجودة في السيتوبلازم مصدرها مجمع الأحماض الأمينية amino acid pool ، وكذلك بعض الأحماض الأمينية غير الأساسية التي تم تصنيعها داخل الخلية.

(ج) يقوم بعد ذلك t-RNA بحمل أحماض أمينية محددة في صورتها النشيطة من سواحل الخلية ونقلها إلى m-RNA لتبدأ عملية تصنيع البروتين. لهذا يحتوي t-RNA على موقع لاتصال الحمض الأميني amino acid attachment site ، وكذلك على موقع تميز rec-ognition site ، وهو عبارة عن ثلاث قواعد bases تسمى مضاد الشفرة anticodon (ثلاث قواعد متامة). تستطيع مضادات الشفرة الموجودة على t-RNA تمييز الشفرة codon (وحدة ثلاثية النيوكليوتيد أو القواعد) الموجودة على m-RNA. حيث ترتبط كل شفرة codon واحدة بحمض أميني واحد. ولذلك فإن ترتيب الشفرات codons على m-RNA يوجه ويحدد المكان الخاص للحمض الأميني في البروتين الجديد. واتصال الحمض الأميني ب t-RNA يترتب عليه تكوين مركب يسمى أمينو أسيل t-RNA (aminoacyl-t-RNA) ، ويتم ذلك في وجود الطاقة ومساعد إنزيم السيثنيتاز aminoacyl-t-RNA synthetase .



ولا تستطيع الأحماض الأمينية الحرة بمفردها تمييز الشفرات الموجودة على m-RNA ، ولكن الأحماض الأمينية التي تُحمل بواسطة t-RNA (amonyl - t- RNA) تستطيع تمييز هذه الشفرات.

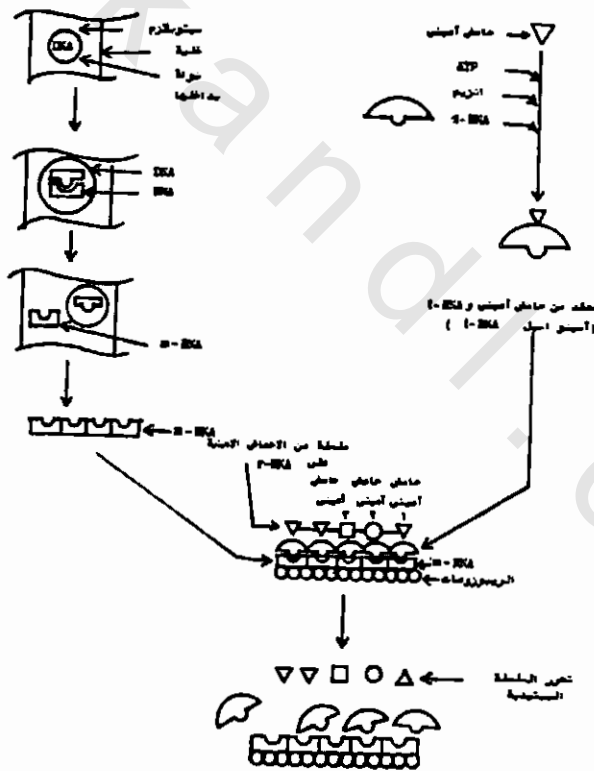
ثلاث قواعد تمثل شفرة واحدة

سلسلة من القواعد على m-RNA ← ABC DEF GHI JKL
سلسلة من الأحماض الأمينية ← aa1 - aa2 - aa3 - aa4

وتجدر الإشارة إلى أن كل نوع من الأحماض الأمينية لديه حامل معين (t-RNA) ينقله إلى m-RNA على الريبوزومات. وعندما يحتاج m-RNA إلى حمض أميني فإن

t-RNA يحمل الحمض المطلوب إليه. ويستمر t-RNA في نقل الأحماض الأمينية إلى m-RNA مما يؤدي إلى تكون شريط مستقيم من الأحماض الأمينية، يلي ذلك تكون الروابط الببتيدية بمساعدة إنزيمات معينة. بمعنى أوضح أن t-RNA لديه القدرة على انتقاء ونقل أحماض أمينية معينة من السيتوبلازم إلى مواقع تصنيع البروتين، بالإضافة إلى أنه يستطيع تفسير أو ترجمة الشفرات المحمولة على m-RNA (Translation) ونقل الحمض الأميني إلى الموقع المناسب في سلسلة البروتين الجديد. وفي النهاية تتحرر أو تنطلق السلسلة الببتيدية الكاملة (البروتين)، بينما يتحلل m-RNA، ويعود t-RNA في صورة حرة مرة أخرى إلى السيتوبلازم لنقل حمض أميني آخر.

وبين الشكل (١٥، ٢) خطوات تصنيع البروتين في الجسم.



شكل (١٥، ٢). خطوات تصنيع البروتين في الجسم.

وإشكل عام فإن عملية تصنيع البروتين تتم على ثلاث مراحل هي :

١ - البدء Initiation

تبدأ هذه المرحلة من بداية ارتباط أمينو أسيل t-RNA مع نقطة البداية m-RNA ، أي أن t-RNA الأولى (الابتدائي) يشغل الموقع P على الريبوزوم .

٢ - الإطالة Elongation

وتبدأ بارتباط أمينوأسيل t-RNA بموقع آخر على الريبوزوم يسمى الموقع A .

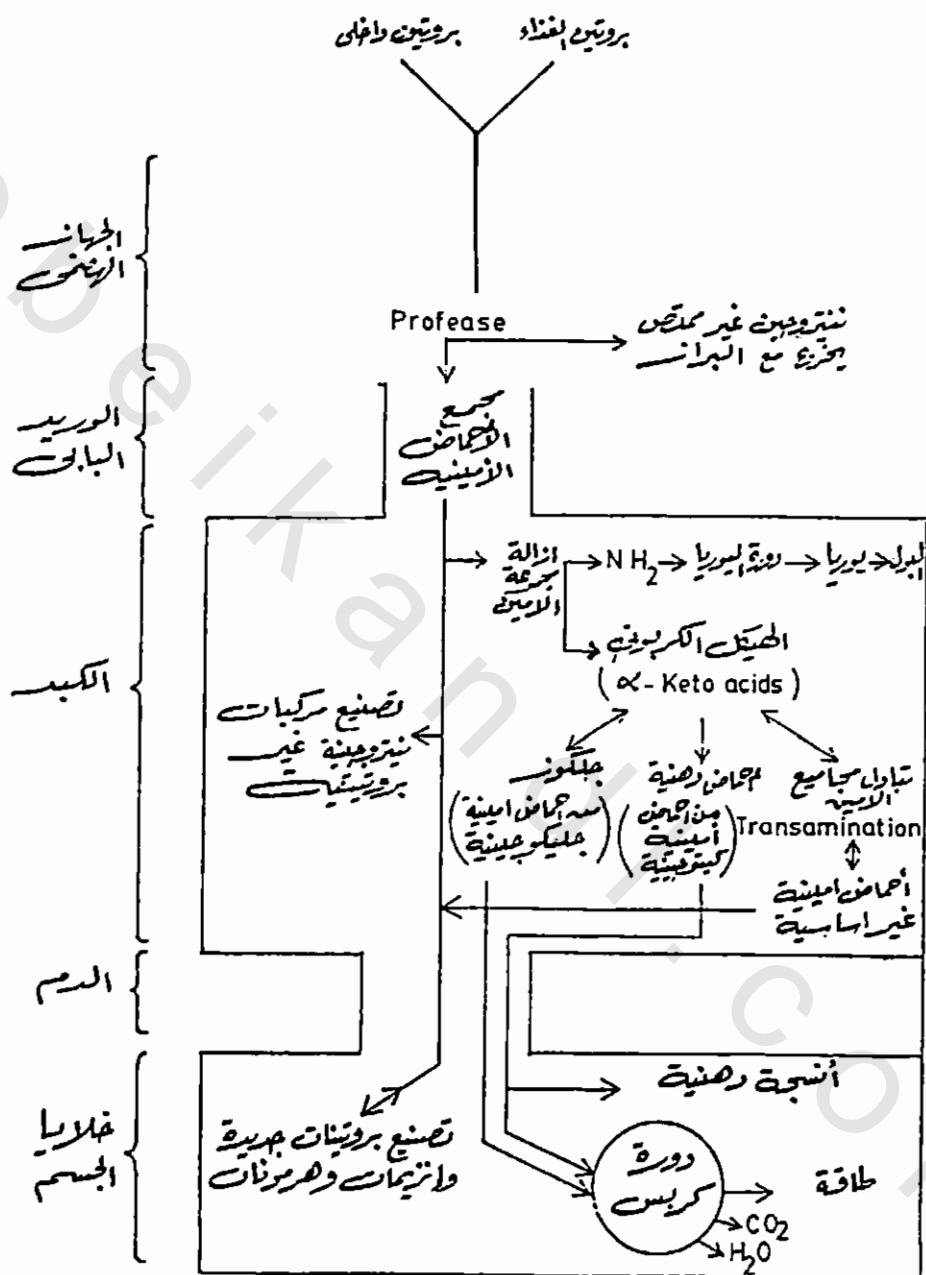
٣ - النهاية Termination

وتبدأ عندما تظهر إشارة قف stop signal على m-RNA ، والتي يليها انفصال أو تحرر الببتيدة المتعددة polypeptide الجديدة (البروتين الجديد) .

وقد قدرت كمية البروتين التي يستطيع أن يصنعها الجسم في اليوم بحوالي ٣٠٠ جرام ، وتعادل هذه الكمية حوالي ٤-٥ مرات كمية البروتين المتناولة يوميا . ويستلزم بروتين جديد في الجسم توافر جميع الأحماض الأمينية اللازمة من حيث الكمية والنوعية ، حيث إن نقص أو غياب أحد الأحماض الأمينية الأساسية يؤدي إلى استخدام الأحماض الأمينية في أغراض أخرى غير عمليات البناء والنمو . ويبين الشكل (٣ ، ١٥) خطوات أيض البروتين في الجسم .

(١٥ ، ٤) دورة اليوريا Urea Cycle

تعتبر الأمونيا التي تكونت من مجموعة الأمين أثناء تدهم الأحماض الأمينية سامة للإنسان ، لذلك يتخلص منها الجسم بتحويلها إلى اليوريا التي تخرج مع البول . وبعد الكبد العضو الرئيس لتصنيع اليوريا ، لهذا فإن حدوث اضطراب أو ضعف في وظائف الكبد يؤدي إلى دخول الأمونيا إلى الدورة الدموية وتراكمها في أنسجة الجسم بتركيزات عالية وسامة مما يسبب تأثيرات ضارة على الجهاز العصبي المركزي . ويمكن تلخيص دورة اليوريا للتخلص من أمونيا (نيتروجين) الأحماض الأمينية في الخطوات التالية :



شكل (١٥, ٣). خطوات أيض البروتين في الجسم.

١ - تتحد الأمونيا NH_4^+ مع ثاني أكسيد الكربون الناتج من أكسدة العناصر الغذائية في دورة كربس في وجود ATP لتكوين مركب فوسفات الكربامويل carbamoyl phosphate بمساعدة إنزيم سينثيتيز فوسفات الكربامويل carbamoyl phosphate synthetase .

٢ - يتكثف الأورنثين ornithin (مضغ أميني) مع فوسفات الكربامويل لتبدأ دورة اليوريا بتكون مركب السترولين citrulline .

٣ - يتحد السترولين مع جزيء أمونيا آخر مصدره حمض الأسبارتيك aspartic acid لتكوين أرجينوسكسينات الذي ينقسم إلى أرجينين arginine وفيوماتات fumarate بمساعدة إنزيم argininosuccinase .

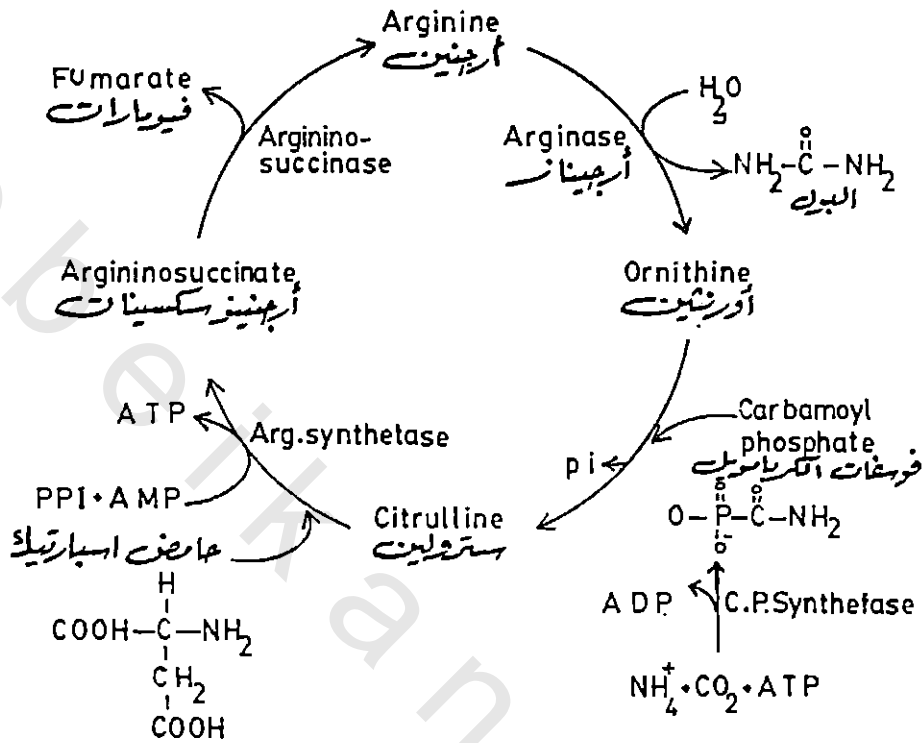
٤ - ينقسم الأرجينين بعد ذلك إلى جزيء واحد من اليوريا urea وجزيء أورنثين الذي يعاد استعماله في دورة جديدة .

يتضح مما ذكر أعلاه بأن دورة اليوريا تستطيع تخليص الجسم من الأمونيا في صورة يوريا تطرح خارج الجسم . كما يتبين بأن اليوريا تحتوي على ذرتي نيتروجين (HN_2 -C-NH₂) ، إحداها مصدرها الأمونيا والأخرى مصدرها حمض الأسبارتيك ، أما ذرة الكربون في اليوريا فإن مصدرها ثاني أكسيد الكربون .
وبين الشكل (٤ ، ١٥) دورة اليوريا لتخليص الجسم من نيتروجين الأحماض الأمينية .

(١٥ ، ٥) الاستخدامات الأخرى للأحماض الأمينية

Others Uses of Amino Acids

بالإضافة إلى استخدام الأحماض الأمينية في تصنيع البروتينات وإنتاج الطاقة والجلوكونيوجنيسيز gluconeogenesis (بيروفات - - - جلوكوز) ، فإنها تسهم في تكوين مركبات نيتروجينية غير بروتينية ، أي أنها تحتوي على النيتروجين لكنها تختلف في تركيبها الكيميائي عن البروتينات . وتلعب هذه المركبات دوراً مهماً في العمليات والتفاعلات الحيوية داخل الجسم .



شكل (٤، ١٥). دورة اليوريا لتخليص الجسم من نيتروجين الأحماض الأمينية.

١ - التريبتوفان

يسهم في إمداد الجسم باحتياجاته من فيتامين حمض النيكوتينيك (نياسين) نظراً لأن له القدرة على التحول إلى هذا الفيتامين داخل الجسم، كما أنه يستعمل في تكوين مركب خماسي هيدروكس تربتامين 5-hydroxy tryptamine، وهي مادة تطلقها الصفائح الدموية ومعظم أنسجة الجسم وتساعد على تكوين جلطة الدم وإيقاف التزيف. كذلك يسهم التريبتوفان في تكوين هرمون السيروتونين serotonin الذي يعمل على نقل النبضات العصبية وهو يوجد في النسيج العصبي ومصل الدم والصفائح الدموية والغشاء المخاطي المبطن لجدار القناة الهضمية.

٢ - الجليسين

يدخل في تركيب الكرياتين creatine وأحماض الصفراء وكذلك البورفيرين por-phyrin الذي يدخل في تركيب الهيموجلوبين والستوكرومات. ويسهم الجليسين في

تخليص الجسم من السموم، فمثلاً يرتبط الجلوسين مع حمض البنزويك benzoic acid من الكبد لتكوين حمض الهيوريك hippuric acid الذي يطرح خارج الجسم مع البول.

٣ - التيروسين والفيل ألانين

يدخل هذان الحمضان في تكوين هرموني الثيروكسين thyroxine والأدرنالين وفي صبغة الميلانين melanine وفي قرنية العين. كذلك يدخل التيروسين في تكوين هرمون ايبينفيرين epinephrine وهرمون نور - ايبينفيرين nor-epinephrine .

٤ - الهستدين

يدخل في تركيب مركب الهستامين histamine الذي يعمل على تحفيز إفراز حمض الهيدروكلوريك في المعدة، كما أنه يعمل كمادة مهدئة في الجهاز الدوري بالإضافة إلى أنه مخفض للضغط. ويوجد الهستامين في معظم أنسجة الجسم وفي القناة الهضمية.

٥ - الميثيونين والسيرين

يسهمان في تصنيع مركب الكولين choline والإيثانول أمين اللذان يدخلان في تركيب الفوسفوليبيدات حيث إنهما يعطيان مجموعات الميثيل.

٦ - الأرجنين والجلوسين

هما المولدان لمركب الكرياتين creatine الذي يخزن الطاقة في العضلات في صورة فوسفات الكرياتين.

٧ - حمض الأسبارتيك والجلوسين

ينتجان البيورينات purines والبيريميدينات pyrimidines التي تدخل في تركيب النيوكليوتيدات وأحماض النواة.

سوء التغذية بسبب نقص البروتين والطاقة

Protein-Energy Malnutrition (PEM)

- المقدمة ● المراسم ● الكواشيوركور ● الكواشيوركور المراسم
- صغر حجم الجسم التغذي ● نقص الوزن في الأطفال ● الوقاية والعلاج من أمراض سوء التغذية بسبب نقص البروتين والسمات .

المقدمة (١٦، ١) Introduction

هي حالات مرضية ناتجة عن نقص الطاقة أو البروتين أو كلاهما . ولقد وجد بأن نقص الطاقة في الغذاء يؤدي إلى فقدان في دهن الجسم، ويتبعه فقدان في بروتين الجسم نتيجة لاستعماله كمصدر للطاقة . أما نقص البروتين في الوجبة الغذائية فإنه يؤدي إلى فقدان العضلات أو كتلة البروتين protein mass بغض النظر عن وجود أو عدم وجود دهن الجسم . ويحدث نقص البروتين نتيجة عدم توافر الأحماض الأمينية الأساسية اللازمة للبناء في الوجبة الغذائية . وتتفشى حالات سوء التغذية بسبب نقص البروتين والطاقة PEM بكثرة في الدول النامية، ويؤدي ذلك إلى زيادة وفيات الأطفال من عمر ١-٥ سنوات . ويصاب ملايين من الأطفال بسوء التغذية المتسبب عن نقص البروتين والطاقة في كل عام خصوصاً في الدول النامية .

وتقسم أمراض سوء التغذية المتسببة عن نقص البروتين والطاقة PEM إلى :

- (١) المراسم Marasmus ، (٢) الكواشيوركور Kwashiorkor ، (٣) الكواشيوركور المراسمي Marasmic kwashiorkor . كما قامت منظمات الأغذية

والزراعة والصحة العالمية بتقسيم أمراض سوء التغذية المتسببة عن نقص البروتين والطاقة إلى خمسة أقسام كما يلي :

أمراض سوء التغذية	وزن الجسم كنسبة مئوية من الوزن القياسي	الاستسقاء Edema	نقص الوزن بالنسبة للطول
الكواشيوركور kwashiorkor	٨٠ - ٦٠ ٪	+	+
الكوشيوركور المراسمس	أقل من ٦٠ ٪	+	++
المراسمس marasmus	أقل من ٦٠ ٪	صفر	++
صفر حجم الجسم (التقزم) التغذوي nutritional dwarfing	أقل من ٦٠ ٪	صفر	بسيط جدًا
نقص الوزن under weight child	أقل من ٦٠ ٪	صفر	+

(١٦, ٢) المراسمس Marasmus

هو حالة مرضية تصيب الأطفال خلال الشهور الأولى من العمر (٦-١٨ شهرًا) بسبب نقص كل من البروتين والطاقة. والمراسمس هي كلمة مشتقة من كلمة يونانية greek word قديمة معناها يفقد Withering. ويصاب الأطفال بالمراسمس نتيجة الفطام المبكر المفاجيء للطفل وتغذيته على الحليب الصناعي أو الأغذية الصناعية الناقصة في محتواها من البروتين والطاقة. وعادة تتحول المرأة من الرضاعة الطبيعية إلى الرضاعة الصناعية إما لانخفاض مستوى الثقافة أو التعليم أو خروج المرأة من البيت إلى العمل أو بسبب خداع الإعلانات التجارية الخاصة بأغذية الأطفال والحليب الجاف. كذلك يصاب الطفل بالمراسمس نتيجة لعدم كفاية حليب الأم لتزويده باحتياجاته اليومية من البروتين والطاقة بسبب إصابة الأم بسوء التغذية أو قصر المسافة الزمنية التي تفصل بين طفل وآخر. كما أن تكرار إصابة الطفل بالتزلات المعوية والأمراض المعدية والإسهال، والجهل في اتباع الطرق الصحيحة عند إعداد الطعام

وعدم توافر الظروف الصحية في مكان إعداد الطعام وعدم نظافة المسكن يؤدي إلى الإصابة بهذه الحالة. ويشبه مَرَسَمَس الأطفال مرض التجويع starvation الذي يصيب الكبار. وتظهر أعراض مرض المراسمس على الطفل في صورة هزال شديد جداً وفقدان للأنسجة الهضمية والدهنية في الجسم والإصابة بالأنيميا وتجمع الوجه (يشبه وجه الرجل المسن) ، غمور في العينين cheeks وفقدان في الوزن يصل إلى أكثر من ٤٠٪ من وزن الطفل السليم. وقد تظهر أعراض أخرى غير ثابتة لمرض المراسمس مثل تغير الشعر إلى اللون البني والتهاب الجلد وتضخم الكبد ويقظة وتنبه الطفل في كل الأوقات وفقدان الشهية للأكل ونقص الفيتامينات في الجسم مما يؤدي إلى حدوث تشققات في جوانب الفم. ونظراً لأن المراسمس من الأمراض المزمنة، لهذا يجب معالجته تدريجياً لتجنب ارتفاع مستوى الأمونيا في الدم hyperammonemia أو نقص الفوسفات في الدم hypophosphatemia.

وتجدر الإشارة إلى أنه لا يصاحب مرض المراسمس الإصابة بالاستسقاء edema كما هو الحال بالنسبة لمرض الكواشيوركور كما سيذكر لاحقاً إن شاء الله، إلا أنه قد يحدث إسهال للطفل. ويوضح الشكل (١٦، ١) أعراض مرض المراسمس (اضمحلال الأنسجة العضلية والدهنية) على طفل مصاب وتأثير العلاج عليه.



طفل مصاب

طفل معافي

شكل (١٦، ١). مرض المراسمس Marasmus في الأطفال.

المصدر: Robinson et al. (1986).

Kwashiorkor الكواشيوركور (١٦، ٣)

هو حالة مرضية تصيب الأطفال خلال السنوات الأولى من العمر (١-٤ سنوات) بسبب نقص تناول البروتين في الغذاء لفترة زمنية قصيرة. وكلمة كواشيوركور أطلقت أساسًا على الطفل الأفريقي، وتعني مرض الطفل المقطوم بعد ولادة الطفل الثاني. ويصاب الأطفال بهذا المرض في المراحل النهائية من الرضاعة الطبيعية أو عند الفطام أو بعد الفطام (عادة ما بين ١-٤ سنوات) وعندما يُغذَّى الطفل على وجبات غذائية غنية بالكربوهيدرات وفقيرة في البروتين أو لاحتوائها على بروتينات منخفضة القيمة الحيوية. أي تحدث الإصابة بالكواشيوركور بسبب تناول وجبات غذائية فقيرة في محتواها من البروتينات الحيوانية وغنية بالأغذية النشوية starchy foods، وغير متزنة في الفيتامينات والمعادن.

وتتمثل أعراض مرض الكواشيوركور على الأطفال في الآتي:

١ - الاستسقاء Edema

ويُنتج بسبب انخفاض تصنيع بروتين الألبومين albumin وانخفاض مستواه في الدم، وكذلك بسبب نقص الأملاح والسوائل في الوجبة الغذائية. ويظهر الورم في جميع أجزاء الجسم وبشكل واضح في الأرجل والوجه (وجه القمر Moony face) وتظهر علامة واضحة عند الضغط بالأصبع على الأطراف المتورمة.

٢ - الإسهال Diarrhea

يحدث التهاب وانحلال للأغشية المخاطية المبطنة لجدار الأمعاء بسبب نقص البروتين وعدم قدرة الجسم على تصنيع الأجسام المضادة antibodies.

٣ - الشعر Hair

يصبح الشعر خفيفًا thin وجافًا وسهل النزاع أو الاقتلاع pluck والسقوط مع ظهور خطوط ملونة عليه.

٤ - الإنزيمات Enzymes

يقل إفراز الإنزيمات التي يفرزها البنكرياس خصوصاً الأميليز amylase والليباز lipase والتريسين trypsin .

٥ - الكبد Liver

يتضخم حجم الكبد وتظهر عليها ترشحات دهنية fatty infiltration .

٦ - الألبومين Albumine

ينخفض مستوى الألبومين في الدم إلى أقل من المعدل الطبيعي له (٣,٥ - ٥,٦ جم / ١٠٠ ملل بلازما)، حيث إن وصوله إلى ٣,٥ جم أو أقل لكل ١٠٠ ملل يعتبر دليلاً على نقص البروتين في الجسم .

٧ - فيتامين أ

يحدث نقص شديد في فيتامين أ قد يؤدي إلى جفاف ملتحمة العين xerophthal- mia ، ثم العمى .

٨ - النمو Growth

يحدث تأخر أو بطء بسيط في معدل النمو، إلا أن فقدان الوزن قد لا يظهر بوضوح بسبب الاستسقاء المصاحب للكواشيوكور.

٩ - الجلد Skin

تتلون البشرة ببقع داكنة وفاتحة وتصبح جافة وتغطيها القشور المتناثرة خصوصاً في المناطق الداكنة، وأحياناً قد تظهر عليها بعض التقرحات. ويشمل الضرر الذي يصيب البشرة جميع الجسم ولا يقتصر على المناطق المعرضة للشمس كما في حالة مرض البلاجرا pellagra .

١٠ - العضلات Muscle

يحدث ضعف وضمور atrophy في العضلات، ويؤدي ذلك إلى عدم قدرة الطفل على الحركة أو القيام بمجهود عضلي شاق كاللعب والجري.

١١ - فتور الشعور Apathy

يشعر الشخص بالفتور نتيجة لانخفاض مستوى الهيموجلوبين اللازم لنقل الأكسجين إلى الخلايا وتكوين الطاقة. كما يشعر الطفل باللامبالاة والاكتئاب وعدم السعادة مما يجعله حزيناً معظم الوقت.

١٢ - فقر الدم Anemia

يصاحب الإصابة بالكواشيوركور الإصابة بفقر الدم بسبب نقص البروتين والحديد وحض الفوليك في غذاء الطفل. إلا أن فقر الدم يمكن معالجته بإعطاء الطفل بعض الفيتامينات مثل فيتامين ب٢ وب١٢ وفيتامين هـ (E). وقد يصاب البالغون أحياناً بمرض الكواشيوركور خصوصاً الذين يعانون من بعض الأمراض الحادة أو العمليات ويغذون بمحاليل الدكستروز dextrose (٥٪). كما أن الإدمان على المسكرات والحمل المتكرر أو الرضاعة المطولة قد تكون من الأسباب التي تؤدي إلى الإصابة بالكواشيوركور. ويبدو مخزون الدهون وكتلة العضلات في أجسام الأشخاص المصابين طبيعياً مما يوحي بأن الوجبات الغذائية المتناولة تدهم بجميع احتياجاتهم من العناصر الغذائية. وأهم الأعراض التي تظهر على الأشخاص البالغين والمصابين بالكواشيوركور هي: الاستسقاء وسهولة اقتلاع الشعر وبطء التئام الجروح وانخفاض مستوى الألبومين في الدم وضعف الغدد التناسلية واضطراب في وظائف البنكرياس. ويوضح الشكل (٢، ١٦) أعراض مرض الكواشيوركور على طفل مصاب وتأثير العلاج عليه.

(٤، ١٦) الكواشيوركور المراسمي Marasmic Kwashiorkor

هي حالة مرضية سببها نقص تناول البروتين والطاقة، وأعراضها خليط من أعراض الكواشيوركور والماراسم.



الطفل معافى الطفل مصاب

شكل (١٦،٢) . مرض الكواشيوركور في الأطفال kwashiorkor .

المصدر: Whitney et al. (1990) .

(١٦،٥) صغر حجم الجسم التغذوي أو التقزم

Nutritional Dwarfing or Stunting

تتميز هذه الحالة بحدوث نقص في أوزان وأطوال الأطفال، مقارنة بالأطفال الطبيعيين، حيث تبدو أطوالهم وأوزانهم مشابهة لأطوال وأوزان الأطفال الذين هم أصغر منهم بسنة واحدة أو أكثر.

(١٦،٦) نقص الوزن في الأطفال Under Weight Child

يحدث نقص الوزن للأطفال بسبب سوء التغذية ويعتبر مؤشراً جيداً على الإصابة بأمراض نقص البروتين والطاقة خصوصاً إذا لم تظهر أعراضها على الطفل . ويمكن تتبع وزن الطفل باستخدام الخرائط القياسية standard charts أو بوزن الطفل والرجوع إلى جداول الأوزان القياسية، ويكون الطفل المصاب بنقص الوزن أكثر عرضة للإصابة بالأمراض المعدية والالتهابات، بالإضافة إلى أنه يصبح أقل ذكاءً من الأطفال الذين هم في نفس عمره نظراً لعدم توافر البروتين اللازم لنمو المخ إلى المعدل

الطبيعي ، وبين الجدول (١، ١٦) بعض صفات المراسمس والكواشيوركور.
جدول (١، ١٦). بعض صفات المراسمس والكواشيوركور.

كواشيوركور	مراسمس	
(١) الصفات العامة General features		
الانتشار	عام	محدود
العمر	الطفولة المبكرة	السنة الثانية والثالثة
التكيف	جيد good	ضعيف poor
الاستجابة للعلاج	ضعيفة	جيدة (مع بعض حالات الوفاة المفاجئة)
استجابة مباشرة	معتدلة mild	جيدة (أحياناً موت مفاجيء)
استجابة على المدى البعيد	(٢) الآثار على المدى البعيد Long term effects	
العقلية	حادة	لا توجد Nil
البدنية	حادة severe	خفيفة
تلف الكبد	لا توجد	لا توجد
(٣) الأعراض السريرية Clinical Signs		
الاستسقاء	لا يوجد	يوجد
الأمراض الجلدية	نادرة	شائع common
تغيرات في الشعر	شائع	شائع جداً
تضخم الكبد	شائع	شائع جداً
تغيرات عقلية	غير شائع	شائع جداً
خسارة الدهن	حادة	معتدلة mild
خسارة العضلات	حادة	معتدلة
فقر الدم	شائع وحاد	معتدل
نقص الفيتامينات	غير شائع	شائع
(٤) الفحوصات المختبرية Laboratory findings		
فحوصات عامة		
الماء الكلي في الجسم	مرتفع	مرتفع
الماء الإضافي بين الخلايا	زيادة قليلة	زيادة أكبر

تابع جدول (١٦، ١).

مراسم	كواشيوركور	
البوتاسيوم	فقدان قليل	فقدان أكبر
سوء الامتصاص	قليل	أكثر
ترسيب الدهن في الكبد	لا يوجد	حاد
وظائف الكلية	ضعيفة	ضعيفة
تحمل الجلوكوز	طبيعي	ضعيف
الاستجابة للأدرينالين	مضخمة	أضعف
(٥) مصل الدم Serum		
ألبومين	منخفض قليلاً	منخفض جداً
إنزيمات	طبيعية	منخفضة
نحاس . زنك . صوديوم	طبيعي	منخفضة
(٦) الأحماض الأمينية غير الأساسية		
الأحماض الأمينية الأساسية	طبيعية	مرتفعة
الجليسيريدات ثلاثية	طبيعية	طبيعية
الكوليستيرول	طبيعي	منخفض
الأحماض الدهنية غير المتأسترة	طبيعية	عالية
٨-ليپروتين	مرتفع	منخفض
الأنسولين	منخفض	منخفض
هرمون النمو	منخفض أو طبيعي	مرتفع
الجلوكوز	منخفض	منخفض جداً
(٧) البول Urine	يزيد على ٦٥٪	يقل عن ٥٠٪
يوريا نتروجين كلي	يزيد على ٦٥٪	يقل عن ٥٠٪
حمض اميدازول اكرليك (Imidazole acrylic acid)	لا يوجد	لا يوجد
معامل هيدروكس بولين Hydroxy proline index	منخفض	منخفض
(٧) الكبد Liver		
إنزيمات دورة اليوريا	منخفض	منخفض
إنزيمات تصنيع الأحماض الأمينية	مرتفع	منخفض

المصدر: Krause, M. V and Mahan, L.K. (1979).

(١٦،٧) الوقاية والعلاج من أمراض سوء التغذية بسبب نقص البروتين والسعرات Prevention and Treatment of Protein-energy Malnutrition (PEM)

أولاً: الوقاية Prevention

هناك بعض الاحتياطات التي يمكن اتباعها للوقاية من الإصابة بأمراض نقص البروتين والطاقة وهي :

١ - تشجيع الأمهات على الرضاعة الطبيعية breast-feeding لأطول مدة ممكنة مع تقديم الأغذية المناسبة للرضيع في عمر ٤-٥ شهور. ومن الأغذية المناسبة في هذه الفترة والتي يمكن للأم تحضيرها هي خليط من الحبوب والبقوليات مثل الأرز والبالزلاء الحمراء red peas ، بالإضافة إلى إعطاء الطفل الفواكه والخضراوات مثل الموز والبطاطس. وعندما يبلغ الطفل ٦ شهور من عمره يمكن أن يغذى على كثير من الأطعمة التي تتناولها العائلة. ولقد وجد بأن الرضاعة الطبيعية يمكن أن تؤدي إلى إنقاذ حياة ملايين الأطفال سنوياً في الدول النامية.

٢ - إعادة الماء إلى الخلايا rehydration عن طريق الفم بالنسبة للأطفال المصابين بالجفاف نظراً لأن خمسة ملايين طفل يموتون سنوياً بسبب الجفاف الناتج عن الإسهال. لهذا فإن إعادة الماء إلى الخلايا بإعطاء الأطفال مخلوطاً يحتوي على الأملاح والسكر والماء عن طريق الفم يساعد على إنقاذ هؤلاء الأطفال.

٣ - الاحتفاظ بسجلات النمو growth chart في المنزل لتابعة نمو الطفل ومعرفة بداية الإصابة بحالة سوء التغذية.

٤ - تحصين immunize الرضع والأطفال في مواعيدهم المحددة.

٥ - تحسين تغذية الأطفال، وذلك عن طريق نشر الوعي الصحي والثقافة بين الأمهات وأفراد المجتمع نظراً لأن الجهل والمرض والفقر هي الأسباب الرئيسة لانتشار أمراض سوء التغذية.

٦ - تنمية الموارد بالطرق التكنولوجية الحديثة وكذلك توفير فرص العمل والأجور المناسبة للعاملين عن طريق وضع نظام اقتصادي اجتماعي عادل. حيث إن توافر فرص العمل يحسن من دخل الفرد أو الأسرة ويمكنها من شراء الأغذية المرتفعة الجودة

واللحوم ويضمن ذلك حصول الأسرة وأطفالها على احتياجاتهم من العناصر الغذائية الأساسية.

ثانياً: العلاج Treatment

يمكن معالجة أمراض سوء التغذية بسبب نقص البروتين والطاقة وذلك بإعطاء الطفل أغذية غنية في محتواها من البروتين ذي القيمة الحيوية المرتفعة والطاقة والعناصر الغذائية الأخرى. ويعد الحليب من أفضل الأغذية التي تقدم للطفل المريض في هذه الفترة خصوصاً حليب الأم، بالإضافة إلى إعطائه بعض الأغذية الناعمة غير الحريفة soft-bland foods. كما يجب إعطاء الطفل كميات كبيرة من الماء المغلي مع الأرز لتعويض السوائل التي فقدتها الجسم بسبب الإسهال. وتجدر الإشارة هنا إلى وجوب الحذر الشديد عند إعادة الماء إلى الخلايا rehydration حيث يجب أن يتم ذلك تدريجياً، إذ أن إدخال الماء دفعة واحدة وبكميات كبيرة يؤدي إلى الاستسقاء الرئوي وإضعاف عضلة القلب. حيث إن من أهم الأهداف الأولى في علاج أمراض نقص البروتين والطاقة هو إيقاف الإسهال وتصحيح عدم توازن الإلكتروليتات في الجسم. أما بالنسبة لحالات نقص البروتين والطاقة الحادة فإنه لا يمكن أن يستفيد الجسم من الحليب الكامل الدسم، لهذا يمكن استبداله بالحليب الفرز أو مستحضرات الكازين أو بديلات الحليب النباتية. كذلك يستبدل بروتين الحليب بمصادر بروتينية نباتية في حالة عدم تحمل الطفل سكر اللاكتوز، حيث إن إرغامه على تناوله يسبب له إسهالاً. ويمكن استعمال أغذية الفطام weaning foods كمصادر بروتينية لمعالجة نقص البروتين والطاقة إذا لم يتوافر الحليب الحيواني بكميات كافية. وتجدر الإشارة إلى أنه يتوافر في الأسواق كميات كبيرة من خلطات الحبوب والبقوليات الغنية بالبروتين والسعرات. ولقد طورت كثير من الدول خلطات غذائية نباتية ذات قيمة حيوية عالية، وتحتوي على كميات كافية من الأحماض الأمينية الأساسية اللازمة للنمو وكذلك لمعالجة الأطفال من أعراض نقص البروتين والسعرات. ومن أمثلة الخلطات الغذائية food mixtures التي تتميز بقيمتها الغذائية العالية وتقبلها ورخص ثمنها الآتي:

- (C.S.M) A Corn-Soy Milk : خليط من الذرة وفول الصويا والحليب - أمريكا.

- BAL AHAR : مزيج من القمح والبقول السوداني والحليب الجاف (الخالي من الدهن) والفيتامينات والأملاح المعدنية - الهند (٢٢٪ بروتين).
- INCAPARINA : خليط من بذور القطن الخالية من الزيت ودقيق الذرة والفيتامينات والمعادن والفطر torula yeast - أمريكا الوسطى (٢٦٪ بروتين).
- فافا Faffa : منتج في أسبانيا.
- سوبرامين Superamine : منتج في الجزائر.
- كولمبياهارينا Columbiharina : منتج في كولومبيا.
- سيمبا Simba : منتج في كينيا.

وتقدر كمية البروتين التي تعطى للطفل الذي يعاني من نقص البروتين والطاقة بحوالي ٣,٥ جم لكل كيلوجرام من وزن الجسم في اليوم والرضيع بحوالي ٢,٢ جم لكل كيلوجرام من وزن الجسم في اليوم (المقررات الغذائية الموصى بها RDA)، أما إذا كان الرضيع يعاني من المرض بشكل حاد فإنه يعطى في البداية جرعات بسيطة (١ جم بروتين لكل كيلوجرام يوميًا) ثم تزداد هذه الجرعات تدريجيًا.

ويجب تجنب إعطاء الطفل كميات من البروتين أكبر من الكمية المحددة له، لأن ذلك يؤدي إلى زيادة نسبة اليوريا في البول وإلى تطور تضخم الكبد غير الدهني وقد يؤدي ذلك إلى الوفاة. ولقد وجد بأن تناول الطفل ١٠٠ ملل من الحليب لكل كيلوجرام من وزن الجسم في اليوم يملأه بحوالي ٣,٣ جم بروتين لكل كيلوجرام، وتفي هذه الكمية باحتياجاته اليومية من البروتين. وقد أوصت منظمة الصحة العالمية WHO بإعطاء الأطفال الذين يعانون من أمراض نقص البروتين والطاقة (PEM) الحليب المخفف المضاف إليه السكر في اليوم الأول، ثم بعد ذلك يقدم له الحليب الكامل غير المخفف، والمضاف إليه الزيت لزيادة محتواه من الطاقة الحرارية كما هو موضح في جدول (١٦، ٢).

وفي حالة الإصابة الشديدة بنقص البروتين والطاقة يعالج الطفل في المستشفى حتى تزول مرحلة الخطر وبعدها يمكن أن يكمل تناول الأغذية الغنية بالبروتين والطاقة

جدول (١٦، ٢). تغذية الأطفال بالحليب في حالة الإصابة بأمراض نقص البروتين والطاقة PEM الحادة.

التركيب الكيميائي					
حليب البقر	الماء	السكر	الزيت	الطاقة	البروتين
(ملل)	(ملل)	(جم)	(جم)	(Kcal/100 مل)	(جرام/100 مل)
٥٠٠	٥٠٠	٢٥	—	٢٨	١,٧
١٠٠٠	—	٥٠	—	٧٥	٢,٣
٩٠٠	—	٧٠	٥٥	١٣٣	٣,٠

المصدر (1986) Passmore, R. and Eastwood, M.A.

في البيت لعدة أسابيع. ويشكل عام يوصى بإعطاء الطفل يومياً ١٥٠-١٦٠ سعراً لكل كيلوجرام من وزن الجسم و ٣,٥ جم بروتين لكل كيلوجرام من وزن الجسم حتى يتم شفاؤه من أمراض نقص البروتين والطاقة في فترة قصيرة (٤-٥ أسابيع).

الامم

obeikandi.com

ملحق (١). المقررات اليومية الموصى بها (RDA)^(١) من قبل مجلس الغذاء والتغذية الأمريكي (FNB) مراجع سنة ١٩٨٩ م.

	السن		الوزن		الطول		بروتين		فيتامين		فيتامينات ذائبة في الدهون	
	(بالسنة)	(كجم)	(رطل)	(سم)	(بوصة)	(جسم ميكروجرام/يوم)	(جسم ميكروجرام/يوم)	(فيتامين د ميكروجرام/يوم)	(فيتامين هـ ميكروجرام/يوم)	(فيتامين ك ميكروجرام/يوم)		
(A) الرضيع	٠,٥-٠,١٠	٦	١٣	٦٠	٢٤	١٣	٣٧٥	٧,٥	٣	٥		
	١,٠-٠,١٥	٩	٢٠	٧١	٢٨	١٤	٣٧٥	١٠	٤	١٠		
(B) الأطفال	٢-١	١٣	٢٩	٩٠	٣٥	١٦	٤٠٠	١٠	٦	١٥		
	٦-٤	٢٠	٤٤	١١٢	٤٤	٢٤	٥٠٠	١٠	٧	٢٠		
	١٠-٧	٢٨	٦٢	١٣٢	٥٢	٣٤	٧٠٠	١٠	٧	٣٠		
(C) الذكور	١٤-١١	٤٥	٩٩	١٥٧	٦٢	٤٥	١٠٠٠	١٠	١٠	٤٥		
	١٨-١٥	٦٦	١٤٥	١٧٦	٦٩	٥٩	١٠٠٠	١٠	١٠	٦٥		
	٢٤-١٩	٧٢	١٦٠	١٧٧	٧٠	٥٨	١٠٠٠	١٠	١٠	٧٠		
	٥٠-٢٥	٧٩	١٧٤	١٧٦	٧٠	٦٣	١٠٠٠	٥	١٠	٨٠		
	٥٥١	٧٧	١٧٠	١٧٨	٦٨	٦٣	١٠٠٠	٥	١٠	٨٠		
(D) الإناث	١٤-١١	٤٦	١٠١	١٥٧	٦٢	٤٦	٨٠٠	١٠	٨	٤٥		
	١٨-١٥	٥٥	١٢٠	١٦٣	٦٤	٤٤	٨٠٠	١٠	٨	٥٥		
	٢٤-١٩	٥٨	١٢٨	١٦٤	٦٥	٤٦	٨٠٠	١٠	٨	٦٠		
	٥٠-٢٥	٦٣	١٣٨	١٦٣	٦٤	٥٠	٨٠٠	٥	٨	٦٥		
	٥٥١	٦٥	١٤٣	١٦٠	٦٣	٥٠	٨٠٠	٥	٨	٦٥		
(E) الحامل	الشهور					٦٠	٨٠٠	١٠	١٠	٦٥		
(F) المرضع	الشهور الستة الأولى					٦٥	١٣٠٠	١٠	١٢	٦٥		
	الشهور الستة الثانية					٦٢	١٢٠٠	١٠	١١	٦٥		

(١) المقررات الموصى بها تفي بمعظم احتياجات الأشخاص الأصحاء الذين يعيشون في الولايات المتحدة، ويجب أن تحتوي الوجبة الغذائية على أغذية متنوعة لكي قد الجسم بالعناصر الغذائية التي يحتاجها.

(٢) مكافئات الريتينول: ١ مكافئ ريتينول = ١ ميكروجرام ريتينول أو ٦ ميكروجرام بيتا-كاروتين β -carotene.

(٣) في صورة كوليكالسيفيرول cholecalciferol ١٠ ميكروجرام كوليكالسيفيرول = ٤٠ وحدة دولية (I.U.) فيتامين د (D).

(٤) ألفا - مكافئات التوكوفرول: ١ ميكروجرام ألفا - توكوفرول = ١ ألفا - مكافئ التوكوفرول (١ TE).

تابع ملحق (١).

القيمات الغذائية الذاتية في الماء												الأسلحة المعدنية	
فيتامين جـ	ثيامين	ريبو	نياسين	فيتامين ب٦	فيتامين ب١٢	كالسيوم	فوسفور	مغنسيوم	حديد	زنك	يود	سليسيوم	
مجم	مجم	مجم	مجم*	مجم	مجم	مجم	مجم	مجم	مجم	مجم	مجم	مجم	
(A)	٢٠	٠,٣	٠,٤	٠,٣	٢٥	٠,٢	٤٠٠	٣٠٠	٤٠	٦	٥	٤٠	١٠
	٣٥	٠,٤	٠,٥	٠,٦	٣٥	٠,٥	٦٠٠	٥٠٠	٦٠	١٠	٥	٥٠	١٥
(B)	٤٠	٠,٧	٠,٨	٩	١,٠	٥٠	٠,٧	٨٠٠	٨٠٠	٨٠	١٠	٧٠	٢٠
	٤٥	٠,٩	١,١	١,٢	١,١	٧٥	١,٠	٨٠٠	٨٠٠	١٢٠	١٠	٩٠	٢٠
	٤٥	١,٠	١,٢	١,٢	١,٤	١٠٠	١,٤	٨٠٠	٨٠٠	١٧٠	١٠	١٢٠	٣٠
(C)	٥٠	١,٣	١,٥	١,٧	١,٧	١٥٠	٢,٠	١٢٠٠	١٢٠٠	٢٧٠	١٢	١٥٠	٤٠
	٦٠	١,٥	١,٨	٢,٠	٢,٠	٢٠٠	٢,٠	١٢٠٠	١٢٠٠	٤٠٠	١٢	١٥٠	٥٠
	٦٠	١,٥	١,٧	١,٩	٢,٠	٢٠٠	٢,٠	١٢٠٠	١٢٠٠	٣٥٠	١٠	١٥٠	٧٠
	٦٠	١,٥	١,٧	١,٩	٢,٠	٢٠٠	٢,٠	٨٠٠	٨٠٠	٣٥٠	١٠	١٥٠	٧٠
	٦٠	١,٢	١,٤	١,٥	٢,٠	٢٠٠	٢,٠	٨٠٠	٨٠٠	٣٥٠	١٠	١٥٠	٧٠
(D)	٥٠	١,١	١,٣	١,٥	١,٤	١٥٠	٢,٠	١٢٠٠	١٢٠٠	٢٨٠	١٥	١٥٠	٤٥
	٦٠	١,١	١,٣	١,٥	١,٥	١٨٠	٢,٠	١٢٠٠	١٢٠٠	٣٠٠	١٥	١٥٠	٥٠
	٦٠	١,١	١,٣	١,٥	١,٦	١٨٠	٢,٠	١٢٠٠	١٢٠٠	٢٨٠	١٥	١٥٠	٥٥
	٦٠	١,١	١,٣	١,٥	١,٦	١٨٠	٢,٠	٨٠٠	٨٠٠	٢٨٠	١٥	١٥٠	٥٥
	٦٠	١,١	١,٢	١,٣	١,٦	١٨٠	٢,٠	٨٠٠	٨٠٠	٢٨٠	١٠	١٥٠	٥٥
(E)	٧٠	١,٥	١,٦	١,٧	٢,٢	٤٠٠	٢,٢	١٢٠٠	١٢٠٠	٣٢٠	٣٠	١٧٥	٦٥
(F)	٩٥	١,٦	١,٨	٢,٠	٢,١	٢٨٠	٢,٦	١٢٠٠	١٢٠٠	٣٥٥	١٥	٢٠٠	٧٥
	٩٠	١,٦	١,٧	٢,٠	٢,١	٢٦٠	٢,٦	١٢٠٠	١٢٠٠	٣٤٠	١٥	٢٠٠	٧٥

(٥) INE (مكافئ النياسين) = ١ مجم نياسين أو ٦٠ مجم تريبتوفان tryptophan.

(٦) المفردات الموصى بها من فيتامين ب١٢ للرضع تعتمد على متوسط تركيز الفيتامين في حليب الأم. والمفردات الموصى بها بعد الفطام تعتمد على مقدار الطاقة الكلية المتأولة يوميًا وبعض العوامل الأخرى مثل معدل الامتصاص في الأمعاء.

(٧) الاحتياجات الزائدة أثناء فترة الحمل لا يمكن الحصول عليها من الوجبة الغذائية العادية ولا من هزون الحديد في جسم المرأة، لذا يوصى بأخذ ٣٠ - ٦٠ مجم من مدهات الحديد iron supplements. كذلك فإن احتياجات المرأة للحديد أثناء فترة الرضاعة لا تختلف عما للمرأة غير الحامل. ولكن يوصى باستمرار تناول الأم لمدهات الحديد iron supplements لمدة ٣-٤ شهور بعد الولادة parturition لكي تحلأ لهازون الحديد التي تم استنزافها أثناء فترة الحمل.

ملحق (٢) . المقادير الغذائية اليومية لبعض الفيتامينات والمعادن والتي يعتقد بأنها مناسبة وتفي باحتياجات الشخص (ESADDI) .

	المعادن الصغرى				الفيتامينات		
	الموليدنيوم	الكروم	الفلور	المنجنيز	النحاس	حمض التوتين	البيوتين
	(ميكروجرام)	(ميكروجرام)	(مجم)	(مجم)	(مجم)	(مجم)	(ميكروجرام)
الرضع	٣٠-١٥	٤٠-١٠	٠,٥-٠,١	٠,٦-٠,٣	٠,٦-٠,٤	٢	١٠
	٤٠-٢٠	٦٠-٢٠	١,٠-٠,٢	١,١-٠,٦	٠,٧-٠,٦	٣	١٥
الأطفال والمراهقون	٥٠-٢٥	٨٠-٢٠	١,٥-٠,٥	١,٥-١,٠	١,٠-٠,٧	٣	٢٠
	٧٥-٣٠	١٢٠-٣٠	٢,٥-١,٠	٢,٠-١,٥	١,٥-١,٠	٤-٣	٢٥
	١٥٠-٥٠	٢٠٠-٥٠	٢,٥-١,٥	٣,٠-٢,٠	٢,٠-١,٠	٥-٤	٣٠
	٢٥٠-٧٥	٢٠٠-٥٠	٢,٥-١,٥	٥,٠-٢,٠	٢,٥-١,٥	٧-٤	١٠٠-٣٠
							١١+
البالغون	٢٥٠-٧٥	٢٠٠-٥٠	٤,٠-١,٥	٥,٠-٢,٠	٣,٠-١,٥	٧-٤	١٠٠-٣٠

المصدر: Food and Nutrition Board/NRC (1989). p. 284.

ملحق (٣). المقاييس المستخدمة في التغذية.

أولاً: الأوزان Weight

١ أونس أو أوقية (OZ)	= ٢٨,٣٥ جرام	= ٣٠ جراماً تقريباً
١ رطل (lb) Pound	= ٤٥٣,٦٠ جرام	= ١٦ أونسا
١ رطل (lb) Pound	= ١٦ أوقية	
١ كيلوجرام (Kg) Kilogram	= ١٠٠٠ جرام	
١ كيلوجرام (Kg) Kilogram	= ٢,٢ رطل	
١ كيلوجرام (Kg) Kilogram	= ٣٥,٢ أوقية	
١ كيلوجرام (Kg) Kilogram	= ٢,٢ رطل	
١ جرام (gm) gram	= ١٠٠٠ ملليجرام	

ثانياً: الأحجام Volume

١ أوقية سائلة (fl OZ) liquid ounce	= ٣٠ سنتيمتراً مكعباً
١ أوقية سائلة (fl OZ) liquid ounce	= ٠,٠٣ لتر
١ باينت أمريكي pint	= ٤٧٣ سنتيمتراً مكعباً
١ باينت أمريكي pint	= ١٦ أوقية سائلة
١ باينت أمريكي pint	= ٤٧٣, لتر
١ لتر	= ١ كيلوجراماً
١ لتر	= ٢,٢ رطل = ١١,٢ باينت
١ جالون أمريكي gallon	= ٣,٥٨٧ لتر
١ جالون أمريكي gallon	= ١٢٨ أوقية سائلة
١ كوارت	= ٩٤٦ سنتيمتراً مكعباً
١ كوارت	= ٢,١ رطل
١ كوارت	= ٣٢ أوقية
١ ديسيلتر	= ١٠٠ مليلتر

ثالثاً: المقاييس التي تستخدمها ربة المنزل وأخصائي التغذية عند تحضير الوجبات الغذائية

١ كوب = ٢٢٥ سنتيمتراً مكعباً = ٢٤٠ جراماً تقريباً

تابع ملحق (٣) . المقاييس المستخدمة في التغذية .

٥ سنتيمترًا مكعبًا = ٥ جرام	١ ملعقة شاي (tsp) teaspoon
= ٦٠ نقطة drops	١ ملعقة شاي (tsp)
١٤ سنتيمترًا مكعبًا = ١٥ جرامًا	١ ملعقة مائدة (tbsp) table spoon
= ١٦ ملعقة مائدة = ٨ أونصات	١ كوب cup
= ١ كورات	٤ أكواب
= ١ باينت	٢ كُوب
= نصف أوقية	١ ملعقة مائدة (سائل)
١٢٠ جرامًا	١ كوب شوربة soup cup
٢٤٠ جرامًا = ٨ أوقية	١ كأس glass
= ٨ جالونات	١ بوشل bushel
= ٢ جالون = ٠,٢٥ بوشل	١ بك peck

رابعًا: المسافات Distance

= ٢,٥٤ سنتيمتر (cm)	١ بوصة (in) inch
= ٣٠,٤٨ سنتيمتر (cm)	١ قدم (ft) foot
= ١٠٠ سنتيمتر = ١٠٠٠ ملليمتر (mm)	١ متر (M) meter
= ٩١,٤٤ سنتيمتر	١ ياردة (Yd) yard
= ٠,٣٩٤ بوصة	١ سنتيمتر (Cm) Centimeter
= ١٠٠٠ متر	١ كيلومتر (Km) Kilometer
= ٠,٦٢١ ميل mile	١ كيلومتر (Km) Kilometer
= ١,٦٠٩ كيلومتر	١ ميل

obeikandi.com

المراجع

أولاً : المراجع العربية

- التكروري، حامد والمصري، خضر (١٩٨٩م). علم التغذية العامة - أساسيات في التغذية المقارنة، ط١. القاهرة: الدار العربية للنشر والتوزيع.
- الخطيب، أحمد (١٩٨٥). علم الغذاء والتغذية، ط١. دمشق: دار المعارف للطباعة.
- الدلاي، باسل كامل والركابي، كامل محمود (١٩٨٨م). كيمياء الأغذية. الموصل - العراق: مديرية دار الكتب للطباعة والنشر.
- الزقزاف، شوقي ياسين (١٩٨١م). أسس التغذية في الصحة والمرض، ط١. الكويت: مكتبة الفلاح.
- ساجدي، عادل جورج يحيى، ومحمد علي علاء. كيمياء الأغذية. بغداد: مطبعة جامعة البصرة.
- الشامي، آمال السيد؛ عبدالقادر، منى خليل وشرارة، حياة محمد (١٩٨٥م). التغذية الصحية للإنسان. القاهرة: الدار العربية للنشر والتوزيع (مترجم والمؤلف / ف. موترام).
- الشمي، ناهد محمد والميناوي، منى عبدالفتاح (١٩٨٨م). أسس التغذية وتقييم الحالة الغذائية، ط١. القاهرة: دار البيان العربي.
- العوضي، أمينة يوسف والشهابي؛ قبيلة حسين ومصيقر، عبدالرحمن. مرشد الوجبات العلاجية للمرضى. دولة البحرين: المطبعة الحكومية لوزارة الإعلام.

- العوضي، فوزية عبدالله (١٩٨٣م). *التغذية العامة والعلاجية*، ط٢. الكويت: دار القلم.
- فراج، عز الدين (١٩٨٤م). *تغذية الإنسان في الصحة والمرض على ضوء العلم الحديث*. القاهرة: مكتبة النهضة المصرية.
- فياض، منى (١٩٨٧م). *المرشد الغذائي: حاجات الجسم ووظائف التغذية*، ط١. بيروت - لبنان: منشورات بحسون الثقافية.
- منظمة الأغذية والزراعة (١٩٨٢م). *تنظيم برامج تغذية المجموعات*. روما، إيطاليا: منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة.
- نوار، إيزيس عازر (١٩٨١م). *الغذاء والتغذية*. القاهرة: دار المطبوعات الجديدة.
- النوري، فاروق فاضل والطالباني، لامعة جمال (١٩٨١م). *تغذية الإنسان*. جامعة الموصل، العراق: مطابع مديرية دار الكتب للطباعة والنشر.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Adams, C.F. and Richardson, M. (1981). *Nutritional Value of Foods*. Washington, D.C.: The Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office.
- Addleman, F.G. (1984). *The Winning Edge-Nutrition for Athletic Fitness and Performance*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Anderson, L., Dibble, M.V., Turkki, P.R., Mitchell, H.S. and Rynbergen, H.J. (1982). *Nutrition in Health and Disease*, 17th ed. Philadelphia: J.B. Lippincott company.
- Bender, A.E. (1978). *Food Processing and Nutrition*. London NW1 7DX: Academic Press Inc. (London) LTD.
- Campbel, J.A. (1963). *Evaluation of Protein Quality*. Food and Nutrition Board, National Research Council, NAS-NRC Publication 1100 (National Academy of Science), Washington, D.C.
- Clydesdale, F.M., Tang Ho, C., Lee, C.Y., Mondy, N.I. and Shewfelt, R.L. (1991). The effects of postharvest treatment and chemical interactions on the bioavailability of ascorbic acid, thiamine, vitamin A, carotenoides and minerals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 30: 599-638.
- Devlin, T.M. (1986). *Biochemistry*, 2nd ed. N.Y.: John Wiley and Sons, Inc.
- Dorup, I., Flyvbjerg, A., Everts, M.E. and Clausen, T. (1991). Role of insuline-like growth factor-1 and growth hormone in growth inhibition induced by magnesium and zinc deficiencies. *British Journal of Nutrition*, 66: 505-521.

- Eisenman, P. and Johnson, D. (1982). *Coaches' Guide to Nutrition and Weight Control*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers, Inc.
- Fairweather-Tait, S.J. (1988). Zinc in human nutrition. *Nutrition Research Review*, 1: 23-37.
- Feldman, E.B. (1983). *Nutrition in the Middle and Later Years*. John Wright. PSG INC. Littleton, Massach. Use Its.
- Fleck, H. (1981). *Introduction to Nutrition*, 4th ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Food and Agriculture Organization (1982). *Food Composition Tables for the Near East.*, FAO, Rome.
- Food and Nutrition Board (FNB). (1980). *Recommended Dietary Allowances*, 9th ed. Washington, D.C.: National Research Council, National Academy of Sciences.
- Food and Nutrition Board (FNB) (1989). *Recommended Dietary Allowances*, 10th ed. Washington, D.C.: National Research Council, National Academy of Sciences.
- Ganong, W.F. (1989). *Review of Medical Physiology*, 14th ed. Appleton and Lange, A publishing Division of Prentice Hall, Norwalk.
- Goodhart, R.S. and Shils, M.E. (1980). *Modern Nutrition in Health and Disease*, 6th ed. Philadelphia: Lea and Febiger.
- Gupta, L.C. and Gupta, K. (1986). *Food and Nutrition*, 2nd ed. Daryagani, New Delhi, India. Jaypee Brothers.
- Gurr, M.I., Borlak, N. and Ganatra, S. (1989). Dietary fat and plasma lipids. *Nutrition Research Reviews*, 2:63-86.
- Guthrie, H.A. (1983). *Introductory Nutrition*, 5th ed. St. Louis: The C.V. Mosby Company.
- Guthrie, H.A. (1986). *Introductory Nutrition*, 6th ed. St. Louis: Times Mirror/Mosby College Publishing.
- Haglund, O., Luostarinen, R., Wallin, R., Wihell, L. and Saldeen, T. (1991). The effects of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. *The Journal of Nutrition*, 121: 165-169.
- Hamilton, E.N. and Whitney, E.N. (1982). *Nutrition: Concepts and Controversies*, 2nd ed. St. Paul: West Publishing Company.
- Hamilton, E.N., Whitney, E.N. andSizer, F.S. (1991). *Nutrition: Concepts and Controversies*, 5th ed. St. Paul: West Publishing Company.
- Hardwick, L., Jones, M., Brautbar, N. and Lee, D. (1991). Magnesium absorption: Mechanisms and the influence of vitamin D, calcium and phosphate. *The Journal of Nutrition*, 121:13-23.
- Harland, B. (1989). Dietary fiber and mineral bioavailability. *Nutrition Research Reviews*, 2:133-147.
- Hegsted, D.M., Mills, R.C., Elvehjem, C.A. and Hart, E.B. (1941). Choline in the nutrition of chicks. *Journal of Biological Chemistry*.

- Iowa Dietetic Association. (1984). *Simplified Diet Manual*, 5th ed. Ames, Iowa: The Iowa State University Press.
- Krause, M.V. and Mahan, L.K. (1979). *Food, Nutrition and Diet Therapy*, 6th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Krause, M.V. and Mahan, L.K. (1984). *Food, Nutrition and Diet Therapy*. 7th ed. Philadelphia: W.B. Saunders company.
- Lankford, T.R. and Jacobs-Steward, P.M. (1986). *Foundation of Normal and Therapeutic Nutrition*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Malhotra, A. (1990). Placental zinc in normal and intra-uterine growth-retarded pregnancies. *British Journal of Nutrition*, 63: 613-621.
- Mancini, M. and Parillo, M. (1991). Lipid intake and atherosclerosis. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 35: 103-108.
- Mason, P.M. and Judd, P.A. (1990). The effect of moderately increased intakes of complex carbohydrates (cereals, vegetables and fruits) for 12 weeks on iron and zinc metabolism. *British Journal of Nutrition*, 63: 597-611.
- Mervyn, L. (1989). *Thorsons Complete Guide to Vitamins and Minerals*. 2nd ed. Wellingborough, England: Thorsons Publishing Group.
- Michael, H.B. (1983). *Vitamins in Human Biology and Medicine*. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- Miller, D.S., and Bender, A.E. (1955). The determination of the net utilization of proteins by a shortened method. *British Journal of Nutrition*, 9: 382-388.
- Mitchell, H.H., (1924). The biological value of proteins at different levels of intake. *Journal of Biological Chemistry*, 19: 905-922.
- Mortimer, C. (1977). *Introduction to Chemistry*. New York: D. Van Nostrand Company.
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A. and Rodwell, V.W. (1988). *Harper's Biochemistry*. California: Appleton and Lange, A Publishing Division of Prentice Hall.
- Nadiager, H.A. (1980). Role of vitamin E in the aetiology of phrynodema and its relationship with B-complex vitamins. *British Journal of Nutrition*, 4:211-214.
- Nizel, A.E. and Papas, A.S. (1989). *Nutrition in Clinical Dentistry*, 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
- Owen, A.Y. and Frankle, R.T. (1986). *Nutrition in the Community*. St. Louis: Times Mirror/Mosby. College Publishing.
- Passmore, R. and Eastwood, M.A. (1986). *Human Nutrition and Dietetics*, 8th ed. New York: Churchill Livingstone Inc.
- Paul, A.A. and Southgate, D.A.T. (1978). *The Composition of Foods*, 4th ed. Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press.

- Pauling, L. (1970). *Vitamin C and Common Cold*. San Francisco, W.H. Freeman and Co.
- Pellet, P.L., and Shadarevian, S. (1970). *Food Composition Tables for Use in Middle East*, 2nd ed. Beirut: American University of Beirut.
- Pike, R.L. and Brown, M.L. (1984). *Nutrition: An Integrated Approach*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons.
- Ramdath, D.D. and Golden, M.H.N. (1989). Non-haematological aspects of iron nutrition. *Nutrition Research Reviews*, 2:29-49.
- Robinson, C.H., Lawler, M.R., Chenoweth, W.L. and Garwick, A.E. (1986). *Normal and Therapeutic Nutrition*, 7th ed. New York: Macmillan Publishing Company.
- Runyan, T.J. (1976). *Nutrition for Today*. New York: Harper and Row. Publishers.
- Shills, M.E. and Young, V.R. (1988). *Modern Nutrition in Health and Disease*. Lea and Febiger. Philadelphia, P.A. USA.
- Simmer, K. (1990). Breast milk zinc and copper concentrations in Bangladesh. *British Journal of Nutrition*, 63: 91-96.
- Sodano, C.S. (1978). *Vitamins (Synthesis, production, and use)*. New Jersey: Noyes Data Corporation.
- Spencer, H., Norris, C., Derler, J. and Osis, D. (1991). Effect of oat bran muffins on calcium absorption and calcium, phosphorus, magnesium and zinc. *The Journal of Nutrition*, 121: 1976-1983.
- Stare, F.J. and McWilliams, M. (1977). *Living Nutrition*, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons/ Inc.
- Stryer, L. (1981). *Biochemistry*. 2nd ed. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Suitor, C.W. and Crowley, M.F. (1984). *Nutrition Principles and Application in Health Promotion*, 2nd ed. Philadelphia: J.B. Lippincott Company.
- Tomkins, A. and Hussey, G. (1989). Vitamin A. Immunity and infection. *Nutrition Research Reviews*, 2: 17-28.
- Torre, M., Rodriguez, A.R. and Saura-Calixto, F. (1991). Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1:1-22.
- Tver, D. and Russell, P. (1989). *The Nutritional and Health Encyclopedia*, 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Wardlaw, G.M. and Insel, P.M. (1993). *Perspective in Nutrition*. Missouri Mosby-Year Book Inc. St. Louis.
- Watt, B.K. and Merrill, A.L. (1975). *Composition of Foods, Agriculture Hand Book No.8*. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture.
- Weaver, C., Heaney, R., Martin, B. and Fitzsimmons, M. (1991). Human calcium absorption from whole-wheat products. *The Journal of Nutrition*, 121:1769-1775.

- Weininger, J. and Briggs, G. (1983) *Nutrition Update*, Vol.1. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Whitney, E.N. and Hamilton, E.N. (1981). *Understanding Nutrition*, 2nd ed. St. Paul: West Publishing Co.
- Whitney, E.N., Hamilton, E.N. and Rolfes, S.R. (1990). *Understanding Nutrition*, 5th ed. St. Paul: West Publishing. Co.
- Williams, E.R. and Caliendo, M.A. (1984). *Nutrition: Principles, Issues and Application*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Williams, M.H. (1983). *Nutrition for Fitness and Sport*, 2nd ed. Iowa: Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque.
- Williams, S.R. (1981). *Nutrition and Diet Therapy*, 4th ed. St. Louis: The C.V. Mosby Company.

ثبت المصطلحات

● عربي - انجليزي

● إنجليزي - عربي

أولا : عربي - إنجليزي

(أ)

Detoxification	إبطال مفعول المواد السامة
Dust	أتربة
Homestasis	اتزان العناصر الغذائية في جسم الإنسان
Dynamic equilibrium	اتزان ديناميكي
Duodenum	اثنا عشري
Golgi bodies	أجسام جولجي (أماكن تخزين الإنزيمات والهرمونات داخل الخلية)
Ketones (Ketone bodies)	أجسام كيتونية
Antibodies	أجسام مضادة
Stress	إجهاد (ميكانيكي)
Fatigue	إجهاد عصبي
Depression	إحباط
Recommended intake	الاحتياجات (الجرعات) الموصى بتناولها
Paresthesia	إحساس بالخدر أو النمل
Amino acids	أحماض أمينية
Essential amino acids (EAA)	أحماض أمينية أساسية
Glucogenic amino acids	أحماض أمينية جلوكوجينية

Bile acids	أحماض الصفراء
Aromatic amino acids	أحماض أمينية عطرية
Ketogenic amino acids	أحماض أمينية كيتونية
Aliphatic amino acids	أحماض أمينية مستقيمة
Fatty acids	أحماض دهنية
Unsaturated fatty acids	أحماض دهنية غير مشبعة
Polyunsaturated fatty acids (PUFA)	أحماض دهنية غير مشبعة متعددة
Saturated fatty acids	أحماض دهنية مشبعة
Ketoacids	أحماض كيتونية
Nucleic acids	أحماض نووية (DNA, RNA)
Excretion	إخراج
Drugs	أدوية
Diuretics	أدوية مدرة للبول
Edema	أديما (احتجاز الماء في الأنسجة)
Adenosin triphosphate (ATP)	أدينوسين ثلاثي الفوسفات
Acidosis	ارتفاع حموضة الدم والأنسجة
Hypertension	ارتفاع ضغط الدم (مرض)
Alkalosis	ارتفاع قلوية الدم والأنسجة
Hyperammonemia	ارتفاع مستوى الأمونيا في الدم
Hyperkalemia	ارتفاع مستوى البوتاسيوم في الدم
Galactosemia	ارتفاع مستوى الجالاكتوز في الدم
Hyperglycemia	ارتفاع مستوى الجلوكوز في الدم
Hyperlipidemia	ارتفاع مستوى الدهون في الدم
Hyperphosphatemia	ارتفاع مستوى الفوسفور في الدم
Hypercalcemia	ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم
Hypercholesterolemia	ارتفاع مستوى الكوليسترول في الدم
Ergosterol	ارجسترول (مولد فيتامين د٢)

Arginine	أرجنين (حمض أميني)
Ergocalciferol	إرجوكالسيفيرول (فيتامين د٢)
Detoxification	إزالة السموم
Decarboxylation	إزالة مجموعة الكربوكسيل
Osmolarity	أزموزية
Asparagin	أسبارجين (حمض أميني)
Aspartic acid	أسبرتيك (حمض أميني)
Spaghelli	أسبكتية
Relaxation	استرخاء
Gastrectomy	استئصال المعدة
Esters	إسترات
Retinol esters	إسترات الريتنول
Cholesterol esters	إسترات الكولستيرول
Esterification	إسترة
Estrogen	إستروجين (هرمون)
Estrin	إسترين (هرمون مسبب للرغبة الجنسية)
Sterols	أستيرولات
Acetyl-Co A	أستيل كوانزيم أ
Acetylcholine	أستيل كولين
Scurvey	إسقربوط (مرض نتيجة نقص فيتامين ج)
Rebound scurvey	إسقربوط ارتدادي
Scallop	إسقلوب
Scleroproteins	أسكليروبروتينات (بروتينات بسيطة)
Teeth	أسنان
Diarrhea	إسهال
Acetoacetate	أستوأسيتات
Acetone	أستون

Vegetarians	أشخاص نباتيون
Clams	أصداف بحرية
Gums	أصماغ (ألياف غذائية)
Hydration	إضافة الماء
Carboxylation (+ CO ₂)	إضافة ثاني أكسيد الكربون
Hydroxylation	إضافة مجموعة الهيدروكسيل
Inborn error of metabolism	اضطراب الأيض الخلقي
Paraesthesia	اضطرابات حسية
Rehydration	إعادة الماء إلى الخلايا
Growth retardation	إعاقة أو توقف النمو
Grasses	أعشاب
Peripheral nerves	أعصاب طرفية
Vital organs	أعضاء حيوية
Weaning foods	أغذية العظام
Laxative foods	أغذية مسهلة
Starchy foods	أغذية نشوية
Protective foods	الأغذية الواقية
Mucosa	أغشية مخاطية
Myelin sheath	أغلفة المييلين التي تحيط وتعزل بعض الألياف العصبية
Creatinuria	إفراز الكرياتين مع البول
Avocados	أفوكاتة
Avidin	أفيدين (مادة توجد في بياض البيض)
Actomyosin	أكتوميوسين (بروتين عضلي)
Actin	أكتين (بروتين عضلي)
Acrolein	أكرولين
Oxaloacetate	أكسالوأسيتات (مركب وسطي داخل دورة كريبس)

Oxidation	أكسدة
Aquocobalamin (vit. B12b)	أكيوكوبالامين
Salivary amylase	الأميليز اللعابي (إنزيم)
Alanine	الالانين (حمض أميني)
Albumines	الألبومينات (بروتينات بسيطة)
Specific dynamic effect (SDE)	التأثير الديناميكي الخاص بالأغذية
Structure	التركيب البنائي
Steatorrhea	التغوط الدهني
Dermatitis	التهاب الجلد
Seborrheic dermatitis	التهاب الغدد الدهنية
Stomatitis	التهاب الفم (مرض نتيجة نقص فيتامين ب٢)
Glossitis	التهاب اللسان (مرض نتيجة نقص فيتامين ب٢)
Steatitis	التهاب النسيج الدهني
Gastrointestinal tract	الجهاز المعد معوي
Digestive tract	الجهاز الهضمي
Nutritional status	الحالة التغذوية
Nutritional status	الحالة الغذائية
Peat scours	الحثي (مرض)
Erythroblasts	الخلايا المنواة في نخاع العظام
Chemical score (CS)	الدرجة الكيميائية
Aldehydes	ألدهيدات
Retinaldehyde	ألدهيد الريتنول (ريتنال)
Iodine number	الرقم اليودي
Alpha-tocopherol	ألفا - توكوفيرول (فيتامين هـ)
Alpha-ketoglutarate	ألفا - كيتوجلوترات (مركب وسطي داخل دورة كربس)
Biological value (BV)	القيمة الحيوية

Bomb calorimeter	المسعر الحراري (المسعر ذو البومبة)
Recommended Dietary Allowance (RDA)	المقررات الغذائية المقترحة (RDA)
Vegetarians	النباتيون
Gout	النقرس (مرض)
Crude fiber	ألياف خام
Myofibrils	ألياف عضلية
Dietary fiber	ألياف غذائية
Absorption	امتصاص
Corneal vascularization	امتلاء القرنية بالأوعية الدموية
Constipation	إمساك
Small intestine	أمعاء دقيقة
Amylopectin	أميلوبكتين (سلسلة متفرقة من الجلوكوز)
Amylose	أميلوز (سلسلة مستقيمة من الجلوكوز)
Amino-oligopeptidase	أمينووليكو بيتيديز
Aminopeptidase	أمينوبيبتيديز (إنزيم)
Enterogastrone	إنتروجاسترون (هرمون)
Passive diffusion	انتشار غير فعال
Passive diffusion	انتشار غير نشيط
Distention	انتفاخ
Enterogastron	إنتروجاسترون (هرمون)
Hypothyroidism	انخفاض إفراز الغدة الدرقية
Hypogeusia	انخفاض في حدة حاسة التذوق
Hypoglycemia	انخفاض مستوى الجلوكوز في الدم
Hypophosphatemia	انخفاض مستوى الفوسفور في الدم
Hypomagnesemia	انخفاض مستوى المغنسيوم في الدم
Flavoprotein enzymes	إنزيمات فلافينية

Lysosomal enzymes	إنزيمات لايسوزومية
Oxiditive enzymes	إنزيمات مؤكسدة
Metallo enzymes	إنزيمات معدنية
Microbial enzymes	إنزيمات ميكروبية
Digestive enzymes	إنزيمات هاضمة
Adipose tissues	أنسجة دهنية
Soft tissues	أنسجة رخوية
Connective tissue	أنسجة ضامة
Epithelial tissues	أنسجة مبطنة للتجاويف
Obstruction	انسداد الأمعاء
Insulin	إنسولين
Contraction	انقباض
Pineapple	أناناس
Enoyl-Co A	إنويل كوانزيم أ
Hemolytic anemia	أنيميا تحلل كرات الدم الحمراء
Prencious anemia	أنيميا خبيثة (أنيميا أديسون)
Macrocytic anemia	أنيميا ذات كرات الدم المتضخم
Megaloblastic anemia	أنيميا ذات كرات الدم المتضخمة
Idopsin	أودوبسين (صبغة)
Aorta	أورطة (الوريد الأورطي)
Capillaries	أوعية (شعيرات) دموية
Blood vessels	أوعية دموية (شرايين وأوردة)
Lymph vessels	أوعية لمفاوية
Ovoflavin	أوفوفلافين (فيتامين ب ٢)
Ounce	أوقية (أونس)
Ethanolamine	إيثانول أمين

Iso-citrate	أيزوسترات (مركب وسطي داخل دورة كريس)
Isoleucine	أيزوليوسين (حمض أميني)
Metabolism	أيض
Ions	أيونات
Anions	أيونات سالبة الشحنة
Cations	أيونات موجبة الشحنة

(ب)

Papay	باباي
Papain	باباين (إنزيم)
Parathyroid	باراثيرويد (هرمون)
Adults	البالغون
Peptones	بيتونات
Peptide (s)	ببتيدة
Tripeptide (s)	ببتيدة (ببتيدات) ثلاثية
Dipeptide (s)	ببتيدة (ببتيدات) ثنائية
Polypeptide (s)	ببتيدة (ببتيدات) متعددة
Oligopeptide	ببتيدة (ببتيدات) متوسطة (٤ - ١٠ أحماض أمينية)
Dipeptidase	ببتيداز ثنائي (إنزيم)
Pepsin	بيسين (إنزيم)
Pepsinogen	بسينوجين (الصورة غير النشطة لإنزيم البيسين)
Milk alternatives	بدائل الحليب
Bread alternatives	بدائل الخبز
Vegetable and fruits alternatives	بدائل الخضراوات والفواكه
Meat alternatives	بدائل اللحوم

Seeds	بذور
Rapeseeds	بذور اللفت (الشلجم)
Grait	برغل
Prunes	برقوق
Propionyl-Co A	بروبيونيل كوانزيم ا
Protamines	بروتامينات (بروتينات بسيطة)
Proteases	بروتيازات (إنزيمات محللة للبروتينات)
Protein	بروتين
Exogenous protein	بروتين خارجي
Endogenous protein	بروتين داخلي
Lipoproteins	بروتينات دهنية
Glycoproteins	بروتينات سكرية
Phosphoproteins	بروتينات فوسفورية
Glycoproteins	بروتينات كربوهيدراتية
Derived proteins	بروتينات مشتقة
Metallproteins	بروتينات معدنية
Chromoproteins	بروتينات ملونة
Nucleoproteins	بروتينات نووية
Proteoses	بروتيوزات
Prothrombin	بروثرومين (بروتين يوجد في الدم)
Procarboxypeptidase	بروكربوكس بيتيديز (المولد لإنزيم الكربوكس بيتيديز)
Broccoli	بروكولي
Prolamines	برولامينات (بروتينات بسيطة)
Proline	برولين (حمض أميني)
Prealbumin	بري ألبومين (بروتين مرتبط مع اليود)
Beri-Beri	بري بري (مرض نتيجة نقص فيتامين ب١)

Crackers	بسكويتات رقيقة هشة
Yam	بطاطا حلوة
Sweet potato	بطاطس حلوة
Watermelon	بطيخ
Legume	بقوليات
Pectin	بكتين (ألياف غذائية)
Pellagra	بلاجرا (مرض ينتج من نقص النياسين)
Sluggishness	بلادة (كسل)
Beets	بنجر
Pancrease	بنكرياس
Potassium	بوتاسيوم (عنصر معدني)
Porphyrine	بورفورين (حلقات مكونة للهيموجلوبين)
Porphyrin	بورفيرين
Beta-Amylase	بيتا - أميليز (إنزيم)
Beta-Ionone	بيتا - أيونون
Beta-globulin	بيتا - جلوبيولين
Beta-hydroxybutyrate	بيتا - هيدروكسي بيوتيرات (جسم كيتوني)
Pyruvate	بيروفات
Thiamin pyrophosphate (TPP)	بيروفوسفات الثيامين
Peroxides	بيروكسيدات (فوق الأكاسيد)
Pyridoxal (PL)	بيريدوكسال
Pyridoxamine (PM)	بيريدوكسامين
Pyridoxin (PN)	بيريدوكسين (فيتامين ب٦) (حمض البيريدوكسيك)
Biotin	بيوتين (أحد مجموعة فيتامينات ب)
Purines	بيورينات

(ت)

Tannin	تانين
Taurine	تاورين
Transamination	تبادل المجاميع الأمينية
Ketonemia	تجمع الأجسام الكيتونية في الدم
Freezing	تجميد
Starvation	تجويع
Lumen	تجويف الأمعاء
Freeze-drying	تجفيد (تجميد مع تجفيف)
Erythrocytes hemolysis	تحلل كرات الدم الحمراء
Hydrolysis	تحلل مائي
Pentose shunt	تحويل البنتوز
Dietary planning	تخطيط الوجبة الغذائية
Ataxia	تخلج (عدم القدرة على تنسيق الحركات العضلية اللاإرادية)
Gingivitis	تخلخل الأسنان
Mental retardation	تخلف عقلي
Fermentation	تخمير
Watering	تدميع
Taste	تذوق
Transaminase	ترانس أميناز (إنزيم)
Transferrin	ترانس فيرين
Transcobalamin 1 and 2	ترانس كوبالامين ١ و ٢
Transketolase	ترانس كيتوليز (إنزيم)
Transmangnin	ترانس مانجنين (الصورة التي يُنقل بها المنجنيز في الدم)
Tryptophan	تربتوفان (حمض أميني)

Trypsin	تربسين (إنزيم)
Trypsinogen	تربسينوجين (المولد غير النشط لإنزيم التربسين)
Rancidity	تزنخ
Testosterone	تستوستيرون (هرمون)
Silicosis	تسمم بعنصر السليكون
Hypervitaminosis A	تسمم بفيتامين أ
Skeletal fluorosis	تسمم فلوري عظمي
Nomenclature	تسمية
Cheilosis	تشقق زوايا الفم (نقص فيتامين ب٢)
Cramping	تشنج
Spasms/Convulsions	تشنجات
Saponification	تصبن
Atherosclerosis	تصلب الشرايين (مرض)
Sclerosis	تصلب العظام أو الغضاريف
Synthesis	تصنيع
Biosynthesis	تصنيع حيوي
Lipogenesis	تصنيع الدهون
Erythropoiesis	تصنيع كرات الدم الحمراء
Hypertrophy	تضخم
Lassitude	تعب
Ossification	تعظم
Intestinal putrefaction	تعفن الأمعاء
Canning	تعليب
Nutrition	تغذية
Overnutrition	تغذية مفرطة
Undernutrition	تغذية ناقصة

Alopecia/Achromotrichia	تغير لون الشعر
Acetylation	تفاعلات الأستلة (إضافة مجموعة الأستيل)
Metabolic reactions	تفاعلات أيضية
Chemical reactions	تفاعلات كيميائية
Palatability	تقبل (استساغة)
Stunting/Dwarfism	تقزم
Scaliness	تقشر
Scaling/Desquamation	تقشر الجلد
Legs bowing	تقوس الأرجل
Calcification	تكلس (تكوين الكالسيوم في العظام والأسنان)
Spermatogenesis	تكوين الحيوانات المنوية
Folds	تلافيف
Cystic fibrosis	تليف الحوصلة المرارية
Cirrhosis of gall bladder	تليف المرارة
Liver necrosis	تليف خلايا الكبد وتصلبها
Encephalomalacia	تلين المخ
Photosynthesis	تمثيل ضوئي (تصنيع الكربوهيدرات في النباتات الخضراء من الماء وثنائي أكسيد الكربون)
Ingestion	تناول الغذاء
Respiration	تنفس
Acid-base balance	توازن حامضي - قاعدي
Dynamic equilibrium	توازن ديناميكي (توازن بين عمليات الهدم والبناء)
Negative energy balance	توازن الطاقة السلبي
Equilibrium energy balance	توازن الطاقة المتعادل
Positive energy balance	توازن الطاقة الموجب
Raspberries/Berries	توت

Tocopherols	توكوفيرولات
Tyrosine	تيروسين (حمض أميني)
Tyrosinase	تيروسينيز (إنزيم يحتوي على النحاس)
Figs	تين

(ث)

Thromboplastin	ثرومبوبلاستين
Threonine	ثريونين (حمض أميني)
Diphosphatidyl glycerol	ثنائي - فوسفاتيديل جلسرول
Dihydroxycholecalciferol - 1, 25	ثنائي هيدروكسي كوليكالسيفيرول ١ ، ٢٥
Thiamin	ثيامين (فيتامين ب ١)
Thyroglobuline	ثيروجلوبولين (الصورة التي يخزن عليها الثيروكسين)
Thyroxin	ثيروكسين
Thiolase synthetase	ثيولاز سينثيتيز (إنزيم)

(ج)

Gastrin	جاسترين (هرمون)
Galactose	جالاكتوز (سكر أحادي)
Galactoseamine	جالاكتوز أمين
Galactosemia	جالاكتوسيميا (ارتفاع مستوى الجالاكتوز في الدم)
Gangliosides	جانجليوسيدات
Dehydration	جفاف
Xerophthalmia	جفاف ملتحمة العين
Diglycerides	جلسريدات ثنائية

Glycogenesis	جليكو جينيسيز (تكوين الجليكوجين)
Glycogenolysis	جليكو جينوليسيز (تهدم الجليكوجين)
Glycolysis	جليكوليسيز (تحلل السكر)
Globulines	جلوبيولينات (بروتينات بسيطة)
Glutamic acid	جلوتاميك (حمض أميني)
Glutamine	جلوتامين (حمض أميني)
Glutelins	جلوتيلينات (بروتينات بسيطة)
Glucose	جلوكوز (سكر أحادي)
Glucoseamine	جلوكوز أمين
Adrenal glucocorticoids	جلوكوكورتيكويد الكظري (هرمون)
Ferrous gluconate	جلوكونات الحديد
Jullies	جلي
Gliadin	جليادين (بروتين القمح)
Glyceraldehyde-3-phosphate	جليسرالدهيد - ٣ - فوسفات
Glycerol	جليسرول
Triglycerides	جليسيريدات ثلاثية
Glycin	جليسين (حمض أميني)
Glycagon	جليكاجون (هرمون)
Glycogen	جليكو جين (نشا حيواني)
Fetus	جنين
Wheat germ	جنين القمح
Treadmill	جهاز الحركة الدائرية عند الأقدام
Nervous system	جهاز عصبي
Intestinal tract	جهاز معوي
Guanosine diphosphate (GDP)	جوانوسين ثنائي الفوسفات
Food quality	جودة الغذاء

Coconut	جوز الهند
Joule (J)	جول (وحدة لقياس الطاقة)
Goiter	جويتر (مرض ينتج من نقص اليود)

(ح)

Respiratory quotient (RQ)	حاصل (معدل) التنفس
Grains/cereals	حبوب
Contraceptive pills	حبوب منع الحمل
Endoplasmic reticulum	حجرات أندوبلازمية
Irritability	حدة الطبع
Iron	حديد (عنصر معدني)
Nonheme iron	حديد غير هيمي
Heme iron	حديد هيمي
Ferrous iron (Fe^{2+})	حديدوز
Ferric iron (Fe^{3+})	حديدك
Peristalsis	حركة الأمعاء
Serving	حصة (وحدة التقديم)
Kidney stone	حصوة الكلية
Intramuscular injection	حقن عضلي
Pyrimidine	حلقة البيريميدين
Porphyrin ring	حلقة البورفيرين
Milk	حليب
Commercial milk	حليب صناعي (حليب الزجاجة)
Skim milk	حليب فرز (حليب خالي من الدهن)

Arachidonic acid	حمض الأراكيدونيك (حمض دهني)
Ascorbic acid	حمض الأسكوربيك (فيتامين ج)
Oxalic acid	حمض الأكساليك
Alpha-amino acid	حمض أميني في الوضع ألفا
Oleic acid	حمض الأوليك (حمض دهني)
Palmitic acid	حمض بالميتيك (حمض دهني)
Pantothenic acid	حمض البانتوثنيك (فيتامين ب٥)
Pteroyl glutamic	حمض البترويل جلوتاميك (الفولاسين)
Glucuronic acid	حمض الجلوكوريونيك
Diketogulonic acid	حمض الجلولونيك ثنائي الكيتون
Deoxyribonucleic acid (DNA)	حمض الدي أوكس ريبونوكليك
Ribonucleic acid (RNA)	حمض الريبونوكليك
Messenger-RNA	حمض الريبونوكليك الرسولي
Transfer-RNA	حمض الريبونوكليك الناقل
Retinoic acid	حمض الريتينوك
Stearic acid	حمض ستياريك (حمض دهني)
Phosphatidic acid	حمض الفوسفاتيديك
Phosphoric acid	حمض الفوسفوريك
Tetrahydrofolic acid (TH4 or THFA)	حمض الفوليك رباعي الهيدروجين (الصورة النشطة فسيولوجياً)
Phytic acid	حمض الفيتيك
Cholic acid	حمض الكوليك
Ketoacid	حمض كيتوني
Chemodeoxy cholic acid	حمض الكيمودي أوكسي كوليك
Lactic acid	حمض لاكتيك
Linoleic acid	حمض اللينوليك (حمض دهني)

Linolenic acid	حمض اللينولينيك (حمض دهني)
Methylmalonic acid	حمض الميثيل مالونيك
Nicotinic acid	حمض النيكوتينيك
Hippuric acid	حمض الهيوريك
Uronic acid	حمض اليورونيك
Uric acid	حمض اليوريك

(خ)

Nutritionist	خبير أو عالم التغذية
Ketonuria	خروج الأجسام الكيتونية مع البول
Lamb	خروف
Vegetables	خضراوات
Starchy Vegetables	خضراوات نشوية
Osteoplasts	خلايا الأستيو بلاستات (بانية العظام/ ناقصة العظام)
Tissue cells	خلايا الأنسجة
Hepatocytes	خلايا الكبد
Epithelial cells	خلايا ظهارية
Rods	خلايا عصبية
Villi/Brush border	خمائل (خميلاات)
Villus	خميلة
Peach	خوخ

(د)

Deaminase	دامينيز (انزيم)

Dipeptidase	داي بيتيديز (إنزيم)
Millet	دخن
Stationary bicycle	دراجة ثابتة
Amino acid score	درجة الحمض الأميني
Dextrin	دكسترين (سكر)
Fetal blood	دم الجنين
Dentin	دنتين (مادة طرية تحت المينا)
Fats	دهون
Monounsaturated fats	دهون أحادية غير مشبعة
Invisible fats	دهون غير مرئية
Polyunsaturated fats	دهون متعددة غير مشبعة
Visible fats	دهون مرئية
Saturated fats	دهون مشبعة
Chicken	دواجن
Dizziness	دوار
Kreb's cycle or citric acid cycle	دورة كربس
Cori cycle	دورة كوري
Dulcin	دولسين (سكر صناعي)
Deoxyribose	دي أوكس ريبوز (الريبوز المتزوع الأكسجين)
Desulfurase	دي سيلفيريز (إنزيم)
Decarboxylase	دي كربوكسيليز (إنزيم نزع مجموعة الكربوكسيل)
Deciliter	ديسلتر (١٠٠ ملل)
Decarboxylase	ديكربوكسيليز (إنزيم)
Dehydrogenase	ديهيدروجينيز (إنزيم)
Dehydrocholesterol-7	ديهيدروكوليسترول - ٧ (مولد فيتامين د٣)

(ذ)

Pectorise/Coronary thrombosis

ذبحة صدرية

(ر)

Peptide bond

رابطة ببتيدية

Lung

رئة

Rafinose

رافينوز (سكر طبيعي يتألف من فركتوز وجلوكوز وجلالكتوز)

Infants

رضع

Saltines

رقائق البسكويت المملح

Neck

رقبة

Amino acid score

رقم الحمض الأميني

Rennin

رينين (إنزيم)

Glucosidic bonds

روابط جليكوسيدية

Chemical bonds

روابط كيميائية

Shrimp

روبيان

Rhodopsin

رودوبسين (صبغة الإبصار)

Ribose

ريبوز (سكر طبيعي خماسي)

Ribosome

ريبوزوم (أحد مكونات الخلية الحيوانية)

Ribosomes

ريبوزومات (أماكن تصنيع البروتين داخل الخلية)

Riboflavin

ريبوفلافين (فيتامين ب٢)

Retinol

ريتinol (فيتامين أ)

(ز)

Appendix

زائدة دودية

Xanthophyll	زانثوفيل
Zinc	زنك (عنصر معدني)
Hyperkeratosis	زيادة التقرن
Polyphagia	زيادة الشهية على الطعام
Polycythemia	زيادة عدد وتركيز كرات الدم الحمراء
Hypervitaminosis	زيادة الفيتامين
Polyuria	زيادة كمية البول وعدد مرات التبول
Hyperthyroidism	زيادة نشاط الغدة الدرقية
Soy oil	زيت فول الصويا
Xylose	زيلوز (سكر طبيعي خماسي)
Oils	زيوت
Vegetable oils	زيوت نباتية

(س)

Salmon	سالمون
Spanich	سبانخ
Rachitic rosary	سبحة كساحية
Citrate	سترات (مركب وسطي داخل دورة كربس)
Cancer	سرطان (مرض)
Tachycardia	سرعة ضربات القلب
Ceruloplasmin	سريولوبلازمين (إنزيمات يرتبط بها النحاس)
Cystine	سستين
Kilocalorie (Kcal)	سُعر (كيلوكالوري)
Sphingolipids	سفنجوليبيدات

Sphingomyelin	سفنجوماييلين
Saccharine	سكارين (سكر صناعي)
Blood suger	سكر الدم (جلوكوز/سكر العنب/دكسترون)
Sucrose	سكروز (سكر المائدة/سكر البنجر)
Monosaccharides	سكريات أحادية
Disaccharides	سكريات ثنائية
Pentoses	سكريات خماسية
Hexoses	سكريات سداسية
Mucopoly saccharids	سكريات مخاطية متعددة
Sucrase	سكريز (إنزيم)
Succinyl Co A	سكسنجل قرين إنزيم أ (مركب وسطي داخل دورة كريس)
Succinate	سكسينات (مركب وسطي داخل دورة كريس)
Side chain	سلسلة جانبية
Sulpholipids	سلفولبيدات
Celiac	سلياك (مرض)
Silicon	سليكون (عنصر معدني)
Cellulose	سيلوز (ألياف غذائية)
Selenocysteine	سيلينوسيسستين (حمض أميني يحتوي على سيلينيوم)
Shortening	سمن نباتي
Obesity	سمنة (بدانة)
Malnutrition	سوء التغذية
Extracellular fluids	سوائل خارج الخلايا
Superoxide dismutase	سوبر أكسيد ديسيميتيز (إنزيم يحتوي على النحاس)
Sorbose	سوربوز (سكر طبيعي سداسي)
Somatostatin	سوماتوستاتين (ببتيدة تنظم هضم الغذاء)
Cyanocobalamin	سيانوكوبالامين (فيتامين ب ١٢)

Cytoplasm	سيتوبلازم (سائل داخل الخلية)
Cytochrome	سيتوكروم
Cytochrom oxidase	سيتوكروم أكسيديز
Cytochrom C oxidase	سيتوكروم س أكسيديز (إنزيم يحتوي على النحاس)
Cytochroms	سيتوكرومات (حوامل إلكترونات)
Serotonin	سروتونين
Cerebrosides	سيربروسيدات
Cereals	سيريل (حبوب)
Serine	سيرين (حمض أميني)
Cis-aconitate	سيس أكونيتات (مركب وسطي داخل دورة كربس)
Systeine	سيسيتين (حمض أميني)
Secretin	سيكريتين (هرمون)
Selenium	سيلينيوم (عنصر معدني)

(ش)

Satiety	شبع (شعور بالشبع)
Corn flakes	شرائح الذرة
Anus	شرج
Artery	شريان
Coronary artery	شريان تاجي
Barley	شعير
Free radicals	شقوق حرة
Paralysis	شلل
Smell	شم
Cantaloupe	شمام

Waxes	شموع
Oat	شوفان
Rye	شيلم

(ص)

Jejunum	صائم (الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة)
Soap	صابون
Net protein utilization (NPU)	صافي البروتين المستفاد
Pigeon breast	صدر الحمامة
Energy expenditure	صرف الطاقة
Platelets	صفائح دموية
Egg yolk	صفار البيض
Bile	صفراء
Sodium	صوديوم (عنصر معدني)
Fasting	صيام

(ض)

Wisdom teeth	ضروس العقل
Osmotic pressure	ضغط أسموزي
Hydrostatic pressure	ضغط هيدروستاتي
Ribs	ضلوع

(ط)

Energy	طاقة

Bitter taste

طعم مر

Menses

طمث (حيض)

Microwave cooking

طهر بموجات دقيقة

(ظ)

Ketonuria

ظهور الأجسام الكيتونية في الدم

(ع)

Cabbage family

عائلة كرنبية

Dentin

عاج الأسنان

Animal protein factor (APF)

عامل البروتين الحيواني (فيتامين ب ١٢)

Intrinsic factor

عامل داخلي (يساعد على امتصاص الفيتامينات)

Antirachitic factor

عامل مضاد للكساح

Antihemorrhagic factor

عامل مضاد للتزيف

Sunflower

عباد الشمس

Veal

عجل

Even number

عدد زوجي (من ذرات الكربون)

Lactose-intolerance

عدم تحمل اللاكتوز

Intestinal juices

عصارات معوية

Panchreatic juice

عصارة بنكرياسية

Gastric juice

عصارة معدية

Muscles

عضلات

Skeletal muscles

عضلات هيكلية

Polydipsia

عطش شديد

Statistics	علم الإحصاء
Genetics	علم الوراثة
Anabolism	عمليات البناء (لأنسجة الجسم)
Catabolism	عمليات الهدم (لأنسجة الجسم)
Enrichment	عملية التدعيم (للأغذية)
Night blindness	عمى ليلي
Nutrients	عناصر غذائية
Cofactors	عوامل مساعدة (أي تنشيط بعض الانزيمات)
Hereditary defect	عيب وراثي
Walnuts	عين الجمل

(غ)

Nausea	غثان
Pituitary gland	غدة نخامية
Parathyroid gland	غدة جندرقية
Adrenal gland	غدة كظرية
Endocrine gland	غدة صماء
Salivary gland	غدة لعابية
Food	غذاء
Junk food	غذاء بالي
Cookies	غريبة
Mucosal muscle	غشاء مخاطي
Cartilages	غضاريف
Coma	غيبوبة

(ف)

Valine	فالين (حمض أميني)
Vanadium	فاناديوم (عنصر معدني)
Apathy	فتور الشعور
Hyperplasia	فرط الاستنساخ (تكاثر أنسجة الخلايا على نحو غير سوي)
Hyperirritability	فرط التهيج
Hyperesthesia	فرط الحس
Fructose	فركتوز (سكر أحادي - سكر الفاكهة - سكر طبيعي سدايمي)
Fructose-6-phosphate	فركتوز-٦ - فوسفات
Phosphorylation	فسفرة (الارتباط بالفوسفات)
Popcorn	فشار
Waste	فضلات
Maffins	فطائر
Anorexia	فقدان الشهية للأكل
Flavoproteins	فلافوبروتين
Flavins	فلافينات
Flavin mononucleotide (FMN)	فلافين أحادي النيوكليوتيد (حامل إلكترونات)
Flavins adenin dinucleotide (FAD)	فلافين أدينين ثنائي النيوكليوتيد
Pepper	فلفل أخضر
Fluorine	فلور (عنصر معدني)
Fluorapatite	فلوراباتيت (ملح يجعل الأسنان أكثر صلابة ومقاومة التسوس)
Mouth	فم
Phenylalanine	فنيل ألانين (حمض أميني)
Fruits	فواكه
Citrus fruits	فواكه الحمضيات

Photopsin	فوتوبسين (بروتين)
Pyridoxal phosphate (PLP)	فوسفات البيريدوكسال (الصورة النشطة فيولوجيا لفيتامين ب٦)
Phosphatidyl choline	فوسفاتيديل كولين
Phosphatase	فوسفاتيز (إنزيم)
Phosphatidyl inositol	فوسفاتيديل إينوسيتول
Phosphatidyl serin	فوسفاتيديل سيرين
Phosphoenol pyruvate	فوسفواينول بيروفات
Phosphoglycerate-3	فوسفوجليسيرات - ٣
Phosphorus	فوسفور (عنصر معدني)
Phospho kinase	فوسفوكينيز (إنزيم)
Phospholipids	فوسفوليبيدات
Fibrin	فيرين (المادة الصلبة المكونة للجلطة)
Fibrinogen	فيرينوجين
Fertility vitamin	فيتامين الإخصاب (فيتامين هـ)
Verdo flavin	فيردوفلافين (فيتامين ب٢)
Ferroxidase 1	فيروكسيداز ١ (إنزيم يحتوي على النحاس)
Ferritin	فيريتين
Biophysics	فيزياء حيوية
Phylloquinone	فيللوكوينون (فيتامين ك١)
Phenyl ketonuria	فينيل كيتونيوريا (مرض نتيجة خلل في أيض البروتين)
Fumarate	فيوماترات (مركب وسطي داخل دورة كربس)
Ferrous fumarate	فيوماترات الحديد

(ق)

Cauliflower	قرنبيط
Cornea	قرنية العين
Coenzyme	قرين (مصاحب) إنزيم
Coenzyme Q	قرين الإنزيم كيو (حامل إلكترونات)
United States Department of Agriculture (USDA)	قسم الزراعة بالولايات المتحدة
Cream	قشدة
Shellfish	قشريات
Rice polishings	قشور الأرز
Tin	قصدير (عنصر معدني)
Malaise	قلق
Alkali	قلوي
Anus cannal	قناة شرجية
Thoracic duct	قناة صدرية
Bile ducts	قناة الصفراء
Lymph duct	قناة ليمفاوية
Colitis	قولنج (التهاب القولون)
Colon	قولون

(ك)

Carboxypeptidase	كاربوكسي ببتيداز (إنزيم)
Carotenoides	كاروتينات
Carotenoids	كاروتينويدات
Casein	كازين (بروتين الحليب)
Cassava	كاسافا
Cashew	كاشيو

Calcitonin	كالسيتونين (هرمون)
Calciferol	كالسيفيرول (فيتامين د٢)
Calcium	كالمسيوم (عنصر معدني)
Sulphur	كبريت (عنصر معدني)
Ferrous sulphate	كبريتات الحديد
Leukocytes	كرات الدم البيضاء
Erythrocytes	كرات الدم الحمراء الناضجة
Cryptoxanthin	كربتوزانثين
Complex carbohydrates	كربوهيدرات معقدة
Carbohydrases	كربوهيدريزات (إنزيمات محللة للكربوهيدرات)
Cretinism	كرتينيزم (توقف نمو عقل الطفل إلى سن ما قبل المدرسة)
Cherries	كرز
Celery	كرفس
Carmalization	كرملة
Kale/Cabbage	كرنب
Brusseles sprouts	كرنب ذو الرؤوس
Chromium	كروم (عنصر معدني)
Creatine	كرياتين
Rickets	كساح (مرض نتيجة نقص فيتامين د)
Chlorine	كلور (عنصر معدني)
Chlorophyll	كلوروفيل (الصبغة الخضراء في النباتات)
Kidneys	كليتان
Kwashiorkor	كواشيوركور (مرض نقص البروتين)
Coenzyme A	كوإنزيم أ (الصورة النشطة فسيولوجياً لحمض البانتوثنيك)
Cobalamine	كوبالامين (فيتامين ب١٢)
Cobalt	كوبالت (عنصر معدني)

Cortisone	كورتيزون (هرمون)
Pumpkin	كوسة
Collagen	كولاجين (بروتين)
Cholecystokin	كولي سيستوكين (هرمون)
Cholecystokinin	كولي سيستوكينين (هرمون)
Cholesterol	كولستيرول
Cholesterol esterase	كولستيرول إستيريز (إنزيم)
Cholecalciferol	كوليكالسيفيرول (فيتامين د٣)
Choline	كولين
Ketosis	كيتوزية (تراكم الدهون في الدم)
Ketones	كيتونات
Keratin	كيراتين (بروتين)
Cake	كيك
Kilocalorie (Kcal)	كيلوكالوري (سعر، وحدة لقياس الطاقة)
Chylomicrons	كيلوميكرونات
Chymotrypsin	كيموتربسين (إنزيم)
Chymotrypsinogen	كيموتربسينوجين (المولد غير النشط لإنزيم الكيموتربسين)
Chyme	كيموس (الغذاء المهضوم داخل الجهاز الهضمي، مادة شبه سائلة)

(ل)

L-Dehydroascorbic acid	ل - ديهيدروحمض الأسكوربيك
Lysyloxidase	لاسيل أكسيديز (إنزيم يحتوي على النحاس)
Lactoalbumine	لاكتوالبومين (بروتين في الحليب)
Lactose	لاكتوز (سكر ثنائي / سكر الحليب)
Lactoflavin	لاكتوفلافين (فيتامين ب٢)
Lactoferrin	لاكتوفرين

Lactase	لاكتيز (إنزيم)
Lassitude	لامبالاة
Lysosome	لايسوسوم (أجسام داخل الخلية)
Lysine	لايسين (حمض أميني)
Yogurt	لبن زبادي
Lipids	ليبدات (دهنيات)
Lignin	لجنين (ألياف غذائية)
Tongue	لسان
Ileum	لفائفي
Trunp	لفت
Lymph	لمف
Almonds	لوز بحري
Peanuts	لوز سوداني
Lipoproteins	ليوبروتينات
High density lipoproteins (HDL)	ليوبروتينات مرتفعة الكثافة
Low density lipoproteins (LDL)	ليوبروتينات منخفضة الكثافة
Very low density lipoproteins (VLDL)	ليوبروتينات منخفضة الكثافة جدًا
Lipoprotein lipase	ليوبروتين ليباز (إنزيم)
Lipases	ليبازات (إنزيمات محللة للدهون)
Gastric lipase	ليباز معدي (إنزيم)
Lecithin	ليسيثين
Osteomalacia	لين العظام (مرض نتيجة نقص فيتامين د)
Keratomalacia	لين قرنية العين
Lenomethionine	لينومثيونين (حمض أميني يحتوي على سيلينيوم)
Leucine	ليوسين (حمض أميني)

(م)

Metabolic water	ماء أيضي
Water output	ماء مفقود
Emulsifier	مادة مستحلبة
Lubricant	مادة ملينة
Margarine	مارجرين
Malate	مالات (مركب وسطي داخل دورة كربس)
Maltose	مالتوز (سكر الشعير)
Maltase	مالتيز (إنزيم)
Mannose	مانوز (سكر طبيعي سداسي)
Mannitol	مانيتول (حلاوته مشابهة للجلوكوز إلا أنه يتأبيض جزئياً)
Mucilages	مايسلج (ألياف غذائية)
Mayonnaise	مايونيز
Requirement	متطلب
L-Isomer	متائل - ل
Cis-Isomers	متناظرات متجاورة
Trans-Isomers	متناظرات متقابلة
Methylcobalamin (Methyl B12)	مثيل كوبالامين
Methionine	مثيرين (حمض أميني)
Ruminants	مجترات
Metabolic pool	مجمع أيضي
Food groups	مجموعات الغذاء
Amino group	مجموعة أمين
Carboxyl group (COOH)	مجموعة كاربوكسيل
Methyl group (CH ₃)	مجموعة مثيل
Oysters	عاريات

Forage crops	محاصيل الأعلاف
Syrups	محاليل سكرية
Catalyst	محفز
Brain	مخ
Chart	مخطط بياني
Gall bladder	مرارة
Marasmus	مراسمس (مرض نقص البروتين والطاقة)
Adolescents	مراهقون
Food guides	مرشديات الغذاء
Diabetes	مرض السكري
Celiac sprue	مرض السلياك
Xerophthalmia	مرض جفاف العين
Cushing's disease	مرض كوشنج
Geriatric patients	مرضى مسنين
Esophagus	مريء
β -oxidation	مسار بيتا لأكسدة الأحماض الدهنية
Osteoporosis	مسامية (تخلخل) العظام
Rectum	مستقيم
Baking powder	مسحوق الخبز
Beverages	مشروبات
Mushroom	مشروم (عش الغراب)
Placenta	مشيمة
Cecum	مصران أعور
Serum	مصل الدم (سيرم)
Antioxident	مضاد للأكسدة
Anticodon	مضاد الشفرة

Antiacid	مضاد للحموضة
Antisterility	مضاد للعقم (فيتامين هـ)
Tetracycline antibiotics	مضادات التتراسيكلين
Antivitamins	مضادات الفيتامينات
Mastication	مضغ
Trace elements	معادن صغرى
Digestibility coefficient (DC)	معامل الهضم
Pastries	معجنات
Stomach	معدة
Basal metabolic rate (BMR)	معدل الأيض القاعدي
Limbs	معصم اليد - الأطراف
Makaroni	معكرونة
Noodles	معكرونة عصائية
Magnesium	مغنسيوم (عنصر معدني)
Nuts	مكسرات
In vivo	من الجسم الحي
Manganese	منجنيز (عنصر معدني)
Electrocardiograph	منحنيات المخطط الكهربائي للقلب
Activator	منشط
Buffers	منظمات
Food and Agriculture Organization (FAO)	منظمة الأغذية والزراعة
World Health Organization (WHO)	منظمة الصحة العالمية
UNICEF	منظمة اليونيسيف (إعانة الطفولة)
FAO/WHO	منظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالمية
Chelating agents	مواد استخلابية
Prostaglandins	مواد تحفز على انقباض العضلات في الأوعية الدموية

Toxicants	مواد سامة
Cements	مواد لاصقة
Goitrogens	مواد مدرقة
Carcinogens	مواد مسببة للسرطان
Motilin (precursor)	موتيلين (ببتيدة تنظم هضم الغذاء)
Provitamin	مولد الفيتامين
Molybdenum	موليبدينوم (عنصر معدني)
Metallothionein	ميتالوثيونين (بروتين رابط للنحاس)
Metallothionin	ميتالوثيونين (بروتين غني بالكبريت والزنك)
Mitochondria	ميتوكوندريا (أجسام داخل الخلية، أحد مكونات الخلية الحيوانية)
Megacalorie (Mcal)	ميغاكالوري (وحدة لقياس الطاقة)
Micelles	ميسيلات (نواتج تحلل الليبيدات المتحدة مع الصفراء)
Mucin	ميسين (المخاطية أو بروتين كربوهيدراتي)
Mycotoxins	ميكوتوكسينات (سموم فطرية)
Melanine	ميلانين (صبغة)
Enamel	مينا الأسنان (عاج الأسنان)
Menadione	ميناديون (فيتامين ك٣)
Menaquinone	ميناكوينون (فيتامين ك٢)
Myoglobin	ميوجلوبين (بروتين العضلات)
Mucin	ميوسين
Myosin	ميوسين (بروتين)
Mucoprotein	ميوكوبروتين (عامل داخلي)

(ن)

Impulses	نبضات (إشارات)
Copper	نحاس (عنصر معدني)

Bone matrix	نخاع العظام
Bran	نخالة
Decarboxylation (-CO ₂)	نزع ثاني أكسيد الكربون
Deamination (-NH ₂)	نزع مجموعة الأمين (من الحمض الأميني)
Hemorrhage	نزيف
Adrenal necrosis	نزيف في غدة فوق الكلية
Cornstarch	نشا الذرة
Severe activity	نشاط شاق
Heavy activity	نشاط مجهد
Physical activities	نشاطات عضلية
Exchanges system	نظام البدائل الغذائية
Lethargy	نعاس
Hypophosphatemia	نقص الفوسفات في الدم
Avitaminosis	نقص الفيتامين
Hypocupremia	نقص النحاس
Melting point	نقطة الانصهار
Isoelectric point	نقطة التعادل الكهربائي
Passive transport	نقل غير نشيط
Neurotransmitter	نقل المنبهات العصبية
Active transport	نقل نشيط
Nucleus	نواة (توجد داخل الخلية)
Cell nucleus	نواة الخلية
Convulsive seizures	نوبات تشنجية
Nonepinephrin	نن أبيتيفرين (هرمون)
Niacin	نياسين (فيتامين ب، حمض النيكوتينيك)
Nitritocobalamin (vit. B12c)	نيتريتوكوبالامين

Nephrosis	نيفروسس (مرض)
Nickle	نيكل (عنصر معدني)
Nicotinamide adinin dinucleotide (NAD)	نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد
Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate	نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيد فوسفات

(هـ)

Heparin	هبارين (مادة مانعة لتجلط الدم)
Hydrogenation	هدرجة
Delirium	هذيان
Hormones	هرمونات
Adrenalin hormon (epinephrine)	هرمون الأدرينالين
Parathormon hormone	هرمون الباراثورمون
Histamin	هستامين (ببتيدة تنظم هضم الغذاء)
Histidin	هستدين (حمض أميني)
Histones	هستونات (بروتينات بسيطة)
Fragility	هشاشة
Bone fragility	هشاشة العظام
Digestion	هضم
Asparagus	هليون
Hordein	هوردين (بروتين الشعير)
FNB/NRC	هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي
Carbon skeletons	هياكل الكربون
Hepatoflavin	هيباتوفلافين (فيتامين ب ٢)
Hypothalamus	هيبوثلامس
Hydroxyapatite	هيدروكسي أباتيت (ملح)
Hydroxyproline	هيدروكسي برولين (حمض أميني)

Hydroxy lysine	هيدروكسي لايسين (حمض أميني)
Thiamin hydrochloride	هيدروكلوريد الثيامين (الصورة التجارية)
Hemosiderosis	هيموسيدروسيس (مرض ينتج من اضطراب أيض الحديد)
Hemosiderin	هيموسيدرين
Hemochromatosis	هيموكروماتوسيس (مرض وراثي ينتج من اضطراب أيض الحديد)
Hemoglobin	هيموجلوبين
Heme	هيمي (بروتين يحتوي على الحديد ويشكل جزءاً من الهيموجلوبين)
Hemecellulose	هيميسليلوز (ألياف غذائية)

(و)

Healthfull diets	وجبات غذائية صحية
Meal	وجبة غذائية
Adequate diet	وجبة متزنة (متكاملة)
Pica	وحم
Vein	وريد
Portal vein	وريد بابي
Lacteal	وعاء ليμφاوي
Walfles	وفل (كعك معد من البيض والحليب والدقيق)

(ي)

Jaundice	يرقان
Attentiveness	يقظة (انتباه)
Iodine	يود (عنصر معدني)
Urea	يوريا (مادة البولة)

ثانيًا: إنجليزي - عربي

(A)

Absorption	امتصاص
Acetoacetate	أستيوأسيئات
Acetone	أستون
Acetylation	تفاعلات الأستلة (إضافة مجموعة الأستيل)
Acetyl-Co A	أستيل كوانزيم
Acetylcholine	أستيل كولين
Achromotrichia	تغير لون الشعر
Acid-base balance	توازن حامضي - قاعدي
Acidosis	ارتفاع حموضة الدم والأنسجة
Acrolein	أكرولين
Actin	أكتين (بروتين عضلي)
Activator	منشط
Active transport	نقل نشيط
Actomyosin	أكتوميوسين (بروتين عضلي)
Adenosin triphosphate (ATP)	أدينوسين ثلاثي الفوسفات
Adequate diet	وجبة متزنة (متكاملة)
Adipose tissues	أنسجة دهنية
Adolescents	مراهقون
Adrenal gland	غدة كظرية
Adrenal glucocorticoids	جلوكوكورتيكويد الكظري (هرمون)
Adrenalin hormon (epinephrine)	هرمون الأدرينالين
Adrenal necrosis	نزيف في الغدة فوق الكلية
Adults	البالغون

Alanine	ألانين (حمض أميني)
Albumines	ألبومينات (بروتينات بسيطة)
Aldehydes	ألدهيدات
Aliphatic amino acids	أحماض أمينية مستقيمة
Alkali	قلوي
Alkalosis	ارتفاع قلوية الدم والأنسجة
Almonds	لوز بجري
Alopecia	تغير لون الشعر
Alpha-amino acid	حمض أميني في الوضع ألفا
Alpha-ketoglutarate	ألفا - كيتوجلوترات (مركب وسطي داخل دورة كربس)
Alpha-tocopherol	ألفا - توكوفيرول (فيتامين هـ)
Amino acids	أحماض أمينية
Amino acid score	درجة (رقم) الحمض الأميني
Amino group	مجموعة أمين
Amino-oligopeptidase	أمينوأوليكو ببتيداز
Aminopeptidase	أمينوببتيداز (إنزيم)
Amylopectin	أميلوبكتين (سلسلة متفرقة من الجلوكوز)
Amylose	أميلوز (سلسلة مستقيمة من الجلوكوز)
Anabolism	عمليات البناء (الأنسجة الجسم)
Animal protein factor (APF)	عامل البروتين الحيواني (فيتامين ب ١٢)
Anions	أيونات سالبة الشحنة
Anorexia	فقدان الشهية للأكل
Antiacid	مضاد للحموضة
Antibodies	أجسام مضادة
Anticodon	مضاد الشفرة
Antihemorrhagic factor	عامل مضاد للتزيف

Antioxident	مضاد للأكسدة
Antirachitic factor	عامل مضاد للكساح
Antisterility	مضاد للعقم (فيتامين هـ)
Antivitrmins	مضادات الفيتامينات
Anus	فتحة الشرج
Anus canal	قناة شرجية
Aorta	أورطة (الوريد الأورطي)
Apathy	فتور الشعور
Appendix	زائدة دودية
Aquocobalamin (vit. B12b)	أكيوكوبالامين
Arachidonic acid	حمض الأراكيدونيك (حمض دهني)
Arginine	أرجنين (حمض أميني)
Aromatic amino acid	أحماض أمينية عطرية
Artery	شريان
Ascorbic acid	حمض الأسكوربيك (فيتامين ج)
Asparagin	أسبارجين (حمض أميني)
Asparagus	هليون
Aspartic acid	أسبرتيك (حمض أميني)
Ataxia	تخلج (عدم اتساق الحركات العضلية اللاإرادية)
Atherosclerosis	تصلب الشرايين (مرض)
Attentiveness	يقظة (انتباه)
Avidin	أفيدين (مادة توجد في بياض البيض)
Avitaminosis	نقص الفيتامين
Avocados	أفوكاتة

(B)

β-hydroxybutyrate	بيتا - هيدروكسي بيوتيرات (جسم كيتوني)

B-ionone	بيتا - أيونون
B-oxidation	مسار بيتا لأكسدة الأحماض الدهنية
Baking powder	خميرة
Barley	شعير
Basal metabolic rate (BMR)	معدل الأيض القاعدي
Beets	بنجر
Beri-Beri	بري بري (مرض نتيجة نقص فيتامين ب ١)
Berries	توت
Beta-amylase	بيتا - أميليز (إنزيم)
Beta-globulin	بيتا - جلوبيولين
Beverages	مشروبات
Bile	صفراء
Bile acids	أحماض الصفراء
Bile duct	قناة الصفراء
Biological value (BV)	القيمة الحيوية
Biophysics	فيزياء حيوية
Biosynthesis	تصنيع حيوي
Biotin	بيوتين (أحد مجموعة فيتامينات ب)
Bitter taste	طعم مر
Blood sugar	سكر الدم (جلوكوز، سكر العنب، دكستروز)
Blood vessels	أوعية دموية (شرايين وأوردة)
Bomb calorimeter	مقياس بومبا للسعرات
Bone fragility	هشاشة العظام
Bone matrix	نخاع العظام
Brain	مخ
Bran	نخالة

Bread exchanges	بدائل الخبز
Broccoli	بروكولي
Brush border	خماثل (خميلات)
Brusseles sprouts	الكرنب ذو الرؤوس
I uffers	منظمات

(C)

Cabbage	كرنب
Cabbage family	العائلة الكرنبية
Cake	كيك
Calciferol	كالسيفيرول (فيتامين د)
Calcification	تكلس العظام (تكوين الكالسيوم في العظام والأسنان)
Calcitonin	كالسيتونين (هرمون)
Calcium	كالسيوم (عنصر معدني)
Cancer	سرطان (مرض)
Canning	تعليب
Cantaloupe	شمام
Capillaries	أوعية (شعيرات) دموية
Carbohydrases	كربوهيدريزات (إنزيمات محللة للكربوهيدرات)
Carbon skeletons	هياكل الكربون
Carboxylation (+ CO ₂)	إضافة ثاني أكسيد الكربون
Carboxyl group (COOH)	مجموعة كربوكسي
Carboxypeptidase	كاربوكس ببتيداز (إنزيم)
Carcinogens	مواد مسببة للسرطان
Carmalization	كرملة
Carotenoides	كاروتينات

Carotenoids	كاروتينويدات
Cartilages	غضاريف
Casein	كازين (بروتين الحليب)
Cashew	كاشيو
Cassava	كاسافا
Catabolism	عمليات الهدم (لأنسجة الجسم)
Catalyst	محفز
Cations	أيونات موجبة الشحنة
Cauliflower	قرنبيط
Cecum	مصران أعور
Celery	كرفس
Celiac	سلياك (مرض)
Celiac sprue	مرض السلياك
Cell nucleus	نواة الخلية
Cellulose	سليولوز (ألياف غذائية)
Cements	مواد لاصقة
Cereals	سيريل (حبوب)
Cerebrosides	سيربروسيدات
Ceruloplasmin	سريولوبلازمين (إنزيمات يرتبط بها النحاس)
Chart	مخطط بياني
Cheilosis	تشقق زوايا الفم (نقص فيتامين ب٢)
Chelating agents	مواد استخلايية
Chemical bonds	روابط كيميائية
Chemical reactions	تفاعلات كيميائية
Chemical score (CS)	الدرجة الكيميائية
Chemodeoxy cholic acid	حمض الكيمودي أوكسي كوليك

Cherries	كرز
Chicken	دواجن
Chlorine	كلور (عنصر معدني)
Chlorophyll	كلوروفيل (الصبغة الخضراء في النباتات)
Cholecalciferol	كوليكالسيفيرول (فيتامين د٣)
Cholecystokinin	كولي سيستوكينين (هرمون)
Cholesterol	كولستيرول
Cholesterol esters	أسترات الكولستيرول
Cholesterol esterase	كولستيرول إستيريز (إنزيم)
Cholic acid	حمض الكوليك
Choline	كولين
Chromium	كروم (عنصر معدني)
Chromoproteins	بروتينات ملونة
Chylomicrons	كيلوميكرونات
Chyme	كيموس (الغذاء المهضوم داخل الجهاز الهضمي / مادة شبه سائلة)
Chymotrypsin	كيموتريرسين (إنزيم)
Chymotrypsinogen	كيموتريرسينوجين (المولد غير النشط لإنزيم الكيموتريرسين)
Cirrhosis of gall blader	تليف المرارة
Cis-aconitate	سيس أكونيتات (مركب وسطي داخل دورة كريس)
Cis-isomers	متناظرات متجاورة
Citrate	سترات (مركب وسطي داخل دورة كريس)
Citrus fruits	فواكه الحمضيات
Clams	أصداف بحرية
Cobalamine	كوبالامين (فيتامين ب١٢)
Cobalt	كوبالت (عنصر معدني)
Coconut	جوز الهند

Coenzyme	قرين (مصاحب) إنزيم
Coenzyme A	كوإنزيم (الصورة النشيطة فسيولوجياً لحمض البانتوثنيك)
Coenzyme Q	قرين الإنزيم كيو (حامل إلكترونات)
Cofactors	عوامل مساعدة (أي تنشيط بعض الإنزيمات)
Colitis	قولنج (إلتهاب القولون)
Collagen	كولاجين (بروتين)
Colon	قولون
Coma	غيبوبة
Commercial milk	حليب صناعي (حليب الزجاجاة)
Complex carbohydrates	كربوهيدرات معقدة
Connective tissue	أنسجة ضامة
Constipation	إمساك
Contraceptive pills	حبوب منع الحمل
Contraction	انقباض
Convulsions	تشنجات
Convulsive seizures	نوبات تشنجية
Cookies	غريبة
Copper	نحاس (عنصر معدني)
Cori cycle	دورة كوري
Corn flakes	شرائح الذرة
Cornea	قرنية العين
Corneal vascularization	امتلاء القرنية بالأوعية الدموية
Cornstarch	نشا الذرة
Coronary artery	شريان تاجي
Coronary thrombosis	ذبحة صدرية
Cortisone	كورتيزون (هرمون)

Crackers	بسكويتات رقيقة هشة
Cramping	تشنج
Cream	قشدة
Creatine	كرياتين
Creatinuria	إفرازات الكرياتين مع البول
Cretinism	كرتينيزم (توقف نمو عقل الطفل إلى سن ما قبل المدرسة)
Crude fiber	ألياف خام
Cryptoxanthin	كربتوزانثين
Cushing's disease	مرض كوشنج
Cyanocobalamin	سيانوكوبالامين (فيتامين ب١٢)
Cystic fibrosis	تليف الحوصلة المرارية
Cystine	سستين
Cytochrome	سيتوكروم
Cytochrome oxidase	سيتوكروم أكسيديز
Cytochrome C oxidase	سيتوكروم س أكسيديز (إنزيم يحتوي على النحاس)
Cytochroms	سيتوكرومات (حوامل إلكترونات)
Cytoplasm	سيتوبلازم (سائل داخل الخلية)

(D)

Deaminase	دأميناز (إنزيم)
Deamination (-NH ₂)	نزع مجموعة الأمين (من الحمض الأميني)
Decarboxylase	دي كربوكسيلاز (إنزيم نزع مجموعة الكربوكسيل)
Decarboxylation	إزالة مجموعة الكربوكسيل
Decarboxylation (-CO ₂)	نزع ثاني أكسيد الكربون
Deciliter	ديسلتر (١٠٠ مل)
Dehydration	جفاف

Dehydrocholesterol - 7	ديهيدروكولستيرول - ٧ (مولد فيتامين ٣د)
Dehydrogenase	ديهيدروجينيز (إنزيم)
Delirium	هذيان
Dentin	دنتين (مادة طرية تحت المينا/ عاج الأسنان)
Deoxyribonucleic acid (DNA)	حمض الدي أوكسي ريبونوكليك
Deoxyribose	دي أوكسي ريبوز (الريبوز المتزوع الأكسجين)
Depression	إحباط
Derived proteins	بروتينات مشتقة
Dermatitis	التهاب الجلد
Desquamation	تقشر الجلد
Desulfurase	دي سيلفيريز (إنزيم)
Detoxification	إزالة السموم / إبطال مفعول المواد السامة
Dextrin	دكسترين (سكر)
Diabetes	مرض السكري
Diarrhea	إسهال
Dietary fiber	ألياف غذائية
Dietary planning	تخطيط الوجبة الغذائية
Diffusion	انتشار
Digestibility coefficient (DC)	معامل الهضم
Digestion	هضم
Digestive enzymes	إنزيمات هاضمة
Digestive tract	الجهاز الهضمي
Diglycerides	جلسريدات ثنائية
Dihydroxycholecalciferol - 1, 25	ثنائي هيدروكسي كوليكالسيفيرول ١ ، ٢٥
Diketogulonic acid	حمض الجلونيك ثنائي الكيتون
Dipeptidase	ببتيديز ثنائي (إنزيم) / داي ببتيديز (إنزيم)

Dipeptide	بيتيدة ثنائية
Diphosphatidyl glycerol	ثنائي - فوسفاتيديل جليسرول
Disaccharides	سكريات ثنائية
Distention	انتفاخ
Diuretics	أدوية مدرة للبول
Dizziness	دوار
Drugs	أدوية
Dulcin	دوليسين (سكر صناعي)
Duodenum	اثنا عشري
Dust	أتربة
Dwarfism	تقزم
Dynamic equilibrium	توازن (اتزان) ديناميكي (توازن بين عمليات الهدم والبناء)

(E)

Edema	أديما (احتجاز الماء في الأنسجة)
Egg yolk	صفار البيض
Electrocardiograph	منحنيات المخطط الكهربائي للقلب
Emulsifier	مادة مستحلبة
Enamel	مينا الأسنان (عاج الأسنان)
Encephalomalacia	تلين المخ
Endocrine glands	غدد صماء
Endogenous protein	بروتين داخلي
Endoplasmic reticulums	حجرات إندوبلازمية
Energy	طاقة
Energy expenditure	صرف الطاقة

Enoyl-Co A	إنويل كوانزيم أ
Enrichment	عملية التدعيم (للأغذية)
Enterogastron	إنتيروجاسترون (هرمون)
Enterogastrone	إنتروجاسترون (هرمون)
Erythrocytes hemolysis	تحلل كرات الدم الحمراء
Epithelial cells	خلايا ظهارية
Epithelial tissues	أنسجة مبطنة للتجاويف
Equilibrium energy balance	توازن الطاقة المتعادل
Ergocalciferol	إرجوكالسيفيرول (فيتامين ٢د)
Ergosterol	إرجستروول (مولد فيتامين ٢د)
Erythroblasts	الخلايا المنواه في نخاع العظام
Erythrocytes	كرات الدم الحمراء الناضجة
Erythropoiesis	تصنيع كرات الدم الحمراء
Esophagus	مريء
Essential amino acids (EAA)	أحماض أمينية أساسية
Esterification	أسترة
Esters	أسترات
Estrin	إسترين (هرمون مسبب للرغبة الجنسية)
Estrogen	إستروجين (هرمون)
Ethanolamine	إيثانول أمين
Even number	عدد زوجي (من ذرات الكربون)
Exchanges system	نظام البدائل الغذائية
Excretion	إخراج
Exogenous protein	بروتين خارجي
Extracellular fluids	سوائل خارج الخلايا

(F)

FAO/WHO	منظمي الأغذية والزراعة والصحة العالمية
Fasting	صيام
Fatigue	إجهاد
Fats	دهون
Fatty acids	أحماض دهنية
Fermentation	تخمير
Ferric iron (Fe^{3+})	حديدك
Ferritin	فيريتين
Ferrous fumarate	فيومارات الحديد
Ferrous gluconate	جلوكونات الحديد
Ferrous iron (Fe^{2+})	حديدوز
Ferrous sulphate	كبريتات الحديد
Ferroxidase 1	فيروكسيداز ١ (إنزيم يحتوي على النحاس)
Fertility vitamin	فيتامين الإخصاب (فيتامين هـ)
Fetal blood	دم الجنين
Fetus	جنين
Fibrin	فيبرين (المادة الصلبة المكونة للجلطة)
Fibrinogen	فيبرينوجين
Figs	تين
Flavin adenin dinucleotide (FAD)	فلافين أدينين ثنائي النيكليوتيد
Flavin mononucleotide	فلافين أحادي النيكليوتيد (حامل إلكترونات)
Flavin mononucleotide (FMN)	فلافين أحادي النيكليوتيد
Flavins	فلافينات
Flavoprotein enzymes	إنزيمات فلافينية
Flavoproteins	فلافوبروتين

Fluorapatite	فلوراباتيت (ملح يجعل الأسنان أكثر صلابة ومقاومة للتسوس)
Fluorine	فلور (عنصر معدني)
FNB/NRC	هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي
Folds	تلافيف
Food	غذاء
Food and Agriculture Organization (FAO)	منظمة الأغذية والزراعة
Food groups	مجموعات الغذاء
Food guides	مرشدات الغذاء
Food quality	جودة الغذاء
Forage crops	محاصيل الأعلاف
Fragility	هشاشة
Free radicals	شقوق حرة
Freeze-drying	تجفيد (تجميد مع تجفيف)
Freezing	تجميد
Fructose	فركتوز (سكر أحادي ، سكر الفاكهة ، سكر طبيعي سداسي)
Fructose-6-phosphate	فركتوز - ٦ - فوسفات
Fruits	فواكه
Fumarate	فيومارات (مركب وسطي داخل دورة كربس)

(G)

Galactose	جالاكتوز (سكر أحادي)
Galactoseamine	جالاكتوزأمين
Galactosemia	جالاكتوسيميا (ارتفاع مستوى الجالاكتوز في الدم)
Gall bladder	مرارة
Gangliosides	جانجليوسيدات
Gastrectomy	استئصال المعدة

Gastric juice	عصارة معدية
Gastric lipase	ليباز معدى (إنزيم)
Gastrin	جاسترين (هرمون)
Gastrointestinal tract	الجهاز الهضمي
Genetics	علم الوراثة
Geriatric patients	مرضى مسنين
Gingivitis	تخلخل الأسنان
Gliadin	جليادين (بروتين القمح)
Globulines	جلوبيولينات (بروتينات بسيطة)
Glossitis	التهاب اللسان (مرض نتيجة نقص فيتامين ب٢)
Glucogenic amino acids	أحماض أمينية جلوكوجينية
Glucose	جلوكوز (سكر أحادي)
Glucoseamine	جلوكوزامين
Glucosidic bonds	روابط جليكوسيدية
Glucuronic acid	حمض الجلوكويورنيك
Glutamic acid	جلوتاميك (حمض أميني)
Glutamine	جلوتامين (حمض أميني)
Glutelins	جلوتيلينات (بروتينات بسيطة)
Glycagon	جليكاجون (هرمون)
Glyceraldehyde-3-phosphate	جليسرالدهيد - ٣ - فوسفات
Glycerol	جليسرول
Glycin	جليسين (حمض أميني)
Glycogen	جليكوجين (نشا حيواني)
Glycogenesis	جليكوجينيسيز (تكوين الجليكوجين)
Glycogenolysis	جليكوجينوليسيز (تهدم الجليكوجين)
Glycolysis	جليكوليسيز (تحلل السكر)

Glycoproteins	بروتينات سكرية
Glycoproteins	بروتينات كربوهيدراتية
Goiter	جويتر (مرض ينتج من نقص اليود)
Goitrogens	مواد مدركة
Golgi bodies	أجسام جولجي (أماكن تخزين الإنزيمات والهرمونات داخل الخلية)
Gout	النقرس (مرض)
Grains	حبوب
Grait	برغل
Grasses	أعشاب
Growth retardation	إعاقة أو توقف النمو
Guanosine diphosphate (GDP)	جوانوسين ثنائي الفوسفات
Gums	أصماغ (ألياف غذائية)

(H)

Healthfull diets	وجبات غذائية صحية
Heme	هيمي (بروتين يحتوي على الحديد ويشكل جزءاً من الهيموجلوبين)
Heme iron	حديد هيمي
Hemecellulose	هيميسليلوز (ألياف غذائية)
Hemochromatosis	هيموكروماتوسيس (مرض وراثي ينتج من اضطراب أيض الحديد)
Hemoglobin	هيموجلوبين
Hemolytic anemia	أنيميا تحلل كرات الدم الحمراء
Hemorrhage	نزيف
Hemosiderin	هيموسيدرين
Hemosiderosis	هيموسيدروسيس (مرض ينتج من اضطراب أيض الحديد)
Heparin	هيبارين (مادة مانعة لتجلط الدم)
Hepatocytes	خلايا الكبد

Hepatoflavin	هيباتوفلافين (فيتامين ب ٢)
Hereditary defect	عيب وراثي
Heavy activity	نشاط مجهد
Hexoses	سكريات سداسية
High density lipoproteins (HDL)	ليبوبروتينات مرتفعة الكثافة
Hippuric acid	حمض الهيبيوريك
Histamin	هستامين (بيبتيدة تنظم هضم الغذاء)
Histidin	هستدين (حمض أميني)
Histones	هستونات (بروتينات بسيطة)
Homestasis	اتزان العناصر الغذائية في جسم الإنسان
Hordein	هوردين (بروتين الشعير)
Hormones	هرمونات
Hydration	إضافة الماء
Hydrogenation	هدرجة
Hydrolysis	تحلل مائي
Hydrostatic pressure	ضغط هيدروستاتي
Hydroxy lysine	هيدروكس لايسين (حمض أميني)
Hydroxyapatite	هيدروكس أباتيت (ملح)
Hydroxylation	إضافة مجموعة الهيدروكسيل
Hydroxyproline	هيدروكس برولين (حمض أميني)
Hyperammonemia	ارتفاع مستوى الأمونيا في الدم
Hypercalcemia	ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم
Hypercholesterolemia	ارتفاع مستوى الكوليستيرول في الدم
Hyperesthesia	فرط الحس
Hyperglycemia	ارتفاع مستوى الجلوكوز في الدم
Hyperirritability	فرط التهيج

Hyperkalemia	ارتفاع مستوى البوتاسيوم في الدم
Hyperkeratosis	زيادة التقرن
Hyperlipidemia	ارتفاع مستوى الدهون في الدم
Hyperphosphatemia	ارتفاع مستوى الفوسفور في الدم
Hyperplasia	فرط الاستنساخ (تكاثر أنسجة الخلايا على نحو غير سوي)
Hypertension	ارتفاع ضغط الدم (مرض)
Hyperthyroidism	زيادة نشاط الغدة الدرقية
Hypertrophy	تضخم
Hypervitaminosis	زيادة الفيتامين
Hypervitaminosis A	تسمم بفيتامين أ
Hypocupremia	نقص النحاس
Hypogeusia	انخفاض في حدة التذوق
Hypoglycemia	انخفاض مستوى الجلوكوز في الدم
Hypomagnesemia	انخفاض مستوى المغنيسيوم في الدم
Hypophosphoremia	انخفاض مستوى الفوسفور في الدم
Hypophosphatemia	نقص الفوسفات في الدم
Hypothalamus	هيبوثلامس
Hypothyroidism	انخفاض إفراز الغدة الدرقية

(I)

Idopsin	أدوسين (صبغة)
Ileum	لفائفي
Impulses	نبضات (إشارات)
In vivo	من الجسم الحي
Inborn error of metabolism	اضطراب الأيض الوراثي
Infants	رضع

Ingestion	تناول الغذاء
Insulin/Insuline	أنسولين
Intestinal juices	عصارات معوية
Intestinal putrefactin	تعفن الأمعاء
Intestinal tract	جهاز معوي
Intramuscular injection	حقن عضلي
Intrinsic factor	عامل داخلي (يساعد على امتصاص الفيتامينات)
Intrinsic factor	عامل داخلي (بروتين يساعد على امتصاص فيتامين ب١٢)
Invisible fats	دهون غير مرئية
Iodine	يود (عنصر معدني)
Iodine number	الرقم اليودي
Ions	أيونات
Iron	حديد (عنصر معدني)
Irritability	حدة الطبع
Iso-citrate	أيزوسترات (مركب وسطي داخل دورة كريس)
Isoelectric point	نقطة التعادل الكهربائي
Isoleucine	إيزوليوسين (حمض أميني)

(J)

Jaundice	يرقان
Jejunum	صائم
Joule (J)	جول (وحدة لقياس الطاقة)
Jullies	جلي
Junk food	غذاء بالي

(K)

Kale	كرنب
Keratin	كيراتين (بروتين)
Keratomalacia	لين قرنية العين
Ketoacid	حمض كيتوني
Ketoacids	أحماض كيتونية
Ketogenic amino acids	أحماض أمينية كيتونية
Ketone bodies	أجسام كيتونية
Ketonemia	تجمع الأجسام الكيتونية في الدم
Ketones	كيتونات / أجسام كيتونية
Ketoneuria	ظهور (خروج) الأجسام الكيتونية في الدم
Ketosis	كيتوزية (تراكم الدهون في الدم)
Kidney stone	حصوة الكلية
Kidneys	كليتين
Kilocalorie (Kcal)	سُعة (كيلوكالوري، سعر، وحدة لقياس الطاقة)
Kreb's cycle or citric acid cycle	دورة كربس
Kwashiorkor	كواشيوركور (مرض نقص البروتين)

(L)

L-dehydroascorbic acid	ل - ديهيدرو حمض الأسكوربيك
L-isomer	متماثل - ل
Lactase	لاكتيز (إنزيم)
Lacteal	وعاء ليمفاوي
Lactic acid	حمض لاكتيك

Lactoferrin	لاكتوفيرين
Lactoflavin	لاكتوفلافين (فيتامين ب٢)
Lactose	لاكتوز (سكر ثنائي ، سكر الحليب)
Lactose-intolerance	عدم تحمل اللاكتوز
Lamb	خروف
Lassitude	لامبالاة ، تعب
Laxative foods	أغذية مسهلة
Lecithin	ليسيثين
Legs bowing	تقوس الأرجل
Legumes	بقوليات
Lenomethionine	لينوميثيونين (حمض أميني يحتوي على سيلينيوم)
Lethargy	نعاس
Leucine	ليوسين (حمض أميني)
Leukocytes	كرات الدم البيضاء
Lignin	لجنين (ألياف غذائية)
Limbs	معصم اليد
Linoleic acid	حمض اللينوليك (حمض دهني)
Linolenic acid	حمض اللينولينيك
Lipases	ليبازات (إنزيمات محللة للدهون)
Lipids	ليبيدات (دهنيات)
Lipogenesis	تصنيع الدهون
Lipoprotein lipase	ليبوبروتين ليباز (إنزيم)
Lipoproteins	ليبوبروتينات ، بروتينات دهنية
Liver necrosis	تليف خلايا الكبد وتصلبها
Lactoalbumine	لاكتوالبيومين (بروتين في الحليب)
Low density lipoproteins (LDL)	ليبوبروتينات منخفضة الكثافة

Lubricant	مادة ملينة
Lumen	تجويف الأمعاء
Lung	رئة
Lymph	لمف
Lymph duct	قناة ليمفاوية
Lymph vessels	أوعية ليمفاوية
Lysine	لايسين (حمض أميني)
Lysosomal enzymes	إنزيمات لايسوزومية
Lysosome	لايسوسوم (أجسام داخل الخلية)
Lysyloxidase	لاسيل أكسيديز (إنزيم يحتوي على النحاس)

(M)

Macrocytic anemia	أنيميا ذات كرات الدم المتضخم
Maffins	فطائر
Magnesium	مغنسيوم (عنصر معدني)
Makaroni	معكرونة
Malaise	قلق
Malate	مالات (مركب وسطي داخل دورة كريبس)
Malnutrition	سوء التغذية
Maltase	مالتيز (إنزيم)
Maltose	مالتوز (سكر الشعير)
Manganese	منجنيز (عنصر معدني)
Mannitol	مانيتول (حلاوته مشابهة للجلوكوز إلا أنه يتأين جزئياً)
Mannose	مانوز (سكر طبيعي سداسي)
Marasmus	مراسمس (مرض نقص البروتين والطاقة)

Margarine	مارجرين
Mastication	مضغ
Mayonnaise	مايونيز
Meal	وجبة غذائية
Meat exchanges	بدائل اللحوم
Magacalorie (Mcal)	ميجاكالوري (وحدة لقياس الطاقة)
Megaloblastic anemia	أنيميا ذات كرات الدم المتضخمة
Melanine	ميلانين (صبغة)
Melting point	نقطة الانصهار
Menadione	ميناديون (فيتامين ك٣)
Menaquinone	ميناكينون (فيتامين ك٢)
Menses	طمث (حيض)
Mental retardation	تخلف عقلي
Messenger-RNA	حمض الريبونوكليك الرسولي
Metabolic pool	مجمع أيضي
Metabolic reactions	تفاعلات أيضية
Metabolic water	ماء أيضي
Metabolism	أيض
Metallo enzymes	إنزيمات معدنية
Metallothionein	ميتالوثيونين (بروتين رابط للنحاس)
Metallothionin	ميتالوثيونين (بروتين غني بالكبريت والزنك)
Metallproteins	بروتينات معدنية
Methionine	ميثيونين (حمض أميني)
Methyl groups (CH ₃)	مجموعة مثيل
Methylcobalamin (Methyl B12)	مثيل كوبالامين
Methylmalonic acid	حمض الميثيل مالونيك

Micelles	ميسيلات (نواتج تحلل اللييدات المتحدة مع الصفراء)
Microbial enzymes	إنزيمات ميكروبية
Microwave cooking	طهو بموجبات دقيقة
Milk	حليب
Milk exchanges	بدائل الحليب
Millet	دخن
Mitochondria	ميتوكوندريا (أجسام داخل الخلية، أجد مكونات الخلية الحيوانية)
Molybdenum	موليبدينوم (عنصر معدني)
Monosaccharides	سكريات أحادية
Monounsaturated fats	دهون أحادية غير مشبعة
Motilin	موتيلين (بيتيدة تنظم هضم الغذاء)
Mouth	فم
Mucilages	مايسلج (ألياف غذائية)
Mucin	ميوسين، ميسين (المخاطية أو بروتين كربوهيدراتي)
Mucopoly saccharids	سكريات مخاطية متعددة
Mucoprotein	ميوكوبروتين (عامل داخلي)
Mucosa	أغشية مخاطية
Mucosal muscle	غشاء مخاطي
Muscle	عضلات
Mushroom	مشروم (عش الغراب)
Mycotoxins	ميكوتوكسينات (سموم فطرية)
Myelin sheath	أغلفة الميلين التي تحيط وتعزل بعض الألياف العصبية
Myofibrils	ألياف عضلية
Myoglobin	ميوجلوبين (بروتين العضلات)
Myosin	ميوسين (بروتين)

(N)

Nausea	غثيان
Neck	رقبة
Negative energy balance	توازن الطاقة السلبي
Nephrosis	نيفروسس (مرض)
Nervous system	جهاز عصبي
Net protein utilization (NPU)	صافي البروتين المستفاد
Neurotransmitter	نقل المنبهات العصبية
Niacin	نياسين (فيتامين ب٣، حمض النيكوتينيك)
Nickle	نيكل (عنصر معدني)
Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate	نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكلوتيد فوسفات
Nicotinamide adinin dinucleotide (NAD)	نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكلوتيد
Nicotinic acid	حمض النيكوتينيك
Night blindness	عمى ليلي
Nitritocobalamin (vit. B12)	نيتريتوكوبالامين
Nomenclature	تسمية
Nonepinephrin	نن أبينفيرين (هرمون)
Nonheme iron	حديد غير هيمي
Noodles	معكرونة عصائية
Nucleic acids (DNA,RNA)	أحماض نووية
Nucleoproteins	بروتينات نووية
Nucleus	نواة (توجد داخل الخلية)
Nutrients	عناصر غذائية
Nutrition	تغذية
Nutritional status	الحالة التغذوية (الحالة الغذائية)

Nutritionist	خبير أو عالم التغذية
Nuts	مكسرات

(O)

Oat	شوفان
Obesity	سمنة (بدانة)
Obstruction	انسداد الأمعاء
Oils	زيوت
Oleic acid	حمض الأوليك (حمض دهني)
Oligopeptide	ببتيدة متوسطة (٤-١٠ أحماض أمينية)
Oligopeptides	ببتيدات متوسطة
Osmotic pressure	ضغط أسموزي
Osmolarity	أزموزية
Osmotic pressure	ضغط أسموزي
Ossification	تعظم
Osteoclasts	خلايا الأستيوكلاستات (ناقضة العظام)
Osteomalacia	لين العظام (مرض نتيجة نقص فيتامين د)
Osteoplasts	خلايا الأستيو بلاستات (بانية العظام)
Osteoporosis	مسامية (تخلخل) العظام
Ounce	أوقية (أونس)
Overnutrition	تغذية مفرطة
Ovoflavin	أوفوفلافين (فيتامين ب ٢)
Oxalic acid	حمض الأكساليك
Oxaloacetate	أكسالوأسيتات (مركب وسطي داخل دورة كريس)
Oxidation	أكسدة

Oxiditive	إنزيمات مؤكسدة
Oysters	محاريات

(P)

Palatability	تقبل (استساغة)
Palmatic acid	حمض بالميتيك (حمض دهني)
Panchreatic juice	عصارة بنكرياسية
Pancrease	بنكرياس
Pantothenic acid	حمض البانتوثنيك (فيتامين ب ٥)
Papain	باباين (إنزيم)
Papay	باباي
Paraesthesia	اضطرابات حسية
Paralysis	شلل
Parathormon hormone	هرمون الباراثورمون
Parathyroid	باراثيرويد (هرمون)
Parathyroid Gland	غدة جندرقية
Paresthesia	إحساس بالخدر أو النمل
Passive transport	انتشار غير فعال، انتشار غير نشيط، نقل غير نشيط
Pastries	معجنات
Peach	خوخ
Peanuts	لوز سوداني
Peat scours	الختني (مرض)
Pectin	بكتين (ألياف غذائية)
Pectorise	ذبيحة صدرية

Pellagra	بلاجرا (مرض ينتج من نقص النياسين)
Pentose shunt	تحويل البنتوز
Pentoses	سكريات خماسية
Pepper	فلفل أخضر
Pepsin	بيسين (إنزيم)
Pepsinogen	بيسينوجين (الصورة النشيطة لأنزيم البيسين)
Peptide bond	رابطة ببتيدية
Peptides	ببتيدات
Peptones	ببتونات
Peripheral nerves	أعصاب طرفية
Peristalsis	حركة الأمعاء
Peroxides	بيروكسيدات (فوق الأكاسيد)
Phenyl ketonuria	فينيل كيتونيوريا (مرض نتيجة خلل في أيض البروتين)
Phenylalanine	فينيل ألانين (حمض أميني)
Phosphatase	فوسفاتيز (إنزيم)
Phosphatidic acid	حمض الفوسفاتيديك
Phosphatidyl inositol	فوسفاتيديل إينوسيتول
Phosphatidyl serin	فوسفاتيديل سيرين
Phosphoenol pyruvate	فوسفوإينول بيروفات
Phosphoglycerate - 3	فوسفوجليسرات - ٣
Phosphokinase	فوسفوكيناز (إنزيم)
Phospholipids	فوسفوليبيدات
Phosphoprotein	بروتينات فوسفورية
Phosphoric acid	حمض الفوسفوريك
Phosphorus	فوسفور (عنصر معدني)
Phosphorylation	فسفرة (الارتباط بالفوسفات)

Phosphatidyl choline	فوسفاتيديل كولين
Photopsin	فوتوسين (بروتين)
Photosynthesis	تمثيل ضوئي (تصنيع الكربوهيدرات في النباتات الخضراء، تصنيع الكربوهيدرات من الماء و CO_2)
Phylloquinone	فيللوكوينون (فيتامين ك١)
Physical activities	نشاطات عضلية
Phytic acid	حمض الفيتيك
Pica	وحم
Pigeon breast	صدر الحمامة
Pineapple	أناناس
Pituitary gland	غدة نخامية
Placenta	مشيمة
Platelets	صفائح دموية
Polycythemia	زيادة عدد وتركيز كرات الدم الحمراء
Polydipsia	عطش شديد
Polypeptide	ببتيدة متعددة
Polyphagia	زيادة الشهية للطعام
Polyunsaturated fats	دهون متعددة غير مشبعة
Polyunsaturated fatty acids (PUFA)	أحماض دهنية غير مشبعة متعددة
Polyuria	زيادة كمية البول وعدد مرات التبول
Popcorn	فشار
Porphyrin	بورفيرين
Porphyrin ring	حلقة البورفيرين
Porphyrine	بورفورين (حلقات مكونة للهيموجلوبين)
Portal vein	وريد بابي
Possitive energy balance	توازن الطاقة الموجب

Potassium	بوتاسيوم (عنصر معدني)
Prealbumin	بري ألبومين (بروتين مرتبط مع اليود)
Prencious anemia	أنيميا خبيثة (أنيميا أديسون)
Procarboxypeptidase	بروكربوكس بيتيديز (المولد لإنزيم الكربوكس بيتيدين)
Prolamines	برولامينات (بروتينات بسيطة)
Proline	برولين (حمض أميني)
Propionyl-Co A	بروبيونيل كوانزيم ا
Prostaglandins	مواد تحفز على انقباض العضلات في الأوعية الدموية
Protamines	بروتامينات (بروتينات بسيطة)
Proteases	بروتيازات (إنزيمات محللة للبروتينات)
Protective foods	الأغذية الواقية
Protein	بروتين
Proteoses	بروتوزوات
Prothrombin	بروثرومين (بروتين يوجد في الدم)
Provitamin (precursor)	مولد الفيتامين
Prunes	برقوق
Pteroyl glutamic	حمض البترويل جلوتاميك (الفولاسين)
Pumpkin	كوسة
Purines	بيورينات
Pyridoxal (PL)	بيريدوكسال
Pyridoxal phosphate (PLP)	فوسفات البيريدوكسال (الصورة النشطة فسيولوجيًا لفيتامين ب٦)
Pyridoxamine (PM)	بيريدوكسامين
Pyridoxin (PN)	بيريدوكسين (فيتامين ب٦ ، حمض البيريدوكسيك)
Pyrimidine	حلقة البريميدين
Pyruvate	بيروفات

(R)

Rachitic rosary	سبحة كساحية
Rafinose	رافينوز (سكر طبيعي يتألف من فركتوز وجلوكوز وجلاكتوز)
Rancidity	تزنخ
Rapeseeds	بذور اللفت (السلجم)
Raspberries	توت
Rebound scurvey	إسقربوط ارتدادي
Recommended Dietary Allowance (RDA)	المقررات الغذائية المقترحة
Recommended intake	الاحتياجات (الجرعات) الموصى بتناولها
Rectum	مستقيم
Rehydration	إعادة الماء إلى الخلايا
Relaxation	ارتخاء
Rennin	رينين (إنزيم)
Requirements	متطلبات
Respiration	تنفس
Respiratory Quotient (RQ)	حاصل (معدل) التنفس
Retinaldehyde	ألدهيد الريتنول (ريتنال)
Retinoic acid	حمض الريتنويك
Retinol	ريتنول (فيتامين أ)
Retinol esters	أسترات الريتنول
Rhodopsin	رودوبسين (صبغة الابصار)
Riboflavin	ريبوفلافين (فيتامين ب ٢)
Ribonucleic acid (RNA)	حمض الريبونوكليك
Ribose	ريبوز (سكر طبيعي خماسي)
Ribosome	ريبوزوم (أحد مكونات الخلية الحيوانية)

Ribosomes	ريبوزومات (أماكن تصنيع البروتين داخل الخلية)
Ribs	ضلع
Rice polishings	قشور الأرز
Rickets	كساح (مرض نتيجة نقص فيتامين د)
Rods	خلايا عصبية
Ruminants	مجترات
Rye	شيلم

(S)

Saccharine	سكارين (سكر صناعي)
Saff	قرطم
Salivary amylase	الأميليز اللعابي (إنزيم)
Salivary glands	غدد لعابية
Salmon	سالمون
Saltines	رقائق البسكويت المالح
Saponification	تصبن
Satiety	شبع (شعور بالشبع)
Saturated fats	دهون مشبعة
Saturated fatty acids	أحماض دهنية مشبعة
Scaliness	تقشر
Scallop	إسقلوب
Scleroproteins	أسكليروبروتينات (بروتينات بسيطة)
Sclerosis	تصلب العظام أو الغضاريف
Scurvey	إسقربوط (مرض نتيجة نقص فيتامين ج)
Seborrheic dermatitis	التهاب الغدد الدهنية

Secretin	سيكريتين (هرمون)
Seeds	بذور
Selenium	سيلينيوم (عنصر معدني)
Selenocysteine	سيلينوسيسستين (حمض أميني يحتوي على سيلينيوم)
Serine	سيرين (حمض أميني)
Serotonin	سيروتونين
Serum	مصل الدم (سرم)
Serving	حصة (وحدة التقديم)
Severe activity	نشاط شاق
Shellfish	قشريات
Shortening	سمن نباتي
Shrimp	روبيان
Side chain	سلسلة جانبية
Silicon	سليكون (عنصر مغذي)
Silicosis	تسمم بعنصر السليكون
Skaling	تقشر الجلد
Skeletal fluorosis	تسمم فلوري عظمي
Skeletal muscles	عضلات هيكلية
Skim milk	حليب فرز (حليب خالي من الدهن)
Sluggishness	بلادة (كسل)
Small intestine	أمعاء دقيقة
Smell	شم
Soap	صابون
Sodium	صوديوم (عنصر معدني)
Soft tissues	أنسجة رخوة
Somatostatin	سوماتوستاتين (ببتيدة تنظم هضم الغذاء)

Sorbose	سوربوز (سكر طبيعي سداسي)
Soy oil	زيت فول الصويا
Spaghetti	أسبكتية
Spanich	سبانخ
Spasms	تشنجات
Specific dynamic effect (SDE)	التأثير الديناميكي الخاص بالأغذية
Spermatogenesis	تكوين الحيوانات المنوية
Sphingolipids	سفنجلوليبيدات
Sphingomyelin	سفنجوماييلين
Starchy foods	أغذية نشوية
Starvation	تجويع
Stationary bicycle	دراجة ثابتة
Statistics	علم الاحصاء
Stearic acid	حمض ستياريك (حمض دهني)
Steatitis	التهاب النسيج الدهني
Steatorrhea	التغوط الدهني
Sterols	أستيرولات
Stomach	معدة
Stomatitis	التهاب الفم (مرض نتيجة نقص فيتامين ب٢)
Strachy vegetables	خضراوات نشوية
Stress	إجهاد
Structure	التركيب البنائي
Stunting	تقزم
Succinate	سكسينات (مركب وسطي داخل دورة كربس)
Succingl Co A	سكسنجل قرين إنزيم ا (مركب وسطي داخل دورة كربس)
Sucrase	سكريز (إنزيم)

Sucrose	سكروز (سكر المائدة، سكر البنجر)
Sulphur	كبريت (عنصر معدني)
Sulpholipids	سلفوليبيدات
Sunflower	عباد الشمس
Superoxide dismutase	سوبر أكسيد ديسميثاز (إنزيم يحتوي على النحاس)
Sweet potato	بطاطس حلوة
Synthesis	تصنيع
Syrups	محاليل سكرية
Systeine	سيسيتين (حمض أميني)

(T)

Tachycardia	سرعة ضربات القلب
Tannin	تانين
Taste	تذوق
Taurine	تاورين
Teeth	أسنان
Testosterone	تستوستيرون (هرمون)
Tetracycline antibiotics	مضادات التتراسيكلين
Tetrahydrofolic acid (TH4 or THFA)	حمض الفوليك رباعي الهيدروجين (الصور النشطة فسيولوجيًا)
Thiamin	ثيامين (فيتامين ب ١)
Thiamin hydrochloride	هيدروكلوريد الثيامين (الصورة التجارية)
Thiamin pyrophosphate (TPP)	بيروفوسفات الثيامين
Thiolase synthetase	ثيولاز سينثيتاز (إنزيم)
Thoracic duct	قناة صدرية
Threonine	ثريونين (حمض أميني)

Thromboplastin	ثرومبوبلاستين
Thyroglobuline	ثيروجلوبيولين (الصورة التي يخزن عليها الثيروكسين)
Thyroxin	ثيروكسين
Tin	قصدير (عنصر معدني)
Tissue cells	خلايا الأنسجة
Tocopherols	توكوفيرولات
Tongue	لسان
Toxicants	مواد سامة
Trace elements	معادن صغرى
Trans-isomers	متناظرات متقابلة
Transaminase	ترانس أميناز (إنزيم)
Transamination	تبادل المجاميع الأمينية
Transcobalamin 1 and 2	ترانس كوبالامين ١ و ٢
Transferrin	ترانس فيرين
Transfer-RNA	حمض الريبونوكليك الناقل
Transketolase	ترانسكيتولاز (إنزيم)
Transmangnin	ترانسمانجانيين (الصورة التي ينقل بها المنجنيز في الدم)
Treadmill	جهاز الحركة الدائرية عند الأقدام
Triglycerides	جليسريدات ثلاثية
Tripeptide	ببتيدة ثلاثية
Trunp	لفت
Trypsin	تريسين (إنزيم)
Trypsinogen	تريسينوجين (المولد غير النشط لإنزيم التريسين)
Tryptophan	تربتوفان (حمض أميني)
Tyrosinase	تيروسيناز (إنزيم يحتوي على النحاس)
Tyrosine	تيروسين (حمض أميني)

(U)

Undernutrition	تغذية ناقصة
UNICEF	منظمة اليونيسيف (إعانة الطفولة)
United States Department of Agriculture (USDA)	قسم الزراعة بالولايات المتحدة
Unsaturated fatty acids	أحماض دهنية غير مشبعة
Urea	يوريا (مادة البولة)
Uric acid	حمض اليوريك
Uronic acid	حمض اليورونيك

(V)

Valine	فالين (حمض أميني)
Vanadium	فاناديوم (عنصر معدني)
Veal	عجل
Vegetable and fruits exchanges	بدائل الخضراوات والفواكه
Vegetable oils	زيوت نباتية
Vegetables	خضراوات
Vegetarians	أشخاص نباتيون، النباتيون
Vein	وريد
Verdoflavin	فيردوفلافين (فيتامين ب٢)
Very low density lipoproteins (VLDL)	ليبوبروتينات منخفضة الكثافة جدًا
Villi	خمائل
Villus	خيلة
Visible fats	دهون مرئية
Vital organs	أعضاء حيوية

(W)

Walfiles	وفل (كعك معد من البيض والحليب والدقيق)
Walnuts	عين الجمل
Waste	فضلات
Water output	ماء مفقود
Watering	تدميع
Watermelon	بطيخ
Waxes	شموع
Weaning foods	أغذية العظام
Wheat germ	جنين القمح
Wisdom teeth	ضروس العقل
World Health Organization (WHO)	منظمة الصحة العالمية

(X)

Xanthophyll	زانثوفيل
Xerophthalmia	مرض جفاف العين، جفاف ملتحمة العين
Xylose	زيلوز (سكر طبيعي خامس)

(Y)

Yam	بطاطا حلوة
Yogurt	لبن زبادي

(Z)

Zinc	زنك (عنصر معدني)

obeikandi.com

كشاف الموضوعات

(١)

أحماض دهنية مشبعة ٧٦	أتواتر وروزا ٣٨٧ ، ٣٨٩
إخراج ٣٦	أنجسليم كيتونية ٩٩ ، ١٠١ ، ١٠٢
ادخار البروتين ٧١	أجهزة الدورة الدموية ٤٥ ، ٤٨
أرابينوز ٥٤	احتياجات الأحماض الأمينية ١٢١ ، ١٢٢
ارتفاع مستوى الكوليستيرول ٣٢٨	احتياجات البروتين ١١٢ ، ١١٣
إرجوستيرول ١٥٠ ، ١٥١	احتياجات الجسم من الطاقة ٣٩٥ ، ٤٠٧
إرشادات غذائية ٢٦	احتياجات الطاقة ٣٨١
إزالة السموم ٧٢	احتياجات الفيتامين ١٤٦ ، ١٥٥ ، ١٦٤
استحلاب ٩٦	١٧٢ ، ١٨٧ ، ٢١٢ ، ٢٠٩ ، ٢١٨
استيل كولين ٢٦٣	٢٢٧ ، ٢٣٥ ، ٢٤٣ ، ٢٤٩ ، ٢٥٤
اضطراب أيض البروتين ١٣٠	احتياجات الكربوهيدرات ٦٩
أعضاء كبدية ٣٣	احتياجات الليبيدات ٨٨
أغلفة الميلين ٢٣٣	احتياجات الماء ٣٧٠
إفراط تناول الفيتامين ١٥٨	أحماض أمينية ١١٦ ، ١١٨ ، ١٢٠ ، ١٢٢
أكسجين مستهلك ٣٩٠	أحماض أمينية جليكوجينية ٤٦٠
أكسدة الأحماض الدهنية ٤٤٦	أحماض أمينية كيتوجينية ٤٦٠
الأحماض الدهنية والأغذية الغنية بها ٧٩	أحماض دهنية ٧٦ ، ٧٧ ، ٧٩ ، ٨٨
الإفراط في تعاطي الفيتامين ١٤٨ ، ١٦٥ -	أحماض دهنية غير مشبعة ٧٧
١٨٩ ، ١٧٨	أحماض دهنية غير مشبعة أحادية ٧٧
التهاب الجلد ١٤٥	أحماض دهنية غير مشبعة متعددة ٧٧

بسين ٣١	ألياف ٦٢، ٦٣، ٦٤، ٢٧٤
بدائل الخبز ٣١٢	امتصاص الحديد ١٨٠
بدائل اللحم ٣١٢	امتصاص العناصر الغذائية ٤١، ٤٢، ٤٣
بدائل الخضروات والفواكه ٣١٢	امتصاص الفيتامين ونقله وأيضه ١٤٧،
بدائل الحليب ٣١٥	١٦٥، ١٧٢، ١٨٨، ٢٠٣، ٢١٠،
بروتينات ١٠٣، ١١١	٢١٩، ٢٢٧، ٢٣٦، ٢٤٤، ٢٥٠،
بروتينات بسيطة ١٠٦	٢٥٤
بروتينات داخلية ٤٥٣	أمعاء دقيقة ٣٢، ٣٥
بروتينات خارجية ٤٥٣	أمعاء غليظة ٣٣، ٣٥
بروتينات دهنية ١٠٧	أميلوبكتين ٥٩
بروتينات سكرية ١٠٧	أميلوز ٥٩
بروتينات غير كاملة ١٠٨	أميليز البنكرياس ٣٣
بروتينات كاملة ١٠٨	أمينوبيتيدز ٣٢
بروتينات مرتبطة ١٠٧	إنتاج الطاقة ٨٧
بروتينات معدنية ١٠٧	انتشار ٤٣
بروتينات ملونة ١٠٧	إنزيمات ٤٣١، ٤٣٢
بروتينات نووية ١٠٧	أنواع الببتيدات ١٠٥
بنكرياس ٣٤، ٣٥	أنيميا خبيثة ٢٣٣
بيريدوكسال ٢٢١	أنيميا ذات كرات الدم المتضخمة ٢٤٢
بيريدوكسامين ٢٢١	أنيميا نقص الحديد ٣١٨
	أهمية الكربوهيدرات ٤٩
	أيض ٤٣، ٢٨٠، ٤١٨
(ت)	أيض الأحماض الأمينية
تأثير ديناميكي نوعي للغذاء ٤٠٤	أيض البروتينات ٤٣٨، ٤٥٣، ٤٥٧، ٤٦٦
تجلط الدم ٢٦٢	أيض الدهون ٧٢، ٢٨٦، ٤٣٨، ٤٣٩،
تحويل البنتوز ٤٣٦	٤٤٣
تربسين ٣٣	أيض الكربوهيدرات ٤١٧، ٤٣٨
تركيب بنائي للفيتامين ١١، ٣٧، ١٣٨،	أيض الكوليسترول ٤٥٠
١٥١، ١٥٩، ١٦٧، ١٧٧، ١٩٣،	
٢٠٤، ٢٠٥، ٢١٢، ٢٢١، ٢٣٨،	
٢٣٩، ٢٤٥، ٢٥١	(ب)
تركيب الحلية ١١، ١٢، ١٣، ١٤	بيتيدز ثنائي ٣٢

- تركيب كيميائي للبييدات ٨٦، ٧٦
تشقق جوانب الفم ٢٠٩، ٢٠٨
تشنج ٢٦٨، ٤٦١
تصنيع البروتين ٣٠٦، ٤٦٤
تغذية مفرطة ٣
تغذية ناقصة ٣
تقسيم الأحماض الأمينية ١١٧، ١٢٠
تقسيم البروتينات ١٠٥
تقسيم الليبيدات ٨٠
تكوين الأسنان ٢٦٠، ٢٨٠
تكوين العظام ٢٥٩، ٢٨٠
تليف الكبد ٣٤٦
تهدم الأحماض الأمينية ٤٥٨
توازن ديناميكي ٤٥
توازن السوائل ١١٠
توازن الطاقة الإيجابي ٤٠٦
توازن الطاقة السليبي ٤٠٦
توازن قاعدي حامضي ٢٨٦، ٢٩٤
توازن الماء في الجسم ٣٧٥
- (ث)
ثنائي فوسفاتيديل جليسرول ٨٤
ثيامين في أغذية ١٩٩
- (ج)
جالاكتوز ٥٢
جلوكوز ٥١
جليسرول ٧٨، ٧٩
جليكوجين (تهدم الجليكوجين) ٦٠، ٦١
جليكوجينيسيز (تكوين الجليكوجين) ٤٢٨، ٤٣٣
- جليكوجينوليسيز ٤٣٠، ٤٣٣
جليكوليسيز ٤١٩، ٤٢٢
جهاز عصبي ١٩٦
جهاز ليمفاوي ٤٧
جهاز ماكس بلانك ٣٩٢
جهاز هضمي ٢٩، ٣٠، ٣٥
جودة البروتين ١٢٣
- (ح)
حاصل (معدل) التنفس
حالة تغذية ٣، ٤٠١
حديد في الأغذية ٣١٣، ٣١٤
حمض الأسكوربيك ١٧٦، ١٧٧، ١٧٨
حمض أميني حدي ١٣١
- (خ)
خواص الفيتامين ١٣٩، ١٥١، ١٦٠،
١٦٧، ١٧٨، ١٩٢، ٢٠٦، ٢١٤،
٢٢٢، ٢٣١، ٢٣٨، ٢٤٦، ٢٥١
خواص الليبيدات ٨٧
- (د)
درجة كيميائية ١٥٥
دوران البروتين ١٢٣
دور فيتامين (أ) في الإبصار ١٤٠
دورة أملاح الصفراء ٩٧
دورة كربس ٤٢١، ٤٢٥
دورة كوري ٤٣٥
دورة اليوريا ٤٦٥، ٤٦٨

(ر)

رقم يودي ٩٤

رقم تصنيف ٩٤٠

ريبوز ٥٤

ريوفلافين (فيتامين ب٢) ١٦ ، ١٨ - ٢١ ،

٢٠٣ ، ٢٤

(ص)

صافي البروتين المستفاد ١٢٨ ، ١٢٩

صرف الطاقة ٣٨٦

(ض)

ضغط ازموزي ١١٠ ، ٢٩٤

ضغط هيدروستاتي ١١٠

(ز)

زابلوز ٥٤

زيادة التقن ١٤٥

زيادة الفيتامين ١٣٤

(ط)

طاقة ١١٠ ، ٣٨٢

طاقة الغذاء ٣٧٩

طاقة مستهلكة في النشاطات ٤٠٣

طرق كيميائية ١٥٥

طريقة كاربنتور ١٢٦

(س)

سفنجوميلين ٨٣

سكروز ٣٢

سكريات أحادية ٥١

سكريات ثنائية ٥٥ ، ٥٧

سكريات متعددة ٥٨

سكرينز ٣٢

سلسلة تنفسية ١٦١

سلسلة نقل الإلكترونات ٤٢٦ ، ٤٢٩

سليروز ٦٠ ، ٦١

سوء تغذية ٣ ، ٤٧١

سيريروسيد ٨٥

سيفالين ٨٢

سيلياك ١٧١

(ع)

عدم تحمل اللاكتوز ٦٧

علاقة التغذية بالعلوم الأخرى ٩ ، ١٠ ، ١١

علم التغذية ٢

عمليات البناء ٤٤

عمليات الهدم ٤٤

عملية التكلس ٢٨٠

عمى ليلي ١٤٤

عناصر غذائية ٢ ، ٣

عنصر البوتاسيوم ٢٨٥

عنصر الحديد ٣٠٩

عنصر الفارصين ٣٣٠

عنصر الزرنيخ ٣٦٣

عنصر السيليكون ٣٦٢

عنصر السيلينيوم ٣٤٥

(ش)

شموع ٨٠

- عنصر الصوديوم ٢٩٣
عنصر الفاناديوم ٣٦٠
عنصر الفلور ٣٥٤
عنصر الفوسفور ٢٧٩
عنصر القصدير ٣٦١
عنصر الكالسيوم ٢٥٨
عنصر الكبريت ٢٩١
عنصر الكروم ٣٥١
عنصر الكلوريد ٣٠٠
عنصر الكوبالت ٣٥٧
عنصر المغنسيوم ٣٠٣
عنصر المنجنيز ٣٣٦
عنصر الموليبدنيوم ٣٤٨
عنصر النحاس ٣٢٤
عنصر النيكل ٣٦١
عنصر اليود ٣٣٩
- (غ)
غدد لعابية ٣٣
غدة نخامية ٣٤٥
غذاء ١
غذاء بالي ٣
غشاء خلية ١٢
- (ق)
قرين الإنزيم ١٣٤
قناة هضمية ٣٥، ٣٠
قولنج (التهاب القولون) ١٧١
قيمة حيوية ١٢٧
- (ف)
فرط التقرن ١٤٥
فركتوز ٥٢
فلافين أحادي النيكليوتيد ٢٠٥، ٢٠٤
فلافين أدينين ثنائي النيكليوتيد ٢٠٥، ٢٠٤
فلورباتيت ٣٥٥
فوائد الألياف ٦٤
- فوسفاتيديل إينوسيتول ٨٤
فوسفاتيديل سيرين ٨٢، ٨٣
فوسفوليبيدات ٨١
فيبرينوجين ٢٦٢
فيتامين أ (ريتنول)
فيتامين أ ١٣٦
فيتامين ب ١ (الثيامين) ١٩٢
فيتامين ب ٢ (الريبوفلافين) ٢٠٣
فيتامين ب ١٢ (الكوبالامين) ٢٢٨
فيتامين ب ٦ (البيريدوكسين) ٢٢٠
فيتامين ب ٦ في الأغذية ٢٢٥
فيتامين ج ١٧٦، ٢٧٥
فيتامين د ٢٧٣
فيتامين البيوتين ٢٥٠
فيتامينات ذائبة في الدهن ١٣٣، ١٣٥
فيتامينات ذائبة في الماء ١٣٦، ١٧٥
فيتامين حمض البانتوثنيك ٢٤٤
فيتامين الفولاسين (حمض الفوليك) ٢٣٧
فيتامين ك ١٦٦
فيتامين النياسين (ب ٣) ٢١١
فيتامين هـ ١٥٨
فيللوكوينون (ك ١) ١٦٦، ١٦٨

- مجمع أضي ٤٤
مجموعات الغذاء الرئيسة ٢٥، ١٥
مجموعة الحليب ١٦
مجموعة الخبز والحبوب ٢٢
مجموعة الفواكه والخضراوات ١٩
مجموعة اللحوم ١٧
محتوى الأغذية من البروتين ١١٥
محتوى الأغذية من حمض الأسكوربيك ١٨٤، ١٨٣
محتوى الأغذية من فيتامين (أ) ١٤٣، ١٤٢
محتوى الأغذية من الكربوهيدرات ٧٠
محتوى بعض الأغذية من الكولستيرول ٩٢
محتوى بعض الأغذية من الليبيدات ٩٣
مراسمس ٤٧٢
مرض الأسقربوط ١٨٦، ١٨٤
مرض البري بري ١٩٧، ٢٠٠، ٢٠١، ٢٠٢
مرض البلاجرا ٢١١، ٢١٢، ٢١٦
مرض تصلب الشرايين ٩٨
مرض جفاف القرنية ١٤٤
مرض الجويتر ٣٤١، ٣٤٢
مرض السكري ٦٦
مرض الهيموسيدروسيس ٣٢٣
مرض الصيموكروماتوسيس ٣٢٤
مرض كيشان ٣٤٦
مرىء ٣٠، ٣٥
مسامية العظام ٢٦٦
المسعر ذو البومة (المسعر الحراري) ٣٨٣، ٣٨٤
مسوحات غذائية ٢
مصادر الفيتامين ١٥٣، ١٦٢، ١٨٥
- (ك)
كبد ٣٤
كرات الدم الحمراء
كربوكسي بيتيدز ٣٣
كربوهيدرات ٤٩
كساح ١٥٣، ٢٦٧
كوأشيوكر ٤٧٢، ٤٧٧
كولاجين ١٧٩
كولستيرول ٩٦
كيلوجول ٣٨٢
كيلوكالوري ٣٨٢
كيموتربسين ٣٣
- (ل)
لاكتوز ٣٢، ٥٥
لاكتيز ٣٢
ليوبروتينات ٨٥
ليبيدات (شحميات) ٧٥، ٨٠، ٨٥
ليبيز معدي ٣١
ليسيثين ٨١
لين العظام ١٥٥، ٢٦٩
- (م)
ماء ٣٦٥
ماء أضي ٣٦٩، ٣٧٢
ماء غذائي ٣٧٢
مالتوز ٣٢، ٥٦
مالتيز ٣٢
مانوز ٥٤
مانيتول ٥٤
مجمع الأحماض الأمينية ١٢٢

- (هـ)
- مصادر البروتينات ١١٤
مصادر الفيتامين ١٧٠، ١٤٢
مصادر الكربوهيدرات ٦٨
مصادر الليبيدات ٩٣، ٨٩
مضادات الفيتامين ١٣٤
مضاد الأكسدة ١٨١، ١٦٠
معامل الهضم ١٢٧
معدل الأيض الأساسي ٣٩٧
معدة ٣١، ٣٥، ٤٥٤
مقررات غذائية موصى بها ١١٣
مكونات السن ٢٦١
مولد الفيتامين ١٣٤
- (و)
- وحدة التقديم ١٧، ١٩، ٢٢، ٢٤
وظائف البروتينات ١٠٥
وظائف العناصر الغذائية
وظائف الكربوهيدرات ٧١
وظائف الليبيدات ٨٧
وظائف الفيتامين ١٣٩، ١٥٢، ١٦٧،
١٧٨، ١٩٥، ٢٠٦، ٢١٤، ٢٢٢،
٢٤٠، ٢٤٧
- (ن)
- نبضات عصبية ٣٠٦
نسبة كفاءة البروتين ١٢٩
نشا ٥٨
نقص الفيتامين ١٣٤، ١٤٣، ١٥٣،
١٦٢، ١٧٠، ١٩٧، ٢٠٨، ٢١٦،
٢٢٦، ٢٣٣، ٢٤١، ٢٤٨، ٢٥٣
نقل النشاط ٤٣
نواة ١٢

أساسيات في علم التغذية

Principles in Nutritional Science

- المقدمة ● تعاريف ومصطلحات ● تاريخ علم التغذية ● علاقة التغذية بالعلوم الأخرى ● العناصر الغذائية ● التركيب البنائي للخلية

المقدمة (١, ١) Introduction

يهتم علم التغذية nutrition بطبيعة الأغذية المختلفة nature of foods والعناصر الغذائية الموجودة فيها food nutrients واحتياج الجسم إلى هذه العناصر، أي أنه العلم الذي يدرس العمليات الكيميائية والفسيولوجية التي تحول عناصر الغذاء food elements إلى عناصر الجسم body elements داخل جسم الكائن الحي . وتتوقف حالة الشخص الصحية والغذائية على تناوله وجبات غذائية متكاملة ومتزنة، وكذلك على مقدرة الجسم على أيض الغذاء بفعالية عالية.

تعاريف ومصطلحات (١, ٢) Definitions and Expressions

الغذاء Food

الغذاء هو كل ما يدخل الجسم من مأكولات ومشروبات سواء عن طريق الفم أو الحقن، والتي تمد الجسم بالطاقة وتساعد على النمو وإصلاح الأنسجة التالفة وتنظيم العمليات الحيوية في الجسم، وهناك تعريف آخر يقول إن الغذاء هو المادة التي تحتوي على العناصر الغذائية nutrients التي يحتاجها الجسم للمحافظة عليه حياً، ولكي يتمكن من النمو والإصلاح.

العناصر الغذائية Nutrients

هي مواد يتم الحصول عليها من الأغذية ويستعملها الجسم لتمده بالطاقة وتساعد على النمو growth والبقاء maintenance والإصلاح repair ، وتشمل الكربوهيدرات ، والبروتينات ، والدهون والمعادن والفيتامينات والماء .

الوجبة المتكاملة (المتوازنة) Adequate diet

هي الوجبة التي تزود الجسم بجميع العناصر الغذائية الضرورية وبكميات كافية لسد احتياجاته، تسمى أيضاً الوجبة المتوازنة balanced diet . ومن علامات التغذية المتكاملة على الفرد الحيوية واليقظة ومقاومة الجسم للأمراض وزيادة الكفاءة الإنتاجية .

علم التغذية Science of nutrition

هو العلم الذي يدرس العناصر الغذائية من حيث هضمها وامتصاصها ونقلها وأيضها وتفاعلها interaction وتخزينها وإخراجها excretion ، بمعنى أن علم التغذية يدرس جميع عمليات البناء anabolism والهدم catabolism التي تحدث للغذاء من لحظة تناوله إلى إخراجها من الجسم كفضلات . ويمكن تلخيص المجالات التي يهتم بها علم التغذية في الآتي :

- ١ (دراسة العلاقة بين الغذاء والإنسان في الصحة والمرض .
- ب) دراسة القيمة الغذائية لأنواع الأغذية المختلفة .
- ج) تحديد احتياجات الجسم للعناصر الغذائية من حيث الكمية والنوعية واختيار الأغذية التي تفي بهذه الاحتياجات .
- د) دراسة الأغذية داخل الجسم من أوجه مضغها وبلعها وهضمها وامتصاصها ونقلها وأيضها وتفاعلها وتخزينها وإخراجها من الجسم كفضلات .
- هـ) إجراء المسوح الغذائية والدراسات التغذوية .
- و) تخطيط الوجبات الغذائية للأفراد والمجموعات أثناء الصحة والمرض مما يمكننا من تناول غذاء متكامل محتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية التي تحافظ على الجسم وتساعد على النمو وإصلاح الأنسجة .

التالفة .

الغذاء البالي Junk food

لا يوجد تفسير علمي لهذا المصطلح إلا أنه يطلق من عامة الناس على الأغذية المنخفضة القيمة الغذائية وغير المتوازنة في محتواها من العناصر الغذائية وكذلك الأغذية الضارة بالصحة harmful foods مثل الأغذية الغنية في محتواها بالملح أو السكر أو الدهن.

الحالة التغذوية Nutritional status

وهي الحالة الصحية للفرد وعلاقتها بما يتناوله من عناصر غذائية في طعامه، وتعتبر الحالة التغذوية محصلة لكل من (١) مجموع ما يتناوله الفرد من غذاء بالنسبة إلى احتياجاته الغذائية، (٢) العناصر الغذائية التي يتناولها الفرد في الحاضر والماضي، (٣) الأعراض والظواهر المرضية إن وجدت، (٤) معدل النمو والتطور والنشاط، (٥) الفحوصات الطبية والكيميائية ومعدل إفراز العناصر الغذائية مع البول والبراز والعرق.

سوء التغذية Malnutrition

يقصد به حدوث تدهور أو ضعف في الصحة نتيجة تناول أغذية غير متكاملة (غير متوازنة) إما بزيادة أو نقص واحد أو أكثر من العناصر الغذائية، ويتضمن سوء التغذية الآتي:

١ () التغذية الناقصة Undernutrition

تعني وجود نقص في الطاقة أو في واحد أو أكثر من العناصر الغذائية الأساسية.

ب () التغذية المفرطة Overnutrition

تعني وجود زيادة في الطاقة أو في واحد أو أكثر من العناصر الغذائية الأساسية مما يعوق الجسم عن أداء وظائفه بصورة طبيعية.

ويؤدي سوء التغذية إلى انتشار الأمراض الميكروبية نتيجة ضعف الجهاز المناعي وكذلك يؤدي إلى الإصابة بالأمراض مثل البلاجرا ولين العظام والأنيميا والكساح والمراسمس (نقص البروتين والطاقة) marasmus والكواشيوركور (نقص البروتين) kwashiorkor ، بالإضافة إلى ارتفاع نسبة الوفيات بين الأطفال والحمول وقلة النشاط

كما يؤثر على كفاءة الأداء لدى الشخص .

وبشكل عام فإن سوء التغذية الناقصة قد يكون نتيجة لعدة أسباب أهمها تناول وجبات غذائية غير متكاملة من حيث الكمية والنوعية أو نتيجة لخلل في عمليات الهضم أو الامتصاص أو الأيض داخل الجسم . واختيار الشخص لطعامه اليومي يتوقف على عدة عوامل منها: العادات الغذائية السائدة للأسرة والمجتمع ومدى توافر المادة الغذائية والحالة الاقتصادية للفرد أو للأسرة ومعتقدات الشخص الدينية وغيرها من العوامل .

(١,٣) تاريخ علم التغذية History of Nutrition

قام العالم Schneider بتقسيم تاريخ علم التغذية إلى أربع حقب (Guthrie, 1986) والتي يمكن حصرها في الآتي:

أولاً: الحقبة الطبيعية Naturalistics era

تبدأ هذه الحقبة من عام ٤٠٠ قبل الميلاد إلى عام ١٧٥٠ م ، حيث كان للناس أفكار غير واضحة عن الأغذية من حيث علاقتها بالمعتقدات السائدة وبالسحر وتأثيرها الطبي ، ولقد أدرك الإنسان البدائي أهمية الغذاء كمادة أساسية للحياة غير أنه لم يستطع تمييز القيمة الغذائية للأغذية المختلفة ، ومن الدلائل على ذلك ما لاحظته العالم دانييل Daniel من أن تناول الحبوب والبقوليات وشرب الماء تمكّن الفرد من أن يعيش فترة أطول من تلك التي يعيشها الأشخاص الذين يتناولون طعام الملوك King's food ويشربون الخمر . كما اعتبر العالم هيبوكرات Hippocrates في عام ٤٠٠ قبل الميلاد الغذاء كعنصر عالمي universal nutrient يتناوله جميع الناس في هذا الكون ، واعتقد أن انخفاض الوزن أثناء المجاعات سببه إفراز العرق غير المحسوس insensible perspiration . وعرف الإنسان مفهوم الوجبة الغذائية وطول العمر (التعمير) longevity في القرن السادس عشر الميلادي . وبعد العالم الإيطالي Santorio Sanctorius (١٥٦١ - ١٦٣٦م) أول من حاول التعرف على العلاقة بين الغذاء والجسم ، وماذا يحدث للطعام في الجسم ، إلا أن محاولاته لم تنجح ، ثم قام العالمان هارفي Harvey وسبالانزاني Spal-lanzani بعمل دراسات عن الهضم والدورة الدموية والتي ساعدت فيما بعد في دراسة علم التغذية . ولقد قام الطبيب البريطاني ليند Lind (١٧٤٧م) في نهاية هذه الحقبة

بمحاولة إيجاد علاج لمرض الاسقربوط Scurvey لاثني عشر بحارًا مصابًا، وذلك بإعطائهم مواد مختلفة حيث وجد أن عصير الليمون والبرتقال لهما تأثير فعال في معالجة مرض الاسقربوط، وبعد حوالي ٢٠٠ عام اكتشف أن فيتامين ج هو العنصر الفعال في معالجة مرض الاسقربوط، وتم فصله في صورة بلورات بيضاء عام ١٩٣٢م بواسطة العالمين كنج King وفوج Waugh .

ثانيًا: الحقبة الكيميائية التحليلية Chemical-analytical era

تنحصر هذه الحقبة ما بين سنة ١٧٥٠ وسنة ١٩٠٠م، وكان العالم لافوازييه Lavoisier الذي عرف بأبي التغذية Father of nutrition في القرن الثامن عشر الميلادي أول من درس التنفس والأكسدة وإنتاج الطاقة في الحيوانات، حيث أوضح العلاقة بين الطاقة المنتجة وكمية الأكسجين التي يستخدمها الجسم . بمعنى آخر أثبت أن الأغذية التي يتناولها الإنسان تتأكسد بفعل الأكسجين وينتج عن ذلك طاقة وثاني أكسيد الكربون، وتشبه هذه العملية عملية حرق المواد خارج الجسم . وفي بداية القرن التاسع عشر الميلادي عرف الإنسان طرق تقدير النيتروجين والأكسجين والكربون في المواد العضوية . ولقد لاحظ العالم الفرنسي ماجندي Magendie (١٧٨٣ - ١٨٥٥م) أن إطعام الكلاب على السكر منفردًا أو الزبدة أو زيت الزيتون أو الصمغ العربي يؤدي إلى موتها، وبذلك استنتج أن البروتين أساسي في التغذية وضروري للبقاء وأن البروتينات و الكربوهيدرات والدهون تشكل العناصر الأساسية في الغذاء، وبذلك يكون أول من ميز بين عناصر الغذاء الرئيسية، واستطاع العالم رينولت Renault (١٨١٠ - ١٨٧٨م) أن يثبت أن نسبة الأكسجين المستهلك إلى ثاني أكسيد الكربون الناتجة من عملية التنفس تعتمد على نوع الغذاء المتناول، وهذا ما يعرف اليوم بمعامل التنفس . ثم وضع العالم الألماني ليبيج Leibig (١٨٠٣ - ١٨٧٣م) أهمية الدهون والكربوهيدرات والبروتينات في توليد الطاقة نتيجة لتأكسدها داخل الجسم واستطاع بعد ذلك حساب قيم الطاقة لبعض الأغذية، كما أوضح أن مصدر النيتروجين في البول هو البروتين . وكان العالم الفرنسي بوسينكول Boussingault هو أول من أجرى تجارب التوازن الغذائي (١٨٠٢ - ١٨٧٨م) وذلك بقياس كمية النيتروجين والهيدروجين والكربون والأملاح الموجودة في كل من غذاء البقرة وفضلاتها .

كما ظهر خلال هذه الفترة العالم الألماني فويت Voit (١٨٣١ - ١٩٠٨م) الذي كان يمتلك مختبراً في ميونخ خاصاً بأبحاث القياسات الحرارية، وقد استطاع أن يثبت أن بناء أنسجة الجسم تفرض الحاجة إلى البروتين، في حين تحدّد الحاجة إلى الدهون والكاربوهيدرات كمية العمل الميكانيكي التي يقوم بها الجسم. وبعد العالم رومر Reaumur (١٧٥٢م) أول من قام بدراسة عملية هضم المواد الغذائية، حيث أثبت أن المواد الغذائية تطحن داخل المعدة، بالإضافة إلى حدوث عمليات أخرى لها. وبعد ذلك قام العالم بومنت Beamont بتكملة الدراسات التي أجراها رومر حيث استطاع تحديد الوقت النسبي اللازم لهضم الأغذية المختلفة، كما استطاع استكشاف حمض الهيدروكلوريك في المعدة وتحدث عن تأثير الانفعالات النفسية على إفرازات وحركة المعدة. وفي سنة ١٨١٠م استطاع العالم الإنجليزي والستون Wollaston عزل الحمض الأميني السستين Cystin، وكانت هذه أول محاولة لعزل حمض أميني، ويعتبر الطبيب الهولندي Eijkman (١٨٩٧م) أول من اكتشف مرض البري - بري في الدجاج عند تغذيتها على أرز أبيض خالٍ من القشور.

أجريت في نهاية هذه الحقبة دراسات عديدة على الحيوانات باستخدام الأغذية المنقاة وذلك لمعرفة تأثيرها على هذه الحيوانات من الوجهة التغذوية. ولقد أشارت نتائج هذه الدراسات على أن إضافة نسبة ضئيلة من بعض المواد الطبيعية إلى الغذاء يسبب زيادة في وزن الحيوانات وتحسّن صحتها. وفي عام ١٩١٢م عرفت هذه المواد الطبيعية باسم الفيتامينات.

ثالثاً: الحقبة البيولوجية Biological era

تبدأ هذه الحقبة من سنة ١٩٠٠ إلى ١٩٥٥م، ومن أهم الاكتشافات في بداية هذه الحقبة هو التعرف على الفيتامينات التي تم تقسيمها من قبل العالم McCollum's (١٩١٣م) إلى قسمين هما: (١) فيتامين A الذائب في الدهون و (٢) فيتامين B الذائب في الماء. وتلا ذلك اكتشاف هرمون الثيروكسين في عام ١٩١٤م، ثم تمكن العالم ماراين Marine وكمبال Kimball (١٩٢١م) من معرفة أهمية اليود. ولقد استطاع العالم روز Rose (١٩٣٠م) تحديد الأحماض الأمينية الضرورية للإنسان والحيوان، وفي عام ١٩٣٢م استطاع العالم كنج King من تصنيع فيتامين جـ (Vitamin C) معملياً، وفي

العام نفسه اكتشف وليامز Williams مرض الكواشيوركور Kwashiorkor في الأطفال الناتج من نقص تناول البروتين. أيضًا خلال هذه الفترة استطاع العلماء تغير المفهوم القائل بأن بعض الأمراض مثل البري بري beriberi ، والاسقربوط scruvey ، وكساح الأطفال rickets والبلاجرا pellagra سببها مواد سامة أو عناصر معدنية وأن السبب الحقيقي لهذه الأمراض هو نقص في العناصر الغذائية التي يحتاجها الجسم ، ثم تمكن العلماء في عام ١٩٤٠م من معرفة أربعة فيتامينات ذائبة في الدهون وثمانية فيتامينات ذائبة في الماء ، والتي تعتبر عناصر أساسية في وجبة الإنسان ، كما تمكن العلماء من معرفة التركيب الكيميائي للفيتامينات والدور الحيوي الذي تلعبه في الجسم .

وفي نهاية هذه المرحلة درس العلماء تفاعل العناصر الغذائية مع بعضها البعض داخل الجسم ، وحاولوا التعرف على احتياجات الجسم لكل عنصر غذائي . ولقد تمكن العلماء من معرفة مكونات الغذاء التي لا تحترق داخل الجسم ولا تنتج طاقة و المعروفة باسم الألياف والأملاح والمعادن .

رابعاً: حقبة علم الخلية Cellular era

تبدأ هذه الحقبة من ١٩٥٥م إلى الوقت الحاضر وخلاها حدث تطور في معظم العلوم مما مكن من اختراع الميكروسكوب الإلكتروني electronic microscope ، وأجهزة الطرد المركزي الفائقة السرعة ultracentrifuge وتقنيات التحليل الكيميائي الدقيقة microchemical techniques ، مما مكن العلماء من التعرف على مكونات الخلية ودراسة الاحتياجات الغذائية وعملية الأيض داخل الخلية . كما تم خلال هذه الفترة اكتشاف بقية الأحماض الأمينية والمعادن وبقية الفيتامينات ، وعرفت وظائفها وأعراض نقصها وتركيبها الكيميائي . كذلك تطورت طرق تحليل العناصر الغذائية في الأغذية والأنسجة الحيوانية مما ساعد على معرفة محتوى الأغذية من هذه العناصر بدقة كبيرة .

وزداد اهتمام الدول بالتغذية تدريجياً ويتضح ذلك من ازدياد المنظمات العالمية المهتمة بالتغذية مثل منظمة الأغذية والزراعة (FAO) Food and Agriculture Organization ومنظمة الصحة العالمية (WHO) World Health Organization (WHO) التابعة إلى الأمم المتحدة . حيث تهتم الأولى (FAO) بحل مشكلات نقص الغذاء وتحسين الحالة الغذائية ورفع مستوى التغذية في دول العالم ، وذلك عن طريق زيادة كفاءة إنتاج

الغذاء وتوزيعه وإجراء المسوحات الغذائية وتنظيم برامج الشقيف الغذائي وإقامة المشاريع الإنتاجية مثل صناعة الألبان وتربية الأسماك ومشاريع الري والصرف واستصلاح الأراضي. أما المنظمة الثانية (WHO) فلأنها تهتم أساساً بمشكلات أمراض سوء التغذية malnutrition وتحسين المستوى الصحي لدى سكان العالم وذلك عن طريق تحسين مستوى التغذية والحالة الغذائية في العالم وتدريب العاملين بالمجال الصحي ومقاومة الأمراض الخطيرة وحماية الأطفال وذلك بالتأكد من نقاوة وفعالية أدوية وبرامج التطعيم، كما توجد منظمات عالمية أخرى منها اليونيسيف UNICEF (إغاثة الطفولة) وهي تهتم أساساً بتقديم المعونات كالحليب والملابس والأدوية للأطفال الدول النامية، كما أنها تقوم بإنشاء مراكز رعاية الأمومة والطفولة وكذلك حل مشكلات سوء التغذية وتقديم يد العون في حالات الكوارث والطوارئ.

(٤، ١) العناصر الغذائية Nutrients

تحتوي الأغذية التي يتناولها الإنسان على عدد محدود من العناصر الغذائية التي يطلق عليها بالإنجليزية اسم nutrients ، ونظراً لأن جسم الإنسان لا يستطيع تصنيع هذه العناصر الغذائية، لهذا فإنه من الضروري تزويده بها عن طريق الغذاء للمحافظة على حياته. وتقسم العناصر الغذائية إلى ستة أقسام six classes of nutrients وهي :
(١) الكربوهيدرات (٢) البروتينات (٣) الدهون (٤) الفيتامينات (٥) المعادن (٦) الماء.

وتعد العناصر الغذائية الأربعة الأولى عناصر عضوية organic nutrients ، أي تحتوي في تركيبها البنائي على ذرات الكربون ويتم تخليقها بواسطة كائن حي بينما العناصر الأخرى غير عضوية. وتختلف نسبة العناصر الغذائية باختلاف نوع الغذاء، إلا أنها توجد غالباً في معظم الأغذية. ويمكن تلخيص وظائف العناصر الغذائية في جسم الإنسان في الآتي:

- ١ - إمداد الجسم بالطاقة اللازمة للنشاطات المختلفة.
- ٢ - إمداد الجسم بالمواد اللازمة لبناء أنسجة جديدة وإصلاح التالف منها.

٣ - ضرورة لتنظيم العمليات الحيوية (وظائف الجسم) داخل الجسم

. regulate body process

٤ - وقاية الجسم من الأمراض المعدية برفع مستوى المناعة لدى الإنسان .
ويشكل عام فإن كل واحد من العناصر الغذائية الستة الرئيسية يتميز بوظائف محددة داخل جسم الإنسان، كما سيذكر لاحقاً إن شاء الله .

(١,٥) علاقة التغذية بالعلوم الأخرى

Relationship of Nutrition to other Sciences

يرتبط علم التغذية بكثير من العلوم الأخرى التي تساعد على تفهمه . ويمكن تلخيص هذه العلوم في الآتي :

علاقة التغذية بعلم الكيمياء Relationship of nutrition to chemistry

تمر جميع العناصر الغذائية التي يتناولها الإنسان في مسارات ودورات من التفاعلات لكي تمد الإنسان بالطاقة والمواد اللازمة للنمو وإصلاح الأنسجة التالفة في الجسم، كما يمكن علم الكيمياء العاملين في التغذية من تحليل الأغذية ومعرفة مكوناتها من العناصر الغذائية المختلفة مما يساعدهم على تخطيط الوجبات الغذائية المتكاملة للأفراد والمجموعات في الصحة والمرض . لذا فإن فهم علم التغذية يتطلب من أخصائي التغذية المعرفة بفروع الكيمياء المختلفة مثل الكيمياء العضوية والحيوية والتحليلية والفيزيائية .

علاقة التغذية بالفيزياء Relationship of nutrition to physics

يعنى علم الفيزياء بدراسة جميع الظواهر الطبيعية natural phenomena في جميع المواد، لهذا تستخدم الفيزياء الحيوية biophysics لدراسة النواحي الفيزيائية لعمليات هضم العناصر الغذائية وامتصاصها وأيضها داخل الجسم .

علاقة التغذية بعلم الأحياء الدقيقة Relationship of nutrition to microbiology

من المعروف أن هناك بعض الكائنات الحية التي لها دور كبير في عملية تكسير العناصر الغذائية وهضمها إلى مركبات بسيطة يستطيع أن يستفيد منها الجسم، كما توجد ميكروبات تستطيع تسخير بعض العناصر الغذائية داخل الجهاز الهضمي، ومن

الأمثلة على ذلك تصنيع بعض الفيتامينات (فيتامين ك وفيتامين ب ١٢ والثيامين والفولاسين) بواسطة البكتريا في الأمعاء. بالإضافة إلى أن معظم الفساد والتلوث الذي تتعرض له الأغذية يعود إلى أسباب ميكروبيولوجية. يتضح مما سبق ذكره أن أخصائي التغذية لا بد له من معرفة الكائنات الحية الدقيقة التي لها دور في عملية هضم الطعام وتصنيع بعض العناصر الغذائية وفساد الأغذية وتلوثها.

علاقة التغذية بعلم الاقتصاد Relationship of nutrition to economic

تحدد الحالة الاقتصادية للفرد قدرته على شراء الأغذية المختلفة من ناحية الكمية والنوعية، فمثلاً الفئة الغنية في المجتمع لها القدرة على شراء الأغذية ذات الجودة العالية high quality foods مثل اللحوم والألبان لأنها غالية الثمن، في حين تعتمد الفئات الفقيرة في تغذيتها بشكل رئيسي على الأغذية المنخفضة الثمن مثل الحبوب ومنها الأرز. لهذا يجب على أخصائي التغذية أن يضع في الاعتبار الحالة الاقتصادية للفرد أو المجموعات عند تخطيط الوجبات الغذائية.

علاقة التغذية بعلم الفسيولوجيا (علم وظائف الأعضاء) Relationship of nutrition to physiology

من المعروف أن عملية هضم العناصر الغذائية وامتصاصها ونقلها تحدث داخل الجهاز الهضمي، إضافة إلى أن عملية الأيض وتكوين الطاقة تحدث في الخلايا والأنسجة. لذلك لكي يتمكن أخصائي التغذية من فهم عملية أيض العناصر الغذائية داخل الجسم فإنه لا بد له من معرفة تركيب الجهاز الهضمي ووظائفه والجهاز الدوري والجهاز التنفسي والإخراجي وكذلك التكاثر وتركيب الخلية وعلاقة هذه الوظائف بإيض العناصر الغذائية.

علاقة التغذية بعلم الغدد الصماء وعلم الإنزيمات Relationship of nutrition to endocrinology and enzymology

يتم تنظيم عمليات هضم العناصر الغذائية وامتصاصها وإيضها داخل الجسم عن طريق إفرازات الغدد الصماء (المهرمونات hormones) والإنزيمات، أي أن هضم

الغذاء وتحوله إلى طاقة ومركبات أخرى ضرورية لعملية النمو وإصلاح الأنسجة التالفة يتم بمساعدة بعض الإنزيمات والهرمونات التي تفرز في داخل الجهاز الهضمي وفي داخل خلايا الجسم. وتعمل الإنزيمات على تسهيل والإسراع من التفاعلات التي تتم في جسم الإنسان، والتي من خلالها يتحول الغذاء إلى مواد بسيطة يستطيع أن يستفيد منها الجسم، في حين تعمل الهرمونات على تحفيز إنتاج الإنزيمات وتنشيط بعض الأعضاء مثل الكبد والكُلَيْتَيْن للقيام بوظائفهما. يتبين مما ذكر أعلاه أنه لا بد لأخصائي التغذية من الإحاطة بأنواع الإنزيمات والهرمونات المختلفة التي يفرزها الجسم للاستفادة من الغذاء المتناول ولقيام أعضائه المختلفة بوظائفها الحيوية.

علاقة التغذية بعلم الإحصاء الحيوي Relationship of nutrition to biostatistics
يجب على علماء التغذية وخصوصاً الذين يجرون أبحاثاً ميدانية متعلقة بالسكان population مثل دراسة الحالة التغذوية nutritional status في المجتمع والتي تستلزم تعبئة استمارات أن يكونوا على معرفة تامة بعلم الإحصاء statistics لتحليل النتائج.

علاقة التغذية بعلم الوراثة Relationship of nutrition to genetics
يساعد معرفة الباحث أو عالم التغذية بعلم الوراثة على معرفة الأمراض الأيضية الوراثية وتفسير تباين الحيوانات وفي استنباط سلالات نباتية جديدة تتميز بارتفاع غلتها أو ارتفاع نسبة البروتين في محاصيلها.

(٦، ١) التركيب البنائي للخلية Cell Structure
تتألف جميع الكائنات الحية مثل البكتريا والخميرة yeast والإنسان من عدة خلايا حية قادرة على الهضم والتنفس والامتصاص وتناول الطعام ingestion والتوزيع (الدوران) circulation وإخراج الفضلات وتصنيع مواد جديدة وهدم مواد أخرى لإنتاج الطاقة. وتعد الخلية أصغر وحدة بنائية يتألف منها جسم الإنسان، وهي قادرة على القيام بجميع التفاعلات الكيميائية والعمليات الحيوية للمحافظة على الحياة. وتركب الخلية الحيوانية من الأجزاء التالية:

غشاء الخلية Cell membrane

يتكون من البروتين والليبيدات lipid اللذين ينظمان امتصاص المواد من البيئة الخارجية وطرح الفضلات إلى خارج الخلية. ويحيط الغشاء الخلوي بجميع مكونات الخلية، ويحدد شكل الخلية. كما يتميز الغشاء الخلوي بقدرته على السماح لبعض المواد العضوية وغير العضوية من العبور من خلاله، في حين يمنع مرور مواد أخرى، أي أنه ينظم نوعية المواد وكميتها التي تدخل أو تغادر الخلية.

النواة Nucleus

تحتضن النواة بداخلها الحمض النووي د. ن. أ DNA المسؤول عن تصنيع البروتينات وبنائها ونقل الصفات الوراثية من خلايا الأبوين إلى الخلايا الجديدة.

الميتوكوندريا (السبحيات) Mitochondria

وهي عبارة عن أجسام عضوية أو دائرية ذات أغشية مزدوجة وتختلف في حجمها وشكلها تبعاً لنشاطها. وتتميز الميتوكوندريا بالتالي:

١ - تحتوي على مئات إلى عدة آلاف (٥٠٠ - ١٠٠٠٠) من الإنزيمات المؤكسدة oxidative enzymes والضرورية لعملية الأيض الغذائي للعناصر الغذائية.

٢ - تعد المركز الرئيسي لإنتاج الطاقة في الجسم من المواد الغذائية، حيث تتحول داخلها الطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية للمواد الغذائية إلى روابط ذات مستوى عالٍ من الطاقة في مركب أدينوسين ثلاثي الفوسفور ATP، ويقدر عدد الإنزيمات التي تلعب دوراً بارزاً في أكسدة الغذاء وإنتاج الطاقة بحوالي ٥٠٠ إنزيم، في حين يتراوح عدد الميتوكوندريا في الخلية الواحدة بين ٥٠ - ٢٥٠٠.

٣ - تعتبر المكان الأساسي الذي تحدث فيه دورة كربس.

اللايسوسوم Lysosome

وهي أجسام صغيرة بيضاوية أو كروية spherical bodies تحتوي على إنزيمات هاضمة تعمل على تكسير المواد الغذائية وجعلها في صورة قابلة للذوبان داخل الخلية.

كما تعمل أجسام اللايسوسوم على قتل البكتريا التي تغزو الجسم وتكسير الخلايا الهرمة والمتهدمة (الحطام) والأجسام الغريبة والتخلص منها. أي أن هذه الأجسام لها القدرة على هضم جميع المواد الغريبة المعقدة الموجودة في السيتوبلازم ثم طرحها مرة أخرى في السيتوبلازم في صورة مواد بسيطة. وتوجد أجسام اللايسوسوم داخل الخلية بأعداد متفاوتة، حيث تنتشر بوفرة في خلايا الجهاز الهضمي والكريات البيضاء.

حجرات إندوبلازمية Endoplasmic reticulum

هي شبكة من القنوات متناثرة في كل مكان من السيتوبلازم وتعمل على تسهيل انسياب المواد داخل الخلية.

الرايبوزومات Ribosomes

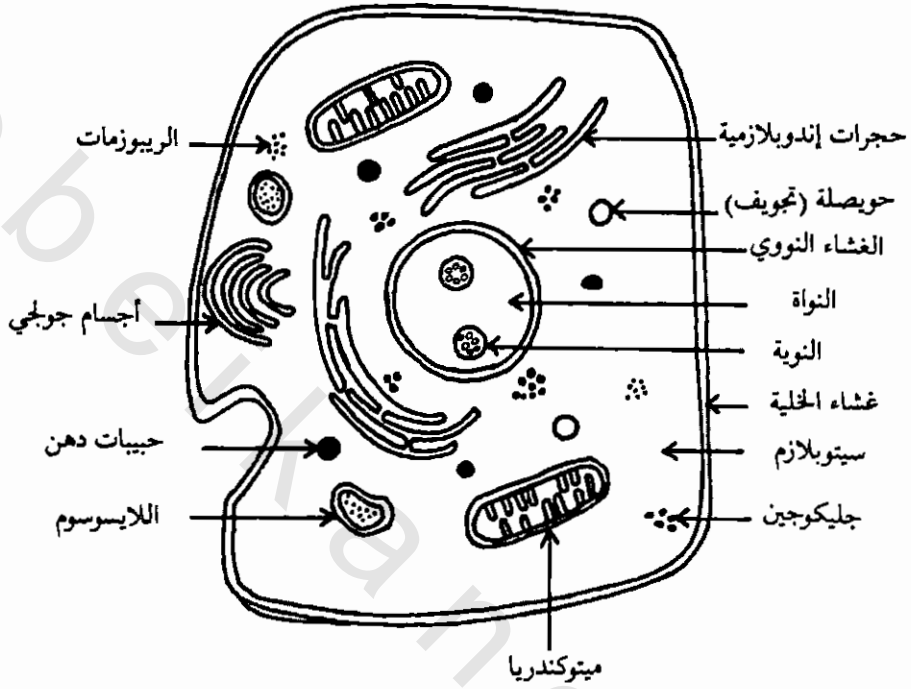
هي عبارة عن حبيبات صغيرة small granules متصلة بالحجرات الإندوبلازمية الخشنة rough endoplasmic reticulum. وتعد الرايبوزومات الأماكن الرئيسية لتصنيع البروتين داخل الخلية.

أجسام جولجي Golgi bodies

تقوم بتخزين الإنزيمات والهرمونات وإفرازها عند الحاجة. كما أن أجسام جولجي هي المسؤولة عن تصنيع الكربوهيدرات المعقدة.

السيتوبلازم Cytoplasm

هو سائل الخلية الذي يحتوي على جميع مكونات الخلية عدا النواة. وتجدر الإشارة إلى أن عملية الجليكوليسيز glycolysis تحدث في داخل السيتوبلازم. ويبين الشكل (١، ١) تركيب الخلية الحيوانية.



شكل (١، ١). تركيب الخلية الحيوانية.

مجموعات الغذاء الأساسية

Basic Food Groups

- المقدمة ● مجموعات الغذاء الأربع الرئيسية ● مجموعات الغذاء الأربع المعدلة ● إرشادات غذائية

المقدمة (٢، ١) Introduction

توجد عدة تقسيمات لمجموعات الغذاء التي تعرف حديثاً باسم مرشحات الغذاء food guides لأنها تساعد اختصاصي التغذية وربة المنزل أو العائلات على تخطيط الوجبات الغذائية المتكاملة وهي تشمل الآتي:

- (١) مجموعات الغذاء السبع الأساسية (١٩٤٣م) Basic seven food groups.
 - (ب) مجموعات الغذاء الأربع الأساسية (١٩٥٦م) Basic four food groups.
 - (ج) مجموعات الغذاء الأربع المعدلة (١٩٧٩م) Modified four food groups.
- وتجدر الإشارة إلى أن نظام مجموعات الغذاء الأربع هو المستخدم بكثرة في الوقت الحاضر لتخطيط الوجبات الغذائية لأنه يؤمن للشخص السليم جميع احتياجاته من العناصر الغذائية، ولما يتميز به من سهولة عند التطبيق كما سيذكر ذلك لاحقاً إن شاء الله.

مجموعات الغذاء الأربع الأساسية Basic Four Food Groups (٢، ٢)

صدر هذا النظام في عام ١٩٥٦م من قبل القسم الزراعي بالولايات المتحدة الأمريكية United States Department of Agriculture كمرشد غذائي لتسهيل تخطيط الوجبات الغذائية المتكاملة.

ويستخدم نظام مجموعات الغذاء الأربع عند تخطيط الوجبات الغذائية لضمان حصول الشخص على جميع العناصر الغذائية التي يحتاجها جسمه من حيث الكمية

والنوعية، كما يسهل هذا النظام على الشخص اختيار الأغذية المتوفرة في كل فصل من فصول السنة وبالأسعار المناسبة حسب دخل الفرد أو الأسرة. ويتم تحديد كمية الأغذية التي يحتاجها الشخص بالاسترشاد بنظام المجموعات حسب العمر والجنس والنشاط العضلي والحالة الصحية. وتقسم الأغذية في هذا النظام إلى أربع مجموعات، حيث تشمل كل مجموعة الأغذية المتشابهة تقريباً في محتواها من العناصر الغذائية. وتجدر الإشارة إلى أنه يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تخطيط الوجبات الغذائية باستخدام نظام المجموعات الأربع للتنوع في الأغذية المختارة، وتكملة الوجبة بأغذية إضافية غنية بالسعرات مثل السكريات والدهون لسد احتياجات الفرد من الطاقة، يمكن تلخيص مجموعات الغذاء الأربع الأساسية بالنسبة للإنسان كالآتي:

أولاً: مجموعة الحليب ومنتجاته Milk and milk products group

(١) العناصر الغذائية التي تزودها مجموعة الحليب ومنتجاته لجسم الإنسان
١ - الكالسيوم: يعتبر الحليب مصدراً أساسياً للكالسيوم الضروري لنمو الأسنان والعظام، بالإضافة إلى أنه ضروري لحدوث عدة تفاعلات أيضية metabolic reactions في الجسم.

٢ - البروتين Protein: يؤمن الحليب للجسم البروتين مرتفع القيمة الحيوية وسهل الهضم (الكازين casein واللاكتوالبومين lactoalbumine)، والذي يحتوي على جميع الأحماض الأمينية التسعة الأساسية. بالإضافة إلى أن كمية حمض اللايسين lysine في بروتين الحليب مرتفعة جداً، لهذا فإن إضافته إلى القمح أو الأرز اللذين يتميزان بمحتوائهما المنخفض من اللايسين يحسن من قيمتهما الحيوية (الغذائية).

٣ - الريبوفلافين Riboflavin (فيتامين ب ٢): يعتبر الحليب مصدراً ممتازاً للريبوفلافين، إلا أن هذا الفيتامين يتكسر بمعدل ٥٠٪ عند تعرض الحليب لأشعة الشمس أو الضوء، لهذا ينصح بحفظه في أوعية زجاجية أو بلاستيكية داكنة أو في عبوات كرتون ورقية paper cartons.

٤ - فيتامين ب ١٢ (B12): يعد الحليب مصدراً جيداً لفيتامين ب ١٢.
٥ - فيتامين أ (A) و د (D): الحليب الخالي من الدهن skim milk عادة ما يكون مدعماً بفيتاميني أ و د، لهذا فهو يعتبر مصدراً جيداً لهما.

كما يحتوي الحليب على بعض العناصر الغذائية الأخرى، ولكن بنسب منخفضة مثل الحديد والفيتامينات الذائبة في الدهن (فيتامين K و E) والنياسين niacin وفيتامين ج ascorbic acid والمغنسيوم والنحاس.

وتجدر الإشارة إلى أنه ينصح عند تخطيط الوجبات الغذائية اختبار الحليب السائل (خصوصاً المنزوع أو المنخفض الدهن) أو اللبن الزبادي yoghurt لخلوهما من الملح والسكر.

(ب) وحدة التقديم (حصة) Serving

تقاس كمية الحليب المستهلكة بوحدة تسمى الحصة (وحدة التقديم) serving وهي تعادل كوب حليب واحد من الحليب (٢٤٥ جراماً) أو لبن زبادي أو أوقية واحدة من الجبن (٣٠ جراماً) أو ثلث كوب حليب بودرة (٢٥ جراماً أو ٤ - ٥ ملاعق مائدة).

(ج) الكميات التي تقدم يومياً للشخص Daily needed amounts

يمكن تلخيص الكمية التي تقدم يومياً للشخص كالتالي:
الأطفال: ٢ - ٣ أكواب (٢ - ٣ حصص) ما بين عمر أقل من ٩ سنوات إلى ١٢ سنة.

المراهقون: ٤ أكواب أو أكثر.

البالغون: ٢ كوب أو أكثر.

المرضعات: ٤ أكواب أو أكثر.

الحوامل: ٤ أكواب أو أكثر.

وبشكل عام فإن تناول البالغين كوبيين من الحليب في اليوم يمدهم بحوالي ٦٦٪ من المقررات الغذائية الأمريكية المقترحة (RDA) من الكالسيوم و ٦٠٪ من الريبوفلافين و ٥٣٪ من فيتامين ب ١٢ و ٤٠٪ من البروتين (الذكور).

ثانياً: مجموعة اللحوم Meat group

(١) العناصر الغذائية التي تزودها مجموعة اللحوم للجسم

١ - البروتين Protein: تعتبر اللحوم المصدر الرئيسي الذي يمد الجسم بالبروتين

مرتفع القيمة الحيوية، والضروري لبناء أنسجة الجسم وإصلاح التالف منها. تتفاوت نسبة البروتين في اللحوم المختلفة، حيث تتراوح بين ٢٠ - ٣٠٪ في اللحوم الحمراء والدواجن والأسماك، و ٣,٥٪ في الحليب. تحدد كمية البروتين التي يحتاجها الإنسان في وجبته اليومية عدة عوامل منها العمر والحجم والجنس وعوامل أخرى.

وقد أوصت هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية في المجلس القومي للأبحاث FNB/NRC بأن تكون المقررات الغذائية المقترحة RDA للبروتين العالي الجودة (PER) = ٧٠ أو أكثر للشخص السليم الصحيح حوالي ٨,٠٪ جرام لكل كيلوجرام من وزن الجسم في اليوم. كما تزداد الـ RDA للبروتين بالنسبة للأطفال والحوامل والمرضعات. والقيمة الحيوية لبروتين البيض أو الحليب أعلى من القيمة الحيوية لبروتينات اللحوم الحمراء والبيضاء، ولهذا فإن الاستفادة الجسم من بروتين البيض أو الحليب تكون أكثر.

٢ - فيتامين ب ١٢ (Cobalamine) : تعتبر اللحوم المصدر الوحيد في الأغذية الحيوانية التي تمد الجسم بفيتامين ب ١٢ .

٣ - الحديد Iron : اللحوم مصدر جيد للحديد إلا أن نسبته مرتفعة جداً في الأعضاء الجسدية glandular organs مثل الكبد والكلوي. ويرجع السبب في احتواء اللحوم على كمية كبيرة من الحديد إلى وجود الميجلوبين myoglobin والهيمجلوبين hemoglobin الغنيين بالحديد الهيمي heme iron (٥٠٪) الذي يتميز بمعدل امتصاصه المرتفع من خلال جدار الأمعاء. كما يساعد وجود الحديد الهيمي heme iron في الوجبة على زيادة معدل امتصاص الحديد غير الهيمي non-heme iron .

٤ - فيتامين ب ١ (Thiamin) و ب ٢ (Riboflavine) و ب ٦ (Pyridoxin) : تعد اللحوم مصدراً جيداً لهذه الفيتامينات الثلاثة .

٥ - الزنك Zinc والفوسفور Phosphorus : تعد اللحوم مصدراً جيداً لهذين المعدنين، بالإضافة إلى أن المحار oyster يعد من أغنى مصادر الزنك .

٦ - المغنسيوم Magnesium : يوجد المغنسيوم بنسب مرتفعة في بعض بدائل اللحوم مثل الفاصوليا والبازلاء الجافة والمكسرات وفول الصويا. ويراعى عند تخطيط الوجبات المتكاملة إدماج هذه البدائل في الغذاء كمصادر للمغنسيوم وغيره من العناصر الغذائية الضرورية.

٧- فيتامين A وفيتامين D : تتميز بعض الأغذية الحيوانية مثل صفار البيض والكبد بأنها غنية جداً في محتواها من فيتاميني A و D .

٨- النياسين Niacin : يتكون النياسين من حمض التريبتوفان tryptophane الذي يوجد بكمية كبيرة في اللحوم إذ أن تناول حصتين (١٢٠ - ١٨٠ جراماً) من اللحم اليومية يمد الجسم بحوالي ٥٠٪ من مقررات التريبتوفان، الموصى بها يومياً (RDA) في الوجبة الغذائية .

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يمكن أن تستخدم البقوليات والمكسرات والبيض والدواجن والسّمك كبدايل للحوم الحمراء عند تخطيط الوجبات الغذائية حيث تقدر نسبة البروتين في البقوليات بحوالي ٣٥٪ والمكسرات ١٥٪ والبيض ١٣٪ والدواجن ٣١,٥٪ والسّمك ٣٠٪ . بالإضافة إلى ذلك فإن هذه البدائل باستثناء المكسرات تعتبر منخفضة في محتواها من الدهون مقارنة باللحوم الحمراء . فلقد وجد أن نسبة الدهون في الدجاج chicken تساوي ٣,٤٪ وفي سرطان البحر والاسكالوب scallops ١,٥٪ ، وتعد هذه النسب منخفضة مقارنة بنسب الدهون في اللحوم الحمراء .

وبشكل عام فإن تناول الشخص البالغ حصتين من اللحوم في اليوم تزوده بأكثر من ٦٠٪ من المقررات الغذائية الأمريكية المقترحة RDA من البروتين و ٢٥٪ من الحديد وأكثر من ٢٥٪ من فيتامين ب ١ و ب ٢ و ب ٦ و ٧٠٪ من فيتامين ب ١٢ و ٣٥٪ من النياسين niacin .

(ب) وحدة التقديم (حصة) Serving

تقاس كمية اللحم المستهلك بوحدة تسمى الحصة serving والتي تعادل ٢ - ٣ أوقية لحم أحمر (٦٠ - ٩٠ جراماً) أو دجاج أو سمك مطهي وخالي من العظام . كما أن استهلاك الفرد لبيضة واحدة (٥٠ جراماً) أو نصف كوب بازلاء (١٠٠ جرام) أو فاصوليا جافة مطهية أو عدس مطهي (١٠٠ جرام) أو ٢ ملعقة كبيرة (٣٠ جراماً) زبدة الفول السوداني يعادل نصف حصة من اللحم .

(ج) الكميات التي تقدم يومياً للشخص Daily needed amounts

البالغون : ٢ - ٣ حصص (٤ - ٦ أوقية، ١٢٠ - ١٨٠ جراماً) أو أكثر.

الحوامل والمرضعات : ٣ حصص أو أكثر.

ثالثاً: مجموعة الفواكه والخضروات Fruits and vegetables group

تعتبر الفواكه والخضروات المصدر الرئيسي للفيتمينات والمعادن والألياف في الوجبة الغذائية. بالإضافة إلى ذلك فإن الفواكه تحتوي على نسب متفاوتة من السكر وعلى نسب منخفضة من البروتين والدهون في حين تحتوي الخضروات على نسب منخفضة جداً من السكر والزيت والبروتين فيما عدا الخضروات النشوية -starchy veg- etables كالبطاطس والذرة corn والبازلاء والفاصوليا وقرع الشتاء winter squash. كما تحتوي الفواكه والخضروات على نسبة مرتفعة من السليلوز cellulose والماء. وبشكل عام يتضح مما ذكر أعلاه بأن الفواكه والخضروات تعتبر مصدراً منخفضاً للطاقة وهي من الأغذية المألثة التي يوصى باستهلاكها بكثرة في حالة إنقاص الوزن أو الإصابة بالإمساك constipation لأنها تنشط حركة الجهاز المعوي وتسهل خروج الفضلات. وتعتبر البطاطس من الأغذية المهمة في هذه المجموعة لأنها مصدر جيد للبروتين والحديد ومجموعة فيتمينات ب وفيتامين ج، بالإضافة إلى أنها غنية بالسعرات. ويلاحظ أن جزءاً كبيراً من المواد البروتينية وفيتامين ج يفقد بالتقشير الجائر، إذ أنه وجد أن القشرة تحتوي على حوالي ٤٠٪ من كمية الفيتامين الموجودة في الدرنه.

(١) العناصر الغذائية التي تزودها مجموعة الفواكه والخضروات للجسم

١ - فيتامين ج Ascorbic acid : تتميز بعض الفواكه والخضروات بأنها مصدر رئيسي لفيتامين ج في الوجبة الغذائية ومثالها فواكه الحمضيات citrus fruits (البرتقال والليمون واليوسفي) والجريب فروت grapefruit والفاصوليا والفراولة والشمام cantaloup والطماطم والبروكولي broccoli (القنبيط) والفلفل. ولقد وجد أن نسبة فيتامين ج تكون مرتفعة في الفواكه والخضروات الطازجة وتتغير بتغير الفصل season وظروف التخزين ودرجة النضج والطقس.

٢ - مولد فيتامين أ (Carotene) : تتميز الخضروات الورقية الداكنة الخضرة والخضروات الصفراء الداكنة وقليل من الفواكه باحتوائها على نسبة مرتفعة من مولد فيتامين أ، لهذا فهي تعتبر المصدر الرئيسي له في الوجبة الغذائية. ومن الأمثلة على ذلك السبانخ والقنبيط broccoli والجزر والبطاطس الحلوة (Yam) sweet potato والفاصوليا

الخضراء والمشمش والشمام cantaloup والخوخ وغيرها. ولقد أشارت الدراسات بأن إضافة الزيت أو الزبدة إلى السلطة الخضراء يساعد على امتصاص الكاروتين من خلال جدار الأمعاء.

٣ - الحديد Iron : تعد الخضروات الورقية وبعض الفواكه مثل التمر والتين والمشمش المجفف الجسم بحوالي ٢٥٪ من احتياجاته اليومية من الحديد الذي يتركز بنسب مرتفعة في الأوراق. والجدير بالذكر أن الخضروات والفواكه تحتوي على حديد غير هيمي non-heme iron والذي يتميز بأن معدل امتصاصه في الجسم منخفض (٥٪) نتيجة لوجود حمض الفيتيك phytic acid والسليولوز cellulose. ولقد وجد أن إضافة فيتامين ج أو أي أغذية أخرى محتوية على الحديد الهيمي مثل اللحوم بأنواعها المختلفة يزيد من معدل امتصاص الحديد غير الهيمي في الخضروات والفواكه.

٤ - حمض الفوليك (الفولاسين) Folic acid : تحتوي الخضروات والفواكه على نسب جيدة من الفولاسين، لهذا فهي تعد المصدر الرئيسي له في الوجبة الغذائية.

٥ - المغنسيوم Magnesium : تعد البازلاء والفاصوليا الجافة و العدس من المصادر الجيدة للمغنسيوم، لهذا يوصى بإضافتها في الوجبة الغذائية كبديل لجزء من اللحم، وذلك لتزويد الجسم باحتياجاته من هذا العنصر.

٦ - فيتامين ب ١ و ب ٢ و ب ٦ : تعد الخضروات والفواكه مصادر لا بأس بها لهذه المجموعة من فيتامينات ب . وبشكل عام فإن تناول الرجل البالغ أربعة حصص من الخضروات والفواكه تزوده بأكثر من ١٠٠٪ من المقررات الغذائية المقترحة RDA لفيتامين ١ وفيتامين ج و ٥٠٪ من الفولاسين folacin . ويوصى عادة عند تخطيط الوجبات الغذائية بأن تحتوي على الآتي:

١ - حصة واحدة من فواكه الحمضيات مثل البرتقال أو الليمون أو الليمون كمصدر لفيتامين ج يوميا.

- ٢ - حصة واحدة من الخضروات الورقية الخضراء الداكنة أو الصفراء كمصدر لفيتامين أ كل يومين .
- ٣ - حصتان خضروات وفواكه أخرى بما فيها البطاطس .

(ب) وحدة التقديم (حصة) Serving

تقاس كمية الخضروات والفواكه المستهلكة بوحدة تسمى الحصة والتي تعادل نصف كوب خضروات مطهية أو فواكه (١٠٠ جرام) أو حبة واحدة فاكهة متوسطة أو حبة واحدة بطاطس متوسطة أو نصف حبة شمام cantaloup أو نصف حبة جريب فروت grapefruit أو نصف كوب عصائر الفواكه .

- (ج) الكميات التي تقدم يومياً للشخص Daily needed amounts
- البالغون : ٤ حصص أو أكثر من الخضروات والفواكه .
- المراهقون : ٤ حصص أو أكثر من الخضروات والفواكه .
- الحوامل والمرضعات : ٤ حصص أو أكثر من الخضروات والفواكه .

رابعاً: مجموعة الخبز والحبوب Bread and cereal group

تتميز هذه المجموعة بأنها المصدر الرئيسي لبعض المعادن والفيتامينات كما أنها تعد مصدراً لا بأس به للبروتين الذي تتفاوت نسبته بين ٧ - ١٤ ٪ . كذلك تتميز مجموعة الخبز والحبوب باحتوائها على نسبة مرتفعة من الكربوهيدرات (النشا) الذي يمد الجسم بالطاقة، بالإضافة إلى كونها غنية بالألياف (السليولون) التي تسهل حركة الفضلات في الأمعاء وتمنع حدوث الإمساك وسرطان القولون colon cancer . وتشمل مجموعة الخبز والحبوب الأغذية التالية :

- * الخبز الأبيض أو الأسمر .
- * الحبوب الكاملة whole grain أو المكررة refined أو المدعمة enriched مثل الأرز والقمح والبرغل grit والشعير والذرة .
- * السيريل cereals الكامل أو المدعم .
- * الدقيق المصنوع من الحبوب الكاملة أو المنزوعة القشرة أو المدعم .

* منتجات الحبوب مثل المكرونة العصائية noodles والاسبكتيه spaghetti والباستا pasta والمكرونة macaroni والكيك cake والغريبة cookies والكعك (الوفل) waffles (كعكة معدة من البيض والدقيق والحليب) والفطائر maffins والمعجنات pastries.

وبشكل عام ينصح اختصاصي التغذية باستعمال الخبز الأسمر أو الحبوب الكاملة أو منتجات الحبوب المصنوعة من الحبوب الكاملة وذلك للأسباب التالية :

- ١ - تحتوي على نسبة مرتفعة من الحديد والثيامين (Vit. B1) والريبوفلافين (Vit. B2) والنياسين niacin مقارنة بالحبوب المكررة refined grain أو منتجات الحبوب المصنوعة من الحبوب المكررة والتي فقدت هذه العناصر الغذائية أثناء عملية الطحن وإزالة الطبقة الخارجية من الحبة (النخالة في حالة القمح).
- ٢ - تتميز بمحتواها المرتفع من الألياف التي عادة ما يتم إزالتها من الحبوب المكررة أثناء عملية التصنيع.

- ٣ - نسبة المعادن الصغرى trace elements والمغنسيوم وفيتامين هـ (Vit. E) والبيريدوكسين pyridoxine منخفضة في الحبوب المكررة.

وكما ذكر سابقاً فإن بروتينات مجموعة الخبز والحبوب تعد منخفضة القيمة الحيوية، أي أنه ينقصها واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية الأساسية (لايسين lysine وثرينون threonin وتربتوفان tryptophan) ، لذا لا يمكن أن تستخدم كمصدر وحيد لإمداد الجسم بالبروتين. لهذا جرت العادة على تناول الحبوب مع أغذية أخرى محتوية على بروتينات مرتفعة القيمة الحيوية (بروتينات حيوانية) لتعويض الأحماض الأمينية الأساسية الناقصة في مجموعة الخبز والحبوب ومن الأمثلة على ذلك ما يأتي :

- الكبة السعودية	أرز + لحم
- مطازيز	قمح + لحم
- سندوتش جبنة	قمح + جبنة
- سندوتش شاورما	قمح + لحم
- الأرز السليق	أرز + لحم + حليب (يزيد من كمية الـ Ca ويحسن القيمة الحيوية للبروتين)
- أغذية الإفطار الحبوبية	السيريال cereal + حليب

- سندوتش بيض قمح + بيض
 - السنوسك والقطاثر قمح + لحم مفروم
 - الكيك قمح + حليب + بيض
- كما يمكن خلط الحبوب مع البقوليات (الأحماض الأمينية المحدودة هي الميثيونين methionin والسستين cysteine) للحصول على بروتين مرتفع القيمة الحيوية. كما أن تدعيم الحبوب مثل الأرز والقمح باللايسين lysin أو التريوفان tryptophane أو الثريونين threonine النقي يؤدي إلى رفع القيمة الحيوية لبروتينات هذه الأغذية.

(أ) العناصر الغذائية التي تؤمنها مجموعة الخبز والحبوب للجسم

- ١ - البروتين Protein : يعتبر بروتين هذه المجموعة منخفض القيمة الحيوية، لهذا ينصح بتناول الحبوب مقترنة مع الأغذية البروتينية المرتفعة القيمة الحيوية، أي البروتينات الحيوانية.
- ٢ - الحديد Iron : تعد الحبوب الكاملة أو منتجاتها مصادر جيدة للحديد، غير أن معدل امتصاصه منها أقل من معدل امتصاصه من مصادر حيوانية، لهذا ينصح بتناول فيتامين ج مع الحبوب لزيادة معدل امتصاص الحديد.
- ٣ - الثيامين Thiamin : يمكن أن يحصل الرجل البالغ على أكثر من ٤٠٪ من احتياجاته اليومية من الثيامين عندما يتناول أربع حصص من الحبوب الكاملة أو المدعمة أو منتجاتها.
- ٤ - الريبوفلافين Riboflavine والمغنسيوم Magnesium والزنك Zinc : تحتوي مجموعة الحبوب والخبز على نسب جيدة من هذه العناصر الغذائية الثلاثة، ولقد وجد أن تناول الرجل البالغ أربع حصص من الحبوب الكاملة أو المدعمة يمدّه بحوالي ٢٠٪ من المقررات الغذائية الأمريكية المقترحة (RDA)، لهذه العناصر الغذائية الثلاثة. وبشكل عام يمكن القول إن تناول الحبوب الكاملة أو المدعمة يمد الجسم بكميات إيجابية من الحديد والبروتين والريبوفلافين (B2) والثيامين (B1) والنياسين.

(ب) وحدة التقديم (حصة) Serving

تقاس كمية الخبز والحبوب المتناولة يوميًا بوحدة تسمى الحصة serving وهي تعادل ربع رغيف (٢٥ جرامًا) أو شريحة واحدة خبز توست أو نصف كوب

(١٠٠ جرام) أرز مطهي أو يرغل grit أو مكرونة أو سبكنة أو السيريل المطهي cooked cereal أو ١ - ٣/٢ كوب من السيريل الجاف dry cereal الجاهز للأكل .

(ج) الكميات التي تقدم يومياً للشخص Daily needed amounts
يوصى بتناول ٤ حصص أو أكثر يومياً من مجموعة الخبز والحبوب للبالغين والمراهقين و الحوامل والمرضعات .

خامساً: أغذية أخرى Other foods
تضاف إلى الوجبة الغذائية أغذية أخرى غير التي ذكرت آنفاً لتكملة احتياجات الشخص من الطاقة (السعرات) . وتشمل هذه الأغذية عادة الدهون والزيوت والحلويات sweets وجميعها تعتبر مصادر غنية في محتواها من الطاقة فقط . يوصي أخصائيو التغذية باستعمال الزيوت النباتية في طهي الطعام بدلاً من الدهون الحيوانية لأنها خالية من الكوليسترول cholestrol وتحتوي على فيتامين هـ (Vit. E) وعلى أحماض دهنية طويلة السلسلة وغير مشبعة . وتسمى الزيوت والسكريات بأغذية السعرات الفارغة empty calories لأنها يمدان الجسم بالسعرات فقط وهما خاليان تماماً من المعادن والفيتامينات . كما ينصح باستعمال الملح اليودي عند إعداد الطعام .

(٢، ٣) مجموعات الغذاء الأربع المعدلة Modified Four Food Groups
أثبتت الدراسات أن الاعتماد الكلي في تخطيط الوجبات الغذائية على نظام مجموعات الغذاء الأربع الأساسية يمكن أن يؤدي إلى نقص في بعض العناصر الغذائية مثل الزنك zinc والمغنسيوم magnesium والحديد وفيتامين هـ وفيتامين ب ٦ ، لذلك قام قسم الزراعة بالولايات المتحدة United States Department of Agriculture (USDA) بمراجعة نظام مجموعات الغذاء الأربع الأساسية وأصدر في عام ١٩٧٩م نظاماً جديداً يسمى نظام مجموعات الغذاء الأربع المعدلة حيث عملت تعديلات رئيسية على مجموعة اللحوم ومجموعة الخضروات والفواكه كالآتي :

- ١ - زيادة حجم حصة اللحم الواحدة إلى ٣ أوقيات (٩٠ جراماً) بدلاً من ٢ - ٣ أوقيات كما في النظام الأساسي السابق .
- ٢ - يبقى عدد حصص اللحوم أربعة كما كان سابقاً ويدخل من ضمنها

البقوليات أو المكسرات لإمداد الجسم بالعناصر الغذائية الخمسة التي سبق ذكرها أعلاه (الحديد والزنك والمغنسيوم وفيتامين هـ وب ٦)، أي توزع حصص اللحوم الأربع كالتالي:

- * حصتان (١٨٠ جراماً) من اللحوم الحيوانية.
- * حصتان من البقوليات أو المكسرات (واحد كوب أو ٢٠٠ جرام) أو حصة واحدة من كل واحدة منها.
- ٣ - تضاف حصة واحدة من الزيوت كمجموعة خامسة لتزويد الجسم بفيتامين هـ ولتساعد على امتصاص فيتامين أ من خلال جدار الأمعاء.
- ٤ - يبقى عدد حصص الخضروات والفواكه كما في النظام السابق (٤ حصص) ويدخل من ضمنها الفواكه الغنية بفيتامين ج والخضروات الورقية الخضراء والصفراء كمصدر لفيتامين أ ، أي توزع حصص الخضروات والفواكه الأربع كالتالي:
- * حصة واحدة من فواكه الحمضيات الغنية بفيتامين ج .
- * حصة واحدة من الخضروات الورقية الخضراء .
- * حصتان من الفواكه والخضروات الأخرى .
- ٥ - يبقى عدد حصص مجموعات الحليب ومنتجاته ومجموعة الخبز والحبوب كما كان سابقاً، أي حصتان و ٤ حصص على التوالي . وتجدر الإشارة إلى أن النظام المعدل يوصي بتناول الحبوب الكاملة فقط بدلاً من الحبوب المدعمة enriched .
- ويشكل عام يعد نظام مجموعات الغذاء المعدل الجسم بحوالي ١٠٠٪ من المقررات الغذائية الموصى بها (RDA) لجميع العناصر الغذائية باستثناء الحديد بالنسبة للمرأة الحامل (ينقص بمقدار ١٠٪ عن الـ RDA) .

(٤، ٢) إرشادات غذائية Dietary Guidelines

يزداد اهتمام دول العالم بالرعاية الصحية يوماً بعد يوم ، وهناك اهتمام كبير وواضح بالنسبة للدور الذي تلعبه بعض الأغذية للوقاية من بعض الأمراض المزمنة والخطرة . ولقد أصدرت لجنة Senata Select Committee on Nutrition of Human Needs الأمريكية بعض التوصيات (Lankfort and Jacobs, 1986) في عام ١٩٧٧م لتوضيح ولفت الانتباه إلى علاقة الغذاء ببعض الأمراض الخطرة مثل أمراض القلب والسكري diabetes وضغط الدم المرتفع hypertension والسرطان cancer والسمنة obesity .

حيث أوصت اللجنة ببعض التوصيات والإرشادات المهمة عند اختيار وتحضير الطعام وذلك للحصول على وجبات غذائية صحية healthfull diets . وتمثل هذه الإرشادات والتوصيات في الآتي:

- ١ - تناول السعرات التي يحتاجها الجسم فقط وذلك لتجنب الزيادة في الوزن بسبب الإفراط في تناول السعرات أو انخفاض الوزن نتيجة نقص السعرات .
 - ٢ - زيادة تناول الكربوهيدرات المعقدة complex carbohydrates والسكريات الطبيعية naturally occuring sugars بحيث تمد الجسم بحوالي ٤٨٪ من احتياجات السعرات الكلية في اليوم .
 - ٣ - خفض استهلاك السكريات المكررة refined والمصنعة processed إلى حوالي ١٠٪ من السعرات الكلية المستهلكة يومياً .
 - ٤ - تقليل الاستهلاك الكلي للدهون إلى حوالي ٣٠٪ من السعرات الكلية المتناولة في اليوم .
 - ٥ - خفض تناول الدهون المشبعة saturated fat إلى حوالي ١٠٪ من السعرات الكلية المتناولة في اليوم ، وموازنة ذلك مع الدهون غير المشبعة الأحادية monounsaturated fats والدهون غير المشبعة المتعددة polyunsaturated fats ، بحيث يمد كل واحدة منها الجسم بحوالي ١٠٪ من السعرات الكلية المتناولة يومياً .
 - ٦ - خفض تناول الكوليسترول cholesterol إلى حوالي ٣٠٠ ملليجرام في اليوم .
 - ٧ - خفض تناول الملح إلى حوالي ٥ جرامات في اليوم .
- وبشكل عام يمكن تلخيص نسب العناصر الغذائية الموصى بها في الوجبة الغذائية اليومية والتي يجب أن يسترشد بها أخصائيو التغذية عند تخطيط الوجبة الغذائية المتكاملة كالآتي:

١ - الكربوهيدرات	: ٥٨٪ من السعرات الكلية المتناولة
الكربوهيدرات المتعددة	: ٤٨٪ من السعرات الكلية المتناولة
السكريات البسيطة	: ١٠٪ من السعرات الكلية المتناولة
٢ - البروتينات	: ١٢٪ من السعرات الكلية المتناولة
٣ - الدهون	: ٣٠٪ من السعرات الكلية المتناولة
الدهون المشبعة	: ١٠٪ من السعرات الكلية المتناولة

الدهون غير المشبعة الأحادية : ١٠٪ من السعرات الكلية المتناولة
الدهون غير المشبعة المتعددة : ١٠٪ من السعرات الكلية المتناولة

obaidi.com

الجهاز الهضمي والاستفادة من العناصر الغذائية

Digestive Tract and Nutrient Utilization

- المقدمة ● الجهاز الهضمي ● الاستفادة من الغذاء ● الهضم
- الامتصاص ● الأيض ● أجهزة الدورة الدموية

المقدمة (٣، ١) Introduction

يتم استفادة الجسم من العناصر الغذائية nutrients التي يتناولها الشخص بواسطة عمليات كيميائية وفيزيائية chemical & physical processes تحدث داخل الجسم وتعرف باسم الهضم والامتصاص والأيض، وتحول هذه العمليات المادة الغذائية المعقدة إلى عناصر بسيطة يستطيع الجسم امتصاصها من القناة الهضمية، ونقلها عبر الدم إلى داخل الخلايا المختلفة لأكسبتها من خلال عمليات الأيض الغذائي، ويترتب على ذلك توليد الطاقة وتكوين مركبات جديدة ضرورية لبناء أنسجة الجسم المختلفة للنمو. وتجدر الإشارة إلى أنه لمن الأسس المهمة في علم التغذية التعرف على جميع التغيرات التي تحدث للمادة الغذائية من لحظة تناولها إلى خروجها من الجسم في صورة فضلات، لأن ذلك يساعد اختصاصي التغذية في حل بعض المشكلات الغذائية. ولقد قسمت العناصر الغذائية إلى ثلاثة أقسام حسب وظائفها في الجسم وهي:

- ١ - العناصر الغذائية التي تمد الجسم بالطاقة: وتشمل الدهون والكربوهيدرات والبروتينات.
- ٢ - العناصر الغذائية اللازمة لبناء الأنسجة وصيانتها: وتشمل الماء والبروتينات والدهون والعناصر المعدنية والكربوهيدرات.
- ٣ - العناصر الغذائية اللازمة لتنظيم وظائف الجسم: تشمل الماء والبروتينات والدهون والكربوهيدرات والفيتامينات والمعادن.

(٣, ٢) الجهاز الهضمي Digestive System

إن دراسة الجهاز الهضمي في الإنسان من الأمور المهمة، حيث يترتب عليها فهم جميع عمليات الأيض الغذائي (امتصاص وهضم وأيض) التي يمر بها الغذاء داخل الجسم إلى أن يتحول في النهاية إلى طاقة ومركبات جديدة يستخدمها الجسم لبناء الأنسجة والنمو. وتقدر سعة الجهاز الهضمي في الإنسان بحوالي ٦ لترات حيث تشكل المعدة والأمعاء الغليظة حوالي ١٥ - ٢٠٪ من السعة الكلية في حين تشكل الأمعاء الدقيقة حوالي ٦٠ - ٧٠٪ منها.

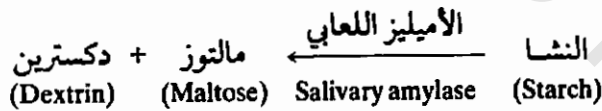
(٣, ٢, ١) أجزاء الجهاز الهضمي Parts of digestive system

يتكون الجهاز الهضمي من الآتي:

(١) القناة الهضمية Digestive tract

وهي عبارة عن أنبوب طوله ٥, ٧ - ٩ أمتار في الشخص البالغ وتمتد من الفم إلى فتحة الشرج anus وتتألف من الأجزاء التالية:

١ - الفم Mouth : هو بداية الجهاز الهضمي ويحدث فيه مضغ mastication الطعام وطحنه إلى أجزاء صغيرة. كما يخلط الغذاء داخل الفم مع اللعاب الذي تفرزه الغدد اللعابية. ويحتوي الفم على خلايا الحس المنتشرة على سطح اللسان وسقف الحلق والمسؤولة عن إحساس الشخص بطعم الغذاء ورائحته ونكهته، مما يزيد الرغبة بتناول المزيد منه، وينشط إفراز العصارات الهضمية في المعدة. وأهم وظائف اللعاب هي: أنه يحتوي على إنزيم الأميليز اللعابي الذي يهضم النشويات ويسهل عملية البلع ويذيب مركبات الطعم والرائحة والنكهة في الغذاء، وينظم كمية الماء في الجسم.



٢ - المريء Esophagus : هو عبارة عن أنبوب يوصل بين الفم والمعدة ولا يفرز أي عصارة هاضمة في داخله.

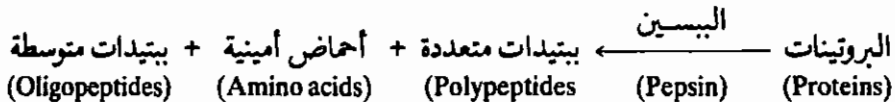
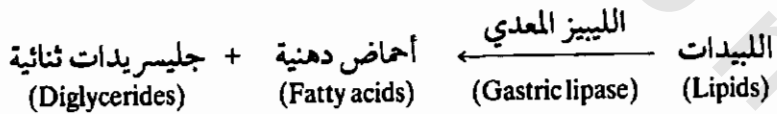
٣ - المعدة Stomach : تعتبر المعدة المخزن المؤقت للطعام ، بالإضافة إلى أنها تقوم بإفراز العصارة المعدية gastric juice التي تهضم الدهون والبروتينات جزئياً ، كما يختلط الطعام في المعدة مع حمض الهيدروكلوريك الذي تفرزه . كذلك تفرز المعدة مادة مخاطية تسمى الميوسين ومادة أخرى تسمى العامل الداخلي intrinsic factor تساعد على امتصاص بعض الفيتامينات من الأمعاء مثل فيتامين (ب ١٢) . وتعد المعدة عضواً مطهرًا (بسبب احتوائها على حمض الهيدروكلوريك الذي يقتل كثيراً من الميكروبات في الغذاء) ومنظماً لحرارة الطعام لتصبح مساوية لحرارة الجسم . وقد أشارت الدراسات إلى أن تناول الأطعمة ذات درجات الحرارة المرتفعة جداً قد يؤدي إلى الإصابة بالسرطان في الجزء العلوي من القناة الهضمية ، وإلى تلف الغشاء المخاطي المبطن لجدار الأمعاء الدقيقة .

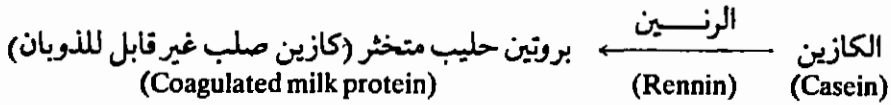
وأهم العوامل التي تحفز على إفراز العصارة المعدية هي :

- (١) وصول الطعام إلى المعدة . (٢) وجود اللحوم ومادة الهيستامين في المعدة .
- (٣) رائحة الطعام أو نكهته أو رؤيته أو التفكير فيه .

وتتميز العصارة المعدية بأنها عبارة عن سائل أصفر اللون حمض (pH = ١ - ٢) يحتوي على ٩٧ - ٩٨ ٪ ماء و ٢ - ٣ ٪ مواد عضوية ومواد صلبة . وتقدر الكمية التي يفرزها الإنسان يومياً من العصارة المعدية بحوالي ٢,٥ لتر . وتفرز العصارة المعدية نتيجة تأثير عاملين هما : (١) الهرمونات التي يفرزها جدار المعدة والتي تنبئ الغدد المعدية على إفراز العصارة و (٢) رد الفعل العصبي نتيجة ملامسة الطعام أو مركباته المتطايرة لمراكز الإحساس في اللسان والأنف ، والذي يبدأ خلال خمس دقائق من تناول الطعام ، ويستمر فترة ١ - ١,٥ ساعة .

وتحتوي العصارة المعدية gastric juice على بعض الإنزيمات التي تهضم العناصر الغذائية التالية :

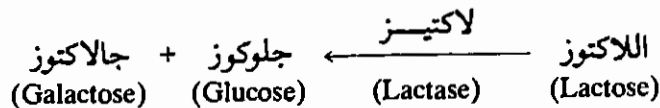
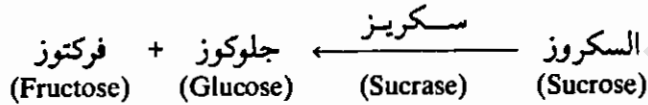
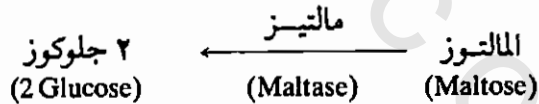
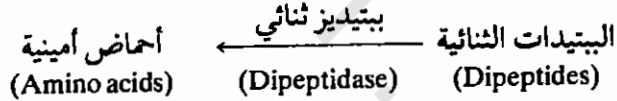




٤ - الأمعاء الدقيقة Small intestine (الاثنا عشري Duodenum والصائم

Jejunum واللفائفي Ileum): تتم في هذا الجزء من الجهاز الهضمي معظم عمليات الهضم وكذلك امتصاص الجزء الأكبر من العناصر البسيطة الناتجة من هضم البروتينات والدهون والكربوهيدرات حيث تفرز العصارات المعوية intestinal juices التي تشمل الصفراء bile والعصارة البنكرياسية pancreatic juice والإفرازات المعوية intestinal secretions والتي تحلل الطعام إلى أبسط عناصره الغذائية القابلة للامتصاص من خلال جدار الأمعاء الدقيقة. وينظم إفراز العصارة المعوية في الأمعاء الدقيقة بواسطة عدد من الهرمونات التي سوف نذكرها لاحقاً إن شاء الله. ويمكن تلخيص النواتج النهائية للعناصر الغذائية بعد هضمها بواسطة العصارات المعوية التالية:

الإفرازات المعوية Intestinal secretions



العصارة البنكرياسية Pancreatic juice

الببتيدات المتعددة $\xleftarrow{\text{الترسين}}$ ببتيدات
(Polypeptides) (Trypsin) (Peptides)

الببتيدات المتعددة $\xleftarrow{\text{الكيموترسين}}$ ببتيدات
(Polypeptides) (Chymotrypsin) (Peptides)

الببتيدات $\xleftarrow{\text{الكربوكس ببتيداز}}$ أحماض أمينية
(Peptides) (Carboxypeptidase) (Amino acids)

الدهون $\xleftarrow{\text{الليباز البنكرياسي}}$ جليسيريدات أحادية + جليسيرول + أحماض دهنية
(Fats) (Pan. lipase) (Monoglyceries) (Glycerol) (Fatty acids)

النشا $\xleftarrow{\text{الأميليز البنكرياسي}}$ مالتوز + دكسترين + جلوكوز
(Starch) (Pan. Amylase) (Maltose) (Dextrin) (Glucose)

ويتم تنظيم إفراز الإنزيمات المذكورة أعلاه بواسطة هرمون السيكريتين secretin الذي يفرزه جدار الأمعاء عندما يلامسها الطعام.

هـ - الأمعاء الغليظة Large intestine (القولون Colon والمصراان الأعور Cecum

والمستقيم Rectum والقناة الشرجية (Anus canal) : يحدث في هذا الجزء من الجهاز الهضمي امتصاص للماء وحجز الفضلات waste لطرحها خارج الجسم، بالإضافة إلى حدوث عمليات هضم ميكروبية (microbial fermentation) قليلة جداً بواسطة الإنزيمات الميكروبية microbial enzymes في القولون والأعور.

(ب) الأعضاء الكمالية Accessory organs

يحتوي الجهاز الهضمي على بعض الأعضاء الكمالية وهي :

١ - الغدد اللعابية Salivary glands : يوجد في الفم ثلاثة أزواج من الغدد

اللعابية هي : (١) الغدة النكفية، (٢) الغدة تحت اللسان، (٣) الغدة تحت الفك.

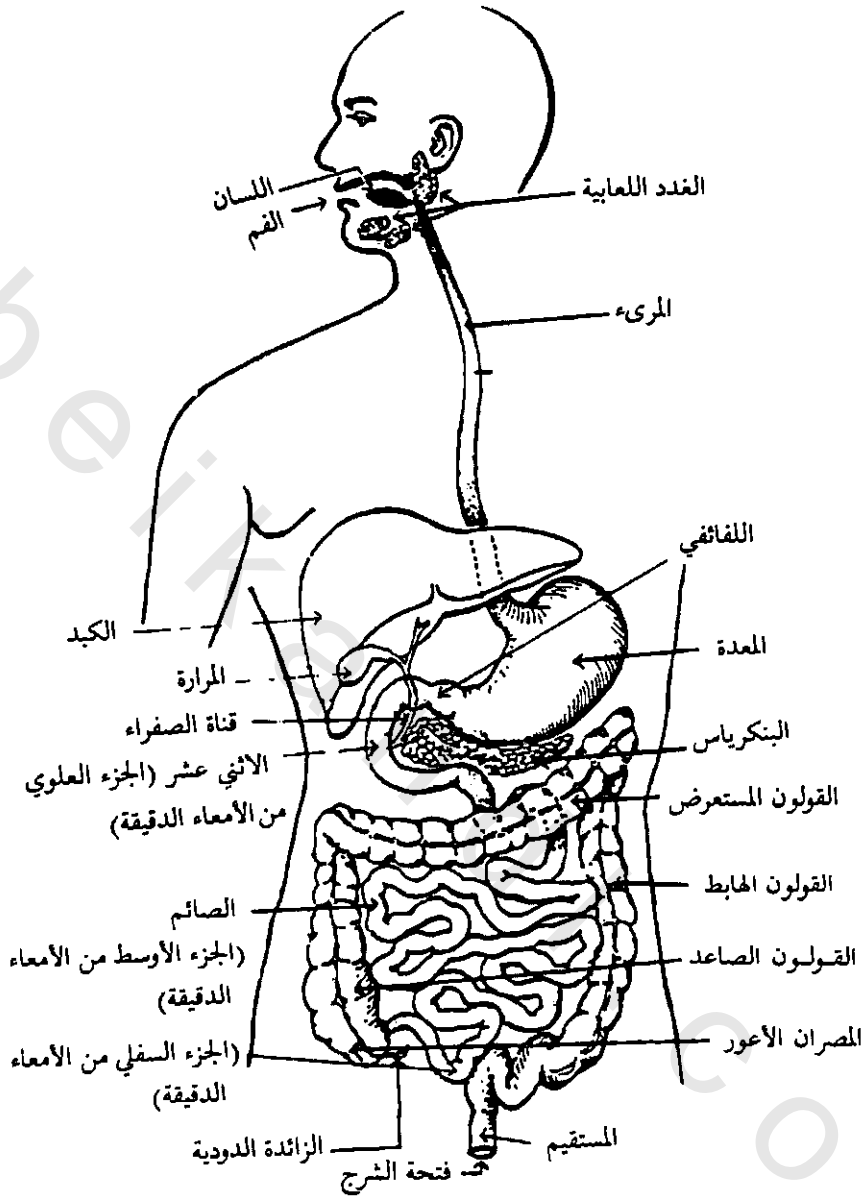
ويقدر مجموع ما تفرزه الغدد يوميًا من اللعاب بحوالي ١٠٠٠ - ١٥٠٠ مليلتر. إلا أنه تجدر الإشارة إلى أن حجم اللعاب يتغير حسب حالة الجسم وطبيعة الطعام، فمثلاً الشخص المصاب بالجفاف يفرز كمية قليلة من اللعاب، والأطعمة الجافة تحتاج إلى كمية أكبر من اللعاب مقارنة بالأطعمة الطرية، والأطعمة الحمضية تسبب إفراز اللعاب لمعادلة الحمض.

ويحتوي اللعاب على إنزيم الأميليز اللعابي salivary amylase الذي يعمل على تحليل النشويات جزئياً في الفم.

وأهم العوامل التي تحفز على إفراز اللعاب هي رؤية الطعام والتفكير فيه ومضغ الطعام في الفم وطعم الطعام ورائحته أو نكهته. كما أن الغدد اللعابية تفرز إفرازاً لزجاً (مادة مخاطية) وهو عبارة عن مادة مكونة من البروتين والكربوهيدرات وتعمل على تسهيل انزلاق الطعام في القناة الهضمية.

٢ - الكبد Liver : يفرز الكبد الصفراء bile التي تساعد على هضم اللبيدات وتتجمع الصفراء في المرارة، وتفرز في الاثنا عشري تحت تأثير هرمون الكولي سيستوكينين cholecystokinin الذي ينشط عندما يحتوي الطعام على مواد دهنية، حيث ينتقل مع الدم إلى المرارة gall bladder ليسبب انقباضها وتفرغ محتوياتها. وتعمل أملاح الصفراء على تجزئة الدهون إلى أجزاء صغيرة مما يسهل على إنزيم الليبيز lipase تحليلها إلى جليسيرول وأحماض دهنية، بالإضافة إلى أن أملاح الصفراء تسهل إذابة الأحماض الدهنية مما يسهل امتصاصها من خلال جدار الأمعاء الدقيقة.

٣ - البنكرياس Pancrease : يعد هذا العضو مصدراً مهماً لبعض الإنزيمات الهاضمة digestive enzymes التي تفرز مع العصارة البنكرياسية pancreatic fluid ولقد أشير إلى ذلك أعلاه. وتتميز العصارة البنكرياسية بأنها مائية القوام وذات رقم هيدروجيني قاعدي ($pH = 7 - 8$) وتحتوي على مواد عضوية وغير عضوية. وتقدر الكمية التي تفرز يوميًا من عصارة البنكرياس بحوالي ٠,٥ - ٠,٧٥ لتر. يوضح الشكل (١, ٣) تركيب الجهاز الهضمي في الإنسان.



شكل (٣، ١) . الجهاز الهضمي في الإنسان .

(٣، ٣) الاستفادة من الغذاء Food Utilization

يمر الغذاء الذي يتناوله الإنسان بسبع خطوات (مراحل) steps لكي يستطيع الجسم الاستفادة منه، أي لكي يتحول إلى طاقة ومركبات جديدة يمكن استخدامها لبناء أنسجة جديدة في الجسم، وتتلخص هذه الخطوات السبع في الآتي:

١ - تعاطي الغذاء Ingestion

يعني تناول الغذاء أو العناصر الغذائية nutrients مما ينشط العمليات الهضمية digestive processes .

٢ - الهضم Digestion

يقصد به العمليات الميكانيكية والكيميائية التي تحدث في القناة الهضمية، وتحلل الغذاء المعقد إلى عناصر بسيطة يمكن امتصاصها في القناة الهضمية .

٣ - الامتصاص Absorption

يعني مرور العناصر الغذائية المهضومة من خلال جدار القناة الهضمية إلى جدار الدورة الدموية .

٤ - النقل أو الدوران Circulation or transportation

يقصد به تحرك العناصر الغذائية الممتصة بواسطة الدورة الدموية إلى خلايا الجسم المختلفة .

٥ - تبادل الغازات Exchange of gases (التنفس Respiration)

يعني إمداد أو تزويد خلايا الجسم بالأكسجين الضروري لعمليات الأيض الغذائي (الأكسدة) بواسطة الدم ونقل ثاني أكسيد الكربون الناتج من هذه العمليات الأيضية إلى الرئتين لطرحه خارج الجسم مع هواء الزفير .

٦ - الأيض Metabolism

يقصد به أكسدة العناصر الغذائية داخل الخلايا لتكوين الطاقة ومركبات جديدة لبناء الأنسجة والنمو .

٧ - الإخراج Excretion

هو إخراج العناصر الغذائية غير الممتصة (غير المهضومة) مع البراز، وكذلك نواتج التمثيل الغذائي مثل ثاني أكسيد الكربون والفضلات من خلال الرئتين والكليتين (البول) على التوالي .

(٣, ٤) الهضم Digestion

بدأ الإنسان يهتم بعملية الهضم منذ زمن بعيد، وكان أول من قام بذلك هو العالم الفرنسي Rene de Reaumur (١٦٧٣ - ١٧٥٧م) الذي وجد بأن العصارة المعدية

تحول اللحوم إلى سائل . ثم تلاه William Beaumont (١٧٨٥ - ١٨٥٣ م) الذي قام بدراسات جادة في هذا المجال حيث تمكن من اكتشاف حركة المعدة أثناء الهضم وشكل الغشاء المخاطي داخل المعدة والعصارات الهاضمة ، وقد كانت دراساته أساساً لدراسة عملية الهضم وللتقدم الذي حدث في هذا المجال في القرن التاسع عشر.

وتعني عملية الهضم التحلل المائي hydrolysis للمواد الغذائية المعقدة complex foods إلى عناصر بسيطة قابلة للامتصاص من خلال الأغشية المخاطية المبطنة لجدار الأمعاء . وتشمل العناصر الغذائية التي يمكن امتصاصها الأحماض الأمينية والسكريات البسيطة والأحماض الدهنية والبيتيدات القصيرة والجليسيرول glycerol والمعادن والفيتامينات .

وتتضمن عملية الهضم نوعين هما : الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي .

(أ) الهضم الميكانيكي Mechanical digestion

يشمل مضغ الطعام وطحنه إلى جزيئات صغيرة وخلطه ودفعه في صورة كيموس chyme داخل الجهاز الهضمي . حيث يعمل الفم على طحن الغذاء ، ويعمل انقباض العضلات الدائرية في جدار القناة الهضمية على طحن الغذاء وخلطه بالعصارات الهاضمة ، ويعمل انقباض العضلات الطولية على دفع الغذاء إلى الأمام داخل الجهاز الهضمي .

(ب) الهضم الكيميائي Chemical digestion

يقصد به تحليل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون بواسطة الإنزيمات الهاضمة إلى جزيئات صغيرة يمكنها العبور من خلال جدار الأمعاء . وتتميز الإنزيمات الهاضمة digestive enzymes بأنها متخصصة ، فمثلاً تعمل إنزيمات الكربوهيدليات car-bohydases على تحليل الكربوهيدرات وتعمل إنزيمات الليبازات lipases على تحليل الدهون والزيوت ، وتعمل إنزيمات البروتيازات proteases على تحليل البروتينات pro-teins .

ويساعد حمض الهيدروكلوريك HCl الذي تفرزه المعدة على هضم البروتينات ، بالإضافة إلى أنه يطهر المعدة bactericid من الميكروبات الضارة التي تدخل مع الغذاء ،

ويحلل بعض السكريات الشائبة الموجودة في الوجبة ويساعد على ذوبان الحديد والكالسيوم ويحول بعض الإنزيمات من الصورة غير النشطة إلى الصورة النشطة مثل تحويل الببسينوجين pepsinogen إلى ببسين pepsin الضروري لهضم البروتينات. كما ينظم - أي حمض الهيدروكلوريك - انفتاح وانغلاق فتحتي الفؤاد والبواب الموجودتين في مقدمة ومؤخرة المعدة حيث تغلق الأولى وتفتح الثانية عندما يصبح الوسط حامضياً داخل المعدة. ولقد وجد بأن الطعام يمكث في المعدة حوالي ٣ - ٥ ساعات يمر بعدها إلى الأمعاء الدقيقة حيث تترك الكربوهيدرات المعدة أولاً ثم تليها البروتينات وأخيراً الدهون التي تبقى مدة طويلة في المعدة.

(١, ٤, ٣) الهرمونات الهضمية Digestive hormones

يتم التحكم في إفرازات الجهاز الهضمي وعمليات الهضم الميكانيكية والكيميائية التي تحدث بداخله بواسطة الهرمونات الهضمية (ببتيدات peptides) التي يتم تصنيعها بداخله وتحرك مع الدم إلى المكان المناسب target cells في القناة الهضمية، أي أن هذه الهرمونات تحفز على إفراز الإنزيمات والعصارة المعدية اللازمة لعمليات الهضم في الوقت المناسب، ويمكن حصر الهرمونات الهضمية بالآتي:

١ - هرمون الجاسترين Gastrin

يفرز هذا الهرمون من الأغشية المخاطية antropeyoric mucosa الموجودة في المعدة ويحفز على إفرازه انتفاخ الجزء الأمامي antral portion من المعدة (بسبب امتلائه بالطعام) أو احتواء المعدة على بببتيدات peptides وأحماض أمينية أو على تنبيه العصب الحائر. ويعمل هذا الهرمون على تحفيز إفراز حمض الهيدروكلوريك (HCl) والببسين pepsin في المعدة. ويوقف إفراز هرمون الجاسترين في المعدة وتأثيره على إفراز حمض الهيدروكلوريك عندما يصبح الوسط في المعدة مرتفع الحموضة.

٢ - هرمون السيكريتين Secretin

يُفرز هرمون السيكريتين من الأغشية المخاطية المبطنة للجزء العلوي (الاثنا عشري) والأوسط (الصائم) من الأمعاء الدقيقة ويعمل هذا الهرمون على تنظيم إفراز

العصارات الهاضمة في الأمعاء الدقيقة (عصارة الصفراء والبنكرياس) كما أنه يوقف إفراز حمض الهيدروكلوريك وهرمون الجاسترين . ويحفز على إفرازه وصول الطعام (الكيموس) الحامضي إلى الأمعاء الدقيقة .

٣ - هرمون الكولي سيستوكينين (CCK) Cholecystokinin

تفرزه الأغشية المخاطية في الأمعاء الدقيقة، ويحفز على إفرازه وجود مواد دهنية أو ببتيدات peptides أو أحماض أمينية في الاثنا عشري . ويعمل هذا الهرمون على انقباض المرارة وتفرغ محتوياتها من أملاح الصفراء في الاثنا عشري عن طريق القناة الصفراوية البنكرياسية المشتركة .

٤ - هرمون انتروغاسترون Enterogastrone

تنتجه الأغشية المخاطية في الاثنا عشري تحت تأثير وجود المواد الدهنية والسكريات في المعدة، ويعمل على تثبيط الإفرازات المعدية، وإيقاف انقباضات الأمعاء الذاتية peristalsis (حركة الأمعاء) .

(٢، ٤، ٣) الهضم في الفم والمعدة والأمعاء الدقيقة Digestion in mouth, stomach and small intestine

يتناول الإنسان العديد من الأغذية، بعضها في صورة بسيطة مثل السكريات الأحادية والماء والمعادن وهذه تُمتص بدون أي تغير وبعضها في صورة معقدة مثل البروتينات والدهون و الكربوهيدرات وهذه تتعرض إلى الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي في القناة الهضمية . وتؤدي عملية طهي بعض الأغذية مثل الأرز واللحوم والبقوليات إلى تلينها، مما يسهل هضمها في الجهاز الهضمي ، كما أن عملية الطهي تحسن من الطعم والرائحة التي يستشعرها الشخص بواسطة الأعصاب الحسية المنتشرة على اللسان والحلق مما يحجب الشخص في الغذاء ويزيد من إفرازات العصارات المعدية .

وتبدأ عملية الهضم في الفم بعد تناول الطعام مباشرة، حيث تعمل الأسنان على طحن الغذاء وخلطه باللعاب الذي يسهل ابتلاعه، كذلك يحدث تحلل جزئي للنشا

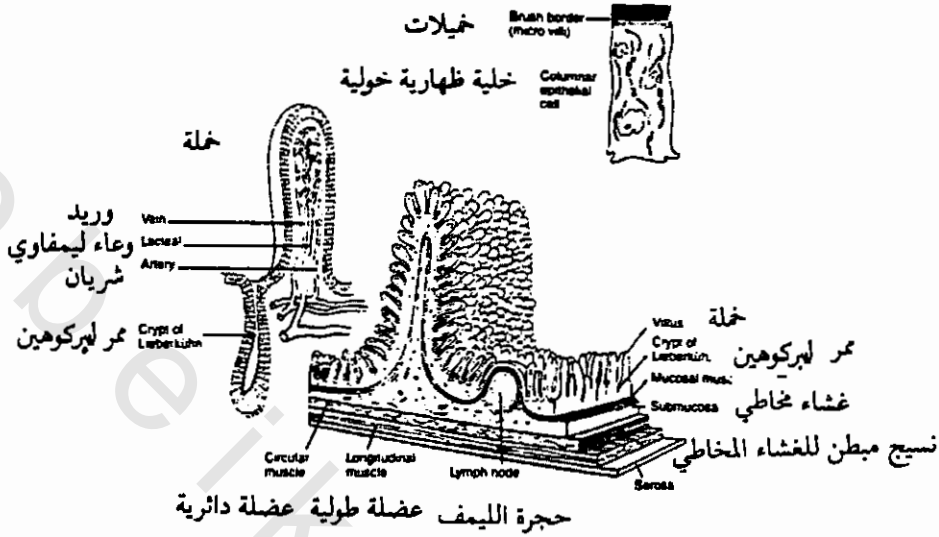
بواسطة إنزيم الأميليز اللعابي salivary amylase . ثم يندفع الغذاء من الفم إلى البلعوم ومنه إلى المريء بتأثير انقباضات العضلات الطولية وعندما تفتح فتحة الفؤاد الموجودة في مقدمة المعدة يدخل الغذاء إلى المعدة . ويستمر تأثير إنزيم الأميليز في المعدة (١٠ - ١٥ دقيقة) إلى أن ترتفع حموضة الغذاء بواسطة حمض الهيدروكلوريك فيتوقف نشاط الإنزيم . وفي المعدة يتم خلط الطعام بالعصارات الهاضمة المعدية (إنزيم البيسين والرنين والليباز وحمض الهيدروكلوريك والميوسين mucin) ويتحول إلى مادة شبه سائلة تسمى الكيموس chyme تتحرك تدريجياً إلى الاثنا عشري بتأثير التقلصات العضلية لجدار المعدة عن طريق الفتحة البوابية الموجودة في مؤخرة المعدة والتي تفتح أوتوماتيكياً كل ٣ - ٤ دفعات من الطعام ، بالإضافة إلى أنها تمنع ارتداد الكيموس من الأمعاء إلى المعدة .

إن ما يحدث من هضم للدهون في المعدة قليل جداً (تحليل جزئي) نظراً لأن الوسط الحامضي فيها لا يساعد إنزيم الليباز lipase على العمل في حين يعتبر البروتين من أكثر المواد الغذائية تحللاً في المعدة . ويحفز وصول الطعام إلى المعدة على إفراز العصارة المعدية ، في حين يقلل المجهود الفكري أو الشعور بالخوف أو الاكتئاب أو الحزن أو كمية الدهن المفرطة من إفراز العصارة المعدية ومن حركة المعدة مما يؤدي إلى حالة سوء الهضم وعدم الرغبة في الأكل . ثم يترك الطعام المعدة بعد ٣ - ٥ ساعات متجهاً إلى الجزء الأمامي من الأمعاء الدقيقة (الاثنا عشري) في صورة سائلة تسمى الكيموس chyme كما ذكر أعلاه . وتجدر الإشارة إلى أن الاثنا عشري يحتوي على جزء بسيط من العصارة المعدية وتفرز فيه العصارة البنكرياسية pancreatic juice والصفراء bile الضرورية لاستكمال هضم الدهون والبروتينات والكربوهيدرات . ويحدث الهضم الفعلي والكلي للدهون في الأمعاء الدقيقة بتأثير إنزيم الليباز البنكرياسي pancreatic lipase وأملاح الصفراء التي يفرزها الكبد والتي تنتقل إلى الأمعاء الدقيقة عن طريق القناة الصفراوية . حيث تعمل الصفراء على تجزئة الدهون إلى أجزاء صغيرة مما يسهل تحليلها بواسطة إنزيم الليباز إلى أحماض دهنية وجليسول ، بالإضافة إلى أنها تسهل إذابة الأحماض الدهنية مما يزيد من معدل امتصاصها من خلال جدار الأمعاء الدقيقة . وتحتوي العصارة البنكرياسية على خمسة إنزيمات هي التربسين trypsin والكيموترينسين

chymotrypsin والكربوكس بيتيداز carboxypeptidase والليباز lipase والأميليز البنكرياسي pancreatic amylase حيث تعمل الإنزيمات الثلاثة الأولى على هضم البروتينات إلى أحماض أمينية يمكن امتصاصها من خلال جدار الأمعاء بسهولة. أما بالنسبة للكربوهيدرات التي تم هضمها جزئياً في الفم بواسطة إنزيم الأميليز اللعابي فإنه يحدث لها هضم حقيقي في الاثنا عشري بواسطة إنزيم الأميليز البنكرياسي الذي له القدرة على هضم النشويات غير المطهية.

(٣, ٥) الامتصاص Absorption

تتم عملية امتصاص العناصر الغذائية المهضومة أساساً في الأمعاء الدقيقة بواسطة الخمائل villi وهي عبارة عن نتوءات تشبه الأصابع finger like projections ناشئة من تلافيف الأمعاء folds الدقيقة كما هو موضح في الشكل (٣, ٢). وقد وجد أن تغطية تلافيف الأمعاء الدقيقة بحوالي ملايين من الخمائل يزيد من مساحة السطح الداخلي للأمعاء المتصل بالعناصر الغذائية مما يزيد من كفاءة عملية الامتصاص. وتنتقل العناصر الغذائية الممتصة إلى الدم عن طريق الأوعية (الشعيرات) الدموية capillaries أو الأوعية الليمفاوية lymph vessels الموجودة في الخملات المبطنة لجدار الأمعاء الدقيقة. وحيث إن البروتينات المهضومة (أحماض أمينية) والكربوهيدرات المهضومة (جلوكوز، فركتوز، جالاكتوز) والدهون (الجليسیرول والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة) تنتقل مباشرة إلى الأوعية الدموية ومنها إلى الوريد البائي portal vein ثم إلى الكبد، في حين تنتقل الدهون الممتصة من خلال جدار الأمعاء (الأحماض الدهنية طويلة السلسلة، الجلسريدات الأحادية، الكوليسترول والفوسفوليبيدات) والفيتامينات الذائبة في الدهن (فيتامين A, D, E, K) عن طريق الأوعية الليمفاوية ومنها إلى القناة الليمفاوية lymph duct (الجهاز الليمفاوي lymph system) ثم إلى الكبد حيث تنتشر منه إلى أنسجة الجسم المختلفة. كما تنتقل المعادن والفيتامينات إلى الدم عن طريق الأوعية الدموية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن بعض المعادن والسكريات الأحادية والماء تمتص بمعدلات منخفضة من خلال جدار المعدة إلى الدم مباشرة، كما يمتص أيضاً الماء في الأمعاء الغليظة. ويمكث الطعام في الأمعاء الدقيقة حوالي ٤, ٥ ساعة يتجه بعدها إلى الأمعاء الغليظة ليملكث فيها حوالي ٩, ٥ - ١٥, ٥ ساعة.



شكل (٢، ٣). رسم تخطيطي لجدار الأمعاء الدقيقة في الإنسان.

ويختلف معدل امتصاص العناصر الغذائية في الأمعاء الدقيقة من عنصر غذائي إلى آخر، فمثلاً يصل معدل تركيز الجلوكوز في الدم إلى أعلى مستوى بعد ٤ - ٦ ساعات من تناول الطعام، والدهن بعد ٨ - ١٢ ساعة، والبروتينات بعد ٦ - ٨ ساعات. وما تجدر الإشارة إليه أن ٨٠٪ من الماء المتناول مع الغذاء وكذلك ٩٥ - ٩٧٪ من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون يتم امتصاصها في الأمعاء الدقيقة. ولقد وجد أن البروتينات النباتية تمتص بمعدل أقل مقارنة بالبروتينات الحيوانية، كما أن السكريات تهضم وتمتص بمعدل أسرع من النشويات. والجدير بالذكر كذلك أنه يتم امتصاص كمية قليلة جداً من الماء من الأمعاء الغليظة، علماً بأن الوظيفة الرئيسية لها هو تخزين فضلات الطعام غير الممتصة بالإضافة إلى أنها المكان الوحيد في جسم الإنسان الذي يتم فيه تصنيع بعض الفيتامينات (مثل مجموعة فيتامين ب وفيتامين ك) بواسطة البكتيريا التي تعيش فيها.

(١، ٥، ٣) طرق امتصاص العناصر الغذائية

تتم عملية امتصاص العناصر الغذائية المهضومة وانتقالها من خلال جدار الأمعاء الدقيقة بالطرق التالية :

١ - الانتشار Diffusion

تعبّر العناصر الغذائية جدار الأمعاء بصورة حرة من التركيز المرتفع (خارج الخلية) إلى التركيز المنخفض (داخل الخلية) ومن الأمثلة على ذلك الماء والليبيدات lipids الصغيرة وبعض العناصر الغذائية الأخرى. وتشبه هذه الطريقة انتقال العناصر بالضغط الأسموزي osmotic pressure .

٢ - النقل غير النشط Passive transport

تتم عملية امتصاص العناصر الغذائية من خلال أغشية خلايا الأمعاء الدقيقة بمساعدة حامل carrier يعمل على زيادة نفاذية أغشية الخلايا مما يسهل عبور العناصر الغذائية من خلالها، ومن الأمثلة على ذلك امتصاص الجلوكوز والجالاكتوز. ومن أهم العوامل التي تتحكم في النقل غير النشط درجة ذوبان العناصر الغذائية وحجمها.

٣ - النقل النشط Active transport

يتم امتصاص العناصر الغذائية عبر جدار الأمعاء الدقيقة بواسطة حامل carrier يحتاج إلى طاقة ATP ومن الأمثلة على ذلك امتصاص السكريات الأحادية (جلوكوز وجالاكتوز) والأحماض الأمينية وبعض الفيتامينات والمعادن مثل الصوديوم وعناصر أخرى غذائية. وتنقل العناصر الغذائية بطريقة النقل النشط عندما يكون تركيزها في تجويف الأمعاء lumen أقل مما في الدم أو الخلايا، لهذا تحتاج إلى ضخ pump بمساعدة حامل وطاقة.

(٦، ٣) الأيض Metabolism

يعرف الأيض بأنه العمليات أو التفاعلات الكيميائية chemical reactions التي تحدث داخل جميع الخلايا الحية في الجسم. حيث تتجه العناصر الغذائية الموجودة في الدم إلى خلايا الجسم الحية لتتحول بداخلها من عناصر غذائية food إلى طاقة energy ومركبات جديدة new compounds تستخدم لبناء الأنسجة ولقيام الجسم بوظائفه الحيوية. ويتضمن الأيض الغذائي العمليات التالية:

١ - عمليات الهدم Catabolism

وتشمل جميع التفاعلات الكيميائية التي تهدم فيها العناصر الغذائية لإنتاج الطاقة، ومن الأمثلة على ذلك أكسدة الجلوكوز داخل الخلايا إلى طاقة وثاني أكسيد كربون وماء.

٢ - عمليات البناء Anabolism

تشمل جميع التفاعلات الكيميائية التي تدخل فيها العناصر الغذائية وذلك لتصنيع مركبات جديدة بالجسم مثل الهرمونات والإنزيمات والعضلات والأنسجة الدهنية. كما تشمل عمليات البناء تصنيع الجليكوجين glycogen (من الجلوكوز) والكوليسترول cholesterol والدم. وتحدث عمليتا البناء والهدم معاً في فترة واحدة داخل الخلايا، إلا أن الأولى تعتمد على الثانية في الحصول على الطاقة اللازمة لها.

وكما هو معروف تحدث معظم التفاعلات في داخل الخلايا بمساعدة إنزيمات متخصصة، لهذا فإن عدم وجود هذه الإنزيمات يؤدي إلى حدوث خلل واضطرابات في عمليات الأيض الغذائي. وقد أدى التعرف على نشاطات الإنزيمات المتخصصة على اكتشاف ما يعرف باضطراب الأيض الوراثي inborn error of metabolism الذي يظهر على بعض الرضع infants. فمثلاً يصاب الإنسان بما يعرف باسم الجالاكتوسيميا galactosemia بسبب عدم توافر إنزيم معين ضروري لأكسدة سكر الجالاكتوز galactose، كما أن عدم وجود إنزيم اللاكتاز lactase في المعدة يؤدي إلى حالة عدم تحمل اللاكتوز lactose-intolerance. كما أن نقص إنزيم معين يؤدي إلى عدم قدرة الجسم من الاستفادة من الحمض الأميني فينيل ألانين phenylalanine مما يؤدي إلى الإصابة بمرض الفينيل كيتونوريا phenylketonuria.

(١، ٦، ٣) تعاريف ذات علاقة بالأيض الغذائي

المجمع الأيضي Metabolic pool

يقصد به المجموع الكلي للعناصر الغذائية المتوافرة في لحظة ما من عمليات الأيض الغذائي والمستخدممة لأجل عمليات التصنيع synthesis. فمثلاً المجمع

الأيض للأحماض الأمينية metabolic pool of amino acids في لحظة ما يعني الكمية الكلية للأحماض الأمينية الممتصة من الغذاء إلى الدورة الدموية، بالإضافة إلى كمية الأحماض الأمينية الناتجة من تدهم الأنسجة والخلايا. ومن هذا الخليط أو المجمع من الأحماض الأمينية تحصل الخلايا على احتياجاتها لتصنيع بروتين محدد (جديد) specific protein .

المسارات المشتركة Common pathways

يتم أيض الكربوهيدرات والبروتينات والدهون عن طريق مسارات متعددة يعتمد على بعضها البعض. ويتم الحصول على الطاقة من الجلوكوز والأحماض الدهنية والجليسيرول والأحماض الأمينية عن طريق مسار مشترك واحد. كما يمكن للأحماض الأمينية أن تتحول إلى جلوكوز وأحماض دهنية في حين يمكن أن يتحول الجلوكوز إلى أحماض دهنية وكوليسترول cholesterol .

التوازن الديناميكي Dynamic equilibrium

يعني التوازن بين عمليات الهدم والبناء التي تحدث داخل خلايا الجسم، أي أن الجسم يبني كمية من الأنسجة مساوية لتلك التي تهدمت أثناء عمليات الهدم، ومن الأمثلة على ذلك ما يحدث لخلايا الأمعاء والكبد التي تستبدل كل فترة محددة.

(٣,٧) أجهزة الدورة الدموية Circulatory Systems

تنتقل العناصر الغذائية الممتصة من خلال جدار الأمعاء الدقيقة إلى خلايا الجسم المختلفة بواسطة الدورة الدموية التي تصلها هذه العناصر الغذائية إما عن طريق جهاز الأوعية الدموية vascular system أو عن طريق الجهاز الليمفاوي lymphatic system . وتنقل البروتينات في الدورة الدموية على شكل أحماض أمينية، والكربوهيدرات على شكل سكريات أحادية، والدهون على شكل ليبوبروتينات lipoproteins أو كيلوميكرونات chylomicrons .

أولاً: جهاز الأوعية الدموية The vascular system

يقوم هذا الجهاز بنقل الجزء الأكبر من العناصر الغذائية من الأمعاء الدقيقة إلى الدورة الدموية ومنها إلى أنسجة الجسم المختلفة ويمكن تلخيص وظائفه كالتالي:

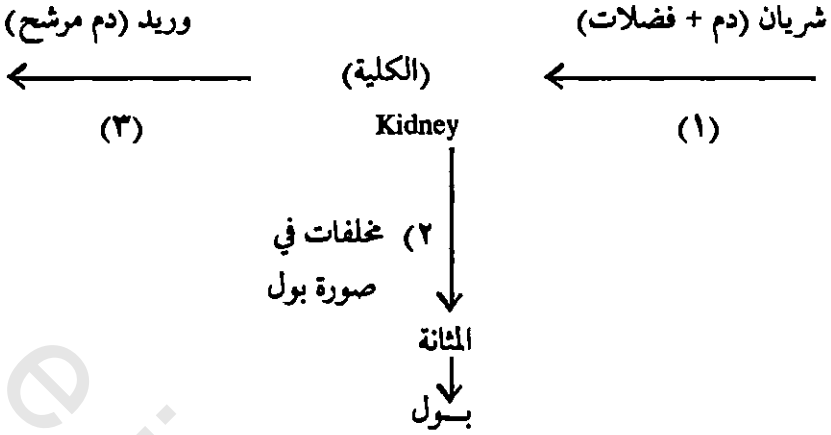
يضخ الجزء الأيمن من القلب الدم من خلال الشرايين arteries إلى الشعيرات الدموية capillaries في الرئتين حيث يتحمل بالأكسجين اللازم لأكسدة العناصر الغذائية أثناء عملية الأيض الغذائي ويعود - الدم - مرة أخرى إلى الجزء الأيسر من القلب عن طريق الأوردة veins . ثم بعد ذلك يضخ الجزء الأيسر من القلب الدم عن طريق الشرايين والشريان الأورطي إلى جميع أنسجة الجسم المختلفة (الرأس، الكبد، الجهاز الهضمي، والحوض pelvis والكليتان والأرجل) ويعود الدم مرة أخرى عن طريق الأوردة إلى الجزء الأيمن من القلب. تحتوي الخملات المبطنة لجدار الأمعاء الدقيقة على أوعية (شعيرات) دموية تنقل العناصر الغذائية عن طريق الوريد البابي إلى الكبد ومنه إلى الجزء الأيمن من القلب الذي يضخها إلى جميع أجزاء الجسم مع الدورة الدموية.

القلب ← الشرايين ← الأمعاء ← الوريد البابي ← القلب

يتضح مما ذكر أعلاه بأن خلايا الجسم تحصل على العناصر الغذائية والأكسجين من الدم، كما أنها تطرح نواتج (فضلات) waste الأيض الغذائي وثنائي أكسيد الكربون في الدم لي طرحها خارج الجسم مع البول أو عن طريق الرئتين على التوالي. والكليتان هما المكان الرئيسي الذي يحدث فيه ترشيح لنواتج الأيض الغذائي من الدم قبل طرحها خارج الجسم مع البول ومن الأمثلة على ذلك خروج اليوريا (البولينا) وحمض البولييك الناتجين من أيض البروتينات والأحماض النووية مع البول. كما تعمل الكليتان على إعادة امتصاص بعض العناصر الغذائية التي انخفضت مستواها في الدم وكذلك تحافظ على الضغط الأسموزي عن طريق التخلص من الأملاح المعدنية الزائدة عن حاجة الجسم وتنظم الماء في الجسم.

ويمكن تلخيص عملية ترشيح نواتج الأيض الغذائي من الدم في الشكل

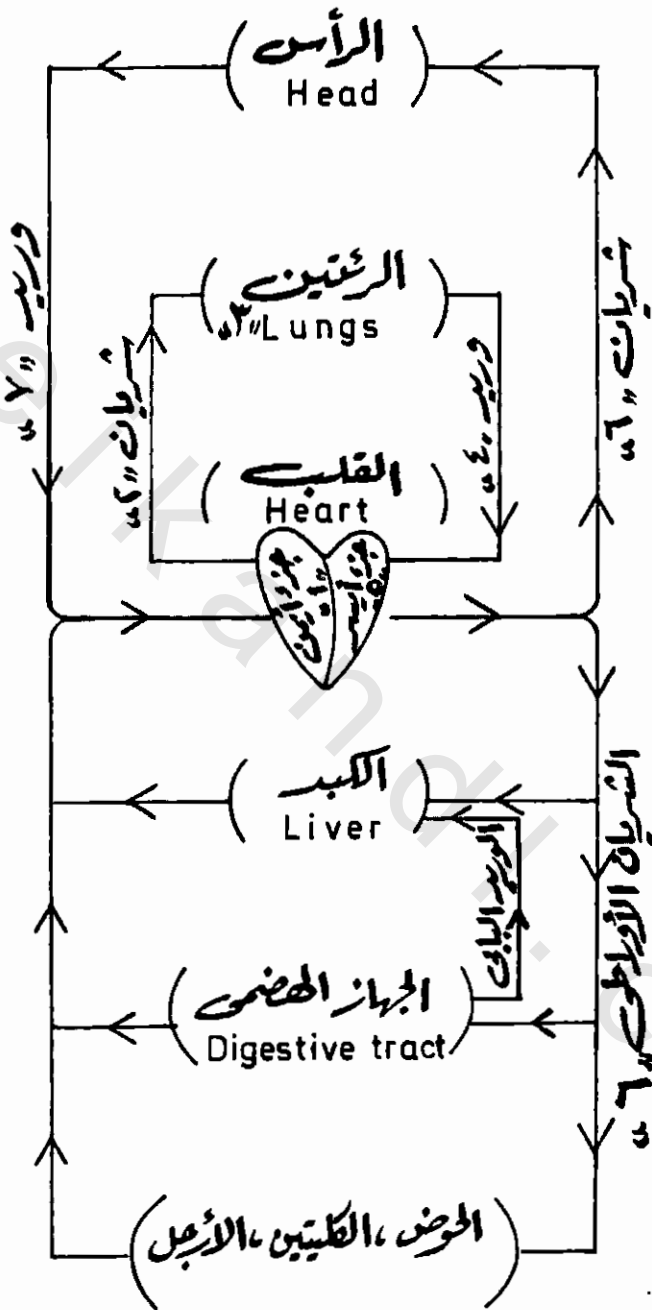
التالي:



ثانيًا: الجهاز الليمفاوي The lymphatic system

الجهاز الليمفاوي عبارة عن جهاز دورة دموية ثانوي يتكون من فراغات عديدة بين الخلايا تسمى الأوعية الليمفاوية وهي تشبه الفراغات الموجودة في الإسفنج sponge. ويحتوي هذا الجهاز على سائل الليمف lymph الذي يشبه الدم تمامًا فيما عدا خلوه من كرات الدم الحمراء التي لا تستطيع المرور من خلال جدار الأوعية الليمفاوية.

وتنقل بعض العناصر الغذائية الممتصة إلى الدورة الدموية عن طريق الأوعية الليمفاوية الموجودة داخل الخيائل المبطنة لجدار الأمعاء الدقيقة. ثم تتجمع هذه الأوعية في قناة ليمفاوية تسمى القناة الصدرية thoracic duct التي تنتهي بشريان يوصل الليمف إلى القلب الذي يضخه إلى الدورة الدموية. ويوضح الشكل (٣، ٣) عملية نقل العناصر الغذائية الممتصة من الأمعاء وتوزيعها على أنسجة الجسم المختلفة.



شكل (٣، ٣) . الدورة الدموية في جسم الإنسان (الأرقام من ١ إلى ٧ تعني تتابع سريان الدم داخل جسم الإنسان).

الكربوهيدرات Carbohydrates

- المقدمة ● تقسيم الكربوهيدرات ● فوائد الألياف في الوجبة الغذائية
- أيض الكربوهيدرات غير السوي ● مصادر الكربوهيدرات
- احتياجات الكربوهيدرات ● وظائف الكربوهيدرات

المقدمة (١، ٤) Introduction

تعتبر الكربوهيدرات المصدر الأساسي للطاقة energy المخزنة في الغذاء الذي يستهلكه الإنسان. وتحتوي جميع الكربوهيدرات على الكربون متحدًا مع الهيدروجين والأكسجين، حيث إن نسبة العنصرين الأخيرين هي نفس نسبة وجودهما في الماء، أي ١ : ٢ : ١ (C₁₂H₂₂O₁₁, C₆H₁₂O₆). وتقوم النباتات الخضراء بعملية التمثيل الضوئي photosynthesis التي ينتج عنها تكون الكربوهيدرات، حيث تحصل النباتات الخضراء على الطاقة من الشمس وعلى الماء من التربة وعلى ثاني أكسيد الكربون من الهواء.

Chlorophyll



كلورفيل

والكربوهيدرات عبارة عن مركبات عضوية ألدهيدية aldehydes أو كيتونية ketones متعددة الهيدروكسيل (OH) أو مشتقاتها.

وتعد الكربوهيدرات مصدر الطاقة لجسم الإنسان وذلك بعد تحويلها إلى عناصر بسيطة (سكر أحادي) يسهل امتصاصها ونقلها بواسطة الدم إلى أنسجة الجسم المختلفة لتتأكسد وتنتج الطاقة. وتخزن الجزء الزائد من الكربوهيدرات عن حاجة الجسم في صورة دهن وجليكوجين glycogen لحين الحاجة له، والدهن المخزن هو السبب في حدوث السمنة.

وتدخل السكريات في تركيب معظم الأغذية التي يتناولها الإنسان، مما يجعلها ذات أهمية كبيرة في غذائه اليومي، ويعود هذا للأسباب التالية:

١ - تعمل السكريات على تحسين الطعم حيث إنها تخفف من مرارة أو حموضة الأغذية عندما تضاف إليها، وعادة يستعمل سكر السكروز sucrose أو الجلوكوز -glucose لتحقيق ذلك.

٢ - تُكسب السكريات بعض الأغذية ألواناً ذهبية أو بنية فاتحة نتيجة لحدوث عملية الكرملة caramelization مما يزيد من رغبة المستهلك لهذه الأغذية، ومن الأمثلة على ذلك تكون اللون البني المرغوب في الخبز والحلويات والبطاطس والكيك وحبوب البن نتيجة للمعاملة الحرارية.

٣ - تعد الكربوهيدرات مصدراً سريعاً للطاقة التي يحتاجها الإنسان، حيث إن الجسم يستطيع أكسدة المواد الكربوهيدراتية بصورة سريعة محرراً بذلك الطاقة المخزنة فيها.

٤ - تحفظ الكربوهيدرات الأغذية من الفساد عند إضافتها بكميات كبيرة (السكروز) لكونها شرهة للماء فتخفض نسبة الماء الحر الذي يلزم في العمليات الحيوية لكثير من عوامل الفساد.

٥ - تنتشر الكربوهيدرات بكميات كبيرة في الطبيعة، حيث إنها تشكل ما يقرب من نصف الغذاء المتوافر في العالم. وتعتبر الحبوب والسيريل cereal والخضروات والفواكه من الأغذية الغنية بالكربوهيدرات.

٦ - تعد الكربوهيدرات رخيصة الثمن مقارنة بالأغذية الأخرى، مما يتيح شراءها من قبل الأسر منخفضة الدخل.

٧ - تتميز الكربوهيدرات بسهولة تخزينها لمدة طويلة دون أن تتعرض للفساد، ومن الأمثلة على ذلك الحبوب والسكريات، كما أنها تخزن دون الحاجة إلى وسائل التبريد كما هو الحال عند تخزين المواد الغذائية الأخرى كاللحوم والألبان. ويرجع الطعم الحلو الذي تعطيه السكريات العضوية إلى وجود مجموعات الهيدروكسيل، في حين أن الطعم الحلو في السكريات الصناعية مثل السكرين saccharine والدولسين dulcin لا يعزى إلى مجموعة الهيدروكسيل فيها بل إلى طبيعة تركيبها الجزيئي، ويمنع استعمالها في الأغذية لتأثيرها الضار على الصحة.

(٢، ٤) تقسيم الكربوهيدرات

وتقسم الكربوهيدرات تبعاً لتعقيدها أو تركيبها الكيميائي إلى الآتي :

(١) السكريات الأحادية Monosaccharides

تعرف هذه أيضاً باسم السكريات البسيطة simple sugars لأنها أبسط وأصغر وحدات السكريات. والصيغة العامة general formula لها هي $C_nH_{2n}O_n$. تحتوي السكريات البسيطة على مجموعة من الألدهيدات (CHO) aldahydes أو على مجموعة من الكيتونات (C=O) ketones. ويعتبر الجلوكوز glucose مثالاً جيداً على السكر الألدهيدي aldose (aldo sugar) وكذلك يعتبر الفركتوز fructose مثالاً جيداً على السكر الكيتوني ketose (keto sugar). ومن أهم أنواع السكريات البسيطة من الناحية التغذوية هي السكريات السداسية hexoses، ومنها الجلوكوز والفركتوز اللذان يوجدان في صورة حرة في قليل من الأغذية. وبشكل عام توجد عادة السكريات البسيطة المهمة من الناحية التغذوية كجزء من السكريات المعقدة complex carbohyd- rate. تصنف السكريات البسيطة حسب محتواها من ذرات الكربون في الجزيء الواحد إلى التالي :

- ثلاثية C₃H₆O₃ trioses ومثالها جليسر ألدهيد glyceral aldehyde .
 - رباعية C₄H₈O₄ tetroses ومثالها اريثروز erythrose .
 - خماسية C₅H₁₀O₅ pentoses ومثالها زيلوز xylose وريبوز ribose .
 - سداسية C₆H₁₂O₆ hexoses ومثالها جلوكوز وفركتوز وجالاکتوز وسوربوز sorbose ومانوز mannose .
 - سباعية C₇H₁₄O₇ heptoses ومثالها سيدوهبتولوز sedoheptulose .
- وكما ذكر أعلاه فإن السكريات السداسية hexoses تعد من أهم المجموعات السابقة من الناحية التغذوية ويليهما الخماسية .
ومن أمثلة السكريات البسيطة المهمة في الأغذية ما يلي :

١ - الجلوكوز Glucose

يعد الجلوكوز من أهم السكريات الأحادية الألدهيدية من الناحية التغذوية ويسمى أحياناً بسكر الدم blood sugar أو سكر العنب أو الدكستروز dextrose .

ويعتبر الجلوكوز المنتج النهائي الناتج من هضم الكربوهيدرات، كما أنه يمتص بسرعة فوق العادة ومباشرة إلى الدم. ويدخل الجلوكوز في تركيب السكريات الثنائية والمتعددة مثل اللاكتوز والسكروز والنشا starch والجليكوجين والسليلوز. ومن المصادر الغذائية الرئيسية للجلوكوز الفواكه وعسل النحل والخضروات النشوية والحبوب. وبعد الجلوكوز من أهم الكربوهيدرات في تغذية الخلايا حيث تتحول الكربوهيدرات الأخرى مثل الفركتوز fructose والجالاتكتوز galactose إلى جلوكوز قبل تأكسها داخل جسم الإنسان وتحولها إلى طاقة. ويعتبر الكبد من أهم مواقع أيض الجلوكوز في الجسم، بالإضافة إلى أنه يحدث أيض للجلوكوز في الأنسجة العضلية muscle tissues والأنسجة الدهنية adipose tissues. ومما تجدر الإشارة إليه أن المصدر الرئيسي للجلوكوز في جسم الإنسان هو تحلل السكريات المتعددة أثناء عملية الهضم، يليها السكريات الثنائية.

٢ - الفركتوز Fructose

يعرف أيضًا باسم سكر الفاكهة fruit sugar أو الليفولوز levulose، ويكثر وجوده في الفواكه والتوت berries، كما أنه يشكل حوالي ثلث السكر الموجود في العسل، لهذا فهو المسؤول عن الطعم الحلو فيه. ويعتبر الفركتوز أكثر حلاوة من السكر sucrose بنسبة ٧٠٪، لهذا يمكن الحصول على درجة الحلاوة نفسها وكمية أقل من السعرات باستخدام كمية أقل من الفركتوز. وقد وجد الفركتوز في دم الجنين fetal blood وفي دم الطفل المولود حديثًا newborn blood بكمية كبيرة نسبيًا. ويمتص الفركتوز مباشرة من القناة الهضمية إلى الدم blood stream، وعندما يصل إلى الكبد تفرز خلاياه cells liver إنزيمات تعمل على إعادة ترتيب ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين وتحوله إلى جلوكوز أو إلى مركبات شبيهة له.

٣ - الجالاتكتوز Galactose

الجلوكوز والفركتوز من أهم السكريات الأحادية في الأغذية، يليها في المرتبة الثالثة سكر الجالاتكتوز الذي يندر وجوده بصورة منفردة في الطبيعة، ولكنه يوجد كجزء

من سكر اللاكتوز lactose الثنائي (سكر الحليب) ، كما يدخل الجالاكتوز ضمن تركيب بعض السكريات المتعددة في قشور بذور البقوليات seed coat of legumes وفي سكر الرافينوز raffinose في الشوندر وسكر المانوز mannose الذي يدخل في تركيب الكثير من الكربوهيدرات النباتية المتعددة . كذلك يوجد الجالاكتوز بصورة حرة في بعض الحليب المتخمر.

٤ - المانوز Mannose

يوجد بكميات محدودة جداً في التفاح والبرتقال والخوخ peaches ، بالإضافة إلى أن الكثير من الكربوهيدرات النباتية المتعددة الضعيفة الهضم -poorly digested complex تتركب من وحدات المانوز.

٥ - المانيتول Mannitol

يتميز سكر المانيتول أن درجة حلاوته مشابهة لدرجة حلاوة الجلوكوز، ولكن نظراً لأنه يتأيض جزئياً partially metabolized فإنه ينتج فقط نصف السعرات في الجرام الواحد . ويوجد المانيتول في العنب والجزر والبطاطا الحلوة sweet potatoes والأناناس والهليون asparagus .

٦ - الريبوز Ribose

هو سكر يحتوي على خمس ذرات كربون pentoses ، ويوجد في الكائنات الحية كجزء من عناصر الجسم الأساسية vital body compounds مثل الريبوفلافين (فيتامين ب ٢) والأحماض النووية nucleic acids (RNA) وسيتوبلازم cytoplasm الخلية والمواد الجينية الوراثية genetic material في النواة nucleus . وعادة توجد معظم السكريات الخماسية في النباتات ، وهي لا تمثل مصدراً جيداً للكربوهيدرات الغذاء .

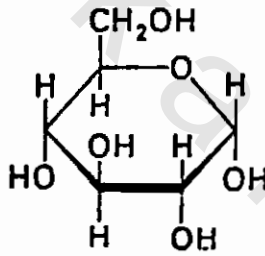
٧ - الزايلوز Xylose

هو السكر الخماسي الذي يقع في المرتبة الثانية من حيث انتشاره في الطبيعة ، ويوجد في الأخشاب ولا سيما المتليفة منها مثل التبن وعرنوص الذرة . ولا يستطيع

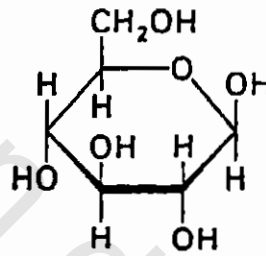
الإنسان أيضاً، في حين تستطيع الحيوانات المجترة وبعض الميكروبات ذلك. ويُنتج الزايلوز في الوقت الحاضر على مستوى تجاري من خلال عمل الميكروبات على السليلوز cellulose والهيميسليلوز hemicellulose (مكونات الألياف الغذائية component of dietary fiber).

٨ - الأرابينوز Arabinose

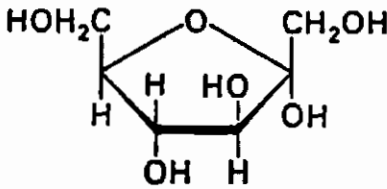
يوجد في الخضروات، كما أنه ينتج من التحلل المائي للأصماغ النباتية. والشكل (١، ٤) يوضح التركيب البنائي للجلوكوز والفركتوز.



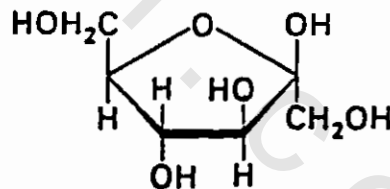
α -D-Glucose
ألفا - جلوكوز



β -D-Glucose
بيتا - جلوكوز



α -D-Fructose
ألفا - فركتوز

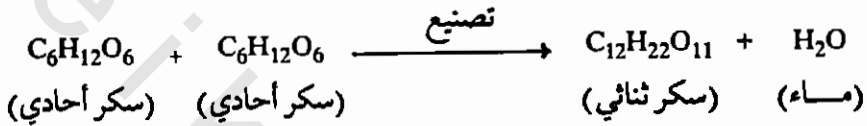


β -D-Fructose
بيتا - فركتوز

شكل (١، ٤) : التركيب البنائي للجلوكوز والفركتوز.

(ب) السكريات الثنائية Disaccharides

تتركب من جزيئين (وحدتين) من السكريات الأحادية مرتبطين مع بعضهما البعض برابطة جليكوسيدية glycosidic linkage . وعندما يتحد جزيئين من السكريات الأحادية مع بعضهما البعض لتصنيع السكر الثنائي يفقد جزيء واحد من الماء split off ، في حين أنه عندما يتهدم أو يتكسر السكر الثنائي إلى وحدتين من السكريات الأحادية - كما يحدث أثناء عملية الهضم - يضاف جزيء واحد من الماء، وهذا ما يعرف بالتحلل المائي hydrolysis



وتنتج معظم السكريات الثنائية في التغذية من اتحاد وحدتين من الجلوكوز أو من اتحاد الجلوكوز مع سكر سداسي آخر، ومن الأمثلة عليها ما يلي :

١ - السكروز Sucrose

ويسمى أيضاً سكر المائدة table sugar أو سكر البنجر beet sugar أو سكر القصب cane sugar ، ويتركب من الجلوكوز والفركتوز. ويعد السكروز من أكثر السكريات الثنائية استعمالاً في الغذاء، لهذا فإن جزءاً كبيراً من السعرات التي يحصل عليها الإنسان يكون مصدرها السكروز. يوجد السكروز في البنجر والقصب والشوندر والأناناس والعديد من الفواكه، كما أنه ذو أهمية خاصة في صناعة بعض المنتجات الغذائية مثل المرملاذ والهلالم والمربات والمياه الغازية، وعندما يتناول الإنسان غذاء يحتوي على السكروز sucrose فإن الإنزيمات الموجودة في الجهاز الهضمي digestive tract (إنزيم السكريز sucrose) تهضم السكروز إلى جلوكوز وفركتوز اللذين يمتصان بسهولة من خلال جدار الأمعاء، حيث يتجه سكر الفركتوز إلى الكبد ليتحول إلى جلوكوز أو إلى مركبات أصغر مشابهة إلى تلك المشتقة من الجلوكوز.

٢ - اللاكوز Lactose

يسمى أيضاً سكر الحليب milk sugar ، ويتركب من الجلوكوز glucose

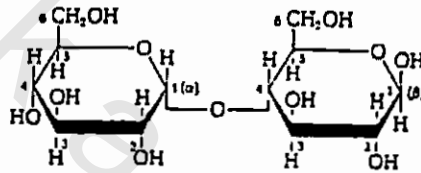
والجالاكتوز galactose ، وتعادل حلاوته سدس حلاوة السكروز، أي أنه أقل السكريات حلاوة. يعد اللاكتوز من الكربوهيدرات الرئيسية الموجودة في الحليب حيث يشكل ٥٪ من وزنه، وعند صناعة اللبن الزبادي أو الروب من الحليب يتحول جزء من اللاكتوز إلى حمض لاكتيك lactic acid ، بينما في صناعة الجبن نجد أن اللاكتوز يتركز في الشرش مما يجعل الجبن شبه خالٍ منه. يولد الأطفال ولديهم في أجسامهم الإنزيمات الهاضمة الضرورية لتحلل اللاكتوز إلى جلوكوز وجالاكتوز اللذين يسهل امتصاصهما عبر جدار الأمعاء. وبعد الامتصاص يتحول الجالاكتوز إلى جلوكوز في الكبد، مما يدل على أن كل جزيء واحد من اللاكتوز ينتج جزيئين من الجلوكوز تمد الرضيع بالطاقة اللازمة لنموه ونشاطه. إلا أن الأطفال الرضع لا يستطيعون هضم النشا starch حتى تصل أعمارهم إلى عدة شهور نظراً لعدم وجود الإنزيمات اللازمة لذلك. ويوجد في أمعاء الرضيع ميكروبات معينة تسبب إنتاج حمض اللاكتيك lactic acid من سكر اللاكتوز غير المهضوم مما يزيد من حموضة الجزء السفلي من الأمعاء lower intestinal tract. وتشجع هذه الزيادة في الحموضة على نمو ميكروب الـ *Lactobacillus bifidus* الذي يعتقد بأنه مفيد للرضع young infants ، حيث يمنع نمو البكتريا غير المرغوبة والتي تسبب تعفن الأمعاء intestinal putrefaction ، كما أن هناك دلائل على أن معقد الكالسيوم - اللاكتوز الذائب solublecalcium - lactose complex يزيد من معدل امتصاص الكالسيوم، أي أن اللاكتوز يزيد من نفاذية permeability الأغشية المعوية مما يؤدي إلى حدوث زيادة في معدل امتصاص الكالسيوم. يفقد بعض الأفراد القدرة على هضم اللاكتوز، وتسمى هذه الحالة بعدم تحمل اللاكتوز lactose intolerance ، وسببها عدم إنتاج إنزيم اللاكتاز lactase ، وهذه الظاهرة سائدة بين البالغين وقد تبدأ في الظهور في عمر ٤ سنوات. وتتمثل أعراض عدم تحمل اللاكتوز في صورة غثيان nausea وإسهال diarrhea خصوصاً عند تناول كمية كبيرة من الحليب.

٣ - المالتوز Maltose

هو سكر ثنائي يتكون من وحدتين من الجلوكوز two glucose units متحدين

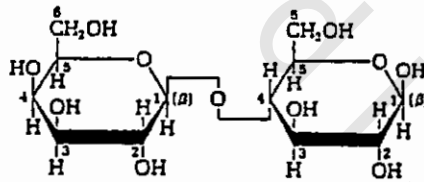
بواسطة الرابطة الفا - ١ ، ٤ (α -1,4) ولا يتوافر بصورة حرة في الطبيعة ، إلا أنه يوجد بكميات قليلة في البذور والحبوب النابتة germinating cereals (الأجنة النامية) ويشق من نشا الحبوب cereal starch بفعل إنزيم بيتا - أميليز β -amylase .

تشتق جميع السكريات الأحادية والثنائية من مصادر نباتية مختلفة ، باستثناء اللاكتوز الذي هو سكر الثدييات mammalian milk والجالاكتوز galactose الذي هو جزء من سكر اللاكتوز. هناك أيضاً سكر ثلاثي يسمى الرافينوز raffinose والذي يتربك من وحدات من الفركتوز والجلوكوز والجالاكتوز، ويوجد في الشوندر وفول الصويا وبذور القطن يمثل الشكل (٢، ٤) التركيب البنائي للسكريات الثنائية .



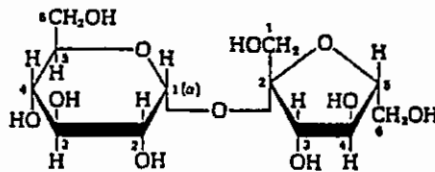
Alpha - Maltose

ألفا - مالتوز



Beta - Lactose

بيتا - لاکتوز



Alpha - Sucrose

ألفا - سكروز

شكل (٢، ٤) . التركيب البنائي للسكريات الثنائية .

(ج) السكريات المتعددة Polysaccharides

تعتبر السكريات المتعددة المجموعة الثالثة من الكربوهيدرات، وهي أكثر تعقيداً من السكريات الأحادية والثنائية وتتألف من عدة وحدات من السكريات الأحادية مرتبطة ببعضها البعض بروابط جلوكوزيدية glucosidic bonds. تتميز السكريات المتعددة بأنها عديمة الطعم وذات وزن جزيئي كبير وغير قابلة للذوبان في الماء ومن أكثر السكريات انتشاراً في الطبيعة من حيث كميتها. ومن أهم أنواع السكريات المتعددة من الناحية الغذائية ما يلي:

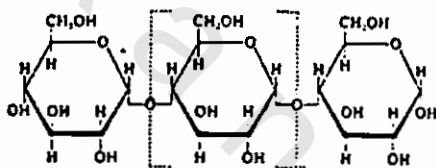
١ - النشا Starch

عبارة عن سكر نباتي متعدد يتألف من عدة وحدات من الجلوكوز glucose وقابل للتحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة في الجهاز الهضمي للإنسان. ويشكل عام فإن جميع الأغذية النشوية تشتق من مصادر نباتية plant foods، وتعتبر البذور seeds (٧٠٪) (نشا) والحبوب grains (الأرز والقمح والشيلم rye والشعير barley والشوفان tao) من أغنى المصادر النباتية بالنشا، يلي ذلك البازلاء والفاصوليا الجافة (٤٠٪). أما المصدر الرئيسي الثالث فهو الدرنة مثل البطاطس والبطاطا الحلوة yam والكاسافا cassava. تنتج بعض المجتمعات الإنسانية human societies الحبوب، وتستهلكها بوفرة في غذائها خصوصاً الأرز والقمح، حيث إن حوالي ٥٠ - ٨٠٪ من طاقتها الغذائية food energy مشتقة من هذه الحبوب. ولا يذوب النشا في الماء البارد، ولكنه يتشرب الماء الحار ويكون شبكة هلامية أو غروية نتيجة انفجار حبيباته. ويتحلل النشا بواسطة إنزيم بيتا أو ألفا - أميليز α or β -amylase إلى مركبات وسطية هي الجلوكوز والمالتوز على التوالي، ويتحلل المركب الأخير بواسطة إنزيم المالتيز maltase إلى وحدتي جلوكوز. كذلك يمكن أن يتحلل النشا جزئياً إلى سلاسل قصيرة مكونة من عدة وحدات من الجلوكوز تعرف باسم الدكسترين dextrin، ويحدث ذلك بفعل الإنزيمات أثناء الهضم أو بتأثير الحرارة الجافة على النشا كما في حالة تسخين الخبز toasting bread أو تسمير الدقيق browning flour. يتميز الدكسترين الناتج بأنه أكثر ذوباناً وأكثر حلاوة من النشا. ويوجد نوعان من النشا هما:

الأميلوز Amylose : وهو عبارة عن سلسلة مستقيمة مؤلفة من عدة وحدات من الجلوكوز (قد تصل إلى ٢٠٠٠ وحدة) متصلة ببعضها البعض بروابط جلوكوزيدية (α -1,4) ويعطي لوناً أزرق مع محلول اليود.

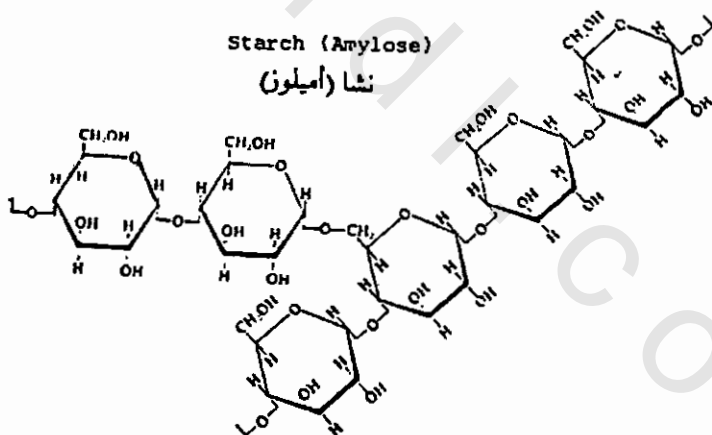
الأميلوبكتين Amylopectin : وهو عبارة عن سلسلة متفرعة من وحدات الجلوكوز ويتصل هذا التفرع مع السلاسل المستقيمة في رابطة جلوكوزيدية (α -1,6)، ويعطي لوناً بنياً مع محلول اليود. ويصل عدد وحدات الجلوكوز في الأميلوبكتين إلى ما يزيد على ١٠٠ تكون على هيئة سلسلة ذات تفرعات متعددة تحتوي على ما بين ٢٤ - ٣٠ وحدة جلوكوز في كل فرع.

ويوضح الشكل (٤،٣). التركيب البنائي للنشا.



Starch (Amylose)

نشا (أميلوز)



Starch (Amylopectin)

نشا (أميلوبكتين)

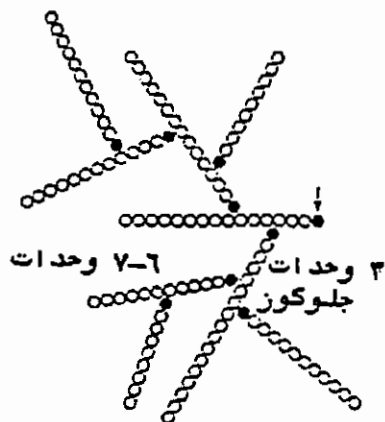
شكل (٤،٣). التركيب البنائي للنشا.

٢ - الجليكوجين Glycogen

يعرف الجليكوجين أيضاً باسم النشا الحيواني animal starch ، وهو مركب من عدة وحدات من الجلوكوز متصلة ببعضها البعض بواسطة روابط جلوكوزيدية (1,4- α). ويتم تصنيعه داخل جسم الإنسان والحيوان، حيث يخزن في العضلات muscles والكبد liver ويكون تركيز الجليكوجين في الكبد مرتفعاً جداً. ويشبه الجليكوجين الأميلوبكتين في تركيبه، إلا أن تفرعاته تكون أكثر حيث يوجد تفرع لكل ٨ - ١٠ وحدات جلوكوز. يستفيد الجسم من الجليكوجين المخزن فيه عند نقص الطاقة في الجسم، حيث يتحول جليكوجين الكبد liver glycogen إلى الجلوكوز المولد للطاقة التي يستفيد منها كامل الجسم، أما جليكوجين العضلات فينتج طاقة تستفيد منها العضلات فقط وذلك بسبب نقص بعض الإنزيمات في العضلات. وعلى الرغم من أهمية أيض الجليكوجين داخل الجسم، إلا أنه لا يعد مصدراً ذا قيمة في غذاء الإنسان لأنه يختفي من الذبيحة بعد فترة قصيرة من ذبحها نتيجة لتحويله إلى حمض لاكتيك. يخزن الشخص البالغ حوالي ٣٤٠ جراماً من الجليكوجين في جسمه، منها ٣٤٪ (الثلث) تخزن في الكبد liver glycogen و ٦٦٪ (الثلثين) تخزن في العضلات muscle glycogen. ويمكن زيادة كمية الجليكوجين المخزنة في الجسم إلى الضعف وذلك عن طريق عمل بعض التعديلات manipulations في الوجبة الغذائية، أهمها زيادة كمية الكربوهيدرات مع ممارسة بعض التمارين الرياضية. ويلجأ كثير من الرياضيين إلى زيادة مخزون الجسم من الجليكوجين الذي يمدّه بالطاقة أثناء المباراة ولدة تزيد عن نصف ساعة. وتعرف زيادة كمية الجليكوجين في الجسم بتحميل الكربوهيدرات carbohydrate loading. ويبين الشكل (٤، ٤) التركيب البنائي للجليكوجين.

٣ - السليلوز Cellulose

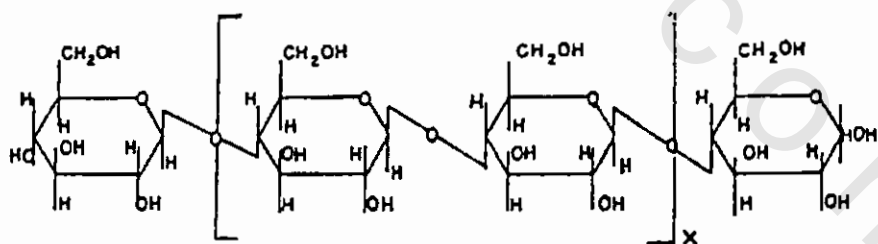
يتألف السليلوز من آلاف الوحدات من الجلوكوز متصلة ببعضها البعض بروابط جلوكوزيدية (1,4- β) غير قابلة للهضم بواسطة الإنسان، أي أنه يشبه النشا في تركيبه البنائي، غير أن الروابط التي تربط وحدات الجلوكوز مختلفة عنه. وهذا



شكل (٤، ٤). الجليكوجين Glycogen .

المصدر: Bell, G. H. *et al.* (1976)

الاختلاف في نوع الروابط ذو أهمية كبيرة للإنسان لأن كل نوع من الروابط يتطلب إنزيمًا معينًا لتحليله، ويحتوي الجهاز الهضمي في الإنسان على الإنزيمات التي تحلل الروابط الموجودة في النشا، لكنه خالٍ من الإنزيمات التي تحلل الروابط في السليلوز، لهذا فإن السليلوز الموجود في الأغذية لا يمد الإنسان بأي طاقة نظرًا لأنه يعبر الجهاز الهضمي إلى خارج الجسم بدون حدوث أي تغيير له. والسيلوز شديد الصلابة ويوجد في جدران الخلايا النباتية مما يعطيها الهيكل الصلب والبنية الأساسية للنبات. والشكل (٤، ٥) يوضح التركيب البنائي للسليلوز.



شكل (٤، ٥). التركيب البنائي للسليلوز.

تتميز المجترات ruminants بأنها تحتوي على الإنزيمات البكتيرية bacterial enzymes القادرة على تكسير روابط السليلوز ويفسر هذا قدرتها على البقاء اعتماداً على الأعشاب grasses ومحاصيل الأعلاف forage crops . وفي الوقت الحاضر فإن السليلوز والألياف النباتية الأخرى plant fibers تلقي اهتماماً كبيراً من الإنسان لأنها تحافظ على الحركة المعوية gastric motility الطبيعية وتقلل من حدوث الإمساك constipation نتيجة لامتصاصها الماء أثناء مرورها في الجهاز الهضمي . على أي حال من الناحية التغذوية فإن الاهتمام مركز على جميع الألياف النباتية غير القابلة للهضم plant fiber undigested والتي تسمى حالياً بالألياف الغذائية dietary fiber وهذه تشمل السليلوز cellulose والبكتين pectin والهيميسليلوز hemicellulose واللجنين lignin (ألياف غير كربوهيدراتية noncarbohydrate fiber) والأصماغ gums والماسلج mucilage (مادة لزجة في النباتات والأعشاب البحرية) . وتوجد الألياف الغذائية dietary fiber في الأغذية من مصادر نباتية مثل البقوليات والمكسرات والحبوب الكاملة والخضروات والفواكه، كما أنها توجد بنسبة أكبر في هذه الأغذية من الألياف الخام crude fiber . وتقدر نسبة الألياف الغذائية في النخالة bran بحوالي ٤٨٪ ودقيق القمح الكامل ١١,٧٪ والبازلاء ٧,٧٪ والدقيق الأبيض ٣,٤٪ والفراولة ٢,١٪ والموز ١,٨٪ .

يمكن التفريق بين الألياف الغذائية والألياف الخام من التعاريف التالية:

الألياف الخام Crude fiber

هي الكمية المتبقية من الغذاء النباتي بعد الاستخلاص أو المعاملة بحمض مخفف وقلوي مخفف بالطريقة المعملية .

الألياف الغذائية Dietary fiber

هي الكمية المتبقية من الغذاء النباتي التي قاومت التحلل بالإنزيمات الهاضمة في الإنسان .

والجدول رقم (١، ٤) يوضح محتوى بعض الأغذية من الألياف الغذائية .

جدول (١، ٤) . محتوى بعض الأغذية من الألياف الغذائية Dietary fiber

الأغذية	نسبة الألياف الغذائية (جرام/١٠٠ جرام)	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	كمية الألياف الغذائية بالحصة (جرام)
Cereals الحبوب			
الأرز مسلوق مقشور	١,٨	نصف كوب (١٠٥ جرامات)	
خبز أسمر	٥,١١	١ شريحة (٢٥ جراماً)	١,٣
خبز أبيض	٢,٧٢	١ شريحة (٢٥ جراماً)	
نخالة القمح		ثلث كوب (٢٨ جراماً)	٨,٤
دقيق قمح (١٠٠٪)	٩,٦		
دقيق أبيض (٧٢٪)	٣,٠		
شرائح الذرة		٠,٧٥ كوب (٢١ جراماً)	٢,٦
ذرة الفشار popcorn		٣ كوب (١٨ جراماً)	٣,٠
Nuts المكسرات			
جوز الهند walnuts	٥,٢	نصف أوقية (١٥ جراماً)	
لوز almonds	١٤,٣	نصف أوقية (١٥ جراماً)	
جوز البرازيل brazils	٧,٧	نصف أوقية (١٥ جراماً)	
اللوز السوداني peanuts	٩,٣		
زبدة الفول السوداني	٧,٦	١ ملعقة مائدة (١٦ جراماً)	
Legumes البقوليات			
فاصوليا جافة مطهية		نصف كوب (٩٠ جراماً)	
عدس مطهي	٣,٧	نصف كوب (١٠٠ جراماً)	٣,٧
بازلاء مطهية	٧,٩	نصف كوب	
Fruits الفواكه			
تمر جاف		٢ حبة (١٨ جراماً)	١,٦
برتقال		١ حبة (٧٨ جراماً)	١,٦
فراولة		١ كوب (١٤٣ جراماً)	٣,١
خوخ peach	٢,٣	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	٢,٣
أناناس pineapple		نصف كوب (٧٨ جراماً)	٠,٨
برقوق مجفف prunes		٢ حبة (١٥ جراماً)	٢,٤
تفاح	٢,٤	١ حبة متوسطة (١٤٠ جراماً)	
تفاح مقشر	٢,٠	١ حبة متوسطة (١٤٠ جراماً)	
موز	١,٧٥	نصف حبة (٦٠ جراماً)	
chervies	١,٣		

تابع جدول (٤، ١) .

كمية الألياف الغذائية بالحصّة (جرام)	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصّة Serving) (جرام/١٠٠ جرام)	نسبة الألياف الغذائية (جرام/١٠٠ جرام)	الأغذية
	١ حبة	٢,٥	تين طازج
	١ حبة	١٨,٥	تين جاف
	١٢ حبة (٦٠ جراماً)	٠,٩	عنب طازج أبيض
			الخضروات Vegetables
٦,٧	نصف كوب (٨٥ جراماً)		بازلاء طازجة
٢,١	نصف كوب (٦٤ جراماً)		فاصوليا خضراء طازجة
	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٣,٣٥	فاصوليا خضراء مطهية
١,٥	١ حبة صغيرة (١٠٠ جرام)		طماطم طازجة
١,٩	نصف حبة متوسطة (٧٥ جراماً)		بطاطس مخبوزة baked
	نصف حبة متوسطة (٧٥ جراماً)	٣,٩	بطاطا حلوة yam boiled
		٢,٥	بازلاء مسلوقة
		١,٥	خس
		٢,٩	كرب (ملفوف) جزر طازج
٢,٤	نصف كوب (٧٨ جراماً)		جزر مطهي
٢,١	نصف كوب (٨٥ جراماً)		كرب (ملفوف) cabbage
١,١	نصف كوب (٦٠ جراماً)		كرفس celery طازج
٢,١	نصف كوب (٨٥ جراماً)		beets مطهي

مصدر المعلومات : Weininger, J., Briggs, G. (1983), Sutor, C.U. and Crowley, M.F. (1984)

(٤، ٣) فوائد الألياف في الوجبة الغذائية

يمكن تلخيص فوائد الألياف الغذائية للإنسان كالتالي :

- ١ - تحمي الإنسان من الإصابة بأمراض القلب coronary heart disease ، ويعزى ذلك إلى أن الوجبة المرتفعة في نسبة الألياف تكون عادة منخفضة في نسبة الدهون والسكريات البسيطة والبروتين والعكس ، وهذه العناصر الغذائية الثلاثة تعتبر من العوامل الخطرة risk factors المرتبطة بأمراض القلب والدورة الدموية .

٢ - ترتبط الألياف بالكوليسترول cholesterol وتطرحه خارج الجسم، أي أنها تمنع امتصاصه في الجسم.

٣ - تشجع الألياف على نمو الميكروبات المسؤولة عن تكسير أحماض الصفراء bile acids التي تطلق release الكوليسترول الذي يعاد امتصاصه مرة أخرى. كما أن اللجنين والماسلج يرتبطان بأحماض الصفراء ويطردها خارج الجسم مما يؤدي إلى انخفاض مستوى الكوليسترول في الدم وقلة الإصابة بأمراض القلب.

٤ - تمتص الألياف كمية كبيرة من الماء في الجهاز الهضمي نتيجة لاحتوائها على عدد كبير من مجاميع الهيدروكسيل OH مما يجعل البراز ليناً وذا حجم مائي bulky ولهذا تعد الألياف من المواد المانعة للإمساك، والتي تساعد على انزلاق الفضلات بسرعة داخل القناة الهضمية. كما أن هذه الميزة تمنع إصابة الإنسان بتورمات في القناة الهضمية والتي تنتج من ضغط كتلة البراز الجافة على مناطق رقيقة في الأمعاء الغليظة.

٥ - تعمل الألياف على سرعة تخليص الجسم من المواد السامة والمواد المسببة للسرطان carcinogens ، وذلك لأنها تزيد من حركة motility الأمعاء الدقيقة والقولون colon ، ويترتب على ذلك قصر المدة الزمنية التي تعبر فيها الفضلات الأمعاء مما يقلل من المدة الزمنية التي تتعرض فيها الأغشية المخاطية المبطنة لجدار الأمعاء mucosa للمواد السامة toxicants والمواد المسببة للسرطان.

٦ - تعتبر الألياف مواد ماثلة لا تمد الجسم بالطاقة ولا بالعناصر الغذائية، لهذا يمكن إدخالها في وجبات الحمية الخاصة بخفض الوزن كما تؤخر الألياف (البكتين-pectin والأصماغ gums والماسلج mucilages) تفريغ المعدة من الطعام مما يشعر الشخص بالشبع لمدة طويلة.

٧ - تخفض الألياف معدل ضغط دم، حيث أشارت الدراسات إلى أن الأشخاص النباتيين vegetarians الذين يتناولون وجبات غذائية غنية في محتواها بالألياف لديهم مستوى ضغط الدم منخفض مقارنة بالأشخاص العاديين (غير النباتيين) ولو أن ذلك قد يرتبط بانخفاض ما يتناوله الإنسان من عناصر الغذاء الأخرى.

يمكن زيادة كمية الألياف في الوجبة الغذائية عن طريق الإكثار من تناول

الخضروات والفواكه والحبوب الكاملة والخبز الأسمر بدلاً من الحبوب المكررة refined والخبز الأبيض ، وكذلك تناول البقوليات والمكسرات . أما بالنسبة للأشخاص الذين اعتادوا على تناول النخالة bran فإنه يوصي بتعاطي ١ - ٢ ملعقة مائدة في اليوم ، وأن يبدأوا بتناول كمية قليلة (ملعقة صغيرة) وذلك لتفادي حدوث إسهال diarrhea وتشنجات cramping وانتفاخ distention ثم التدرج في زيادة الكمية المتناولة حتى الوصول إلى الكمية الموصى بها . ويوصي بتناول ٢٥ جراماً من الألياف الغذائية في اليوم . وبشكل عام ينصح بعدم الإفراط في تناول الألياف وذلك للأسباب التالية :

١ - تعمل على انسداد الأمعاء obstruction والإصابة بالإسهال diarrhea .

٢ - ترتبط الألياف ببعض المعادن مثل الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والفوسفور والزنك وتطردها خارج الجسم مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقص في المعادن على الإنسان ، ويرجع ذلك إلى احتوائها على حمض الفايستيك phytic acid الذي يرتبط بتلك المعادن ويمنع امتصاصها .

(٤ ، ٤) أيض الكربوهيدرات غير السوي (غير العادي)

Abnormalities of carbohydrate metabolism

١ - مرض السكري (ديابيتس) Diabetes

هو عبارة عن مرض أيض وراثي ينتج عن نقص أو عدم إفراز هرمون الأنسولين insuline مما يؤدي إلى اضطراب في تنظيم مستوى الجلوكوز في الدم . ترتفع نسبة الجلوكوز في الدم في حالة غياب الأنسولين وذلك لأن هذا الهرمون ضروري لعملية امتصاص الجلوكوز بواسطة الخلايا وتحوله إلى جليكوجين . وانخفاض الأنسولين في الدم يكون عادة إما نتيجة عدم إفراز البنكرياس pancreas له أو نتيجة لوجود مشط الأنسولين insulin inhibitor في الدم . وتعرف حالة ارتفاع مستوى الجلوكوز في الدم باسم hyperglycema وأعراضه هي : (١) فقدان في الوزن ، (٢) زيادة عدد مرات التبول وكمية البول polydipsia ، (٣) زيادة الشهية على الطعام polyphagia ، (٤) العطش الشديد polydipsia وبتقدم المرض تظهر حالة تدعى الكيتوزية kitosis ، وهي عبارة عن تراكم الدهون في الدم (حدوث أيض غير كامل للدهون) مما يؤدي إلى

ظهور الأجسام الكيتونية ketones bodies في البول (ketonuria) وحدوث الغيبوبة coma بسبب احتياجات الجلوكوز الخاصة للجهاز العصبي المركزي .

ويعالج مرض السكري عن طريق تنظيم غذاء المريض وذلك باتباع نموذج غذائي معين، وكذلك عن طريق تناول بعض الأدوية أو الإنسولين (يحول الجلوكوز إلى جليكوجين) وذلك حسب حالة المريض . يُوصى مريض السكري بتجنب تناول وجبات غذائية غنية بالكربوهيدرات المتعددة أو البسيطة لعدم قدرة الجسم على أيضها، حتى الفواكه فإن تناولها يجب أن يكون بكمية محدودة لأنها تحتوي على سكر الفركتوز fructose الذي يتحول في الكبد إلى جلوكوز.

هناك حالة أخرى تعرف باسم galactosemia ، وهي عبارة عن ارتفاع مستوى سكر الجالاكتوز galactose في الدم نتيجة لعدم وجود الإنزيم الذي يحوله إلى جلوكوز glucose في الكبد، وتحدث هذه الحالة في حالة تناول كميات كبيرة من الجالاكتوز، وتتمثل أعراضها في حدوث تقيؤ وفقدان في الوزن وتختلف عقلي mental retardation وتضخم في الكبد . وفي حالة اكتشاف المرض المبكر فإن الأطفال يغذون على حليب منخفض في نسبة اللاكتوز حتى يكبر الطفل ويعتاد جسمه على الوجبات الطبيعية .

٢ - عدم تحمل اللاكتوز Lactose intolerance

هو عبارة عن خلل فطري في الأيض يؤدي إلى عدم القدرة على هضم سكر اللاكتوز في الحليب نتيجة عدم إفراز الجسم لإنزيم اللاكتاز lactase الذي يحول اللاكتوز إلى جلوكوز و جالاكتوز اللذين يستطيع الجسم امتصاصهما وتنتشر هذه الحالة في البالغين، وتظهر أعراضها عادة بعد عمر ٤ سنوات (بعد تناول كمية كبيرة من الحليب، أكثر من كوب) على شكل تقلصات cramping ودوخة nausea وإسهال diarrhea وانتفاخ distention ومغص abdominal pain نتيجة لتخمير fermentation سكر اللاكتوز المتراكم في الجهاز المعوي intestinal tract إلى ثاني أكسيد الكربون وأحماض عضوية organic acids أو نتيجة للتأثير الأزموزي osmotic effect من اللاكتوز المتجمع في الجهاز المعوي .

يُنصح الأشخاص الذين يعانون من حالة عدم تحمل اللاكتوز بتناول اللبن الزبادي yogurt والجبن بدلاً من الحليب وذلك لأن اللاكتوز الموجود بهما قد تحول بفعل

الميكروبات إلى حمض لاكتيك lactic acid . وتوجد نظريتان توضحان سبب الإصابة بمرض عدم تحمل اللاكتوز هما:

١ - سبب وراثي .

٢ - عدم تناول الأطفال الحليب بعد سن الفطام ، فيؤدي ذلك إلى عدم إفراز إنزيم اللاكتيز في المستقبل أو في سن البلوغ ، أي أنها عملية تكيف

(٤, ٥) مصادر الكربوهيدرات Carbohydrate Sources

تحتوي السكريات النقية pure sugars على ١٠٠٪ كربوهيدرات، وتحتوي المحاليل السكرية syrups والجلي jellies والمرببات على ٧٠ - ٨٠٪ ، وأغذية السيريل cereal foods والدقيق والبسكويتات الرقيقة الهشة crackers على ٦٥ - ٧٠٪ كربوهيدرات. كما أن بعض الأغذية مثل السكر ونشا الذرة cornstarch بها أكثر من ٨٠٪ كربوهيدرات. كذلك تحتوي الأغذية النشوية الأخرى الشائعة الاستعمال مثل الأرز (مطهي) والبطاطس (مخبوزة baked) على أكثر من ٢٠٪ كربوهيدرات، في حين يحتوي الخبز الأسمر والأبيض على أكثر من ٤٥٪، كما تجدر الإشارة إلى أن الذرة والبازلاء المطهية والموز من المصادر الغنية بالكربوهيدرات (تقريباً ٢٠٪). يستخدم نظام البدائل exchanges system لتخطيط الوجبات الغذائية، وفيه تقسم الأغذية إلى ست مجموعات، حيث إن أربع منها تعتبر مصادر جيدة للكربوهيدرات، ويمكن توضيح ذلك كالآتي:

- * حصة واحدة One serving من مجموعة الخبز (شريحة توست واحدة أو ربع رغيف) تمد الجسم بحوالي ١٥ جراماً كربوهيدرات.
- * حصة واحدة من مجموعة الحليب (١ كوب حليب) يؤمن للجسم حوالي ١٢ جراماً كربوهيدرات.
- * حصة واحدة من مجموعة الفواكه (حبة واحدة برتقال أو تفاح أو نصف حبة موز) يزود الجسم بحوالي ١٠ جرامات كربوهيدرات.
- * حصة واحدة من مجموعة الخضروات (نصف كوب خضروات) يمد الجسم بحوالي ٥ جرامات كربوهيدرات.

تُدرج (تصنف) الخضروات التي تحتوي على نسبة مرتفعة من الكربوهيدرات مثل البطاطس والذرة والبالزاء والفاصوليا الجافة في قائمة بدائل الخبز. وتجدر الإشارة إلى أن الحليب هو الغذاء الحيواني animal food الوحيد الذي يمد الجسم بجزء من الكربوهيدرات التي يتناولها الإنسان في اليوم. لا يعتبر الجليكوجين المخزن في الكبد والعضلات مصدرًا للكربوهيدرات في غذاء الإنسان لأنه يتحول مباشرة إلى حمض لاكتيك وبيروفيك lactic and pyruvic acids عند ذبح الحيوان. وتتميز الأغذية الغنية بالكربوهيدرات (مثل الحبوب الكاملة) إلى جانب كونها مصدرًا أساسيًا للطاقة التي يحتاجها جسم الإنسان بأنها مصدر جيد لكثير من الفيتامينات والمعادن مثل الثيامين والريبوفلافين والنياسين niacin والحديد وغيرها، بالإضافة إلى أنها رخيصة الثمن مقارنة بالأغذية الدهنية والبروتينية (اللحم، الدواجن، السمك... الخ) والألبان ومشتقاتها. وتتحكم العوامل الاقتصادية والبيئية في نسبة الكربوهيدرات في الوجبة الغذائية، فمثلاً في المناطق القطنية تزود الكربوهيدرات ٢٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية، في حين أنه في المناطق الاستوائية تؤمن الكربوهيدرات ٨٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية، وبين الجدول (٤، ٢) محتوى بعض الأغذية من الكربوهيدرات.

(٤، ٦) احتياجات الكربوهيدرات Carbohydrate Requirements

يشير الاتجاه الحديث في تخطيط الوجبات الغذائية إلى زيادة في نسبة الكربوهيدرات في الوجبة على حساب نسبة الدهون لما لذلك من علاقة في الحماية من كثير من الأمراض. وعلى الرغم من ذلك فإنه لا يوجد حد معين لنسبة الكربوهيدرات في الوجبة نظراً لأن الكمية التي يحتاجها الشخص تحددها عدة عوامل أهمها الحالة الصحية ودرجة النشاط والوزن والجنس وغيرها. ولا يعرف الحد الأدنى المطلوب من الكربوهيدرات للفرد، ولكن يجب ألا تقل الكمية المتناولة عن ١٠٠ جرام في اليوم حسب توصية هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية لمنع حدوث الكيتوزيه ketosis والنهزم المفرط للأنسجة البروتينية excessive breakdown of proteins في الجسم. ولقد وجد أن معظم الوجبات الغذائية اليومية في الوقت الحالي تحتوي على ٢٠٠ - ٣٠٠ جرام من الكربوهيدرات. ويوصى بأن لا تقل نسبة الكربوهيدرات في الوجبة الغذائية عن حوالي

٤٨٪ من احتياجات الطاقة الكلية اليومية للشخص، بحيث يحصل الجسم على ٣٨٪ من الطاقة الكلية من الكربوهيدرات المتعددة و ١٠٪ من السكريات البسيطة، والاتجاه الحديث هو زيادة كمية الكربوهيدرات في الوجبة الغذائية (قد تصل إلى ٦٠٪؛ وذلك من أجل خفض معدل الدهون والكوليسترول في الدم والإقلال من معدل الإصابة بأمراض القلب.

جدول (٤،٢) . محتوى بعض الأغذية من الكربوهيدرات.

الأغذية	نسبة الكربوهيدرات (جرام/١٠٠ جرام)	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	كمية الكربوهيدرات بالحصة (جرام)
السكر الحبيبي	٩٩,٤	ملعقة مائدة (١٥ جراماً)	١٥
العسل	٨١,٠	ملعقة مائدة (٢٠ جراماً)	١٦
المربي والجيلي والمزملاد	٧١,٠	ملعقة مائدة (١٨ جراماً)	١٣
الحلويات	٩٥ - ٧٠	واحد أوقية حليب بالكاكاو (٣٠ جراماً)	١٦
المحاليل السكرية والدبس	٧٥ - ٥٥	ملعقة مائدة (٢٠ جراماً)	١٣
المشروبات الغازية	٢٠ - ١٠	٤ أوقية كولا (٢٠ جراماً)	١٢
تفاح	١٥	١ حبة متوسطة (١٤٠ جراماً)	٢٠
برتقال	٩	١ حبة متوسطة (١٤٠ جراماً)	١٣
التمر	٧٣	٢ حبة (٢٠ جراماً)	١٢
الموز	٢٢	نصف حبة (٦٠ جراماً)	١٣
عنب	٢٠	١٢ حبة (٦٠ جراماً)	١٢
زبيب	٧٧	٢ ملعقة مائدة (٧٢ جراماً)	٦٠
حبوب	٧	١ كوب (١٢٠ جراماً)	٨
شمش	١٣	١ حبة متوسطة مسلوقة (١٣٧ جراماً)	٢٣
أرز (غير مطهي)	٨١	نصف كوب مطهي (١٠٥ جرامات)	٢٥
مكرونة وسباكتي (غير مطهي)	٧٥	نصف كوب مطهي (٧٠ جراماً)	١٦
خبز أسمر	٤٩	ربع رغيف أو شريحة (٢٥ جراماً)	١١
خبز أبيض	٥١	ربع رغيف أو شريحة (٢٥ جراماً)	١٢
سيريل الإفطار (جاف)	٨٥ - ٧٠	١ كوب شرائح قمح (٣٠ جراماً)	٢٤
كيك	٦٠	١ قطعة (٧٠ جراماً)	٤٥
فاصوليا خضراء	٥	نصف كوب مطهي (٧٥ جراماً)	٣
فاصوليا جافة مطهية	٢٠	نصف كوب (٩٠ جراماً)	١٩
بازلاء جافة مطهية	٢١	نصف كوب (١٠٠ جرام)	٢٠

Functions of Carbohydrate وظائف الكربوهيدرات (٤, ٧)

يمكن حصر وظائف الكربوهيدرات في الجسم كالآتي:

١ - مصدر للطاقة Source of energy

إن الوظيفة الأساسية للكربوهيدرات هي إمداد الجسم بالسرعات، حيث إن كل ٤ جرامات من الكربوهيدرات تعطي عند أكسبتها ٤ سرعات بغض النظر عن نوع هذه الكربوهيدرات (متعددة أو بسيطة أو ثنائية). ويعد الجلوكوز المصدر الرئيسي للطاقة التي يحتاجها الجسم وهريتاكسد داخل الخلايا منتجاً طاقة وثاني أكسيد الكربون وماء. ويستعمل الجسم الطاقة في العمليات الحيوية، في حين يتخلص من الماء عن طريق الكليتين والجلد والرئتين ومن ثاني أكسيد الكربون عن طريق هواء الزفير. تستخدم الكربوهيدرات (الجلوكوز) الممتصة من الجهاز الهضمي لتأمين احتياجات خلايا الأنسجة tissue cells من الطاقة. أما الجزء المتبقي منها فيتحول إلى جليكوجين في الكبد والعضلات لاستخدامه عند الحاجة كمصدر للطاقة، ويتحول الفائض إلى أنسجة دهنية تستخدم كمصدر للطاقة عند نفاد مستودعات الجليكوجين في الجسم. يحتوي جسم الشخص البالغ على ٣٠٠ جرام من الجليكوجين (١٠٠ جرام في الكبد و ٢٠٠ جرام في العضلات) وتمد هذه الكمية الجسم باحتياجاته من الطاقة لمدة ١٢ ساعة بعد تحولها إلى جلوكوز. يمكن أن يتحول الجليكوجين المخزن في الكبد إلى جلوكوز للمحافظة على مستوى جلوكوز الدم، في حين يستخدم جليكوجين العضلات فقط لإمداد الطاقة التي تحتاجها خلايا العضلات muscle cells فقط. وتجدر الإشارة إلى أن الجلوكوز هو المصدر الرئيسي للطاقة التي يحتاجها الجهاز العصبي nervous sys-tem وأنسجة الرئة lung tissue والمخ brain. ويؤدي انخفاض مستوى الجلوكوز في الدم عن المعدل الطبيعي hypoglycemia واستنزاف الجلوكوز من المخ إلى حدوث اضطرابات أو تشنجات convulsions.

٢ - ادخار البروتين

تساعد الكربوهيدرات على ادخار البروتين نظراً لأنها مصدر رخيص وسريع وسهل للطاقة علاوة على أنها تمد الجسم بهياكل الكربون carbon skeletons الضرورية

لتصنيع synthesis الأحماض الأمينية غير الأساسية. وبالإضافة إلى أن الكربوهيدرات (مع الدهون) هي من المصادر الرئيسية للطاقة فإن حدوث نقص في الكمية المتناولة منها يؤدي إلى استخدام الجسم للبروتين كمصدر للطاقة بدلاً من استخدامه للبناء وتعويض الأنسجة التالفة. ويعتبر البروتين مصدراً للطاقة غالي الثمن مقارنة بالكربوهيدرات بالإضافة إلى أنه مجهد للكليتين.

٣ - أيض (تنظيم) الدهون Fat metabolism

تعد الكربوهيدرات ضرورية في الوجبة الغذائية وذلك لكي يتم تأكسد الدهون طبيعياً، أي أنها تنظم أيض الدهون بصورة طبيعية. فعند الانخفاض الشديد في كمية الكربوهيدرات في الوجبة فإن أيض الدهون metabolism fats يحدث بمعدل أسرع من المعدل الطبيعي، مما لا يمكن الجسم من تحمل المركبات الوسيطة intermediate pro-ducts الناتجة (أحماض دهنية قصيرة السلسلة). ويؤدي تراكم هذه المركبات الوسيطة غير مكتملة التأكسد في الجسم إلى حدوث الجفاف dehydration وفقدان الصوديوم من الجسم والكتوزية ketosis (زيادة غير سوية في كمية الأجسام الكيتونية في الجسم) التي تزيد من حموضة الجسم. يتبين مما ذكر أعلاه مدى أهمية الكربوهيدرات لمعادلة ميزان الحموضة في الجسم، حيث وجد أنه يلزم جزيء جلوكوز لأكسدة جزيء من أي من الأحماض الدهنية.

٤ - التخلص من السموم (إزالة السموم) Detoxification

ينتج أيض الجلوكوز حمض الجلوكوريونيك glucuronic acid الذي له القدرة على الارتباط ببعض المركبات الوسيطة الناتجة من الأيض الطبيعي للغذاء، وكذلك الارتباط ببعض الأدوية drugs وطردها خارج الجسم على صورة مشتقات حمض الجلوكوريونيك.

٥ - وظائف أخرى Other functions

يعتبر سكر الحليب (اللاكتوز) أقل ذوباناً من السكريات الأخرى، لهذا يبقى في الأمعاء مدة أطول مما يشجع على نمو البكتيريا الموجودة في الأمعاء والتي تقوم بإنتاج

بعض أنواع فيتامينات ب. كما أن اللاكتوز يزيد من امتصاص الكالسيوم والحديد وذلك نتيجة لتحويله إلى حمض لاكتيك lactic acid في الأمعاء. كذلك تساعد الكربوهيدرات على تكوين الأنسجة الضامة والغضاريف حيث إن الجلوكوز أمين glucoseamine والجالاكتوز أمين galactoseamine يدخلان في تركيب هذه الأنسجة على التوالي. كذلك يدخل سكر الريبوز ribose في تكوين الأحماض النووية Nucleic acids (DNA) و(RNA) التي تلعب دوراً مهماً في نقل الصفات الوراثية.

ولقد وجد أن مادة الهيبارين التي تعمل على منع تحول البروثرومبين إلى ثرومبين تحتوي على سكر جلوكوز أمين glucoseamine ، أي أن الكربوهيدرات تلعب دوراً بارزاً في منع تجلط الدم. كما أن الكربوهيدرات وبالتحديد السكريات تعطي طعماً حلواً مما يشجع الشخص على تناول كميات كبيرة منه، ولكن يجب الحذر من الإفراط في تناول السكريات لما لها من تأثير ضار على الصحة، حيث يمكن أن تؤدي إلى تكون الأنسجة الدهنية في الجسم وحدوث السمنة obesity. كما أن الإفراط في تناول السكريات يكون على حساب مواد غذائية أخرى يحتاجها الجسم.

الليبيدات (الشحومات) Lipids

- المقدمة ● التركيب الكيميائي للبيدات ● تقسيم الليبيدات ● وظائف الليبيدات ● احتياجات الليبيدات ● مصادر الليبيدات ● خواص الليبيدات ● الكوليستيرول ● علاقة الدهن بمرض تصلب الشرايين ● الأجسام الكيتونية

المقدمة (١، ٥) Introduction

تشمل الليبيدات كلمة الدهون fats والزيت Oils ، إلا أن كلمة الدهون هي الأكثر شيوعاً واستعمالاً. وتعتبر الليبيدات المصدر الرئيسي المركز للطاقة في الأغذية، وتمد الجسم بحوالي ٣٠ - ٣٥٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم. وبالإضافة إلى أنها مصدر غني بالطاقة فإنها تحتوي على الأحماض الدهنية الأساسية والفيتامينات الذائبة في الدهن، كما يستفيد منها الإنسان لتصنيع بعض المركبات الوسطية الضرورية لنمو الجسم ونشاطه. كذلك تستخدم الدهون في طهي الخضروات واللحوم وغيرها من الأغذية، مما يكسبها الطعم الدسم المرغوب. والدهون مركبات عضوية عديمة الذوبان في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الإثير البترولي petroleum ether والكحول alcohol والإثير ether وخليط من الكلورفورم chlorophorm والكحول الميثيلي methyl alcohol أو البنزين benzen. يخزن الدهن في الجسم داخل مستودعات تسمى الأنسجة الدهنية adipose tissue ، والتي تمد الجسم بالطاقة في حالة نقص تناول الغذاء لفترة طويلة. وتحدد العوامل الاجتماعية والاقتصادية والجغرافية والثقافية والدينية كمية الدهن في الوجبة ونوعيته، فمثلاً الوجبة اليابانية منخفضة في كمية الدهن في حين أن الوجبة الإيطالية مرتفعة في كمية الدهن نتيجة إفراطهم في استخدام زيت الزيتون olive oil. كذلك فإنه يحرم على المسلمين تناول دهن الخنزير لأسباب دينية.

وتتفاوت نسبة الليبيدات في الأغذية المختلفة، لهذا قسمت الأغذية حسب محتواها من الليبيدات إلى: (١) أغذية غنية بالدهون (أكثر من ١٠٪ دهن) مثل الدهون

الحيوانية والزيوت النباتية وبعض اللحوم وصفار البيض، (٢) أغذية متوسطة في محتواها من الدهن (٢ - ١٠٪ دهن) مثل الحليب وبعض اللحوم، (٣) أغذية فقيرة في محتواها من الدهن (لا يزيد على ٢٪ دهن) مثل الفواكه والخضروات وبعض الحبوب.

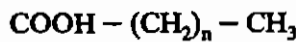
(٢، ٥) التركيب الكيميائي للبيدات Lipids Chemical Composition

البيدات عبارة عن مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون والهيدروجين والأكسجين، حيث تكون نسبة الأكسجين فيها أقل من الكربوهيدرات، كما أنها تختلف في تركيبها structure وخواصها عن الكربوهيدرات. تحتوي بعض البيدات على الكربوهيدرات carbohydrates أو الفوسفور phosphates أو مركبات نيتروجينية nitrogenous compounds.

تسمى البيدات الغذائية dietary lipids أحياناً بالمستخلص الأثيري ether extract أو بالجليسريدات الثلاثية triglycerides ، وهي تتألف من جزئين رئيسيين هما:

(١) الأحماض الدهنية Fatty acids

تشكل الأحماض الدهنية المكون الرئيسي لمعظم البيدات، وهي عبارة عن مركب عضوي يتكون من سلسلة كربونية ينتهي أحد طرفيها بمجموعة الميثيل (CH_3) methyl group ، في حين ينتهي الطرف الآخر بمجموعة الكربوكسيل (COOH) carboxyl group ومعظم الأحماض الدهنية الموجودة في الأغذية والجسم عبارة عن سلاسل مستقيمة تحتوي على أعداد زوجية even number من ذرات الكربون. توجد الأحماض الدهنية إما على صورة قصيرة (٤-٦ ذرات كربون)، أو سلاسل متوسطة (٨-١٢ ذرة كربون) أو سلاسل طويلة (أكثر من ١٢ ذرة كربون) حيث إن معظم الأحماض الدهنية الموجودة في الأنسجة الحيوانية تحتوي على ١٦ - ٢٦ ذرة كربون. والأحماض الدهنية إما أن تكون مشبعة saturated أو غير مشبعة unsaturated .

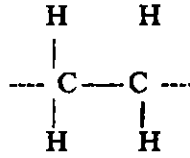


حمض دهني

الأحماض الدهنية المشبعة Saturated fatty acids

هي التي تحمل أقصى عدد ممكن من ذرات الهيدروجين، أي أن جميع ذرات

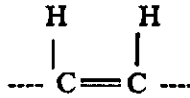
الكربون في السلسلة تحتوي على ذرتي هيدروجين مرتبطتين بها.



رابطة مشبعة

الأحماض الدهنية غير المشبعة Unsaturated fatty acids

هي التي فقدت ذرة هيدروجين من كل واحدة من ذرتي الكربون المتجاورتين، مما أدى إلى تكون رابطة مزدوجة بين ذرتي الكربون.

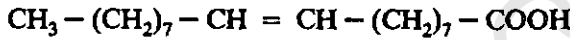


رابطة مزدوجة

وتقسم الأحماض الدهنية غير المشبعة إلى الآتي:

١ - أحماض دهنية غير مشبعة أحادية **Monounsaturated fatty acids**

هي أحماض تنقصها ذرتي هيدروجين، وتحتوي على رابطة مزدوجة واحدة، ومثالها حمض الأوليك *oleic acid* الذي يعتبر من أكثر الأحماض الدهنية انتشاراً في دهون الأغذية ودهون الجسم، ويتكون من ١٨ ذرة كربون ورابطة مزدوجة واحدة في الموقع ٩ ($\Delta^9 : 18$)



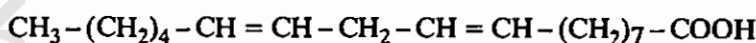
حمض الأوليك *Oleic acid*

٢ - أحماض دهنية غير مشبعة متعددة **(PUFA) Polyunsaturated fatty acids**

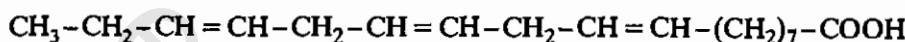
هي أحماض ينقصها أربع ذرات هيدروجين أو أكثر، وتحتوي على رابطتين مزدوجتين أو أكثر. ومن الأمثلة عليها حمض اللينوليك *linoleic acid* الذي يتكون من ١٨ ذرة كربون ورابطتين مزدوجتين $\Delta^9,12 : 18$ ، وحمض اللينولينيك *linolenic acid* الذي يتكون من ١٨ ذرة كربون وثلاث روابط مزدوجة $\Delta^9,12,15 : 18$ ، وحمض

الأراكيدونيك arachidonic acid الذي يتكون من ٢٠ ذرة كربون و ٤ روابط مزدوجة 20 : 4 ، وتعتبر هذه الأحماض من أهم الأحماض الدهنية غير المشبعة والمتعددة من الناحية الغذائية .

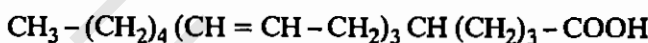
وفيما يلي التركيب الكيميائي للأحماض الدهنية غير المشبعة المذكورة أعلاه .



حمض اللينوليك linoleic acid



حمض اللينولينيك linolenic acid



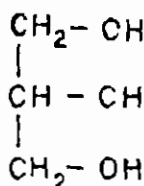
حمض الأراكيدونيك Arachidonic acid

وبين الجدول (١ ، ٥) الأحماض الدهنية الموجودة في أنواع متعددة من الأغذية، وعدد ذرات الكربون والروابط المزدوجة ومواقعها فيها .

توجد دهون الغذاء والجسم أساساً principally في الوضع سيس cis (ذرات الهيدروجين على جهة واحدة) ، ونسبة قليلة (٨٪) في الوضع ترانس trans (ذرات الهيدروجين على جهتين متقابلتين) والصورة الأخيرة مصدرها المارجرين margarines والسمن النباتي shortenings المصنوعان من الزيوت النباتية المهدرجة جزئياً .

ب) الجليسرول Glycerol

هو عبارة عن كحول عضوي يحتوي على ثلاث ذرات كربون وثلاث مجموعات هيدروكسيل وترتبط الأحماض الدهنية بواحدة أو اثنتين أو ثلاث من مجموعات الهيدروكسيل (OH) .

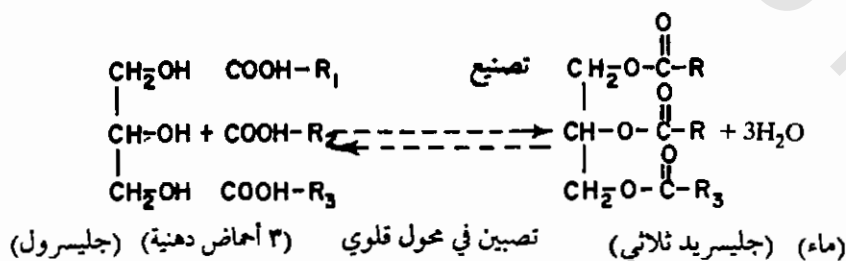


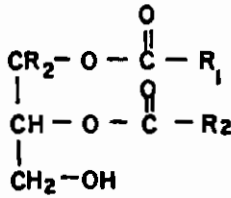
شكل (١ ، ٥) . جليسرول glycerol .

جدول (١، ٥). الأحماض الدهنية والأغذية الغنية بها.

الأغذية الغنية بها	عدد ذرات الكربون : الروابط المزدوجة ومواقعها	الحمض الدهني
الزبدة	٤ : صفر	بيوتريك butyric acid
الزبدة	٦ : صفر	الكابريك caproic
زيت جوز الهند والنخيل	٨ : صفر	كابريك caprylic
زيت النخيل والزبدة	١٠ : صفر	كابريك capric
زيت جوز الهند والزبدة	١٢ : صفر	لوريك lauric
الزبدة وجوز الهند	١٤ : صفر	مريستيك myristic
اللحوم والخضروات	١٦ : صفر	بالميتيك palmitic
الدهون والزيوت	١٨ : صفر	ستياريك stearic
زيت الفول السوداني	٢٠ : صفر	أراكيديك arachidic
الزبدة	١٠ : ١	كابريك caproic
الزبدة	١٢ : ١	لورليك lauric
الزبدة	١٤ : ١	ميرستيك myristic
الزبدة وزيت البذور	١٦ : ١	بالميتيك palmitic
الزيوت والدهون	١٨ : ١	أوليك oleic
زيوت البذور	١٨ : ٢	لينوليك linoleic
زيت فول الصويا	١٨ : ٣	لينولينيك linolenic
الدهون الحيوانية	٢٠ : ٤	أراكيدونيك arachidonic

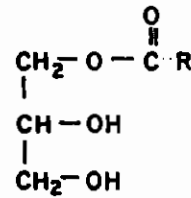
تتكون الجليسريدات الثلاثية (الدهون) من اتحاد جزئي جليسرول glycerol مع ثلاثة أحماض دهنية (أسترة esterification) حيث إن ٩٥٪ من الليدات في الوجبة عبارة عن جليسريدات ثلاثية triglyceride. أما الجليسريدات الثنائية والأحادية فتتكون من اتحاد الجليسرول مع حمضين دهنيين أو مع حمض دهني واحد على التوالي.





جليسيريد ثنائي

1, 2-Diglyceride



جليسيريد أحادي

1 - Monoglyceride

شكل (٥، ٢) .

Classification of Lipids تقسيم الليبيدات (٥، ٣)

تقسم الليبيدات تبعاً لتركيبها الكيميائي إلى الآتي:

(أ) الليبيدات البسيطة Simple lipids

وتسمى أحياناً بالدهون المتعادلة neutral fats ، وهي إسترات esters لأحماض دهنية وكحولات alcohols ، وتقسم إلى التالي:

١ - الجليسيريدات الثلاثية (TG) Triglycerides

تشمل الدهون والزيوت، وهي عبارة عن إسترات esters جليسرول مع ثلاثة أحماض دهنية، تحتوي عادة على خليط من اثنين أو ثلاثة أحماض دهنية مختلفة بدلاً من ثلاثة أحماض دهنية متشابهة. وتشكل الجليسيريدات الثلاثية mixed triglyceride حوالي ٩٠٪ من الدهون الغذائية وأكثر من ٩٠٪ من دهون الجسم.

٢ - الشموع Waxes

وهي عبارة عن إسترات esters لأحماض دهنية مع كحولات alcohols ذات وزن جزيئي كبير، وتشمل هذه المجموعة إسترات فيتامين د وفيتامين أ (esters of vita- mins D and A) وإسترات الكوليسترول (esters of cholesterol). وتتوافر الشموع بكميات كبيرة في الطبيعة، فهي تكون طبقة واقية على أوراق النباتات وثمارها وبشرة الحيوانات وفرائها.

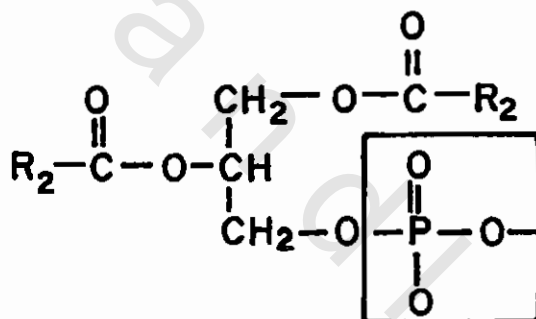
(ب) الليبيدات المركبة Compounds lipids

هي عبارة عن إسترات الجليسرول وأحماض دهنية، بمعنى آخر إنها عبارة عن دهون مركبة من جليسيريدات ثنائية حل فيها حمض الفوسفور ومركبات أخرى محل

الحمض الدهني الثالث ومنها:

١ - الفوسفوليبيدات Phospholipids

تشبه في تركيبها الكيميائي الدهون (TG) ، فيها عدا أن واحدًا من الأحماض الدهنية تم استبداله بحمض الفوسفوريك phosphoric acid وقاعدة نيتروجينية -nitrogen-contain- ing base (كولين cholin أو إيثانول أمين ethanolamine أو سيرين serine) . كما تشمل الفوسفوليبيدات السفنجوليبيدات (سفنجومالين) والفوسفاتيديل إينوسيتول والفوسفاتيديل كولين. تشكل الفوسفوليبيدات حوالي ١ - ٢٪ من معظم الزيوت النباتية، كما أن نسبتها مرتفعة في صفار البيض (٢٠٪). توجد هذه المركبات في أغشية خلايا الجسم وتلعب دورًا مهمًا بالنسبة لبعض الأنظمة الإنزيمية ونقل الليدات في البلازما plasma ، بالإضافة إلى أنها مصدر للطاقة. والفوسفوليبيدات يمكن اعتبارها مشتقة من حمض الفوسفاتيديل.

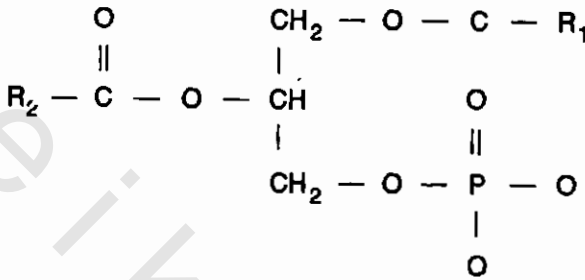


شكل (٣، ٥) . حمض الفوسفاتيديل phosphatidic acid .

ويمكن تلخيص مركبات الفوسفوليبيدات كالتالي:

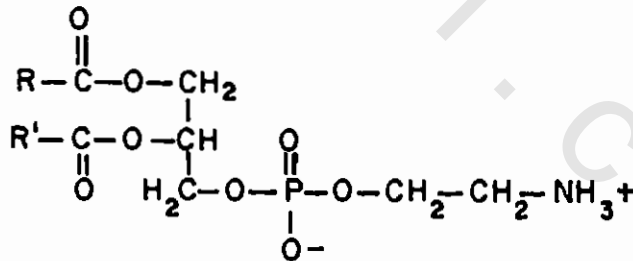
* الليسيثين Lecithin: القاعدة النيتروجينية كولين cholin ، لهذا يسمى أحياناً فوسفاتيديل كولين phosphatidyl cholin وترتبط ذرة الكربون الأولى مع حمض دهن مشبع (بالميتيك palmitic أو ستاريك stearic) في حين تحتوي ذرة الكربون الثانية على حمض دهني غير مشبع (أوليك olic أو لينوليك linoleic أو لينولينيك linolenic أو أراكيدونيك arachidonic) . يوجد الليسيثين في العديد من الأغذية مثل الزيوت النباتية والكبد وصفار

البيض وفول الصويا، يستخدم تجارياً كمادة مضادة للأكسدة antioxidant أو مادة مستحلبة emulsifier، وهو من أكثر الفوسفوليبيدات انتشاراً في الأغذية والأنسجة.



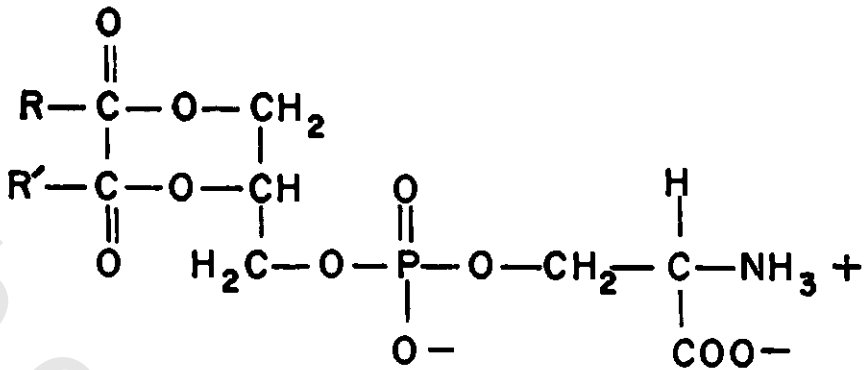
شكل (٤، ٥). ليسيثين (فوسفاتيديل كولين phosphatidyl choline).

* السيفالين Cephalin: القاعدة النيتروجينية إيثانول أمين ethanol amine ويوجد في الكبد والخميرة والمخ ويساعد على تخثر الدم لاحتوائه على أحماض دهنية غير مشبعة وبجوامع أمينية حرة.



شكل (٥، ٥). سيفالين (فوسفاتيديل إيثانول أمين phosphatidyl ethanolamine).

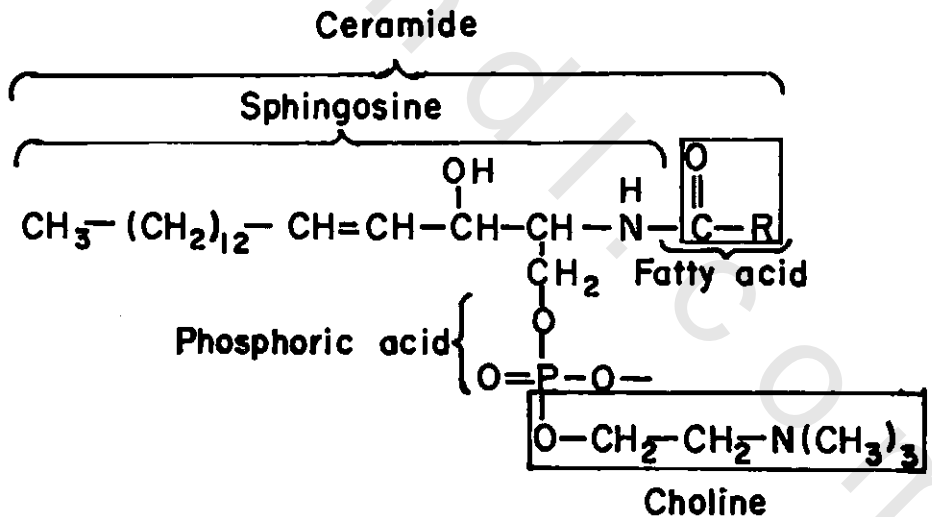
* فوسفاتيديل سيرين Phosphatidyl serine: القاعدة النيتروجينية سيرين Serin.



شكل (٥, ٦) . فوسفاتيديل سيرين phosphatidyl serine .

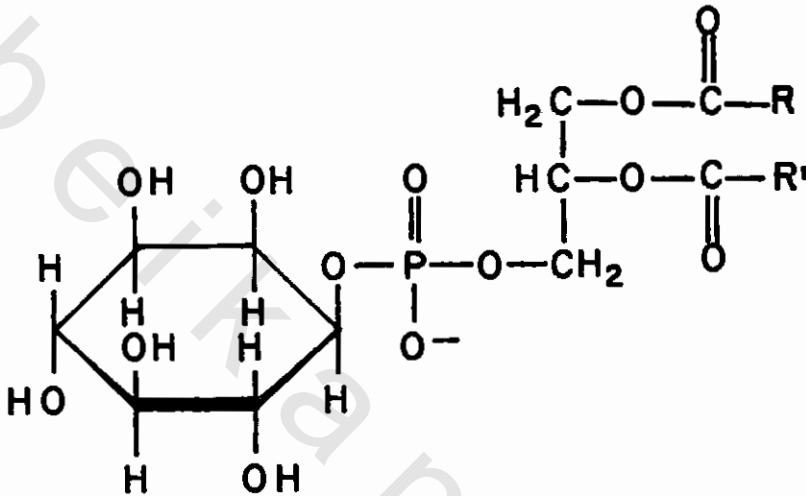
* الاسفنجومايلين Sphingomyelin: يوجد أساسًا في المخ brain وأنسجة

الأعصاب .nerve tissues

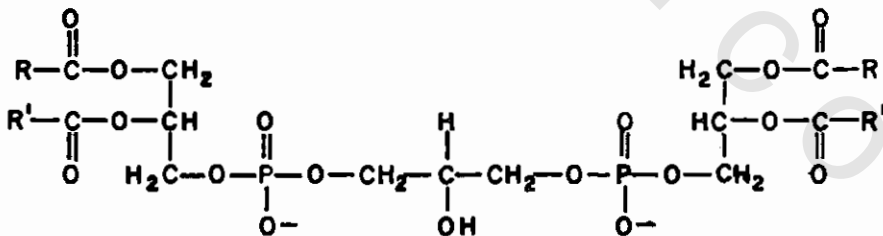


شكل (٥، ٧) . سفنجومايلين *sphingomyelin* .

* فوسفاتيديل إينوسيتول Phosphatidyl inositol وفوسفاتيديل جليسرول Phosphatidyl glycerol: يوجد الإينوسيتول بنسبة عالية في زيت فول الصويا (١٦٪)، أما الفوسفاتيديل جليسرول فإنه مهم من الناحية البيولوجية.



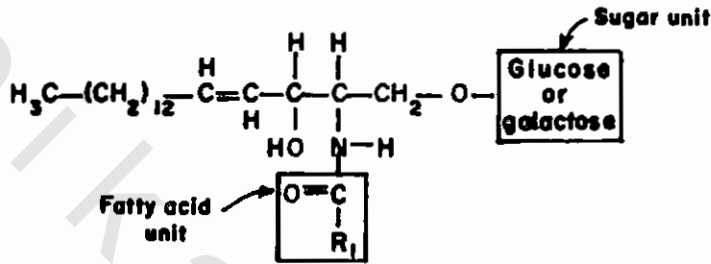
شكل (٨، ٥). فوسفاتيديل إينوسيتول phosphatidyl inositol .



شكل (٩، ٥) .. ثنائي فوسفاتيديل جليسرول diphosphatidyl glycerol .

٢ - الجليكوليبيدات Glycolipids

هي عبارة عن ليبيدات تحتوي على جزيء من سكر الجلوكوز glucose أو الجالكتوز galactose ، وتوجد في الخلايا العصبية والمخ والكبد، ومن أمثلتها السيربروسيدات cerebrosides والجانجليوسيدات gangliosides .



شكل (١٠، ٥) . سيربروسيد (A glycolipid) cerebroside .

٣ - الليبوبروتينات Lipoproteins

هي عبارة عن ليبيدات تحتوي على بروتين مما يسهل عملية نقلها (الليبيدات) في الدم لأنها غير قابلة للذوبان في الماء. وتنقسم الليبوبروتينات الموجودة في الدم إلى الليبوبروتينات المرتفعة الكثافة (HDL) والليبوبروتينات المنخفضة الكثافة (LDL) والليبوبروتينات المنخفضة الكثافة جداً (VLDL) والكيلوميكرونات chylomicrons . وتحتوي هذه المركبات على البروتين والدهون، والفوسفوليبيدات والكوليسترول ولكن بنسب مختلفة. ويبين جدول (٢، ٥) التركيب الكيميائي للليبوبروتينات بلازما الدم.

٤ - السلفوليبيدات Sulpholipids

هي ليبيدات تحتوي على الكبريت sulfur .

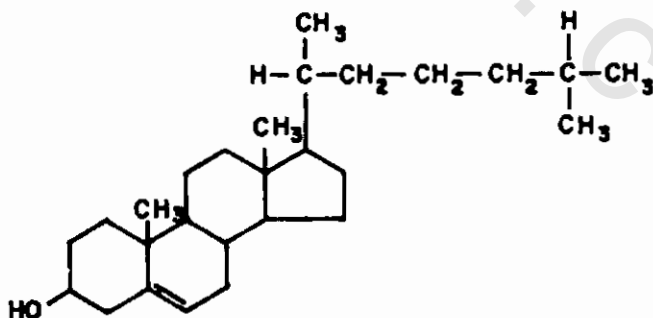
(ج) الليبيدات المشتقة Derived lipids

تشمل هذه المجموعة الأحماض الدهنية الحرة والألكحولات (الجليسرول)

والجليسريدات الأحادية والثنائية والفيتامينات الذائبة في الدهن (فيتامين ك، هـ، د) والكاروتينويدات carotenoids والإستيرولات (ergosterol, phytosterol, cholesterol) sterols التي يمكن بها التمييز بين الدهون الحيوانية والزيت النباتية.

جدول (٥، ٢). التركيب الكيميائي التقريبي (%) لليبوبروتينات البلازما Plasma lipoproteins.

أنواع الليبوبروتينات	القطر (nm)	الكثافة	الجليسريدات الثلاثية (TG) لييدات	الفوسفو الكوليسترول	البروتينات	الوظيفة
الكيلوميكرونات Chylomicrons	٦٠٠-٨٠	أقل من ٠,٥٩	٨٥	٨	٥	نقل الجلسريدات الثلاثية من الأمعاء الدقيقة إلى الكبد
الليبوبروتينات	٨٠-٣٠	٠,٩٥-١,٠٠٦	٥٩	٢٠	١٣	نقل الجلسريدات الثلاثية من الكبد إلى الأنسجة الطرفية
الليبوبروتينات المنخفضة الكثافة LDL (Beta-)	٣٠-١٧	١,٠٠٦-١,٠٦٣	١٠	٢٢	٤٣	نقل وتنظيم الكوليسترول
الليبوبروتينات المرتفعة الكثافة HDL (Alpha-)	١٧	١,٠٦٣-١,٢١٠	٣	٢٥	١٨	



شكل (٥، ١١). كوليستيرول Cholesterol.

(٤ ، ٥) وظائف الليدات Lipids Functions

١ - الطاقة Energy

الوظيفة الأساسية للدهون هي أنها المصدر المركز والرئيسي للطاقة التي يحتاجها الجسم، حيث إن تناول جرام واحد منها يمد الجسم بحوالي ٩ سعرات Kcal . يخزن الدهن في الجسم في صورة أنسجة دهنية adipose tissues تزود الجسم بالطاقة عند الحاجة، بالإضافة إلى أن جميع الأحماض الأمينية والسكريات (جلوكوز) الزائدة عن حاجة الجسم تتحول إلى أنسجة دهنية. يوصى بأن تمد الدهون الجسم بحوالي ٣٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم.

٢ - حوامل للفيتمينات الذائبة في الدهن Carriers of Fat-soluble vitamins

تحمل دهون الغذاء الفيتامينات الذائبة في الدهن، وتشمل فيتامينات ك، ا، هـ، د، كما أنها تساعد على امتصاصها. لهذا فإن خفض نسبة الدهون في الوجبة الغذائية عن المستوى الموصى به يقلل من استفادة الجسم من هذه الفيتامينات. كما أن ترنخ الدهن fat rancidity أو حدوث انسداد في قناة الصفراء bile duct يتعارض مع امتصاص الدهون من خلال جدار الأمعاء مما يقلل من استفادة الجسم من الفيتامينات الذائبة فيها.

٣ - الاستساغة (التقبل) Palatability

تستخدم الدهون والزيوت في طهي الخضروات واللحوم والدواجن والأسماك وغيرها من الأغذية مما يعطيها طعم ونكهة مفضلة ومستحبة ويزيد من تقبلها لدى الشخص. وتحفز الدهون في الوجبة الغذائية إفراز العصائر الهاضمة digestive juices ، وكذلك تُشحم القناة الهضمية مما يسهل انزلاق الغذاء داخلها.

٤ - الشعور بالشبع Satiety

تقلل الدهون من إفرازات المعدة الهاضمة ومن الحركة المعدية gastric motility، كذلك تبقى مدة طويلة في المعدة مما يجعل الإنسان يشعر بالشبع لمدة طويلة.

٥ - العزل والحماية Isolation and protection

تمنع طبقة الدهن التي تتكون تحت الجلد من فقدان حرارة الجسم وتساعد على الاحتفاظ بحرارته ثابتة خصوصاً في الأجواء الباردة، ويحمي ذلك الجسم من التقلبات المفاجئة لدرجات الحرارة في البيئة. كما تحاط الأعضاء الحيوية vital organs في الجسم مثل الكليتين والقلب بطبقة من الدهن تحميها من الصدمات والخدوش.

٦ - الأحماض الدهنية الأساسية (EFA) Essential fatty acids

يعتبر اللينوليك linoleic acid هو الحمض الدهني الأساسي الذي لا يمكن للجسم تصنيعه بكميات كافية تسد احتياجاته، مما يستدعي وجوده في الوجبة الغذائية. وتظهر أعراض نقص حمض اللينوليك عادة على الأطفال الرضع infants الذين يتغذون على الحليب الصناعي الخالي من الدهن non-fat milk formula على شكل التهاب في الجلد dermatitis (جفاف وأكلان واحمرار وتقشر skaling). وما تجدر الإشارة إليه أن حمض اللينوليك يوجد بتركيزات مرتفعة تزيد على ٥٠٪ في الزيوت النباتية vegetable oils مثل زيت الذرة وزيت عباد الشمس وزيت القرطم safflower. كما تعتبر الدهون المكون الأساسي للمواد التي تحفز على انقباض العضلات في الأوعية الدموية والتي تعرف باسم prostaglandins.

(٥، ٥) Lipids Requirements احتياجات الليبيدات

لا يوجد إلى الوقت الحاضر رأي ثابت يحدد كمية الدهن في الوجبة الغذائية اليومية حيث إن كميته في الغذاء تتوقف على عدة عوامل منها الحالة الصحية للفرد ودرجة نشاطه والعادات الغذائية. يوصى بالآ تزود الدهون في المتوسط عن حوالي ٣٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم بالنسبة للشخص السليم، بحيث يجب أن تكون ١٠٪ من هذه الطاقة الكلية مصدرها الدهون المشبعة و ٢٠٪ مصدرها الدهون غير المشبعة الأحادية والمتعددة وينسب متساوية فيما بينها (١٠٪ + ١٠٪)، أي بنسب ١ : ١، وهذه الكمية كافية لتزويد الجسم باحتياجاته من الأحماض الدهنية الأساسية والفيتامينات الذائبة في الدهن. كما يوصى بالآ تزيد كمية الكوليسترول cholesterol

المتناولة في اليوم عن ٣٠٠ جرام. ويعزى السبب في التوصية بزيادة نسبة الدهون غير المشبعة في الوجبة إلى حماية الشخص من الإصابة بأمراض القلب والدورة الدموية، وتعتبر الزيوت النباتية مثل زيت الذرة وزيت السمسم وزيت فول الصويا وزيت بذرة القطن وزيت عباد الشمس من المصادر الغنية بالأحماض الدهنية غير المشبعة. وتستخدم في الوقت الحالي نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة (PUFA) إلى نسبة الأحماض الدهنية المشبعة (P/S ratio) كمؤشر للتعرف على طبيعة الدهن في الوجبة. حيث ينصح بأن تكون هذه النسبة مرتفعة نظراً لأن تناول الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة يخفض من مستويات الكوليسترول في الدم أكثر مما تفعله بقية الأحماض الدهنية الأخرى. تقدر نسبة الـ P/S في المارجرين العادي regular margarin بحوالي ٠,٥ وترتفع هذه النسبة في بعض المارجرين الخاص special margarin إلى حوالي ٢,٤. وعندما تمد الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة polyunsaturated fatty acids الجسم بحوالي ١٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم فإننا نضمن بذلك ألا تقل الطاقة التي يؤمنها حمض اللينوليك linoleic acid منفرداً عن ٣٪ من الطاقة الكلية. وهناك بعض الحالات التي تستدعي خفض نسبة الدهن في الوجبة مثل ارتفاع نسبة الدهن في الدم hyperlipidemia ومرض المرارة gallblader disease (حيث تكون كمية الصفراء bile المفرزة محدودة جداً)، مما يستدعي خفض كمية الدهن في الوجبة بحيث تمد الجسم بحوالي ١٠٪ من احتياجات الطاقة الكلية في اليوم.

(٥, ٦) مصادر الليدات Lipids Sources

تقسم مصادر الليدات في الغذاء تبعاً لرؤيتها بالعين إلى: (١) دهون مرئية - vis-ible fats (تصل إلى ٤٠٪ من الدهون في الوجبة) وتشمل الزيوت النباتية والزبدة والدهون والمارجرين والسمن الصناعي المهذرج hydrogenated shortening ، جميعها تمد الإنسان بكمية كبيرة من احتياجاته اليومية من الطاقة، (٢) دهون غير مرئية - invis-ible fats (تصل إلى ٦٠٪ من الدهون في الوجبة) وتشمل اللحوم والبيض والدواجن والأسماك والحليب الكامل والقشدة cream والجبن وغيرها من الأغذية. كما توجد مصادر غذائية أخرى فقيرة في نسبة الدهن وتشمل الخضروات والفواكه والبقوليات

والحبوب cereals والدقيق . وتقدر نسبة الزيت في الخضروات والفواكه بأقل من ١٪ باستثناء الزيتون olive (٣٠٪) والافوكاته (١٦٪) avocados ، بالإضافة إلى أن المكسرات والبذور تحتوي على نسبة مرتفعة من الزيت تصل إلى حوالي ٦٠٪ . وتختلف كمية الدهن في اللحوم باختلاف الحيوان ، فمثلاً تتراوح نسبة الدهن في لحوم الدواجن chicken والعجل (البقر الصغير) veal ما بين ٦ - ١٥٪ في حين تتراوح نسبة الدهن في اللحم البقري والحمل (خروف صغير) lamb ما بين ١٥ - ٣٠٪ . ويمكن خفض نسبة الدهن في اللحوم وذلك بإزالة الطبقة السطحية من الدهن أو طهيها بطريقة الشوي broiling أو roasting . وتجدر الإشارة إلى أن دهن السمك يوجد في صورة سائلة ، لهذا يسمى أحياناً بالزيت oil ، وهذا نتيجة لأنه يتكون من أحماض دهنية طويلة ومتعددة عدم التشبع polyunsaturated مقارنة بدهون اللحوم الحمراء والدواجن . ويشكل عام تصنف الأسماك تبعاً لمحتواها من الدهن إلى أسماك منخفضة الدهن وأسماك مرتفعة الدهن نظراً لتفاوت نسبة الدهن بها حيث تتراوح نسبته من أقل من ١٪ إلى أكثر من ١٢٪ . تحتوي الأغذية الحيوانية على نسب متفاوتة من الكوليسترول ، ومن الأغذية الغنية به الكبد وصفار البيض والمخ والكلاري ، ويمد صفار البيضة الواحدة الجسم بحوالي ٢٥٠ ملليجراماً من الكوليسترول .

تعد بعض الزيوت النباتية مثل زيت الذرة وزيت بذرة القطن (٥٨٪) وزيت القرطم (العصف) safflower (٧٤٪) وزيت فول الصويا soy oil مصادر غنية بالحمض الدهني الأساسي لينولييك linoleic acid . ولقد وجد أن كمية الدهن في الوجبة تتناسب طردياً مع مستوى المعيشة والحالة المادية للفرد ، حيث إن الشخص الذي له القدرة على شراء الأغذية الغالية الثمن مثل اللحوم والبيض والحليب ومنتجاته تكون وجبته الغذائية غنية بالدهون والعكس . وهذا عكس ما يحدث بالنسبة للكربوهيدرات حيث تتناسب كميتها في الوجبة الغذائية عكسياً مع حالة الفرد المادية . وكما يوضح الجدول (٥، ٣) محتوى بعض الأغذية من الكوليسترول . كما يتضمن الجدول (٥، ٤) محتوى بعض الأغذية الشائعة الاستعمال من الليبيدات .

جدول (٥, ٣) . محتوى بعض الأغذية من الكوليستيرول Cholesterol .

الكمية	الغذاء	كوليستيرول (مليجرام)
١ كوب (٢٤٤ جراماً)	حليب فرز	٥
٠,٥ كوب	جبين كوتاج uncreamed	٧
١ أوقية	قشدة light lable - cream	٢٠
٠,٥ كوب	جبين الكوتاج creamed	٢٤
٠,٥ كوب (٦٦ جراماً)	آيس كريم - عادي (١٠٪ دهن)	٢٧
١ أوقية (٢٨ جراماً)	جبين شدر cheddar	٢٨
١ كوب (٢٤٤ جراماً)	حليب كامل	٣٤
١ ملعقة مائدة	زبدة	٣٥
٣ أوقية (٨٥ جراماً) - مطهي	محار oyster ، سالمون salmon	٤٠
٣ أوقية (٨٥ جراماً) - مطهي	تونة clams	٥٥
٣ أوقية - مطهي	لحم دجاج ، ديك رومي ، لحم خفيف	٦٧
٣ أوقية - مطهي	لحم بقرى ، دجاج ، ديك رومي ، لحم دواكن	٧٥
٣ أوقية - مطهي	لحم crab, veal, lamb	٨٥
٣ أوقية - مطهي	روبيان shrimp	١٣٠
٣ أوقية - مطهي	قلب البقر	٢٣٠
١ بيضة (٥٠ جراماً) أو صفارها	بيض	٢٥٠
٣ أونس (٨٥ جراماً) - مطهي	كبد (البقر، الغنم، العجول)	٣٧٠
٣ أوقية - مطهي	كلية	٦٨٠
٣ أوقية	مخ	أكثر من ١٧٠٠

المصدر : Nizel, A.E. and Papas, A.S. (1989)

جدول (٥، ٤). محتوى بعض الأغذية من الليبيدات.

الأغذية	النسبة المئوية النسبة المئوية للدهون لحمض الليبتوليك 18:2	مقدار وحدة التقديم الواحدة الحصة Serving	كمية الدهن (جرام)	كمية حمض الليبتوليك (جرام)
دهن سنام الجمل	١٠٠	١،٨	١٤	٠،٣
دهن أحشاء الجمل	١٠٠	٣،٥	١٤	٠،٥
دهن لية الخروف	١٠٠	٣،٢	١٤	٠،٤
دهن البقر أو الغنم	١٠٠	٣،٠	١٤	٠،٤
دهن الدواجن	١٠٠	٢٠،٠	١٤	٢،٨
زبدة الفول السوداني	٥٠	٢٩،٠	٨	٢،٣
كاشيو محمص بالزيت	٤٦	٧،٣	٦،٩	١،١
لوز almond	٥٤	٩،٩	٨،١	١،٥
بندق filberts	٦٣	٦،٣	٩،٥	١،٠
فول الصويا	٢٠،١	٤،٢	٣	٠،٦
زيت الزيتون	١٠٠	٩،٠	١٤	١،٣
زيت السمسم	١٠٠	٤٥،٠	١٤	٦،٣
زيت القرطم safflower	١٠٠	٧٤،٠	١٤	١٠،٤
زيت عباد الشمس sunflower	١٠٠	٦٥،٥	١٤	٩،٢
زيت الذرة	١٠٠	٥٨،٠	١٤	٨،١
زيت بذرة القطن	١٠٠	٥١،٥	١٤	٧،٢
لحم جمل - غير مطهي	٢٣	٠،٤	٢١	٠،٣
لحم بقر صاف - مشوي	٧	٠،٣	٣،٦	٠،٣
لحم دجاج - مشوي	٣،٤	١،١	٣	١،٠
لحم دجاج مطهي	١١	٢،٥	١٠	٢،٣
لحم بقر مشوي مع الدهن	٢٠	٠،٥	١٨	٠،٥
لحم بقر مفروم صاف مشوي	١٢	٠،٤	١٠،٨	٠،٤
لحم غنم lamb صافي	٩	٣	٨،١	٠،٤
١ بيضة كاملة (مسلوقة أو ١٠ سكر مبل)	١٢،٥	١،٢	٦،٢	٠،٦

(٥, ٧) خواص الليدات Lipids Properties

١ - نقطة الانصهار Melting point

تعكس نقطة الانصهار في الليدات درجة عدم التشبع (عدد الروابط المزدوجة) وطول السلسلة في الأحماض الدهنية، حيث تنخفض نقطة الانصهار كلما زادت درجة عدم التشبع وطول السلسلة والعكس. لهذا توجد الأحماض الدهنية عالية التشبع highly saturated في صورة صلبة على درجة حرارة الغرفة (٢٠ - ٢٥°م)، في حين أن الأحماض الدهنية غير المشبعة تكون سائلة على الدرجة نفسها. كما ترتفع نقطة انصهار الدهون بزيادة عدد ذرات الكربون في الحمض الدهني. وتتميز الدهون الحيوانية بأنها صلبة عند درجة حرارة الغرفة، في حين تكون الزيوت النباتية سائلة عند الدرجة نفسها، ويعزى ذلك إلى احتواء الدهون الحيوانية على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية المشبعة (٣٠ - ٦٠٪) باستثناء دهون الأسماك حيث تحتوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة، أما بالنسبة للزيوت النباتية فإنها تحتوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة.

٢ - الرقم اليودي Iodine number

يمكن تعريف الرقم اليودي بأنه عدد جرامات اليود iodine التي يمتصها ١٠٠ جرام من الدهن. ونظرًا لأن اليود يتفاعل بسهولة مع الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية غير المشبعة فإن ذلك يُعدُّ مقياسًا على درجة عدم التشبع unsaturation. لهذا فإن زيادة نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الليد كما في حالة زيت الذرة يؤدي إلى ارتفاع في الرقم اليودي له (١٠٥ - ١٢٥)، في حين يؤدي انخفاض نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة كما في حالة زيت جوز الهند coconut إلى انخفاض في الرقم اليودي (٨ - ١٠).

٣ - رقم التصبن Saponification number

عندما يغلي الدهن مع قلوي alkali مثل هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) فإنه ينشط split إلى جليسرول glycerol وملح قلوي alkali salt للحمض الدهني، وتعرف

هذه العملية بالتصبن ويسمى الملح القلوي الناتج صابوناً soap . ويمكن تعريف رقم التصبن بأنه عدد ملليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم أو الصوديوم اللازمة لتصبن جرام واحد من الدهن .

٤ - الهدرجة Hydrogenation

تعني الهدرجة تحويل الزيوت النباتية السائلة إلى دهون صلبة على درجة حرارة الغرفة وجعلها أكثر مقاومة للأكسدة oxidation ، ويحدث ذلك نتيجة لإضافة ذرات الهيدروجين في الروابط المزدوجة الموجودة في الحمض الدهني في وجود محفز catalyst مثل النيكل nickel . ومن الأمثلة على ذلك تصنيع الدهون النباتية (السمن الصناعي) vegetable shortenings والمارجرين margarine ، حيث إن معظم الروابط المزدوجة في الزيوت يحدث لها هدرجة وبذلك تتشكل الدهون النباتية التي تتميز بنعومتها ولدونتها . وتجدر الإشارة إلى أن عملية الهدرجة تجري عادة على الزيوت النباتية رخيصة الثمن مثل زيت فول الصويا وزيت بذر القطن وزيت عباد الشمس وغيرها ، وتحولها إلى مارجرين وسمن صناعي shortening يشبه في صلابته الدهون الحيوانية غالية الثمن .
وأثناء عملية الهدرجة يتحول بعض من حمض اللينوليك (به رابطتان مزدوجتان) إلى حمض أوليك (به رابطة مزدوجة واحدة) أو إلى حمض الاستياريك (لا يحتوي على رابطة مزدوجة) .

٥ - التزنخ والتسخين Rancidity and heating

يحدث التزنخ نتيجة لأكسدة الدهون بفعل الأكسجين الذي يهاجم الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية غير المشبعة ويحللها إلى بيروكسيدات peroxides . حيث تساعد بعض المعادن الصغرى على تحفيز عملية التزنخ وتكوين النكهة غير المرغوبة . كذلك فإن تسخين الزيوت لمدة طويلة كما في عملية التحمير يؤدي إلى أكسدة الأحماض الدهنية وتكوين نواتج أكسدة لها تأثيرات ضارة على الصحة . كما أنها تكسر الجليسرول وينتج عنه مركب الأكرولين acrolein الذي يسبب تهيج الأغشية المخاطية في المعدة والأمعاء gastrointestinal mucosa .

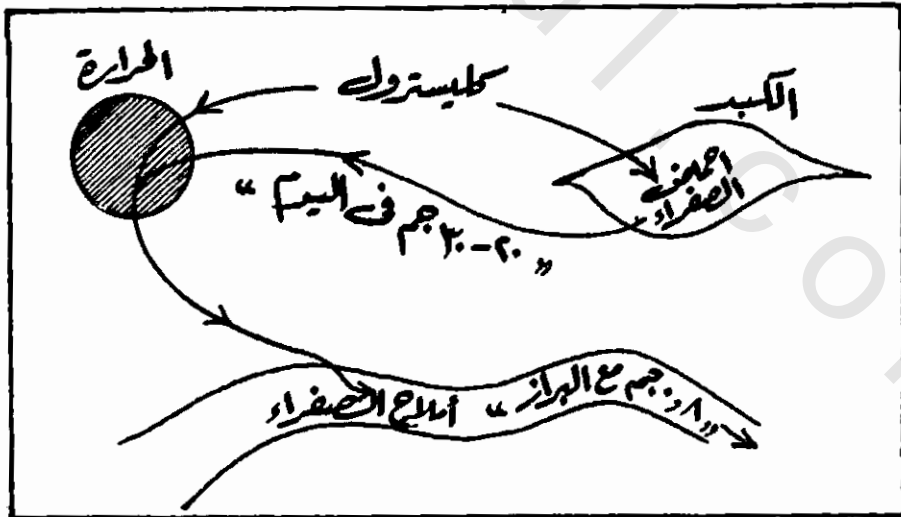
٦ - الاستحلاب Emulsification

تتميز الليدات بقدرتها على الانتشار والتعلق في المحاليل المائية على هيئة كرات صغيرة، مما يزيد من المساحة المعرضة لتأثير الإنزيمات، وتسمى هذه الحالة بالاستحلاب. وتعد أملاح الصفراء bile salts والليسيثين lecithin من أهم مواد الاستحلاب الضرورية لعملية هضم الدهون وامتصاصها، بالإضافة إلى أن المركب الأخير يستخدم كمادة مستحلبة على نطاق تجاري واسع في صناعات الأغذية مثل المايونيز mayonnaise .

(٨, ٥) الكولستيرول Cholesterol

الكولستيرول عبارة عن مركب عضوي حلقي يوجد في معظم الخلايا الحيوانية ويصنف تحت الليدات المشتقة. والمصدر الوحيد لجميع ذرات الكربون في حلقة الكولستيرول هو الاستيل كوانزيم A acetyl coenzyme الذي يمكن اشتقاقه من الأحماض الدهنية fatty acids والجلوكوز glucose ومركبات أخرى. ويحتوي الكبد على تركيزات مرتفعة من الكولستيرول ويعتبر المكان الرئيسي لتخزينه وتصنيعه (٥٠٠ - ٢٠٠٠ ملليجرام/يوم) لتأمين احتياجات الجسم منه. كما يوجد الكولستيرول في خلايا الأمعاء الدقيقة والمخ brain والأعصاب الطرفية peripheral nerves وليبوبروتينات البلازما (الدم) plasma lipoproteins. والمصدر الرئيسي للكولستيرول في جسم الإنسان هو الأغذية المتناولة (الوجبة الغذائية) والتي تتفاوت في محتواها من الكولستيرول، فمثلاً تحتوي الحصة الواحدة (٩٠ جراماً، ٣ أوقية) من المخ brain على حوالي ١٨١٠ ملليجرامات أو الكلاوي ٧٠٠ ملليجرام أو الكبد ٣٧٠ ملليجراماً أو القلب ٢٧٥ ملليجراماً أو الروبيان shrimp ١٠٠ جرام أو اللحم الأحمر (الصافي) ٨٠ ملليجراماً من الكولستيرول. كما يعتبر البيض من المصادر الغنية بالكولستيرول، حيث إن البيضة الواحدة تحتوي على حوالي ٢٥٠ ملليجراماً كولستيرول وهو يتركز فقط في الصفار yolk. وتجدر الإشارة إلى أن الكولستيرول يوجد في الأغذية إما على صورة كولستيرول حر free cholesterol أو مرتبطاً مع سلسلة طويلة من الأحماض الدهنية يتم فصلها في الأمعاء الدقيقة بتأثير الإنزيمات.

يحصل جسم الإنسان على حوالي ٤٠٪ من احتياجاته اليومية من الكوليستيرول من الغذاء (٥٠٠ - ٨٠٠ ملليجرام) و ٦٠٪ يتم تصنيعها داخل الجسم في الكبد، وتشمل المصادر الغذائية الرئيسية للكوليستيرول صفار البيض والزبدة والقشدة والجبن واللحوم السدسة والكبدة والكلاوي والمحار shellfish. يؤدي زيادة مستوى الكوليستيرول في الدم على ٢٢٥ ملليجراماً لكل ١٠٠ مليلتر إلى الإصابة بمرض تصلب الشرايين atherosclerosis ، وقد يتجمع في الحوصلة الصفراوية (المراة) مكوناً حصوات. ويعتبر الكبد العضو الرئيسي في جسم الإنسان لتصنيع الكوليستيرول من الأحماض الدهنية والجلوكوز والمركبات الأخرى. ولقد وجد أن كمية الكوليستيرول المتناولة في الغذاء تلعب دوراً كبيراً في تحديد معدلات تصنيعه في الكبد، وتناول كميات كبيرة من الكوليستيرول في الغذاء يقلل من تصنيعه داخل الجسم، والعكس. ويعد الكوليستيرول المولد لأحماض الصفراء bile acids (حمض الكيمودي اوكس كولييك chemodeoxy cholic acid وحمض الكولييك cholic acid) التي ترتبط مع الحمض الأميني جلايسين glycine أو مركب التاورين taurine لتظهر في المرارة في صورة أملاح الصفراء (أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم). ويبين الشكل (١٢، ٥) دورة أملاح الصفراء في الجسم.



شكل (١٢، ٥) . دورة أملاح الصفراء.

(٩، ٥) علاقة الدهون بمرض تصلب الشرايين

Dietary Fat and Atherosclerosis

يُعد مرض تصلب الشرايين من أمراض العصر الكثيرة الانتشار بين فئات المجتمع المختلفة خصوصاً في الدول المتقدمة وبعد عمر الأربعين. ويقصد بمرض تصلب الشرايين ترسب وتجمع الدهون التي يشكل الكولستيرول حوالي ٤٠٪ منها الجدار الداخلي للشرايين، مما يؤدي إلى زيادة في سمكه وصلابته وضيقه وفقدان مرونته. ويؤدي ذلك في النهاية إلى انخفاض معدل اندفاع الدم إلى أعضاء الجسم الرئيسية مثل القلب والكليتين والمخ وغيرها من الأعضاء الأخرى التي تغذيها هذه الشرايين. ولقد أشارت الدراسات إلى أن انسداد الشريان التاجي coronary artery نتيجة للترسبات الدهنية يؤدي إلى الإصابة بالذبحة الصدرية pectorise والموت المفاجيء. كما وجد أن احتمال إصابة الإنسان بمرض تصلب الشرايين يزداد عندما يصل مستوى الكولستيرول في الدم إلى ٢٢٥ ملليجراماً لكل ١٠٠ ملليلتر دم. أي أن هناك علاقة كبيرة بين الإصابة بمرض تصلب الشرايين والإفراط في تناول الدهون من حيث كميتها ونوعيتها، حيث إن الإصابة بهذا المرض مرتبطة بمستوى الكولستيرول في الدم ومستوى الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة في الوجبة الغذائية. ولقد أشارت الدراسات إلى أن ارتفاع مستوى الكولستيرول في الدم سببه الإفراط في تناول الأحماض الدهنية المشبعة التي توجد بتركيزات مرتفعة في الدهون الحيوانية والزبدة، في حين تتميز الزيوت النباتية بمحتواها المرتفع من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة والتي تخفض من مستوى الكولستيرول في الدم عن طريق تحويله إلى أحماض الصفراء. كما أن هناك عوامل أخرى لها علاقة بالإصابة بمرض تصلب الشرايين مثل ارتفاع ضغط الدم والتدخين وعدم ممارسة التمارين الرياضية والتوتر النفسي والإرهاق والبدانة وأنواع البروتين المتناول (حيواني أو نباتي) وتناول السكر والسكريات البسيطة الأخرى. والجدير بالذكر إلى أنه يمكن خفض مستوى الكولستيرول بالنسبة للأشخاص الذين تظهر لديهم الأعراض الأولية لمرض تصلب الشرايين وذلك عن طريق اتباع نظام غذائي قليل في محتواه من الدهون الحيوانية والكولستيرول ويمكن تحقيق ذلك عن طريق تناول اللحوم الصافية بدلاً من اللحوم الدهنية واستبدال الحليب الكامل الدسم

بالحليب الفرز واستعمال الزيوت النباتية أثناء الطهي بدلاً من الدهون الحيوانية. كما يوصى بزيادة تناول الفواكه والخضروات الخالية من الدهون وتقليل استهلاك الملح وكذلك إحلال الكربوهيدرات النشوية مكان الكربوهيدرات البسيطة. ويجب أن يصاحب ما سبق ذكره القيام ببعض التمارين الرياضية والامتناع عن التدخين والابتعاد عن ما يسبب التوتر النفسي. أما بالنسبة للأشخاص الذين سبق إصابتهم بمرض تصلب الشرايين فإنه يستلزم منهم اتباع التوصيات التي أشير إليها أعلاه مترافقة مع العلاج الطبي. وبشكل عام فإنه يجب الإشارة إلى أن التغذية الوقائية تعد أفضل علاج للحماية من الإصابة بمرض تصلب الشرايين بالنسبة للأشخاص الأصحاء.

(١٠، ٥) الأجسام الكيتونية Ketone Bodies

الأجسام الكيتونية عبارة عن مركبات كيميائية تنتج في الكبد من مركب استيل كوانزيم A acetyl COA. ومن المعروف أن مركب استيل كوانزيم A الناتج من أكسدة الأحماض الدهنية (B-oxidation) يتجه إلى دورة كربس عندما يكون أيض الدهون والكربوهيدرات في حالة اتزان، لكن إذا ارتفع أيض الدهون وانخفض أيض الكربوهيدرات فإن مركب استيل كوانزيم A يتحول إلى أجسام كيتونية بدلاً من اتجاهه إلى دورة كربس. ويوجد هناك ثلاثة أجسام كيتونية تتكون في الكبد من مركب استيل كوانزيم A، ومن ثم تفرز إلى الدم وهي: (١) أسيتون acetone، (٢) بيتا-هيدروكسي بيوتيرات β -hydroxybutyrate، (٣) أسيتواسيتات acetoacetate. وينتج الكبد كمية قليلة جداً من الأجسام الكيتونية في الحالة الطبيعية. ويمكن تلخيص الأسباب التي تؤدي إلى تكوين الأجسام الكيتونية في الجسم كالآتي:

١ - اختلال التوازن بين كمية مركب أوكسالواسيتات oxaloacetate وكمية مركب استيل كوانزيم A acetyl COA، حيث إن دخول مركب استيل كوانزيم A إلى دورة كربس يعتمد على توافر مركب أوكسالواسيتات.

٢ - ارتفاع معدل أكسدة الدهون التي توفرها الأنسجة الدهنية، مما يؤدي إلى تكوين كمية كبيرة جداً من مركب استيل كوانزيم A والتي تزيد عن الكمية التي يمكن تأكسدها في دورة كربس.

٣ - الإصابة بمرض السكري diabetes أو الصيام fasting الطويل (وليس الصيام العادي) والذي يؤدي إلى استخدام مركب أوكسالو أسيتات لتصنيع الجلوكوز وبذلك يصبح غير متوافر ليتحد مع أستيل كوانزيم ا في دورة كريس .

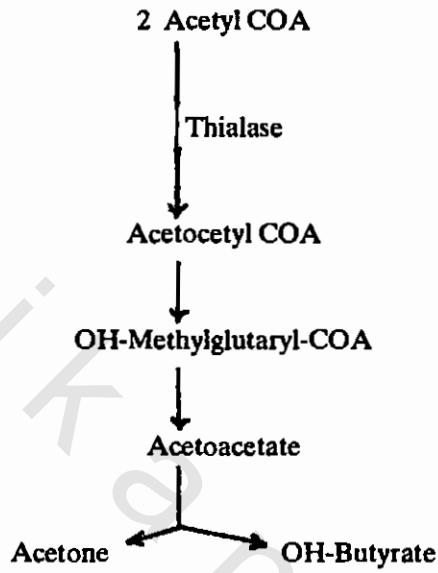
٤ - حدوث انخفاض في معدل أيض الكربوهيدرات خصوصاً في حالة تناول وجبات خفض الوزن (الحمية الغذائية) الخالية من الكربوهيدرات، حيث يترتب على ذلك عدم توافر مركب أوكسالو أسيتات . كما وجد أن التركيزات المرتفعة من الأحماض الدهنية وانخفاض مستوى الإنسولين insulin يشبطان نشاط دورة كريس وتحول مركب أستيل كوانزيم ا إلى أحماض دهنية ومن ثم إلى جليسيريدات ثلاثية . كما أن الإنسولين ضروري لعملية أيض الكربوهيدرات . وتجدر الإشارة إلى أن تجمع الأجسام الكيتونية في الدم (ketonemia) خصوصاً في حالة الإصابة بمرض السكري أو الصيام لمدة طويلة وخروجها مع البول ketonuria يسمى بالكيتوسس ketosis .

ولقد وجد أن إنتاج الأجسام الكيتونية يؤدي إلى حدوث اضطراب في التوازن الحامضي القاعدي acid-base balance ، أي يحدث انخفاض في الرقم الهيدروجيني (pH) للدم . كما وجد أن حالة الكيتوسس ketosis الحادة تؤدي إلى إصابة الإنسان بالغيبوبة coma ومن ثم الوفاة ، ويمكن معالجة الكيتوسس بطريقتين هما :

١ - تناول الكربوهيدرات (٥٠ جراماً) في حالة الكيتوسس غير الحادة mild ketosis .

٢ - تعاطي الإنسولين الضروري لأيض الكربوهيدرات بالنسبة لمريض السكري .

وبين الشكل (١٣، ٥) تكوين الأجسام الكيتونية من أستيل كوانزيم ا في الجسم .



شكل (١٣، ٥). تكوين الأجسام الكيتونية من استيل كوانزيل ا في الجسم.

البروتينات Proteins

- المقدمة ● التركيب الكيميائي للبروتينات ● تقسيم البروتينات ● وظائف
- البروتينات ● احتياجات البروتينات ● مصادر البروتينات الغذائية
- الأحماض الأمينية ● تقسيم الأحماض الأمينية ● جودة البروتين
- اضطراب أيض البروتين

المقدمة (١، ٦) Introduction

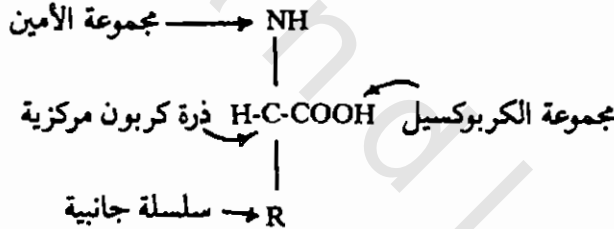
أطلق اسم بروتينات في عام ١٨٣٨م من قبل العالم مولدر Mulder على مكونات الأغذية التي تحتوي على النيتروجين. وتعد البروتينات من العناصر الغذائية المهمة جدًا من الوجهة الغذائية، حيث إنها تدخل في بناء أنسجة الجسم المختلفة وصيانتها. وكذلك تدخل في تركيب الإنزيمات وبعض الهرمونات وجميع الخلايا الحية living cells في الجسم، وبدونها لا يمكن أن تحدث حياة على الكرة الأرضية. تشكل البروتينات حوالي ٢٠٪ من وزن جسم الإنسان البالغ ويوجد حوالي ٥٠٪ من هذه الكمية في العضلات و ٢٠٪ في العظام والغضاريف و ١٠٪ في الجلد. وتوزع الكمية الباقية في الأنسجة الأخرى وسوائل الجسم. تحتوي معظم البروتينات على حوالي ١٦٪ نيتروجين، بالإضافة إلى ٥٠٪ كربون و ٢٢٪ أكسجين و ٧٪ هيدروجين و ٥، ٠ - ٣٪ كبريت. كما تحتوي بعض البروتينات على الحديد والنحاس والفوسفور والزنك. وتعد الصفراء bile والبول urine من مكونات الجسم الوحيدة الخالية من البروتين. ويمكن أن يكون البروتين مصدرًا للطاقة إذا تناوله الإنسان بكميات زائدة عن احتياجاته، ولكن بعد أن يحصل الجسم على جميع احتياجاته اللازمة للنمو وإصلاح الأنسجة التالفة. كذلك تمد البروتينات الجسم بالطاقة إذا كانت كمية الدهون والكربوهيدرات في الوجبة غير كافية لتأمين احتياجات الجسم من الطاقة. هناك نوعان من البروتين يجب التفريق بينهما هما: (١) البروتين الخارجي exogenous protein ،

ويقصد به البروتين الذي يحصل عليه الجسم من مصادر غذائية خارج الجسم، (٢) البروتين الداخلي endogenous protein ويقصد به البروتين المشتق من أنسجة الجسم نتيجة لتهدم بروتينات الجسم الداخلية.

(٦، ٢) التركيب الكيميائي للبروتينات

Chemical Composition of Proteins

إن البروتينات عبارة عن مركب عضوي يتكون من ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين كما في حالة الدهون والكاربوهيدرات، بالإضافة إلى النيتروجين، كما أن بعض البروتينات تحتوي على الكبريت. تتألف البروتينات من سلاسل من الأحماض الأمينية amino acids متصلة مع بعضها البعض بواسطة الروابط الببتيدية peptide bonds لتكوين الببتيدات (البروتينات). يعتبر الحمض الأميني الوحدة الرئيسية في تركيب البروتين، وهو يحتوي على مجموعة أمين amino group ومجموعة كاربوكسيل carboxyl group متصلتان بذرة كربون مركزية وهذه تتصل بسلسلة جانبية (R) side chain وذرة هيدروجين، كما هو موضح أدناه.

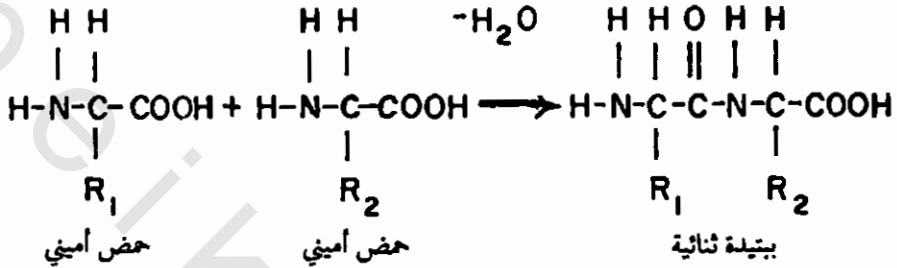


قد يحتوي البروتين على ٢٢ من الأحماض الأمينية المختلفة، وهذا الاختلاف يكون نتيجة لاختلاف السلسلة الجانبية (R) side chain المتصلة بذرة الكربون المركزية. كما أن السلسلة الجانبية قد تكون متصلة إما بسلسلة مستقيمة أو متفرعة أو حلقية أو عطرية aromatic أو heterocyclic أو مجموعة كبريت. والجدير بالذكر أن جميع الأحماض الأمينية التي تنتج من تحلل البروتينات تكون في الوضع ألفا alpha-amino acids.

هناك أربعة أنواع من الببتيدات (البروتينات) وهي :

١ - الببتيدة الثنائية Dipeptide

هي عبارة عن حمضين أميين متصلين ببعضهما البعض برابطة ببتيدية، حيث إن مجموعة الأمين في أحد الحمضين الأميين متصلة بمجموعة الكربوكسيل في الحمض الآخر مع إزاحة جزيء من الماء. والشكل (١، ٦) يوضح تركيب الببتيدة الثنائية.



شكل (١، ٦). تركيب الببتيدة الثنائية.

٢ - الببتيدة الثلاثية Tripeptide

تتكون من ثلاث وحدات من الأحماض الأمينية متصلة ببعضها البعض بروابط ببتيدية.

٣ - الببتيدة المتعددة Polypeptide

تتألف من أكثر من ١٠ وحدات من الأحماض الأمينية متصلة ببعضها البعض بروابط ببتيدية.

٤ - الببتيدة المتوسطة Oligopeptide

تتكون من ٤ - ١٠ وحدات من الأحماض الأمينية متصلة ببعضها البعض بروابط ببتيدية.

ومعظم البروتينات عبارة عن ببتيدات متعددة مكونة من ١٠٠ - ٣٠٠ وحدة من الأحماض الأمينية.

٦، ٣) تقسيم البروتينات Classification of Proteins

تقسم البروتينات إما تبعاً لخواصها الطبيعية والكيميائية أو تبعاً لصفاتها الغذائية.

أولاً: تقسيم البروتينات تبعاً لخواصها الطبيعية والكيميائية Physical and chemical properties

(١) البروتينات البسيطة Simple proteins

تتكون البروتينات البسيطة من الأحماض الأمينية فقط وعند تحليلها بالإنزيمات أو القواعد أو الأحماض ينتج عنها أحماض أمينية فقط ومن أمثلتها الآتي:

١ - الألبومينات Albumines : توجد في بلازما الدم blood plasma والبيض . وهي تذوب في الماء وتتخثر بالحرارة .

٢ - الجلوبيولينات Globulins : توجد في البيض ومصل الدم والعضلات (myosin) ، وهذه البروتينات تذوب في المحاليل الحمضية المركزة والقواعد القوية ، كذلك فإنها قليلة الذوبان في الماء .

٣ - الجلوتيلينات Glutellins : توجد في النباتات فقط (بروتين رئيسي في النباتات) وتذوب في محاليل القواعد والأحماض المخففة ، ولكنها لا تذوب في الماء أو المحاليل المخففة للأملاح أو المحاليل المتعادلة neutral solutions . وتتوافر هذه البروتينات في القمح (glutenin) وفي الأرز (oryzenin) .

٤ - البرولامينات Prolamine : توجد في النباتات فقط (بروتين رئيسي) مثل القمح (gliadin) والشعير (hordein) والأرز (zein) ، وتذوب في الكحول (٥٠ - ٩٠٪) ، ولا تذوب في الكحولات المطلقة أو الماء .

٥ - الاسكليروبروتينات Scleroproteins : توجد في الحيوانات فقط مثل الشعر (keratin) والقرون والحوافر والأنسجة الرابطة (collagen) والعضلات (myosin) وجلطة الدم blood clot (fibrin) وتتميز هذه البروتينات بأنها غير قابلة للذوبان في الماء والمذيبات الأخرى والأحماض والقواعد المختلفة .

٦ - البروتامينات Protamines : توجد عادة في الخلايا متحدة مع الأحماض النووية nucleic acids ، وتذوب في الماء ، وهي غنية بالحمض الأميني أرجينين arginine (٧٠ - ٨٠٪) .

٧ - الهستونات Histones : توجد في الحيوانات فقط، وتتميز بأنها تذوب في الماء والأحماض والقواعد المخففة، وتحتوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الأمينية القاعدية (arginine و lysin) . ومثالها هستونات البكرياس في العجول وهستونات الغدة الصغرية thumbs gland .

(ب) البروتينات المرتبطة Congugated proteins

هي عبارة عن بروتينات بسيطة ومرتبطة بمواد أخرى غير بروتينية ومثالها :
١ - البروتينات النووية Nucleoproteins : تتكون من ارتباط البروتينات مع الأحماض النووية (DNA و RNA) ، وتوجد في نواة الخلية cell nucleus .

٢ - البروتينات السكرية Glycoproteins : تتكون من ارتباط البروتينات مع السكريات كالمانوز والجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز وغيرها، ومنها الميوسين mucin .

٣ - البروتينات الدهنية Lipoproteins : تتكون من ارتباط البروتينات مع الدهون، ومثالها الكوليسترول cholesterol والليسيثين lecithin . وهي توجد في الدم، حيث تعتبر الحوامل الرئيسية للدهن في الدم، بالإضافة إلى وجودها في نواة الخلية cell nucleus وصفار البيض والحليب .

٤ - البروتينات الملونة Chromoproteins : تتكون من ارتباط البروتينات مع الصبغات، ومثالها الفلافوبروتين flavoprotein والفيريتين ferritin والهيموجلوبين hemoglobin والسيتوكروم cytochrom والكلوروفيل chlorophyll .

٥ - البروتينات الفوسفورية Phosphoproteins : تتكون من ارتباط البروتينات مع الفوسفور، ومنها الكازين casein في الحليب وفيتلين صفار البيض ovovitellin .

٦ - البروتينات المعدنية Metallproteins : تتكون من ارتباط البروتينات مع

المعادن كالحديد والنحاس والمغنسيوم ، ومن الأمثلة على ذلك الإنزيمات المحتوية على المعادن، وكذلك الترانسفيرين transferrin والفيريتين ferritin .

(جـ) البروتينات المشتقة Derived proteins

هي بروتينات ناتجة من تحلل البروتينات البسيطة والمربطة، ومثلها البروتيازات proteases والبيتونات peptones والبيتيدات peptides (الثنائية والمتعددة) التي تنتج من تحلل البروتينات.

ثانيًا : تقسيم البروتينات تبعًا لصفاتهما الغذائية Nutritional properties

١ - البروتينات الكاملة Complete proteins

هي بروتينات تحتوي على جميع الأحماض الأمينية الأساسية، وبكميات كافية لتأمين احتياجات الجسم اللازمة للنمو وصيانة الأنسجة التالفة. ومن أمثلتها جميع البروتينات الحيوانية (فيما عدا الجيلاتين gelatin) مثل بروتين البيض والحليب واللحم والسّمك والدواجن. كما تسمى البروتينات الكاملة أحيانًا بالبروتينات المرتفعة القيمة الحيوية high biological value proteins أو البروتينات المرتفعة الجودة high quality proteins. وهذه المجموعة من البروتينات قادرة على بناء أنسجة جديدة (النمو) وإصلاح الأنسجة التالفة بمفردها، أي عندما يعتمد عليها الإنسان كمصدر وحيد للبروتين، بعكس البروتينات النباتية. وتتألف البروتينات الكاملة من حوالي ٣٣٪ أحماض أمينية أساسية و ٦٦٪ أحماض أمينية غير أساسية.

٢ - البروتينات غير الكاملة Incomplete proteins

هي بروتينات ينقصها حمض أميني أساسي أو أكثر وتكون كمية الأحماض بها غير كافية لتأمين احتياجات الجسم، ومثلها البروتينات النباتية (القمح والأرز والبقوليات والبذور وغيرها) فيما عدا المكسرات وفول الصويا. وتتميز هذه البروتينات بقيمة حيوية منخفضة (أي بروتينات منخفضة الجودة) بالإضافة إلى أنها غير قادرة على إحداث النمو في الجسم عندما يعتمد عليها الإنسان كمصدر وحيد للبروتين. وتحتوي على حوالي

٢٥٪ أحماض أمينية أساسية .

٣ - البروتينات الكاملة جزئياً Partially complete proteins

هي البروتينات التي تحتوي على كميات محدودة لواحد أو أكثر من الأحماض الأمينية الأساسية، ولهذا فإنها قادرة على صيانة أنسجة الجسم واستمرار الحياة ولكنها غير قادرة على إحداث النمو. ومثالها جليادين القمح wheat gliadin .

(٤، ٦) وظائف البروتينات Proteins Functions

يمكن حصر وظائف البروتينات بالنسبة لجسم الإنسان في الآتي :

١ - النمو والصيانة Growth and maintenance

تتمثل أهم وظائف البروتينات في بناء أنسجة جديدة في الجسم، وفي إصلاح الأنسجة التالفة منه، ومن الأمثلة على ذلك ما يلي :

١) نمو الشعر والأظافر والجلد، وهذا يحتاج إلى الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت .

ب) تكوين العضلات وأعضاء الجسم organs والغدد الصماء endocrine glands .

ج - تشكل المكونات الرئيسية لنخاع العظام والأسنان bones & teeth matrix وخلايا الدم ومصل الدم serum .

د) تصنيع البروتينات التركيبية (البنائية) structural proteins في الجسم مثل الكولاجين collagen الذي يربط الخلايا مع بعضها البعض، وكذلك الميوسين myosin المسؤول عن انقباضات العضلات .

هـ) إصلاح أنسجة الجسم التالفة وترميمها مثل تعويض الأنسجة المبترنة للأمعاء والتي تتجدد كل ٤ - ٦ أيام .

ولكي يستطيع الجسم أن ينمو، فإنه لا بد من تناول وجبات غذائية تحتوي على بروتينات ذات جودة مرتفعة good quality proteins ، بالإضافة إلى أن كمية الأحماض الأمينية يجب أن تكون أكثر من الكمية اللازمة للإصلاح والترميم maintenance لاستخدامها للنمو.

٢ - الطاقة Energy

تعد البروتينات مصدرًا ثانويًا يمد الجسم بالطاقة على حساب بناء وإصلاح الأنسجة الثالفة في الجسم عندما تكون السعرات الناتجة من الدهون والكربوهيدرات غير كافية، حيث إن كل جرام واحد من البروتين يمد الجسم بحوالي ٤ سعرات kcal . وكما ذكرنا سابقًا فإن استخدام الجسم للبروتينات كمصدر للطاقة يكون مكلفًا وغالي الثمن مقارنة بالكربوهيدرات والدهون، بالإضافة إلى أنها مرهقة للكليتين، وتكلف الجسم قدرًا من الطاقة لطرح نواتج أيض البروتين خارج الجسم.

٣ - ائزان السوائل Fluid balance

يُنظم توازن السوائل داخل الجسم وخارج خلاياه جزئيًا بواسطة البروتينات وذلك لأنها كبيرة الحجم، مما لا يمكنها من المرور من خلال أغشية الخلايا. وبشكل عام توجد سائل الجسم داخل الخلايا وخارجها وفي الأوعية الدموية (الشرايين والأوردة) blood vessels ، ويتم التحكم في توازنها عن طريق ثلاثة أنواع من الضغوط هي :

(أ) الضغط الأزموزي Osmotic pressure

ينتج من وجود الإلكتروليتات التي تنظم ائزان السوائل خارج الخلايا وداخلها.

(ب) الضغط التورمي Oncotic pressure

ينتج من وجود البروتينات في الدم، والتي تعمل على سحب السوائل من داخل الخلايا إلى الأوعية الدموية.

(جـ) الضغط الهيدروستاتي Hydrostatic pressure

ينتج من ضخ الدم في الأوعية الدموية، وهو يلعب دورًا مهمًا في ائزان السوائل في الجسم. وفي حالة نقص البروتين في الجسم فإن ذلك يؤدي إلى خفض بروتين بلازما الدم (الألبومين)، وبذلك لا يمكن سحب الماء إلى الأوعية الدموية blood vessels مما يؤدي إلى تراكمه داخل الخلايا وتصبح الأنسجة اسفنجية ومتورمة، وهذا ما يعرف باسم الإديما edema .

٤ - المحافظة على الرقم الهيدروجيني pH Maintenance

تعد البروتينات مهمة جداً للمحافظة على الرقم الهيدروجيني (pH) في الجسم في وضع متعادل ($pH = 7.2$) ، مما يمكنه من أداء وظائفه البيولوجية . وتحتوي البروتينات على مجموعة حمض (COOH) ومجموعة قاعده (NH_2) ، وهذا يمكنها من أن تعمل كأحماض أو قواعد داخل الجسم حسب الحاجة ، وذلك للمحافظة على رقم الـ pH ثابت . ففي حالة احتواء سوائل الجسم على كمية كبيرة من القاعدة alkali فإن البروتينات تعمل كحمض ، بينما في حالة احتواء سوائل الجسم على كمية كبيرة من الحمض acid فإن البروتينات تعمل كقاعدة .

٥ - تكوين المركبات الرئيسية Essential compounds formation

يحتاج جسم الإنسان إلى البروتينات لتصنيع بعض الهرمونات hormones والإنزيمات enzymes والأجسام المضادة antibodies وغيرها من المركبات . ويمكن تقسيم بروتينات الجسم تبعاً لوظائفها كالتالي :

(أ) البروتينات الإنزيمية

تحفز هذه البروتينات على حدوث التفاعلات الكيميائية في وجود قرائن الإنزيمات coenzymes .

(ب) البروتينات الهرمونية

تفرز هذه البروتينات مواد تتحكم في عمليات الأيض مثل الثيروكسين thyroxin والأنسولين insuline والأدرينالين adrenaline .

(ج) البروتينات الصناعية

تساعد الأجسام المضادة antibodies الجسم على مقاومة الالتهابات والأمراض ، والتي تكثر في حالة تناول وجبات غذائية منخفضة في نسبة البروتين .

(د) بروتينات قابلة للانقباض

تنظم هذه البروتينات انقباض العضلات ، ومثالها الميوسين myocin والاكيتين

actin .

(هـ) بروتينات الدم

تنظم نقل العناصر الغذائية من خلال جدار الأمعاء إلى الدم ومنه إلى أنسجة الجسم المختلفة، ومثالها الهيموجلوبين (نقل O_2 و CO_2) والليبوبروتين lipoprotein (نقل الدهون) والترانسفيرين transferrin (نقل الحديد) والبروتين المرتبط بالريتinol-binding protein (نقل فيتامين أ).

(٦, ٥) احتياجات البروتينات Proteins Requirements

تتوقف كمية البروتين التي يحتاجها الإنسان في وجبته على عدة عوامل، منها العمر والحجم والجنس والحالة الصحية، بالإضافة إلى العديد من العوامل الأخرى. ويشكل عام تتحدد احتياجات الفرد الكلية من البروتين بناء على:

(أ) كمية البروتينات اللازمة لتعويض البروتينات التي فقدت في البول والبراز والجلد ونمو الأظافر والشعر.

(ب) كمية البروتينات اللازمة لنمو أنسجة الجسم وصيانتها.

أصدرت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (١٩٨٩م) Food and Nutrition Board of the National Research Council الغذائية المقترحة (RDA) Recommended Dietary Allowances للعناصر الغذائية المختلفة. حيث أوصت لجنة الـ RDA بأن مقررات البروتين المقترحة (البروتين المرتفع الجودة، PER تساوي ٧٠ أو أكثر) للشخص البالغ السليم هي ٨, ٠ جرام يوميًا لكل كيلوجرام من وزن الجسم. فعلى سبيل المثال فإن الرجل الذي يزن ٧٠ كيلوجرامًا يحتاج في اليوم إلى ٥٦ جرامًا بروتين (٨, ٠ × ٧٠) مرتفع القيمة الحيوية، وتؤمن هذه الكمية من البروتين احتياجات الجسم اللازمة للنمو وإصلاح الأنسجة التالفة، بالإضافة إلى أنها تعوض عن البروتين المفقود في البول والعرق والبراز. وتزداد مقررات البروتين المقترحة (RDA) للأطفال والحوامل والمرضعات عما ذكر أعلاه، وذلك لتأمين احتياجات النمو وتكوين الأجنة وإفراز الحليب وصيانة أنسجة الجسم التالفة. فمثلاً يوصى بأن تكون كمية البروتين اليومية في غذاء الرضع infants خلال الستة شهور الأولى من العمر حوالي ٢, ٢ جرام لكل كيلوجرام من وزن الجسم، وتقل هذه الكمية إلى حوالي ١, ٦ جرام خلال الستة شهور التالية (RDA, 1989). أما بالنسبة للمرأة

الحامل فإنه يوصى بكمية إضافية مقدارها ١,٣ جرام يوميًا زيادة عن المقررات الغذائية المقترحة RDA خلال الثلاثة شهور الأولى و ٦,١ جرام يوميًا خلال الثلاثة شهور التالية و ١٠,٧ جرام يوميًا خلال الثلاثة شهور الأخيرة (RDA, 1989). أما بالنسبة للمرضع فيوصى بزيادة كمية البروتين المتناولة يوميًا بمقدار ١٤,٧ جرام و ١١,٨ جرام خلال الستة شهور الأولى والستة شهور التالية على التوالي. كما يوصى بأن يكون ثلث إلى نصف البروتين في الوجبة الغذائية من مصادر حيوانية (RDA, 1989) وتزداد هذه الكمية إلى ثلثين في حالة الحمل والرضاعة وذلك لضمان حصول الجسم على جميع الأحماض الأمينية اللازمة للنمو خلال هذه الفترة. ويبين الجدول (٦,١) المقررات الغذائية المقترحة من البروتين المرجعي reference protein وبروتين الوجبة الغذائية.

جدول (٦,١). المقررات الغذائية الموصى بها من البروتين المرجعي reference protein وبروتين الوجبة الغذائية الأمريكية.

الفئة	العمر (بالسنة)	الوزن (كجم)	المقررات المشتقة من البروتين المرجعي		المقررات الموصى بها (RDA)	
			(جرام/كجم)	(جم / يوم)	(جم/كجم)	(جم/يوم)
الذكور	٠,٥-١	٦	٢,٢		٢,٢	١٣
	١-٠,٥	٩	١,٥٦		١,٦	١٤
	٣-١	١٣	١,١٤		١,٢	١٦
	٦-٤	٢٠	١,٠٣		١,١	٢٤
	١٠-٧	٢٨	١,٠٠		١,٠	٢٨
	١٤-١١	٤٥	٠,٩٨		١,٠	٤٥
	١٨-١٥	٦٦	٠,٨٦		٠,٩	٥٩
	٢٤-١٩	٧٢	٠,٧٥		٠,٨	٥٨
	٣٥-٣٠	٧٩	٠,٧٥		٠,٨	٦٣
	٥١+	٧٧	٠,٧٥		٠,٨	٦٣
الإناث	١٤-١١	٤٦	٠,٩٤		١,٠	٤٦
	١٨-١٥	٥٥	٠,٨١		٠,٨	٤٤
	٢٤-١٩	٥٨	٠,٧٥		٠,٨	٤٦
	٣٥-٣٠	٦٣	٠,٧٥		٠,٨	٥١
	٥١+	٦٥	٠,٧٥		٠,٨	٥٥
الحامل	الثلاثة شهور الأولى			١,٣+		١٠+
	الثلاثة شهور الثانية			٦,١+		١٠+
	الثلاثة شهور الأخيرة			١٠,٧+		١٠+
المرضع	الستة شهور الأولى			١٤,٧+		١٥+
	الستة شهور التالية			١١,٨+		١٢+

كذلك أصدرت منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية (FAO/WHO) معاييرها الخاصة بالنسبة لاحتياجات البروتين وغيره من العناصر الغذائية الأخرى. ونظراً لأن احتياج الفرد للبروتين يعتمد على جودة quality البروتين (القيمة الحيوية للبروتين)، لهذا فإن الـ FAO/WHO حددت الاحتياجات من البروتين استناداً على بروتين البيض والحليب، كما أصدرت توصيات بالنسبة للبروتينات المنخفضة الجودة. ولقد أوصت الـ FAO/WHO بأن تكون مقررات البروتين اليومية هي ٥٢, ٠ جرام لكل كيلوجرام من وزن الجسم للرجل البالغ. وتعادل الاحتياجات حسب القيمة الحيوية للبروتين، أي كلما قلت القيمة الحيوية للبروتين، زادت الكمية اللازم تناولها.

(٦, ٦) مصادر البروتينات الغذائية Dietary Sources of Proteins

تتوافر البروتينات بنسب متفاوتة في مجموعة واسعة من الأغذية الحيوانية والنباتية. إلا أن البروتينات الحيوانية تتميز بأنها تحتوي على جميع الأحماض الأمينية الأساسية (عالية القيمة الحيوية)، في حين أن البروتينات النباتية ينقصها واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية الأساسية (منخفضة القيمة الحيوية). لهذا تقسم مصادر البروتينات الغذائية بشكل رئيسي إلى قسمين هما:

١ - مصادر حيوانية

وتشمل اللحوم الحمراء والدواجن والأسماك والبيض والكبد والأجبان والحليب.

٢ - مصادر نباتية

وتشمل المكسرات (فول سوداني وكاشيو)، والبقوليات (فاصوليا وبازلاء جافة وعدس)، والحبوب (الأرز والقمح والمكرونة). أما الخضروات والفواكه فهي مصادر فقيرة في محتواها من البروتين. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الخبز يحتوي على نسبة متوسطة من البروتين، إلا أن تناول كميات كبيرة منه يومياً يؤمن للجسم كميات معتدلة (لا بأس بها) من البروتين.

وتجدر الإشارة إلى أن العلماء قد تمكنوا حديثاً من إيجاد مصادر بروتين جديدة (غير تقليدية) مثل بروتينات الخلية الواحدة (SCP) single cell proteins (تنتج من نمو

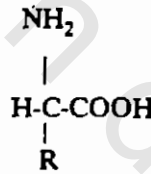
البكتريا والخمائر والطحالب والفطريات على مخلفات الصناعات البترولية)، وبروتينات النباتات المحسنة وراثياً genetic manipulated plant proteins (مثالها سلالات جديدة من القمح والشعير والذرة opaque 2 ، والتي تتميز بمحتواها المرتفع من الليسين والترتوفان مقارنة بالأصناف العادية) وبروتينات البذور الزيتية (مثالها بذور المكسرات والخردل وعباد الشمس والقطن ويقتصر استعمالها للحيوانات بعد استخلاص الزيت منها)، ومركبات بروتين الأسماك (ومثالها دقيق السمك الغني بالبروتين الذي أنتجته السويد واليابان)، وبروتين شرش الحليب (السائل المتبقي من صناعة الجبن)، وبروتينات أوراق الأشجار وبعض الأعشاب البحرية والطحالب. يوضح الجدول (٦، ٢) محتوى بعض الأغذية من البروتين.

جدول (٦، ٢) . محتوى بعض الأغذية من البروتين.

الغذية	نسبة البروتين (جرام/١٠٠ جرام)	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	كمية البروتين (جرام)
لحم البقر - صافي	٢٩	٣ أوقية (٩٠ جراماً)	٢٦
لحم الغنم - صافي	٢٨	٣ أوقية (٩٠ جراماً)	٢٥
لحم الدجاج - صافي	٣١	٣ أوقية (٩٠ جراماً)	٢٨
لحم سمك الخروق broiled	٢٤	٣ أوقية (٩٠ جراماً)	٢١,٥
تونة مطهية	٢٨,٥	٣ أوقية (٩٠ جراماً)	٢٥,٥
بيض	١٢	١ حبة متوسطة (٥٠ جراماً)	٦
فاصوليا جافة مطهية	٧,٨	نصف كوب (٩٠ جراماً)	٧
بازلاء خضراء	٥	نصف كوب (٨٠ جراماً)	٤
زبدة الفول السوداني	٢٥	٢ ملعقة مائدة (٣٠ جراماً)	٧,٥
بازلاء جافة مطبوخة	٨	نصف كوب (١٠٠ جرام)	٨
عدس مطهي	٨	نصف كوب (١٠٠ جرام)	٨
خبز أسمر	٨,٥	١ شريحة أوريغ رغيف (٢٥ جراماً)	٢,١
خبز أبيض	٩,٢	١ شريحة أوريغ رغيف (٢٥ جراماً)	٢,٣
سيريل الإفطار - جاف	١٠	نصف كوب قمح (٣٠ جراماً)	٣
أرز	٣,٨	نصف كوب (١٠٥ جرامات)	٤
سيريل الإفطار مطهي - قمح	١,٧	نصف كوب (١٢٠ جراماً)	٢
مكرونة وسباقي مطهية	٢,٩	نصف كوب (٧٠ جراماً)	٢
حليب كامل الدسم	٣,٧	١ كوب (٢٤٥ مل)	٩
حليب بودرة خال من الدسم	٣٣,٣	ربع كوب (١٨ جراماً)	٦
جبنه كوتاج cottage	١٤	١ أوقية (٣٠ جراماً)	٤
جبنه شدر cheddar	٢٣,٥	١ أوقية (٣٠ جراماً)	٧
جبنه دمياطي	١٣,٨	١ أوقية (٣٠ جراماً)	٤

(٦،٧) الأحماض الأمينية Amino Acids

تشكل الأحماض الأمينية الوحدات البنائية الأساسية في بروتينات الجسم (٥٠ - ١٥٠٠٠٠ حمض أميني)، ويقدر عددها بحوالي ٢٢ حمضاً أمينياً، بالإضافة إلى وجود أحماض أمينية أخرى مثل أورنيثين ornithine وستروللين citrulline اللذين يدخلان في دورة اليوريا ولا يوجدان في تركيب البروتين. وتختلف البروتينات عن بعضها البعض من حيث النوعية والقيمة الغذائية وذلك باختلاف أنواع الأحماض الأمينية وكمياتها التي تحتويها هذه البروتينات. والأحماض الأمينية عبارة عن بلورات بيضاء ذات طعم حلو (جليسين، ألانين وسيرين) أو مرّ (أرجنين) أو عديمة الطعم (تربتوفان، ليوسين). وتشتق معظم الأحماض الأمينية نتيجة التحلل المائي للبروتينات بمساعدة الإنزيمات. ولقد وجد أن جميع الأحماض الأمينية الناتجة من التحلل المائي لبروتينات الغذاء الطبيعية توجد في الوضع ألفا alpha-amino acids ، أي أن مجموعة الأمين مجاورة لمجموعة الكربوكسيل، كما هو موضح في الشكل التالي:



ألفا - حمض أميني

وتتميز جميع الأحماض الأمينية باستثناء الجلايسين بأنها فعالة ضوئياً optically active ، أي أن لكل واحد منها متماثلين ضوئيين. وتجدر الإشارة إلى أن جميع الأحماض الأمينية من المصادر البروتينية الطبيعية توجد على صورة المتماثل - ل L-isomer ، أي أن مجموعة الأمين على يسار جزيء الحمض الأميني، وهذا المتماثل يستفيد منه الجسم بمعدل أكبر من المتماثل - د D-isomer . إلا أن الجسم يستطيع الاستفادة من المتماثل د عندما يحوله إلى النوع - ل كما في حالة الميثيونين. ويتعادل تأثير الشقين الحامضي والقاعدي في البروتين عند درجة pH معينة تعرف باسم نقطة التعادل الكهربائي isoelectric point ، والتي عندها يترسب البروتين بإضافة محلول ملحي أو كحول.

(٦، ٧، ١) تقسيم الأحماض الأمينية Classification of amino acids

تقسم الأحماض الأمينية عادة إما تبعاً لتركيبها الكيميائي أو تبعاً لأهميتها الغذائية

لجسم الإنسان :

أولاً : تقسيم الأحماض الأمينية تبعاً لتركيبها الكيميائي

١ - الأحماض الأمينية المستقيمة (الأليفاتية) Aliphatic amino acids : وهي

أحماض متعادلة تحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة ومجموعة أمين واحدة، ومثالها الجليسين (Gly) glycine والالانين (Ala) alanine والليوسين (Leu) leucine والايزوليوسين (Ile) isoleucine والفالين (Val) valine والثريونين (Thr) threonine والسيرين (Ser) serin .

٢ - الأحماض الأمينية الحامضية Acidic amino acids : وهي تحتوي على

مجموعتي كربوكسيل ومجموعة أمين واحدة، ومثالها حمض الأسبرتيك (ASP) aspartic acid والجلوتاميك (Glu) glutamic acid . كما يصنف ضمن الأحماض الأمينية الحامضية كل من حمض الأسبارجين (Asn) asparagine وحمض الجلوتامين (Glu) glutamine ، إلا أنها يحتويان على مجموعة هيدروكسيل واحدة ومجموعة أميد amide group في نهاية السلسلة الجانبية بدلاً من مجموعة الكربوكسيل الثانية .

٣ - الأحماض القاعدية Basic amino acids : تحتوي على مجموعة كربوكسيل

واحدة ومجموعتي أمين، ومثالها الأرجنين (Arg) arginine واللايسين (Lys) lysine وهيدروكسي لايسين (Hylys) hydroxylysine .

٤ - الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت Sulphur containing amino acid :

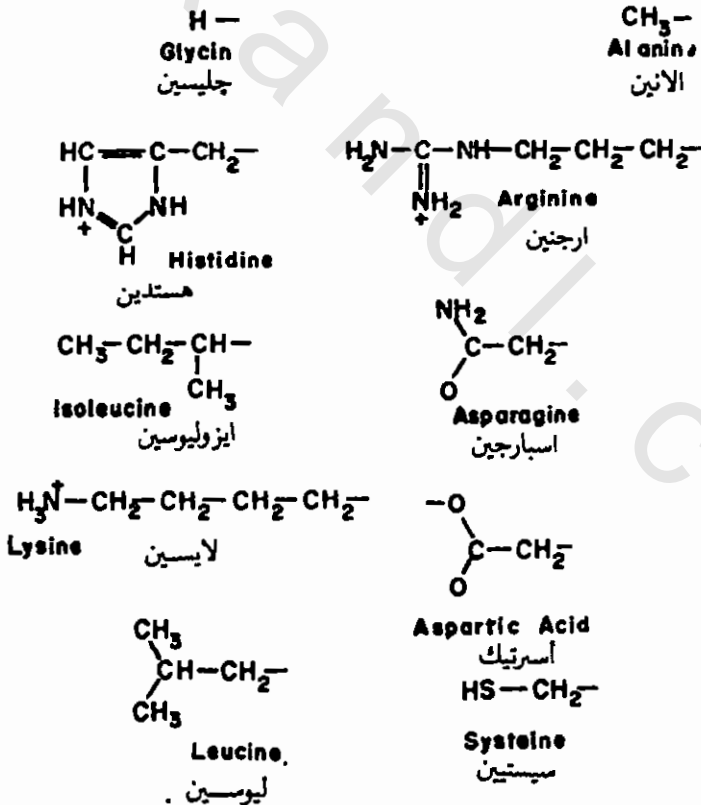
تحتوي سلاسلها الجانبية على عنصر الكبريت، ومثالها السيستين (Cys) cysteine والميثيونين methionine والسيستين (Cys-Cys) cystine .

٥ - الأحماض الأمينية العطرية Aromatic amino acids : وهي أحماض متعادلة

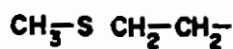
تحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة ومجموعة أمين واحدة، بالإضافة إلى سلسلة جانبية عطرية ومثالها الفينيل ألانين (Phe) phenylalanine والتيروسين tyrosin (Tyr).

٦ - الأحماض الأمينية الحلقية المختلفة (غير المتجانسة): وهي أحماض أمينية متعادلة تحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة ومجموعة أمين واحدة، ومثالها البرولين (Pro) proline والهيدروكسي برولين (Hyp) hydroxyproline والتريبتوفان (Trp) histidine (His) وهذا الأخير يميل قليلاً إلى القاعدية. ويتضمن الجدول (٦، ٣) السلاسل الجانبية في الأحماض الأمينية.

جدول (٦، ٣) . السلاسل الجانبية (R groups) في الأحماض الأمينية.

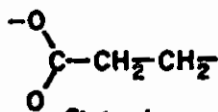


تابع جدول (٦،٣).



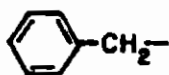
Methionine

مثنونين



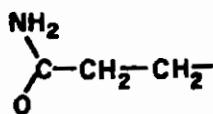
Glutamic

جلوتاميك



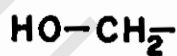
Phenylalanine

فيل ألانين



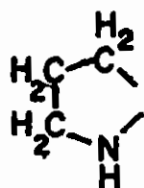
Glut

جلوتامين



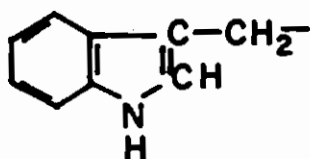
Serine

سيرين



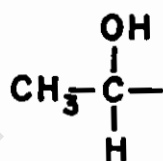
Proline

برولين



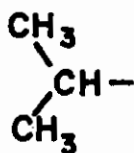
Tryptophan

تربتوفان



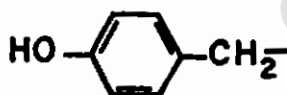
Threonine

ثريونين



Valine

فالين



Tyrosine

تيروسين

ثانياً: تقسيم الأحماض الأمينية تبعاً لأهميتها الغذائية لجسم الإنسان

١ - الأحماض الأمينية الأساسية (EAA) Essential amino acids : وهي

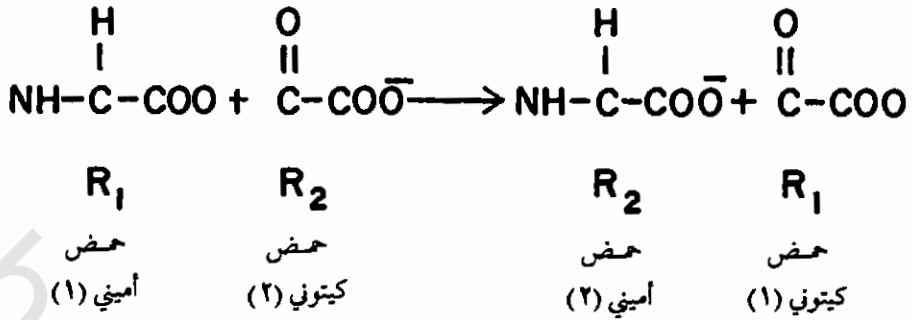
الأحماض الأمينية التي لا يستطيع جسم الإنسان تصنيعها بكميات تكفي لنمو الجسم وإصلاح الأنسجة التالفة وغيرها، لهذا يلزم وجودها في الوجبة الغذائية التي يتناولها الإنسان بالكميات المناسبة. ويبلغ عدد الأحماض الأمينية الأساسية تسعة فقط وهي :
 اللايسين lysine ، الليوسين leucine ، الأيزوليوسين isoleucine ، الهستيدين histidine ، الميثيونين methionine ، التربتوفان tryptophan ، الفينيل ألانين phenylalanine ، الفالين valine ، الثريونين threonine.

ويعتبر الحمض الأميني هستدين أساسياً فقط للأطفال الرضع infants ، في حين أن الأحماض الأمينية الثمانية الأخرى تعتبر أساسية للأشخاص البالغين. تشير بعض المراجع إلى أن حمض الأرجنين arginine يعد من الأحماض الأمينية الأساسية للأطفال، نظراً لأن الكمية الناتجة من خلال دورة اليوريا تكون غير كافية لتأمين حاجة الطفل أثناء النمو، بينما تؤمن حاجة الشخص البالغ.

٢ - الأحماض الأمينية غير الأساسية (NEAA) Non-essential amino acids :

وهي الأحماض الأمينية التي يستطيع جسم الإنسان تصنيعها بكميات كافية لتأمين احتياجاته منها.

ويتم تصنيع الأحماض الأمينية غير الأساسية من النواتج الوسيطة لأيض الكربوهيدرات والدهون وبعض البروتينات، والتي تعتبر مصادر للهيكل الكربوني (الأحماض الكيتونية Kitoacids) ويسمى تصنيع الأحماض الأمينية غير الأساسية بعملية تبادل المجاميع الأمينية transamination ، أي نقل مجموعة الأمين من حمض أميني (وقد يكون مصدرها الأمونيا) إلى حمض كيتوني بمساعدة إنزيم الترانس أميناز transaminase الذي يحتوي على فيتامين ب ٦ النشاط كقرين إنزيم pyridoxal).
 وبما تجدر الإشارة إليه أن الجسم يستطيع فقط تكوين الهياكل الكربونية للأحماض الأمينية غير الأساسية، لكنه لا يستطيع تكوين الهياكل الكربونية للأحماض الأمينية الأساسية.



ولقد أشارت الدراسات إلى أن جميع الأحماض الأمينية الأساسية لها القدرة على تبادل مجاميعها الأمينية amino group مع هياكلها الكربونية transamination فيما عدا حمض اليليسين والثريونين، لهذا يعتبر هذان الحمضان من أهم الأحماض الأمينية التي يجب توافرها في الوجبة الغذائية.

ولقد وجد أن تصنيع البروتين الجديد اللازم للنمو أو إصلاح الأنسجة التالفة يستلزم توافر كل من الأحماض الأمينية الأساسية وغير الأساسية وبالكميات المناسبة في مواقع تصنيع البروتين، حيث إن نقص أو غياب أي منهما يعوق عملية تصنيع البروتين، ويدل ذلك بوضوح على مدى أهمية كلا النوعين من الأحماض الأمينية في عملية تصنيع البروتين.

وتقدر نسبة الأحماض الأمينية غير الأساسية في بروتينات الجسم بحوالي ٤٠٪.

(٦، ٧، ٢) احتياجات الأحماض الأمينية اليومية Daily requirements of amino acids

يبين الجدول (٦، ٤) تقديرات الأحماض الأمينية التي يحتاجها جسم الإنسان في اليوم. ويتضح من هذا الجدول أن حاجة الأطفال للأحماض الأمينية أكبر من حاجة الأشخاص البالغين، بالإضافة إلى أن الأطفال الرضع يحتاجون إلى الهستيدين كحمض أميني أساسي، نظراً لأن أجسامهم لا تستطيع تصنيعه بالكميات اللازمة للنمو.

جدول (٤, ٦). تقديرات الأحماض الأمينية التي يحتاجها الجسم.

الاحتياجات، ملليجرام/ كيلوجرام/ يوم				الأحماض الأمينية
الأطفال العمر ١٢-١٠ سنة	الأطفال العمر ٢ سنة	الرضع العمر ٤-٣ شهور	البالغون	
١٢-٨		٢٨		هستيدين histidine
١٠	٢٨	٣١	٧٠	إيزوليوسين isoleucine
١٤	٤٢	٧٣	١٦١	ليوسين leucine
١٢	٤٤	٦٤	١٠٣	ليسين lysine
١٣	٢٢	٢٧	٥٨	ميثونين سستين Me + Cys
١٤	٢٢	٦٩	١٢٥	فينيل ألانين + تيروسين Phe + Tyr
٧	٢٨	٣٧	٨٧	ثريونين threonine
٣,٥	٣,٣	١٢,٥	١٧	تريبتوفان tryptophan
١٠	٢٥	٣٨	٩٣	فالين valine
٨٤	٢١٤	٣٥٢	٧١٤	المجموع فيما عدا الهستيدين

المصدر : Food and Nutrition Board (1989), p. 57.

(٦, ٧, ٣) مجمع (بركة) الأحماض الأمينية Pool of amino acids

يعبر عن كمية الأحماض الأمينية الحرة (الأساسية وغير الأساسية) الموجودة في الدورة الدموية وسوائل الأمعاء intestinal fluid بمجمع الأحماض الأمينية. وتستخدم هذه الأحماض لتصنيع بروتينات جديدة في الجسم وإنتاج الطاقة وتكوين مركبات أخرى غير بروتينية وغيرها. وهناك مصدران لمجمع الأحماض الأمينية في الجسم هما: (١) الأحماض الأمينية الناتجة من أيض بروتينات الغذاء، (٢) الأحماض الأمينية الناتجة من تدهم catabolism أنسجة البروتين في الجسم. وتوجد عدة عوامل تنظم مجمع الأحماض الأمينية في الجسم، فمثلاً يسبب إعطاء الإنسولين insuline انخفاضاً في مستوى الأحماض الأمينية في البلازما، في حين يسبب هرمون الجلوكوكورتيكويد الكظري adrenal glucocorticoids (يفرزه لحاء الغدة الكظرية حيث يؤثر على أيض الجلوكوز) ارتفاعه.

(٦, ٨) تجديد (دوران) البروتين Protein Turnover

يكون بروتين الأنسجة في حالة تغير مستمر، وهي ليست بنياناً ثابتاً كما كان سائداً في المفاهيم القديمة. بمعنى أن بروتينات الجسم تكون في حالة اتزان ديناميكي dynamic equilibrium من حيث تهدم البروتينات القديمة وبناء بروتينات جديدة، وهذا ما يعرف باسم تجديد البروتين protein turnover. ويختلف معدل تجديد البروتين باختلاف الأنسجة في الجسم، فمثلاً يتجدد ألبومين السرم serum albumin بمعدل ١٠ جرامات يومياً والفibrينوجين بمعدل جرامين يومياً. كذلك فقد أشارت الدراسات بأن خلايا الكبد hepatocytes تعيش طويلاً، لكن تتجدد نصف كمية البروتين في هذه الخلايا كل ٤ أيام أو أقل، كما أن الغشاء المخاطي للأمعاء intestinal mucosa يتجدد كل يومين، وأن كرات الدم الحمراء red blood cells تتجدد كل ١٢٠ يوماً، في حين يتجدد نسيج الجلد والعضلات والدماغ والكولاجين collagen ونخاع العظام bone matrix ببطء شديد. وتقدر كمية البروتين التي تتجدد يومياً (تبنى) في الجسم بحوالي ٢٤٠ جراماً، وتزيد هذه الكمية عن كمية البروتين المتناولة يومياً مع الغذاء. لذلك يحصل الجسم على بقية البروتينات التي يحتاجها لعمليات التجديد من الأحماض الأمينية الداخلية endogenous amino acids الناتجة من تهدم أنسجة البروتين في الجسم وكذلك من تصنيع الأحماض الأمينية غير الأساسية. أي أن الأحماض الأمينية الناتجة من تناول الغذاء تضاف إلى الأحماض الأمينية الناتجة من تهدم أنسجة البروتين في الجسم لإحداث اتزان يؤمن احتياجات الجسم من الأحماض الأمينية.

(٦, ٩) جودة البروتين Protein Quality

تتحدد جودة البروتين تبعاً لما يحتويه من الأحماض الأمينية الأساسية essential amino acids الضرورية لإحداث النمو وإصلاح الأنسجة التالفة في الجسم، لهذا قسمت البروتينات الغذائية تبعاً لما تحتويه من الأحماض الأمينية إلى التالي:

١ - بروتينات مرتفعة الجودة High quality proteins

وهي عبارة عن بروتينات تحتوي على جميع الأحماض الأمينية الأساسية التي يحتاجها الجسم من أجل النمو والإصلاح، وتسمى أحياناً بروتينات مرتفعة الحيوية

high biological value proteins ، ومثالها بروتينات البيض والحليب واللحم والسمك والدواجن .

٢ - بروتينات منخفضة الجودة Low quality proteins

وهي عبارة عن بروتينات ينقصها واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية الأساسية التي يحتاجها الجسم أو تكون كميتها غير كافية لتأمين احتياجات الجسم منها، لهذا تكون غير قادرة على إحداث النمو عندما تكون المصدر الوحيد للبروتين في الغذاء وتسمى كذلك بروتينات منخفضة القيمة الغذائية، ومثالها بروتينات البقوليات والمكسرات والحبوب (جلالدين القمح wheat gliadin وهوردين الشعير barley hordein) . ولقد أشارت الدراسات التي أجريت على الحيوانات إلى أن التغذية على جلالدين القمح لا تحدث نمواً بالمقارنة بالبروتينات الأخرى مما يؤدي إلى انخفاض في وزن الحيوان. كما أن إضافة الحمض الأميني الحدي (الناقص) الأول first limiting amino acid إلى البروتين المنخفض القيمة الحيوية يؤدي إلى رفع جودته وتحسينها، فمثلاً إضافة اللايسين lysine إلى جلالدين القمح والترتوفان tryptophane إلى زايين الذرة corn zein يؤدي إلى زيادة في وزن الفئران التي تغذت على هذه البروتينات. كما تجدر الإشارة إلى أن هناك بعض البروتينات التي تعمل على إصلاح الأنسجة التالفة، إلا أنه لا يمكنها إحداث نمو في جسم الحيوان إذا كانت المصدر الوحيد للبروتين في الغذاء. وبشكل عام فإن قياس جودة البروتين تعتمد جزئياً على ما إذا كان البروتين يمد الجسم بجميع الأحماض الأمينية الأساسية، وبصفة خاصة على كمية هذه الأحماض الأمينية.

ويعتبر بروتين البيض egg protein من البروتينات ذات الجودة الممتازة (B.V=100) ، لهذا يستخدم كبروتين قياسي (مثالي أو مرجعي) reference protein من قبل منظمة الأغذية والزراعة FAO لقياس جودة البروتينات الأخرى. وتوجد طرق متعددة لتقدير جودة البروتينات، وجميع هذه الطرق تعتمد على قياس مدى إمكانية البروتين في تزويد الجسم بالأحماض الأمينية الأساسية اللازمة للنمو وإصلاح الأنسجة التالفة. وتتمثل طرق تقويم جودة البروتين في الطرق الكيميائية chemical methods والطرق الحيوية biological methods ، وفيما يلي شرح موجز لهما:

أولاً : الطرق الكيميائية

تعتمد هذه الطرق على التحليل الكيميائي للأحماض الأمينية كخطوة سابقة للتحليل البيولوجي ، وتتميز بأنها سهلة وتجري في المختبر دون الحاجة إلى استعمال الحيوانات ومن الأمثلة على هذه الطرق ما يلي :

١ - الدرجة الكيميائية (CS) Chemical score

تحسب الدرجة الكيميائية للبروتين ، والتي تسمى أحياناً درجة الحمض الأميني amino acid score عن طريق مقارنة تركيب الأحماض الأمينية في البروتين المختبر مع تركيب الأحماض الأمينية في البروتين القياسي reference protein . ولقد عرفت هذه الطريقة في عام ١٩٤٦م من قبل العالم Mitchell و Block ، ومازالت تستخدم في معظم الأبحاث لتقويم جودة البروتينات في الخلطات الغذائية ومصادر البروتين الغذائية الجديدة . يوجد حالياً عدة بروتينات ذات درجة جودة مرتفعة ، وتستخدم كبروتينات قياسية لتقدير الدرجة الكيميائية مثل بروتين البيض والحليب أو خليط من البروتينات التي اعتمدتها منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO ، ويتضمن الجدول (٦،٥) محتوى الأحماض الأمينية في نموذج البروتين المرجعي المصمم من قبل منظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالمية (١٩٧٣م) ، وكذلك بروتينات مرجعية أخرى (ملليجرام حمض أميني / جرام بروتين) .

$$\text{الدرجة الكيميائية} = \frac{\text{كمية الحمض الأميني في البروتين المختبر (ملليجرام / جرام بروتين)}}{\text{كمية الحمض الأميني نفسه في البروتين القياسي (ملليجرام / جرام بروتين)}} \times 100$$

وتقدر الدرجة الكيميائية عادة للأحماض الأمينية الأساسية essential التسعة في البروتين المراد اختباره ، وأقل درجة تمثل الحمض الأميني الحدي الأول في هذا البروتين first limiting amino acid ، وبالطريقة نفسها يمكن تحديد الحمض الأميني الحدي الثاني . ويمكن أن يعكس الحمض الأميني الحدي إلى حد ما درجة جودة البروتين لأنه هو الذي يتحكم في توازن الأحماض الأمينية الأساسية في البروتين ، وبالتالي في ملاءمتها وفعاليتها في

جدول (٦,٥) . محتوى الأحماض الأمينية في نموذج البروتين المرجعي (القياسي) المقترح من قبل منظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالمية (١٩٧٣) وفي بروتينات مرجعية أخرى (ملليجرام حمض أميني / جرام بروتين).

الأحماض الأمينية الأساسية	نموذج البروتين المرجعي FAO/WHO (١٩٧٣)	الببيض	حليب الأم	حليب البقر
هستيدين histidine	•	٢٢	٢٦	٢٧
اللايسين lysine	٥٥	٧٠	٦٦	٧٨
الليوسين leucine	٧٠	٨٦	٩٣	٩٥
إيزوليوسين isoleucine	٤٠	٥٤	٤٦	٤٧
ميثيونين، وسستين Met + Cys	٣٥	٥٧	٤٢	٣٣
فيل ألانين وتيروسين Phe + Tyr	٦٠	٩٣	٧٢	١٠٢
الثريونين threonine	٤٠	٤٧	٤٣	٤٤
التريبتوفان tryptophan	١٠	١٧	١٧	١٤
الفالين valine	٥٠	٦٦	٥٥	٦٤
المجموع	٣٦٠	٥١٢	٤٦٠	٥٠٤

• لم يحدد بالنسبة للأطفال

المصدر : Anderson et al. (1982).

عمليات النمو والإصلاح . وعندما يقال إن الدرجة الكيميائية للبروتين تساوي ٧٠ فإن ذلك يعني أن هذا البروتين يحتوي على حمض أميني حدي، وهذا الحمض يوجد بنسبة ٧٠٪ من الكمية الموجودة في البروتين القياسي reference protein .

٢ - طريقة كاربتنور (طريقة الاتحاد بالصبغة) Carpenter's method or

dye-binding method

وفي هذه الطريقة تتفاعل الصبغة مع حمض أميني محدد حيث تتكون رابطة كيميائية توصل بينهما، وبمعرفة كمية الصبغة المتفاعلة والمتبقية يمكن حساب كمية الحمض

الأميني . وتعتبر هذه الطريقة محدودة الاستعمال بالمقارنة بطريقة الدرجة الكيميائية التي تستعمل على نطاق واسع في معظم الدراسات والبحوث العلمية ذات الصلة بجودة البروتين .

ثانياً : الطرق الحيوية Biological methods

يمكن حصر الطرق الحيوية المستخدمة لتقدير جودة البروتين في الآتي :

١ - معامل الهضم Digestibility coefficient (DC)

تختلف قدرة الجسم على هضم البروتينات باختلاف أنواعها، فمثلاً تقدر نسبة هضم البروتينات الحيوانية بحوالي ٩٠٪ ، في حين تقدر نسبة هضم البروتينات النباتية مثل البقوليات بحوالي ٨٠٪ . والهضم يعني كمية البروتين التي امتصها جسم الإنسان من الكمية التي تناولها في غذائه، ويمكن حساب كل من معامل الهضم الظاهري ap - parent digestibility coefficient للبروتين ومعامل الهضم الحقيقي $true$ digestibility coefficient له كما يلي :

$$\text{معامل الهضم الظاهري} = \frac{\text{النيتروجين المتبادل في الغذاء} - \text{النيتروجين الخارج في البراز}}{\text{النيتروجين المتناول في الغذاء}} \times 100$$

$$\text{معامل الهضم الحقيقي} = \frac{\text{النيتروجين في الغذاء} - (\text{النيتروجين الخارج في البراز} - \text{نيتروجين البراز الأبيض})}{\text{النيتروجين المتناول في الغذاء}} \times 100$$

ونيتروجين البراز الأبيض $metabolic fecal nitrogen$ يعني كمية النيتروجين الموجودة في براز الحيوانات (الفرثان) التي تناولت غذاء خالياً من البروتين $nitrogen-free$ diet . لهذا فإن مصدر نيتروجين البراز الأبيض هو تهدم الخلايا المبطنة للجهاز الهضمي وتلف الإنزيمات وكذلك بقايا العصارات الهضمية الأخرى المحتوية على النيتروجين .

٢ - القيمة الحيوية Biological value (BV)

تعرف القيمة الحيوية للبروتين بأنها كمية البروتين التي احتجزها الجسم من الكمية التي امتصها الجسم ، أي :

$$\text{القيمة الحيوية} = \frac{\text{النيتروجين المحتجز}}{\text{النيتروجين الممتص}} \times 100$$

تختلف القيمة الحيوية لبروتينات الأغذية المختلفة، فمثلاً القيمة الحيوية لبروتين البيض والحليب والأرز وجلوتين القمح wheat gluten والذرة corn هي ١٠٠ و ٩٣ و ٨٦ و ٤٤ و ٤٠ على التوالي. ولتقدير النيتروجين المحتجز retained nitrogen والنيتروجين الممتص فإنه لا بد من معرفة كمية النيتروجين المتناول ingested nitrogen في الغذاء، وكمية النيتروجين في البراز fecal nitrogen وكمية النيتروجين في البول uri-nary nitrogen، وذلك باستخدام حيوانات التجارب.

النيتروجين الممتص = كمية النيتروجين في الغذاء - كمية نيتروجين البراز
النيتروجين المحتجز = كمية النيتروجين الممتص - كمية النيتروجين في البول
ولكي تقدر القيمة الحقيقية true biological value للبروتين فإنه لا بد أن يؤخذ في الاعتبار حسابات كمية النيتروجين التي تخرج مع براز وبول الحيوانات التي وضعت على غذاء خالٍ من النيتروجين nitrogen-free diet، وهذا ما يعرف باسم نيتروجين البراز الأيضي metabolic fecal nitrogen ونيتروجين البول الداخلي endogenous urinary nitrogen. ويحتوي براز وبول الحيوانات التي وضعت على غذاء خالٍ من البروتين على نيتروجين نتيجة لحدوث تدهم للأنسجة المبطنة للقناة الهضمية، بالإضافة إلى أن هناك نيتروجيناً يكون مصدره العصارات الهاضمة (الإنزيمات) المتبقية داخل الجهاز الهضمي كما ذكر أعلاه. وتقدر القيمة الحقيقية للبروتين كالآتي:

$$\text{القيمة الحيوية} = \frac{N(\text{الغذاء} - N(\text{الخارج مع البول} - N(\text{البول الداخلي})) + N(\text{الخارج مع البراز} - N(\text{البراز الأيضي}))}{N(\text{الغذاء} - N(\text{الخارج مع البراز} - N(\text{البراز الأيضي}))}$$

وتتميز هذه الطريقة بالدقة في وصف جودة البروتين، لكن من عيوبها أنها تحتاج إلى جهد ووقت نتيجة لاستخدام حيوانات التجارب كما أنه لا يمكن إجراؤها إلا بواسطة شخص لديه خبرة جيدة على تجارب الحيوانات.

٣ - صافي البروتين المستفاد (NPU) Net protein utilization

يعني كمية النيتروجين الصافية التي استفاد منها الجسم في عمليات النمو

والصيانة maintenance من النيتروجين الكلي المتناول في الغذاء . لهذا عندما يكون هضم البروتين داخل الجسم كاملاً فإن صافي البروتين المستفاد (NPU) يساوي القيمة الحيوية (BV) ، بينما عندما يكون هضم البروتين منخفضاً (نتيجة لوجود ألياف مثلاً) فإن صافي البروتين المستفاد يكون أقل من القيمة الحيوية . ويمكن حساب صافي البروتين المستفاد NPU كالتالي :

$$\text{صافي البروتين المستفاد} = \frac{\text{النيتروجين المحتجز} \times 100}{\text{النيتروجين المتناول في الغذاء}}$$

$$\text{صافي البروتين المستفاد} = \frac{N \text{ الغذاء} - (N \text{ الخارج مع البول} - N \text{ البول الداخلي}) + (N \text{ الخارج مع البراز} - N \text{ البراز الأفي})}{N \text{ الغذاء}}$$

ويمكن القول إن صافي البروتين المستفاد عبارة عن محصلة القيمة الحيوية ومعامل الهضم كالآتي :

$$\text{NPU} = \frac{\text{القيمة الحيوية} \times \text{معامل الهضم}}{100}$$

وتتميز هذه الطريقة بأنها تجرى في فترة زمنية قصيرة ، حيث تستلزم تغذية الحيوانات على البروتين المختبر test protein لمدة عشرة أيام ، وبعد ذلك تقدير كمية النيتروجين في أنسجة هذه الحيوانات . بالإضافة إلى أنها شائعة الاستعمال في الأبحاث وتعطي نتائج دقيقة جداً .

٤ - نسبة كفاءة البروتين (Protein efficiency ration (PER

تعد من الطرق الشائعة الاستعمال لتقدير جودة البروتين وهي الطريقة الوحيدة التي تبنتها الـ AOAC . وتعرف نسبة كفاءة البروتين بأنها مقدار الزيادة في وزن الحيوان بالجرام لكل جرام بروتين يتناوله أي أن :

$$\text{نسبة كفاءة البروتين} = \frac{\text{الزيادة في وزن الحيوان بالجرامات}}{\text{عدد جرامات البروتين المستهلكة}}$$

يستخدم في هذه الطريقة حيوانات (فئران) من مستعمرة colony واحدة وجنس واحد ، وتتراوح أعمارها ما بين ٢١ - ٢٨ يوماً . وتوزع الحيوانات إلى مجموعات ، وتوضع

في أقفاص cages انفرادياً individually . ثم تغذى هذه الحيوانات على وجبات الاختبار test diets المحتوية على ١٠٪ بروتين و ٤٪ خليط أملاح salt mixture و ١٪ خليط فيتامينات vitamine mixture لمدة ٢٨ يوماً، كما تغذى مجموعة واحدة على وجبة تحتوي على ١٠٪ كازين casine وتستعمل كمجموعة قياسية reference group . يسجل وزن كل حيوان منفرداً، وكمية الغذاء التي يستهلكها عند بداية التجربة وعلى فترات متقطعة (١ - ٣ مرات في الأسبوع) إلى نهاية التجربة كذلك تحسب في نهاية التجربة كمية الغذاء الكلية التي استهلكها كل حيوان منفرداً، ونسبة النيتروجين فيها، ومن ذلك يمكن حساب كمية النيتروجين الكلية التي استهلكها كل حيوان أثناء التجربة. وكذلك يحسب معدل الزيادة بالجرام في وزن الحيوان، وتطبق المعادلة الموضحة أعلاه لحساب نسبة كفاءة البروتين.

تميز هذه الطريقة بأنها سهلة، لأنها لا تتطلب قتل الحيوان وتحليل الأنسجة لتقدير نسبة النيتروجين فيها كما هو الحال عند حساب الـ NPU . لكن من عيوبها أنها تجري فقط على الحيوانات المفطومة (النامية) weaning animals (عمر ٢١ - ٢٨ يوماً)، ولا يمكن تطبيقها على الحيوانات الناضجة، ولذلك فهي تأخذ في الاعتبار استعمال البروتين فقط لأغراض النمو وليس لأغراض الصيانة وإصلاح الأنسجة التالفة. بالإضافة إلى أن تكون البروتين في جسم الحيوان ليس هو السبب الوحيد لزيادة الوزن، حيث إن تكون الدهون والعظام يؤدي أيضاً إلى زيادة في الوزن. وبيّن الجدول (٦، ٦) الحمض الأميني الحدي الأول وجودة البروتين في بعض الأغذية.

(٦، ١٠) اضطراب أيض البروتين Disorder of Protein Metabolism

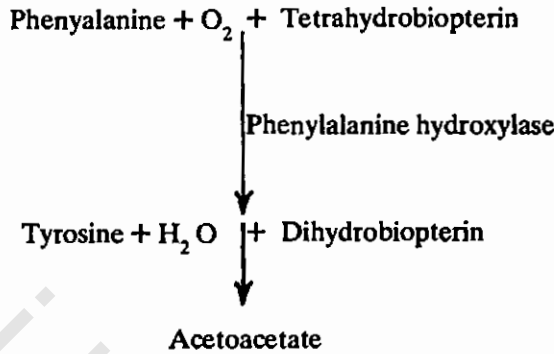
يؤدي حدوث اضطراب أو خلل في أيض البروتينات إلى إصابة الشخص بالعديد من الأمراض، أهمها مرض الفينيل كيتونيوريا phenylketonuria . وهو مرض خلقي وراثي يحدث نتيجة وجود خلل في أيض حمض الفينيل ألانين phenylalanine ، وبمعدل إصابة واحدة من كل ١٣٥٠ حالة ولادة. وسبب الخلل الأيضي في الحمض الأميني هو نقص أو عدم وجود إنزيم الفينيل ألانين هيدروكسيلييز phenylalanine hyd-

جدول (٦، ٦) . الحمض الأميني الحدي الأول وجودة البروتين في بعض الأغذية .

جسودة البروتين					مصدر البروتين	الحمض الأميني الحدي
نسبة كفاءة صافي الاستفادة من البروتين (NPU)	القيمة الحيوية (B.V.)	الدرجة الكيميائية (C.S.)	معامل الامتصاص الكيميائي (D.C.)	القيمة الحيوية (B.V.)	نسبة كفاءة صافي الاستفادة من البروتين (PER)	البروتين
٩٤	٣,٩٢	١٠٠	٩٧	٩٧	٩٤	البيض الكامل
٨٧	-	١٠٠	٩٧	٩٧	٨٧	حليب الإنسان
٨٢	٣,٠٩	٩٣	٩٧	٩٧	٨٢	حليب البقر
٦٧	٢,٣٠	٧٤	٩٧	٩٧	٦٧	لحم البقر
-	٣,٥٥	٧٦	-	-	-	السمن
٦٥	٢,٣٢	٧٣	-	-	٦٥	فول الصويا
٥٩	-	٨٦	٨٤	٨٤	٥٩	الأرز المبيض
٥٩	-	-	-	-	٥٩	بذور القطن
٥٤	١,٧٧	٦٢	-	-	٥٤	السمن
٥٥	١,٦٥	٥٥	-	-	٥٥	الفول السوداني
٥٢	-	٧٢	-	-	٥٢	الذرة maize
٥٣	١,٥٣	٦٥	٨٩	٨٩	٥٣	القمح الكامل
٤٧	١,٥٧	٦٤	٧٨	٧٨	٤٧	البازلاء
٤٧	-	-	-	-	٤٧	المكسرات
٤٤	-	-	-	-	٤٤	الدخن millet
-	٢,١٩	٦٥	-	-	-	الشوفان oat
-	-	-	٨٥	٨٥	-	الفواكه
-	-	-	٧٩	٧٩	-	سبريل القمح
-	-	-	٦٥	٦٥	-	الخضروات
٦٠	-	-	-	-	٦٠	بطاطس
-	-	-	-	-	-	فول

الاحماض الامينية الحدية في مجموعات الغذاء المختلفة هي (١) مجموعة الحبوب والسبريل : اللالسين والثريونين، (٢) مجموعة البقوليات (بازلاء وفاصوليا) : السيسيتين والثريونين، (٣) مجموعة المكسرات والبذور : اللالسين (٤) مجموعة الخضروات الورقية leafy vegetables : الميثونين.

roxylase في الكبد والضروري لتحويل حمض الفينيل ألانين إلى تيروسين tyrosin ومن ثم إلى أسيتواسيتات acetoacetate .



وتظهر أعراض المرض على شكل تخلف عقلي mental retardation ونقص في وزن المخ وتفتح في لون الشعر والجلد ووجود عيب في تكوين نخاع الأعصاب - myelination وقصر المدة الزمنية التي يعيشها الشخص غير المعالج، حيث تتراوح بين ٢٠ - ٣٠ عامًا. ونظرًا لأن الكبد يكون غير قادر على أيض حمض الفينيل ألانين فإن ذلك يؤدي إلى تراكمه وارتفاع تركيزه في جميع سوائل الجسم خصوصًا الدم والبول. كذلك يظهر في البول عدد من الأحماض الكيتونية المشتقة من حمض الفينيل ألانين مثل هيدروكسيل فينيل أسيتات hydroxylphenylacetate وفينيل لاكتات phenyllactate وفينيل أسيتات phenylacetate وفينيل بايروفات phenylpyruvate. ويمكن علاج مرض الفينيل كيتونيوريا بإعطاء الأطفال منذ الولادة وجبات غذائية منخفضة في محتواها من حمض الفينيل ألانين، بحيث تكون كميته كافية فقط لسد عمليات النمو وتعويض التالف من أنسجة الجسم. ويجب أن تقدم هذه الوجبات خلال الأسابيع الأولى من الولادة حيث إن التأخر في تقديمها يترتب عليه ظهور أعراض تخلف عقلي دائم لا يمكن علاجه. ويمكن للمريض أن يتناول وجبات غذائية عادية في عمر ٤ - ٦ سنوات حيث يكون قد اكتمل نمو خلايا المخ.

Fat Soluble Vitamins الفيتامينات الذائبة في الدهن

- المقدمة ● تعاريف ومصطلحات ● تقسيم الفيتامينات ● فيتامين أ
- فيتامين د ● فيتامين هـ (ألفاتوكفيرول) ● فيتامين ك

(١، ٧) المقدمة

الفيتامينات عبارة عن مركبات عضوية موجودة بتركيزات منخفضة في الأغذية ويحتاجها جسم الإنسان بكميات قليلة جدًا لاستخدامها كمرافقات الإنزيمات coenzymes أثناء أكسدة الدهون والكربوهيدرات والبروتينات في خلايا الجسم. تتميز الفيتامينات بأنها لا تنتج طاقة noncaloric في جسم الإنسان، ولا تدخل ضمن نواتج التفاعلات الكيميائية الضرورية للنمو وإصلاح الأنسجة التالفة في الجسم وإنتاج الطاقة والتكاثر. وعلى الرغم من أن الجسم يحتاج إلى كميات ضئيلة جدًا من الفيتامينات إلا أنها تعد مهمة جدًا لاستمرار الحياة. ويحصل جسم الإنسان على جميع احتياجاته من الفيتامينات من الوجبات الغذائية المتناولة باستثناء فيتامين د (D) الذي يمكن تصنيعه داخل الجسم. كذلك فإن بعض الفيتامينات الأخرى مثل فيتامين ك (K) والفولاتين folacin وفيتامين ب ١٢ (B12) والثيامين (B1) يمكن تصنيعها بمعدلات محدودة بواسطة الميكروبات الموجودة في الجهاز الهضمي. كما يتناول الإنسان بعض الفيتامينات (فيتامين أ "A" وفيتامين د "D" والكولين والنياسين) في صورة مولدات precursors غير فعالة تتحول داخل الجسم إلى الصورة الفعالة فسيولوجيًا للفيتامين. وتظهر عادة أعراض نقص الفيتامينات على الإنسان أو الحيوان الذي يتناول وجبات غذائية نقية pure مؤلفة من البروتينات النقية (مثل الكازين والألبومين) والكربوهيدرات النقية (مثل الدكسترين) والدهون النقية والمياه النقية والمعادن النقية.

(٧, ٢) تعاريف ومصطلحات

قرين إنزيم Coenzyme

يطلق مصطلح قرين إنزيم على جميع الفيتامينات أو المعادن التي تكون مقترنة بالإنزيمات كجزء منها وتعمل على تنشيطها activators .

نقص الفيتامين Avitaminosis

كلمة تعني عدم وجود الفيتامين في الجسم، فمثلاً K avitaminosis تعني نقص فيتامين ك (K) في الجسم، مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقصه على الإنسان.

نقص الفيتامين الحدي Marginal

يعني نقص في الفيتامين، إلا أن أعراض النقص لا تظهر على الشخص إنما يمكن تشخيصها بطرق التقويم الكيميوحيوية biochemical evaluation .

مولد الفيتامين Provitamin or precursor

وهو الصور غير الفعالة للفيتامين والتي يتناولها الشخص مع الغذاء وتتحول داخل الجسم إلى الصورة الفعالة للفيتامين ومثالها مركب ٧ - ديهيدروكوليسترول 7-de-hydrocholesterol الذي يتحول إلى فيتامين د (D) . وكذلك مركب الكاروتين carotene الذي يتحول داخل الجسم إلى فيتامين أ (A) وحمض التريثوفان الذي يتحول داخل الجسم إلى نياسين، ويوجد مولد فيتامين أ فقط في الأغذية النباتية.

زيادة الفيتامين Hypervitaminosis

تعني تناول جرعات مفرطة من الفيتامين تؤدي إلى ظهور أعراض التسمم واضطراب في العمليات الحيوية بالجسم.

مضادات الفيتامينات Antivitamins

وهي المواد التي تعوق الفيتامين من القيام بوظائفه الحيوية داخل الجسم، مما

يؤدي إلى ظهور أعراض نقصه على الإنسان . ولقد استطاع الإنسان أن يتعرف على أكثر من عشرين فيتامينًا حتى الوقت الحاضر ثم تمكن من عزلها بصورة نقية وتحديد الاحتياجات اليومية منها ومعرفة أعراض نقصها وسميتها، بالإضافة إلى معرفة تراكيبها ووظائفها الحيوية داخل الجسم .

Classification of Vitamins تقسيم الفيتامينات (٧، ٣)

يمكن تقسيم الفيتامينات تبعًا لقابليتها للذوبان إلى الآتي :

أولاً : الفيتامينات الذائبة في الدهن Fat soluble vitamins

تتضمن جميع الفيتامينات القابلة للذوبان في الدهن ومذيبات الدهون - Fat sol- vents ومثلها فيتامين د (D) و أ (A) و هـ (E) و ك (K) . وتتميز هذه الفيتامينات بالخواص التالية :

- ١ - لا تهدم أو تتلف بسهولة أثناء عملية طهي الطعام .
- ٢ - غير قابلة للذوبان في الماء، لذا لا تفقد في ماء الطهي .
- ٣ - تخزن الكمية الزائدة منها عن حاجة الجسم في أنسجة محددة في الجسم خصوصًا الكبد (٩٠٪ من المجموع الكلي المخزن في الجسم) والأنسجة الدهنية adipose tissue مما يؤدي إلى ظهور أعراض التسمم .
- ٤ - توجد في الأغذية إما في صورة فيتامينات أو مولدات الفيتامينات precursors .
- ٥ - تمتص من خلال جدار الأمعاء الدقيقة في صورة متحدة مع الدهون، لهذا تتأثر سرعة امتصاصها بمقدار الدهون الموجودة في الوجبة الغذائية .
- ٦ - تمتص بمعدل بطيء مقارنة بالفيتامينات الذائبة في الماء وتنتقل بواسطة الأوعية الدموية أو الليمفاوية lymphatic vessels بعد ارتباطها بحامل بروتيني protein carrier نظرًا لعدم ذوبانها في الماء .
- ٧ - تستعمل أساسًا لتصنيع وحدات أو أجزاء تركيبية وبنائية في الجسم .
- ٨ - يتخلص الجسم من المخلفات الأيضية للفيتامينات الذائبة في الدهن مع البراز .

ثانيًا : الفيتامينات الذائبة في الماء Water soluble vitamins

وهذه المجموعة من الفيتامينات سوف نشرحها بالتفصيل في الفصل التالي إن شاء الله .

(٧، ٤) فيتامين أ (ريتنول) Vitamin A or Retinol

(٧، ٤، ١) لمحة تاريخية

كان قدماء المصريين من ٣٦٠٠ سنة قبل الميلاد يستخدمون كبد الحوت لمعالجة ضعف البصر وأمراض العيون، وتبعهم في ذلك الصينيون بعد ذلك بقرن من الزمان كما عرف عن الطبيب الإغريقي الفيلسوف أبوقراط Hypocrates أنه كان يصف الكبد لمرضاه لمعالجة العشى الليلي (العمى الليلي).

فلقد اكتشف العالمان مكولم McCollum ودافز Davis من جامعة وسكونسن Wisconsin والعالمان أوسبورن Osborne ومنديل Mendel من جامعة يالي Yale في عام ١٩١٣م أن الفئران rats التي تتغذى الوجبات النقية purified diets مع دهن الخنزير lard كمصدر وحيد للطاقة لا تستطيع النمو، وتصاب بتقرح في العينين soreness of the eyes . ولكن عندما أعيد تغذية هذه الحيوانات مرة أخرى على الزبدة butter fat أو مستخلص صفار البيض أو زيت كبد الحوت فإن نمو الفئران عاد إلى وضعه الطبيعي، وتم شفاء العينين. وبعد العالم مكولم McCollum أول من أطلق مصطلح «فيتامين أ» الذائب في الدهن، fat soluble vitamin A في عام ١٩١٥م. ثم أوضح العالم ستين بوك Steenbock من جامعة وسكونسن Wisconsin بعد ذلك أن الصبغات النباتية الصفراء الملونة، والتي تسمى بالكاروتينات carotenes والتي توجد في الخضروات والفواكه هي التي تمثل فيتامين أ النشط. وتسمى هذه الكاروتينات حاليًا بمولدات فيتامين A precursors of Vit. A أو سابق فيتامين أ provitamin A لأنها تتحول داخل جسم الإنسان إلى فيتامين أ. وفي عام ١٩٢٢م بين العالم موراي Mori أن نقص فيتامين أ هو المسبب لمرض العمى الليلي، تلاه العالم والد Wald الذي توصل في عام ١٩٣٥م إلى أن هذا الفيتامين هو المسؤول عن الرؤية في الضوء الضعيف، ثم قام كارير Karrer في عام ١٩٣٧م باستخلاص الفيتامين من زيت كبد الأسماك، ولكن لم يتم استخلاصه تجاريًا وتصنيعه معمليًا إلا في أواخر الأربعينيات.

(٧، ٤، ٢) المسميات Nomenclature

توجد عدة أسماء لفيتامين أ ، ومنها :

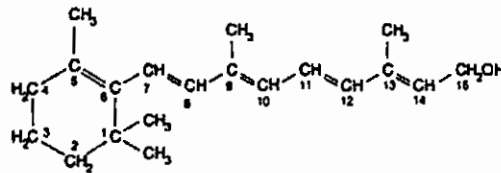
١ - الريتنول retinol (فيتامين أ الكحولي) ومشتقاته مثل إسترات الريتنول retinol esters والدهيد الريتنول (ريتنال ، retinaldehyde retinal) وحض الريتنويك retinoic acid والريتنول منزوع الهيدروجين (A) 3-dehydroretinol وتمثل هذه المركبات الشكل الجاهز لفيتامين أ ، وتوجد في المنتجات الحيوانية عديمة اللون أو ذات اللون الفاتح .

٢ - سابق فيتامين أ provitamin A مثل البيتا - كاروتين وجاما - كاروتين وألفا - كاروتين وغيرها ، وهي عبارة عن صبغات نباتية تعرف بالكاروتينات ، وتوجد في الفواكه الصفراء والأوراق الخضراء . كما قد تحتوي الزبدة والقشدة على فيتامين أ والكاروتين .

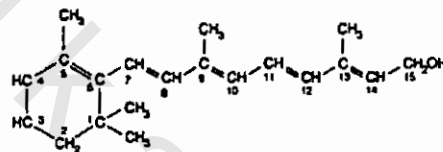
(٧، ٤، ٣) التركيب البنائي Structure

يتكون البيتا كاروتين من عدد كبير من ذرات الكربون والهيدروجين ، ويحتوي على حلقتين من البيتا - أيونون β -ionone ملتصق بها ثلاث من مجموعات المثيل (CH_3) . أما ألفا وجاما - كاروتين فيحتويان على حلقة واحدة من البيتا - أيونون ، لذا فإن الجزيء الواحد من البيتا - كاروتين يتحول داخل الجسم إلى جزئين من فيتامين أ (Retinol) نظرياً ، في حين ينتج الجزيء الواحد من ألفا أو جاما - كاروتين جزيئاً واحداً من فيتامين أ ، لذلك يعتبر البيتا - كاروتين من أكثر الكاروتينات فعالية في إنتاج فيتامين أ . وتشبه المركبات الكاروتينية carotenoids الأخرى مثل الكربتوزانثين cryptoxanthin والزانتوفيل xanthophyll البيتا كاروتين في تركيبها فيما عدا احتوائها على مجموعات هيدروكسيل في حلقة البيتا - أيونون ، لهذا فإنها غير فعالة لتكوين فيتامين أ . كما توجد حلقة البيتا - أيونون في صورة مفتوحة في مركب الليكوبين الموجود في الطماطم ، وهو من الكاروتينات غير الفعالة لإنتاج فيتامين أ . يتضح مما سبق ذكره أن فيتامين أ (الريتنول retinol) يتكون من سلسلة هيدروكربونية تحتوي على حلقة بيتا - أيونون واحدة في إحدى الأطراف ومجموعة كحول في الطرف الآخر . ولقد وجد بأنه يمكن لمجموعة الكحول في جزيء فيتامين أ أن تكون إسترات مع البروتين والأحماض الدهنية تسمى retinyl esters ، كما أن مجموعة الكحول قد تتأكسد في

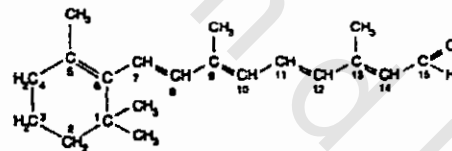
الجسم إلى ألدهيد الريتنول retinaldehyde (ريتنال). وقد يتكون حمض الريتنويك re-tinoic acid نتيجة لتحول مجموعة الكحول إلى مجموعة كربوكسيل. ويوضح الشكل (١، ٧) التركيب البنائي لفيتامين أ ومشتقاته والبيتا - كاروتين.



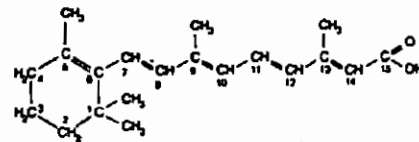
Vitamin A, or Retinol
فيتامين أ (ريتنول)



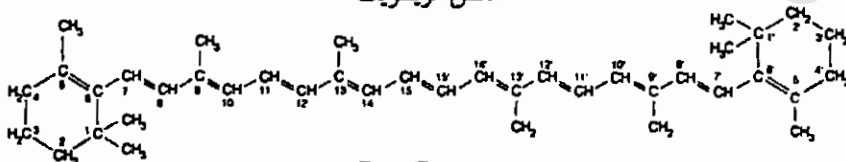
Vitamin A₂ or 3-dehydroretinol
فيتامين أ₂ (ريتنول منزوع الهيدروجين)



Retinal
ريتنال



Retinoic acid
حمض الريتنويك



Beta-Carotene
بيتا - كاروتين

شكل (١، ٧) . التركيب البنائي لفيتامين أ ومشتقاته والبيتا - كاروتين.

توجد الكاروتينات والريتنول ومشتقاته في عدة مناظرات هندسية isomeric forms مختلفة أهمها:

- ١ - المتناظرات (المتجانزات) المتجاورة cis isomers .
- ٢ - المتناظرات المتقابلة trans isomers ، وهي تتميز بأنها ذات فعالية حيوية مرتفعة highest biological activity .

وتحتوي البيتا - كاروتينات على المتناظرات المتقابلة ، لهذا فهي تحد من أكثر الكاروتينات فعالية في إنتاج فيتامين أ ، إذ أن جزيئاً واحداً منها ينتج جزيئين من فيتامين أ . أما الكاروتينات الأخرى فإن فعاليتها كفيتامين تبلغ حوالي ٥٠٪ من فعالية البيتا - كاروتين كما ذكر سابقاً .

(٧، ٤، ٤) خواص فيتامين أ Properties of vitamin A

- ١ - الفيتامين النقي عبارة عن بلورات صفراء باهتة سريعة التأكسد عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية أو الضوء أو الحرارة المرتفعة جداً (أعلى من ١٠٠°م) أو التجفيف أو عندما يحدث تزنخ للزيت المحتوي عليه .
- ٢ - قابل للذوبان في الدهن وبعض المذيبات solvents العضوية ، بينما لا يذوب في الماء .

- ٣ - يقاوم التبريد والتعقيم وحرارة الطهي العادية .
- ٤ - يتلف بالأحماض وأثناء عملية الهدرجة المتبعة في تصنيع الدهون .
- ٥ - ينصهر الفيتامين على درجة ٦٢ - ٦٤°م ، وله وزن جزيئي قدره ٢٨٦ ، ٤ .

(٧، ٤، ٥) وظائف فيتامين أ Function of vitamin A

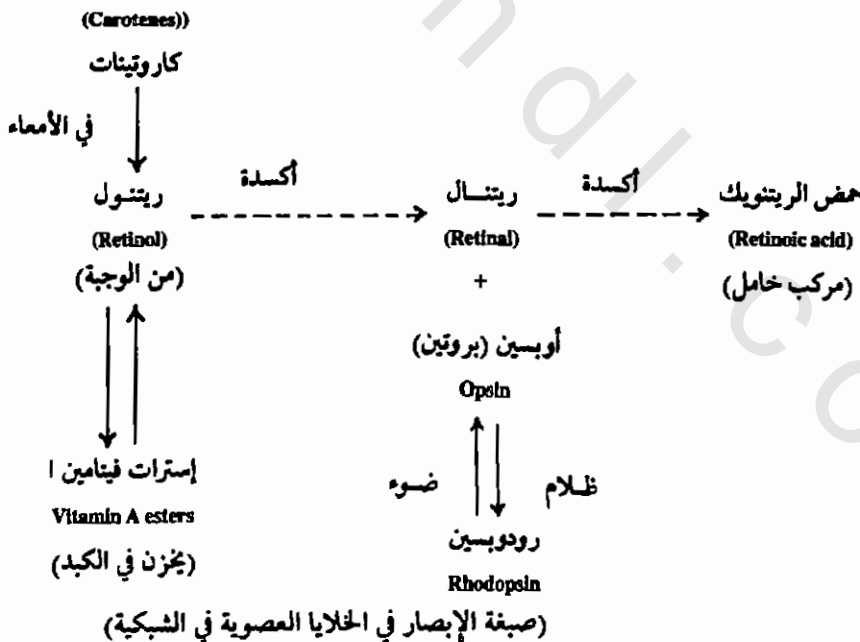
يمكن تلخيص وظائف الريتنول في جسم الإنسان كالتالي :

١ - الرؤية في الضوء الخافت Dim light vision

كان العالم George Wald هو أول من عرف دور فيتامين أ في الرؤية بوضوح ومنح على ذلك جائزة نوبل في عام ١٩٦٧م ، فلقد أوضح هذا العالم بأن شبكية العين retina تتألف من خلايا عصبية rods مسؤولة عن الرؤية ليلاً أو في الضوء الضعيف وخلايا مخروطية cones

مسؤولة عن الرؤية نهاراً أو في الضوء القوي . وتحتوي الخلايا العصبية على صبغة الرودوبسين rhodopsin (صبغة أو أرجوان الإبصار visual purple) ، في حين تحتوي الخلايا المخروطية على صبغة الأودوبسين idopsin . وتتكون صبغة الرودوبسين في الظلام في الخلايا العصبية من اتحاد بروتين الأوبسين مع الريتنال من نوع سيس (cis-isomer) وبذلك يتمكن الفرد من الرؤية في الضوء الخافت . أما صبغة الأودوبسين فتتكون من اتحاد بروتين الفوتوبسين photopsin مع الريتنال . أي عند سقوط الضوء الضعيف على شبكية العين تتحلل صبغة الرودوبسين إلى أوبسين والريتنال (يتهدم جزء كبير منه) .

يتضح مما ذكر أعلاه أن نقص فيتامين أ يؤدي إلى نقص في تكوين الرودوبسين (أرجوان الإبصار) ، مما يؤدي إلى عدم قدرة الفرد على الإبصار في الضوء الخافت . وهو ما يعرف باسم العمى الليلي night blindness ، وينذر حدوثه باحتمال الإصابة بالعمى الكلي في المستقبل . ويوضح الشكل (٧، ٢) العلاقة بين الصور الحيوية المختلفة لفيتامين أ وتكوين صبغة الإبصار في العين .



شكل (٧، ٢) . دور فيتامين أ في الإبصار .

٢ - المحافظة على الأغشية المخاطية Mucus membranes maintenance

تعتبر الأغشية المخاطية مهمة جدًا لجسم الإنسان لأنها تفرز المخاط mucus الذي يعمل كطبقة واقية ضد مهاجمة البكتيريا، مما يحمي الإنسان من الإصابة بالالتهابات والأمراض المعدية infections . ويلعب فيتامين أ دورًا مهمًا في بناء وتكوين الأغشية المخاطية المبطنة للعين cornea والجهاز التنفسي والفم والقناة الهضمية والقناة البولية . لهذا فإن نقص فيتامين أ يؤدي إلى عدم قدرة الأغشية المخاطية على إفراز المخاط مما يعمل على تصلب (تقرن) الأغشية المخاطية المبطنة للقرنية (الغطاء الخارجي للعين) keratinization of cornea وهذا يعرف بمرض جفاف العين xerophthalmia . وتظهر أعراض مرض جفاف العين على شكل جفاف في القرنية وورم للجفون وقلة إفراز الدموع وظهور بقع وقروح بيضاء تشبه الرغوة على القرنية ثم يحدث العمى الدائم في النهاية . كذلك فإن تصلب الأغشية المخاطية المبطنة للجهاز التنفسي يؤدي إلى تكرار الإصابة بالالتهابات، كما يؤدي نقص هذا الفيتامين إلى حدوث جفاف وتقرح في الجلد خصوصًا الفخذين والذراعين ويتشتر مرض العمى الدائم (الكلي) الناتج من نقص فيتامين A في بعض البلدان النامية مثل إندونيسيا وأفريقيا والهند، حيث أشارت الإحصائيات إلى أن هناك ٢٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ حالة من العمى الكلي سنويًا . وتجدر الإشارة إلى أن مرض جفاف العين يحدث في جميع الأعمار المختلفة، إلا أنه ينتشر بكثرة بين الأطفال المصابين بسوء التغذية نتيجة نقص السرعات والبروتين .

٣ - النمو Growth

يلعب فيتامين أ دورًا بارزًا بالنسبة لنمو العظام والأسنان عند الأطفال، حيث يؤدي نقصه إلى عدم قدرة العظام على النمو طوليًا وعرضيًا، في حين تؤدي الزيادة منه إلى هشاشة العظام وسهولة كسرها . كذلك فإن تغذية الفئران على غذاء خالٍ من فيتامين أ يؤدي إلى توقف نموها كلية . كما أن فيتامين أ ضروري لنمو الجنين وتطور المشيمة .

٤ - التكاثر Reproduction

يؤدي نقص فيتامين أ إلى ضعف في التكاثر وفي تكوين الحيوانات المنوية نتيجة لتحلل

خلايا الأعضاء الجنسية. كما أن هذا الفيتامين يعد ضرورياً لتكوين البروتينات الكربوهيدراتية glycoproteins .

(٦، ٤، ٧) مصادر فيتامين أ الغذائية Dietary sources of vitamin A

يعتبر كبد الحيوانات والأسماك من المصادر الغذائية الغنية بفيتامين أ، لأن الحيوانات والأسماك تخزن الفيتامين في كبدها، لهذا فإن تناول الفرد الكبد مرة في الأسبوع يمدّه بجميع احتياجاته من فيتامين أ. كذلك يوجد فيتامين أ بكميات كبيرة في صفار البيض والزبدة والحليب الكامل الدسم ومنتجاته والجبن وزيت السمك والقشدة. كما تعد الخضروات الورقية الخضراء والفواكه الصفراء كالجوز والمشمش والبابايا والخوخ والبطاطا والقرع العسلي وورق العنب والبقدونس والملوخية والسبانخ والأسبرجس من المصادر الغنية بالكاروتين. أما الحبوب والزيوت النباتية فيها عدا زيت النخيل الأحمر فإنها لا تعد مصادر لفيتامين أ. وتجدر الإشارة إلى أن الزبدة المصنعة (المارجرين) تعدُّ مصدرًا جيدًا للريتنول الذي يضاف إليها أثناء التصنيع. ويبين جدول (٧، ١) محتوى بعض الأغذية من فيتامين أ.

جدول (٧، ١). محتوى بعض الأغذية من فيتامين أ (Vitamin A).

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	فيتامين أ (وحدة دولية IU)	مكافئ الريتنول (RE)
الخضروات والفواكه ^(١)			
سبانخ spinach	نصف كوب	١٠٦٠٠	١٠٦٠
جزر مقطع diced	نصف كوب	٩٠٦٥	٩٠٦
كرنب kale	نصف كوب	٤٦١٠	٤٦١
بروكولي broccoli	نصف كوب	٢٥٥٠	٢٥٥
أسبرجس asparagus	نصف كوب	٩١٠	٩١
بازلاء	نصف كوب	٥٧٥	٥٨
كرنب ذو الرؤوس eruslees sprouts	نصف كوب	٢٦٠	٢٦
فاصوليا ليم	نصف كوب	٢٣٠	٢٣
كرنب أو ملفوف cabbage مطهي	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٧٥	٨
لفت turnip	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٥٤٠٠	٥٤٠
بطاطس حلوة	١ حبة صغيرة (١٠٠ جرام)	٦٧٠	٦٧

تابع جدول (١، ٧).

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	فيتامين أ (وحدة دولية IU)	مكافئ الريتينول (RE)
مشمش جاف apricots	نصف كوب	٨١٩٥	٨٢٠
مشمش معلب	نصف كوب	٢٢٦٠	٢٢٦
باباي papay	نصف كوب	١٥٩٥	١٦٠
بطيخ watermelon	2 pound wedge	١٢٦٥	١٢٦
خوخ peaches	نصف كوب أو ١ حبة متوسطة	١١١٥	١١٢
برتقال	١ حبة متوسطة	٢٩٠	٢٩
موز	١ حبة متوسطة	٩٥	١٠
أناناس	نصف كوب	٩٠	٩
تفاح	١ حبة متوسطة	٩٠	٩
شمام cantaloup	ثلث حبة (١٠٠ جرام)	٣٤٠٠	٣٤٠
منتجات الألبان ^(٢)			
حليب كامل	١ كوب (٢٤٤ جراماً)	٣٩٠	١١٨
جبنة شيدر cheddar	١ أوقية (٣٠ جراماً)	٣٧٨	١١٤
زبدة butter	١ ملعقة مائدة	٢٣٠	٧٠
مارجرين margarine	١ ملعقة مائدة	٢٣٠	٧٠
حليب خال من الدهن	١ كوب (٢٤٤ جراماً)	١٠	٣
اللحم والسّمك والدواجن والبيض ^(٢)			
بيض	١ حبة كاملة	٥٩٠	١٧٩
بيض	صفار بيضة كاملة	٥٨٠	١٧٦
كبدة بقر	٣ أوقية	٤٥٤٥٠	١٣٧٧٣
كبدة خروف lamb	٣ أوقية	٤٣٠٠٠	١٣٠٣٠
كبد الدواجن	٣ أوقية	٢٧٠٠٠	٨١٨٢
كبد عجل calf	٣ أوقية	١٩٠٠٠	٥٧٥٨
لحم بقرى مطهي	٣ أوقية	٥١	

المصدر: Guthrie, H.A., (1983), p. 243.

١ - بحسب مكافئ الريتينول بقسمة الوحدات الدولية (IU) على ١٠.

٢ - بحسب مكافئ الريتينول بقسمة الوحدات الدولية على ٣,٣.

Deficiency of vitamin A (٧، ٤، ٧) نقص فيتامين أ

يخزن الكبد حوالي ٩٥٪ من فيتامين أ الموجود في الجسم، ويمد هذا المخزون الجسم باحتياجاته لمدة تصل إلى ٣ أشهر بالرغم من تناول وجبات غذائية فقيرة بفيتامين أ. ويؤدي

تناول وجبات غذائية منخفضة في محتواها من فيتامين أ إلى الآتي :

١ - العمى الليلي Night blindness

يعتبر العمى الليلي من الأعراض المبكرة لنقص فيتامين أ ، ويتميز بعدم قدرة الفرد على الرؤية في الضوء الخافت . وتجدر الإشارة إلى أنه يصعب على الطبيب معرفة المرض في الأطفال ، لهذا يجب على الأم ملاحظة قدرة طفلها على الرؤية في الضوء الخافت لاكتشاف المرض مبكراً . وينتج العمى الليلي من نقص فيتامين أ لأنه يدخل في تكوين صبغة الإبصار التي تعرف بالرودوبسين rhodopsin الموجودة في شبكية العين retina كما سبق ذكره . ويعالج العمى الليلي بإعطاء جرعات من فيتامين أ .

٢ - مرض جفاف القرنية Xerophthalmia

عند الإصابة بهذا المرض تصبح القرنية سميكة وغير شفافة (معتمة) opaque ويحدث تصلب في ملتحمة العين والقرنية ، وكذلك تظهر فيهما بقع وقروح على شكل رغوة وفي النهاية يحدث العمى الدائم نتيجة لعدم قدرة أشعة الضوء light rays من المرور إلى العين . كما وقد تصبح قرنية العين لينة keratomalacia في النهاية . وبين الشكل (٣ ، ٧) تصلب قرنية العين نتيجة نقص فيتامين أ .



شكل (٣ ، ٧) . تصلب قرنية العين keratinization of cornea .

المصدر : Shills, M.E. and Young, V.R. (1988).

٣ - التهاب الجهاز التنفسي Respiratory infection

يلعب فيتامين أ دوراً مهماً في تكوين الأنسجة المخاطية المبطن للجهاز التنفسي، مما يحميه من مهاجمة البكتيريا والإصابة بالأمراض المعدية والالتهابات.

٤ - إعاقة النمو والتكاثر Reproduction and growth retardation

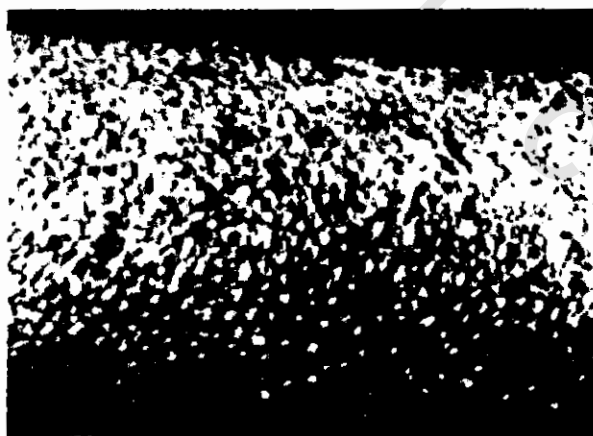
يتوقف نمو الأسنان نتيجة عدم تكون مادة الدنتين dentin (المادة الطرية تحت المينا) والمينا enamel التي تغطي الأسنان من الخارج.

٥ - زيادة التقرن Hyperkeratosis

وقد يحدث انسداد في كيس الشعر بسبب تراكم الكيراتين keratin ، مما يؤدي إلى تكوين نتوءات lumps بيضاء وتجبب سطح الجلد خصوصاً جلد الزراع كما في الشكل (٧، ٤).

٦ - إعاقة التكاثر Reproduction retardation

يؤدي نقص فيتامين أ إلى ضعف في تكوين الحيوانات ونمو الجنين وتطور المشيمة وكذلك يؤدي إلى حدوث تشوهات خلقية في الجنين.



شكل (٧، ٤). فرط التقرن الجريبي لجلد الزراع follicular hyperkeratosis.

المصدر: Whitney, E.N. et al. (1990).

٧ - تغيرات في الجلد *Changes in skin* يصبح الجلد جافاً وخشناً خصوصاً على الكتفين.

(٨, ٤, ٧) احتياجات فيتامين أ اليومية *Daily requirements of vitamin A*

تتوقف الكمية التي يحتاجها الشخص من فيتامين أ على وزن الجسم، فمثلاً يحتاج الجسم إلى ٦ ميكروجرامات ريتينول (٢٠ وحدة دولية) لكل كيلوجرام من وزن الجسم أو ٢٤ ميكروجراماً بيتا - كاروتين (٤٠ وحدة دولية) لكل كيلوجرام من وزن الجسم. وقد كانت الوحدة الدولية تستخدم في السابق لقياس كمية الفيتامين المستهلكة، ولكن بعد توافر الريتينول في صورة بلورات نقية حديثاً فإن مكافئات الريتينول أصبحت تستخدم بدلاً من الوحدة الدولية.

ولقد أصدرت منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO عام

١٩٧٤م التوصيات التالية:

- من الميلاد - ١ سنة: ١٠٠٠ وحدة دولية/اليوم (٣٠٠ ميكروجرامات ريتينول/يوم)
- من ١ - ٣ سنوات: ٨٣٠ وحدة دولية/اليوم (٢٥٠ ميكروجراماً ريتينول/يوم)
- من ٤ - ٦ سنوات: ١٠٠٠ وحدة دولية/اليوم (٣٠٠ ميكروجرامات ريتينول/يوم)
- من ٧ - ٩ سنوات: ١٣٣٠ وحدة دولية/اليوم (٤٠٠ ميكروجرامات ريتينول/يوم)
- من ١٠ - ١٢ سنة: ١٩١٥ وحدة دولية/اليوم (٥٧٥ ميكروجراماً ريتينول/يوم)
- من ١٣ - ١٥ سنة: ٢٤١٥ وحدة دولية/اليوم (٧٢٥ ميكروجراماً ريتينول/يوم).
- من ١٦ - ١٩ سنة: ٢٥٠٠ وحدة دولية/اليوم (٧٥٠ ميكروجراماً ريتينول/يوم).
- الحوامل: ٢٥٠٠ وحدة دولية/اليوم (٧٥٠ ميكروجراماً ريتينول/يوم).
- المرضعات: ٤٠٠٠ وحدة دولية/اليوم (١٢٠٠ ميكروجرامات ريتينول/يوم).
- البالغون والبالغات: ٢٥٠٠ وحدة دولية/اليوم (٧٥٠ ميكروجرامات ريتينول/يوم).

كما حددت هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية في مجلس البحوث الوطني (FNB/NRC, 1989) المقررات الغذائية المقترحة RDA من فيتامين أ والتي يمكن إيجازها في الآتي:

الأطفال من الولادة - السنة الأولى من العمر: ٣٧٥ ميكروجرامات مكافئ الريتنول في اليوم

الأطفال من ١ - ٦ سنوات : ٤٠٠ - ٥٠٠ ميكروجرام مكافئ الريتنول في اليوم

الأطفال من ٧ - ١٠ سنوات : ٧٠٠ ميكروجرام مكافئ الريتنول في اليوم

المراهقون والبالغون والمسنون : ١٠٠ ميكروجرام مكافئ الريتنول في اليوم

المراهقات والبالغات والمسنات والحوامل : ٨٠٠ ميكروجرام مكافئ الريتنول في اليوم

المرضعات : ١٣٠٠ و ١٢٠٠ ميكروجرام مكافئ الريتنول أثناء الستة أشهر الأولى

والثانية من الرضاعة على التوالي.

ويمكن توضيح العلاقة بين وحدات قياس فيتامين أ كالتالي:

١ مكافئ الريتنول = ١ ميكروجرام ريتينول.

١ مكافئ الريتنول = ١٢ ميكروجراما مولدات فيتامين أ عدا بيتا - كاروتين

.B-Carotene

١ مكافئ الريتنول = ١٠ وحدات دولية بيتا - كاروتين.

١ مكافئ الريتنول = ٣,٣٣ وحدة دولية ريتينول.

١ مكافئ الريتنول = ٦ ميكروجرامات بيتا - كاروتين.

١ وحدة دولية من فيتامين أ = ٣,٠ ميكروجرام ريتينول.

١ وحدة دولية من فيتامين أ = ٦,٠ ميكروجرام بيتا - كاروتين.

ويؤدي تناول الرضيع ١٠٠ ملليلتر من حليب الأم إلى إمداده بحوالي

٤٩ ميكروجراماً من فيتامين أ. لهذا فإن إعطاء الرضيع ٨٥٠ ملليلترًا من حليب الأم

يوميًا يمدّه بحوالي ٤٢٠ ميكروجراماً من مكافئ الريتنول.

(٧, ٤, ٩) امتصاص فيتامين أ ونقله وأيضه وتخزينه Absorption; transportation;

metabolism and storage of vitamin A

يوجد فيتامين أ في الوجبة الغذائية على صورة إسترات الريتنول retinyl esters

التي تتحلل في الأمعاء بواسطة الإنزيمات المعوية والبنكرياسية إلى الريتنول retinol.

ويتم امتصاص الريتنول من خلال جدار الأمعاء ويتحد داخل خلاياها مع الحمض

الدهني استياريك stearate أو بالميتيك palmitate لتكوين إسترات الريتنول أو بالميتات الريتنول retinyl palmitate or stearate . وتنقل إسترات الريتنول بواسطة الكيلوميكرونات chylomicrons عن طريق الجهاز الليمفاوي lymphatic system والدم إلى الكبد حيث تخزن فيه . أما بالنسبة للوجبة الغذائية المحتوية على مولدات فيتامين A provitamins A (الكاروتينات carotenes) فإنها تمتص من الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة (٣٣٪) وتتحول داخل خلايا الأمعاء الدقيقة إلى ريتينال retinal ثم إلى ريتينول retinol وفي النهاية إلى إسترات الريتنول retinyl esters . إلا أن بعض الكاروتينات تمتص كما هي من خلال جدار الأمعاء ، ومنها ينقل عن طريق الليمف والدم إلى بعض أنسجة الجسم مثل الكبد والكليتين والنسيج الدهني . يتحلل فيتامين A المخزن في الكبد في صورة إسترات الريتنول بفعل الإنزيمات إلى ريتينول عند حاجة الجسم إليه ، وينقل في الدم مرتبطاً مع بروتين آخر يسمى «البروتين الرابط للريتنول (RBP) retinol-binding protein» إلى أنسجة الجسم المختلفة ويعمل الكبد على تنظيم مستوى فيتامين A في الدم حتى في حالة تناول غذاء خال من فيتامين A لمدة طويلة (ثلاثة شهور) . ويتأثر امتصاص فيتامين A من الأمعاء الدقيقة بجميع العوامل التي تؤثر على امتصاص الدهون مثل تليف البنكرياس وانسداد قناة المرارة وأمراض الكبد . ولقد وجد أن نقص الزنك وفيتامين هـ والبروتين والدهون في الوجبة الغذائية يقلل من معدل امتصاص فيتامين A كما وجد أن كمية فيتامين A في كبد الرضيع تكون منخفضة بعد الولادة ، لهذا ينصح بإعطائه الفيتامين في عمر أسبوعين . كما ينصح بإعطاء الأم الفيتامين أثناء الحمل وبعد الولادة لوقاية الرضيع من أمراض العين التي سبق الإشارة إليها .

(١٠، ٤، ٧) الإفراط في تعاطي فيتامين A Hypervitaminosis A

يؤدي الإفراط في تناول فيتامين A إلى التسمم نظراً لأنه من الفيتامينات الذائبة في الدهن، وتخزن الكميات الزائدة منه عن احتياجات الشخص في الجسم . وتظهر أعراض التسمم بفيتامين A بصفة متكررة على الأطفال بسبب الاهتمام الزائد من الأبوين فيما يتعلق بتقديم كميات زائدة من الأغذية المختلفة مثل حبوب الإفطار والبسكويتات الغنية بالفيتامينات، وذلك لضمان حصول الطفل على احتياجاته من

العناصر الغذائية، وجميع هذه الأغذية مدعمة بفيتامين أ. لقد أشارت الدراسات إلى أن تناول الطفل جرعة مقدارها ٥ ملليجرامات ريتنول في اليوم لمدة شهر واحد يؤدي إلى حدوث التسمم في الأطفال الرضع infants. كذلك ظهرت أعراض التسمم بفيتامين أ على الأطفال (١-٣ سنوات) الذين يأخذون جرعات يومية من فيتامين أ مقدارها ٣٠ - ١٥٠ ملليجراما ريتنول لعدة شهور. وتتمثل أعراض التسمم بفيتامين أ على الأطفال في صورة أكلان وجفاف في الجلد وآلام في الرأس وفقد الشهية للطعام anorexia وحدة الطبع irritability وضعف الشعر وضآلته sparse hair وانتفاخات في العظام الطولية نتيجة العرن العظمي (نامية عظمية فوق عظم) bone exostoses وتشوهات في الجمجمة (بروز الجبهة) والتقيؤ. وتجدر الإشارة هنا إلى أن تناول المرأة الحامل كميات زائدة من فيتامين أ يؤدي إلى حدوث تشوهات خلقية في الجنين ونمو غير طبيعي للجهاز التناسلي والبولي. كما ظهرت أعراض التسمم بفيتامين أ على البالغين خصوصاً النساء اللاتي تناولن جرعات تتراوح كمياتها بين ١٤ - ٩٠ ملليجراماً ريتنول في اليوم لمدة تزيد على ثمانية شهور. وتظهر الأعراض في البالغين على صورة صداع وتضخم في الكبد والطحال وتغيرات في الجلد وفقدان الشعر واضطرابات في البطن وآلام في العظام والمفاصل وسهولة تكسر العظام، وتختفي أعراض التسمم بفيتامين أ بصورة سريعة عند التوقف عن تناول الفيتامين أو الأغذية الغنية به.

(٧، ٥) فيتامين د Vitamin D or Cholecalciferol

(٧، ٥، ١) لمحة تاريخية

ساعد مرض الكساح rickets على اكتشاف فيتامين د، ففي عام ١٩٢٢م استعمل ترووسو Trousseau زيت كبد الحوت cod liver oil لمعالجة الأطفال من الكساح، وتلاه ميلانبي Mellanby الذي وضع نظريته التي تقول بأن الكساح مرض غذائي يمكن معالجته بتناول زيت كبد الحوت وذلك بعد أن قام بإجراء تجارب ناجحة في علاج الحيوانات من الكساح. ويعد العالم ماكولم McCollum (١٩٢٢م) أول من أطلق اسم فيتامين د على العامل الذي يعالج الكساح antirachitic factor. وفي عام ١٩٢٤م استطاع العالمان ستين بوك Steenbock وهيس Hess من معرفة العلاقة بين

الأشعة فوق البنفسجية وفيتامين د ، ثم فيما بعد (١٩٣٠م) عزل فيتامين د النقي في صورة بلورات crystalline ، وسمي كالسيفيرول calciferol .

(٧، ٥، ٢) المسميات Nomenclature

يعد فيتامين د من المواد المضادة للكساح ويوجد له صورتان مهمتان من الوجهة الغذائية وهما:

١ (فيتامين د ٢ vitamin D2 أو كالسيفيرول calciferol أو فيوستيرول -vitos- terol أو إرجوكالسيفيرول ergocalciferol .

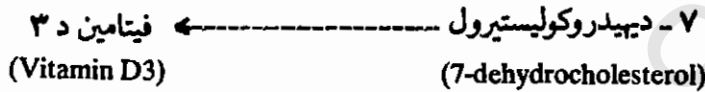
ب (فيتامين د ٣ vitamin D3 أو كوليكالسيفيرول cholecalciferol .
يتكون فيتامين د ٢ من تعرض مادة الإرجستيرول ergosterol (مولد الفيتامين precursor) الموجودة في النباتات خصوصاً الطحالب والخميرة إلى الأشعة فوق البنفسجية كالتالي:

أشعة فوق البنفسجية (UV)



كذلك يتكون فيتامين د ٣ من تعرض مركب ٧ - ديهيدروكوليسترول 7-dehyd-rocholesterol (مولد الفيتامين precursor) الموجودة في الخلايا الحيوانية (الطبقة الدهنية تحت الجلد) إلى الأشعة فوق البنفسجية كالتالي:

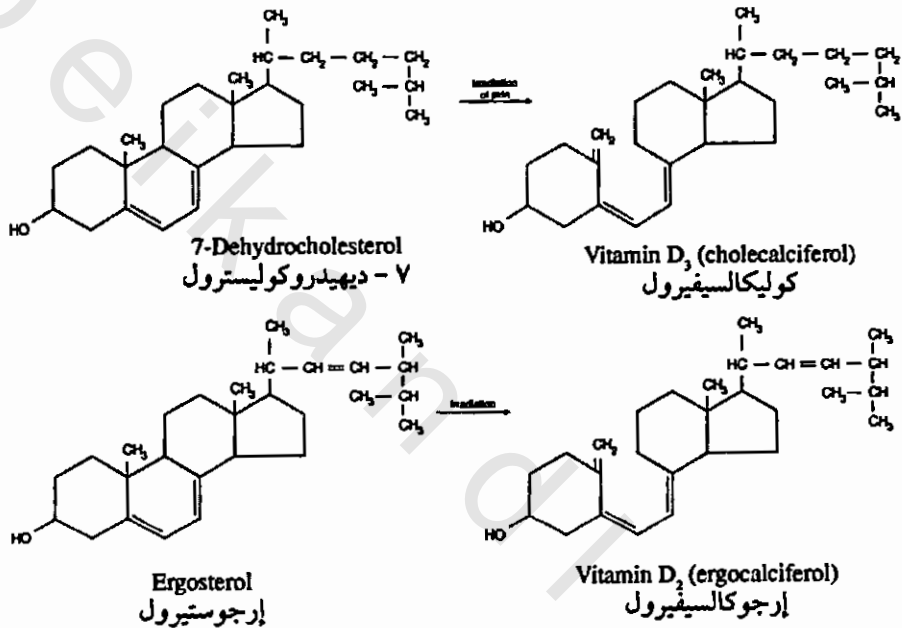
الأشعة فوق البنفسجية (UV)



يتوافر فيتامين د ٣ الفعال فسيولوجياً بكثرة في الطبيعة (الخلايا الحيوانية)، في حين أنه يوجد فيتامين د ٢ بشكل محدود جداً في الطبيعة وعلى صورة مولدات الفيتامين provitamins . وتجدر الإشارة إلى أن تركيز الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس تكون أعلى ما يمكن بعد الشروق (الصباح الباكر) وقبل الغروب .

التركيب البنائي لفيتامين د (٧, ٥, ٣) Structure of vitamin D

تتبع مولدات فيتامين د إلى مجموعة الإستيرولات steroid الدهنية وهي تتكون من ثلاث حلقات سداسية وحلقة واحدة خماسية ويتميز الإرجوستيرول بوجود ثلاث روابط مزدوجة بدلاً من اثنتين كما في ٧ - ديهيدروكوليستيرول 7-dehydrocholesterol والشكل (٧, ٥) يوضح التركيب البنائي لفيتامين د ومولداته .



شكل (٧, ٥) : فيتامين د ومولداته .

المصدر : Lehninger, A. L. (1975)

خواص فيتامين د (٧, ٥, ٤) Properties of vitamin D

- ١ - الصورة النقية من فيتامين د عبارة عن بلورات بيضاء عديمة الرائحة قابلة للذوبان في الدهن والمذيبات العضوية، وغير قابلة للذوبان في الماء .
- ٢ - يقاوم الحرارة والأكسدة وتأثير القلويات، أي أنه من أكثر الفيتامينات استقراراً ومقاومة للتلف .

٣ - ينصهر فيتامين د ٢ على درجة ١١٥ - ١١٧°م في حين ينصهر فيتامين د ٣

على درجة ٨٢ - ٨٣°م ، ووزنها الجزيئي ٣٩٦ و ٣٨٤ على التوالي .

(٧, ٥, ٥) وظائف فيتامين د Functions of vitamin D

١ - امتصاص الكالسيوم والفوسفور. **Calcium and phosphorus absorption**
يساعد فيتامين د على امتصاص الكالسيوم والفوسفور من الأمعاء حيث يحفز الشكل الهرموني ١,٢٥، ٢٥ ثنائي هيدروكسي كوليكالسيفيرول $1,25-[OH]_2D_3$ or Calcit- roil $1,25-dihydroxycholecalciferol$ على تخليق البروتين الحامل للكالسيوم (Ca-BP) calcium-binding protein والبروتين الحامل للفوسفور (P-BP) phosphorus-binding protein وهما ينقلان الكالسيوم والفوسفور خلال جدار الأمعاء (الاثنى عشر والقولون) إلى الدم .

٢ - المحافظة على مستوى الكالسيوم والفوسفور في الدم - Maintenance of calcium and phosphorus in blood

يلعب هذا الفيتامين دوراً مهماً في المحافظة على مستوى الكالسيوم والفوسفور في الدم خصوصاً عندما لا يحدث امتصاص لهذه العناصر في الأمعاء نتيجة لانخفاضها في الوجبة الغذائية ويتم ذلك كالآتي:

أ () يحفز الشكل الهرموني لفيتامين د $(1,25-(OH)_2D_3)$ على تحرك mobilization الكالسيوم والفوسفور وانتقالهما من العظام إلى الدم وذلك بمساعدة هرمون الباراثيرويد (PTH) parathyroid hormone .

ب () يعمل فيتامين د على إعادة امتصاص الكالسيوم والفوسفور في الكليتين مما يقلل من فقدان هذه المعادن من الجسم ويزيد تركيزها في الدم .

٣ - ترسيب الكالسيوم والفوسفور في العظام

يلعب فيتامين د دوراً بارزاً في عملية تكلس العظام calcification أو التعظم ossification وهذا ناتج من تأثير الفيتامين المنشط لإنزيمات الفوسفوتيز القلوية alkaline phosphatases التي تساعد على امتصاص كميات أكبر من الكالسيوم وترسيبها في العظام .

(٧, ٥, ٦) مصادر فيتامين د الغذائية Dietary sources of vitamin D

يمكن تقسيم مصادر فيتامين د إلى الآتي:

١ - مصادر غير غذائية

تعتبر الشمس المصدر الرئيسي لفيتامين د الذي يتكون داخل الجلد نتيجة تعرض مركب ٧ - ديهيدروكوليستيرول 7-dehydrocholesterol إلى الأشعة فوق البنفسجية. لهذا فإن عدم تعرض الشخص وخصوصًا الأطفال إلى أشعة الشمس أو حجب هذه الأشعة بتغطية الجسم أو بزجاج النوافذ أو بعوامل تلوث الهواء (الأتربة dust والدخان smoke والضباب fog) يؤدي إلى قلة أو عدم إستفادة الإنسان من هذا المصدر.

٢ - مصادر غذائية

تعتبر مصادر فيتامين د الغذائية محدودة في الطبيعة وأفضل مصدر له هو زيت كبد السمك fish liver oil. كما أن صفار البيض والكبد والزبدة والسمك (السلمون sal-mon، التونة tuna والسردين sardines) والحليب الكامل ومنتجاته تحتوي على كميات ضئيلة من فيتامين د. وتجدر الإشارة إلى أن بعض المواد الغذائية مثل الحليب (١٠ ميكروجرامات / لتر حليب) والسمنة النباتية والمارجرين تدعم بفيتامين د، حيث إن تدعيم الحليب بهذا الفيتامين يؤمن حصول الأطفال على احتياجاتهم اليومية منه، بالإضافة إلى أنه يساعد على امتصاص الكالسيوم والفوسفور الضروريين لنمو العظام والهيكل العظمي من الحليب.

(٧, ٥, ٧) نقص فيتامين د Deficiency of vitamine D

تتلخص أعراض نقص فيتامين د لدى الإنسان في التالي:

١ - الكساح Rickets

يعتبر الكساح من الأعراض الأساسية لنقص فيتامين د الذي يلعب دورًا مهمًا في عملية امتصاص الكالسيوم والفوسفور والمحافظة على مستوَاهما الملائم في الدم. بمعنى آخر يحدث الكساح نتيجة فشل التكلس calcification (ترسيب الكالسيوم والفوسفور) أثناء نمو العظام. ويصيب الكساح عادة الأطفال خصوصًا في حالة نقص الفيتامين

أثناء مرحلة الحمل والرضاعة وتتمثل أعراض المرض بحدوث تضخم في مفصل القدم والركبة ومعصم اليد limbs bowing وكبر حجم الرأس enlargement of head وبروز الجبهة وتحديها rachitic bossing fronto و تقوس الأرجل legs bowing ورخاوة الجمجمة cranetables وعدم تعظمها بشكل متكامل في الجهة الخلفية، أو تضخم الضلوع الغضروفية عند نهايتها بشكل منتظم يشبه السبحة، لهذا تسمى هذه الحالة بالسبحة الكساحية rachitic rosary . كما تتقوس الضلوع مما يصغر من حجم القفص الصدري ويعرف ذلك باسم صدر الحمامة pigeon breast ، ولا يمكن معالجة التقوسات والتشوهات في الأطفال إذا استمر نقص الفيتامين حتى عمر ٢ - ٣ سنوات . والشكل (٦، ٧) يبين بعض أعراض مرض الكساح في الأطفال .



شكل (٦، ٧) : الكساح rickets .

المصدر : Guthrie, H.A. (1986)

٢ - لين العظام Osteomalacia

يؤدي نقص فيتامين د إلى لين العظام في الأشخاص البالغين وخصوصًا المسنين والمرضعات والحوامل وذلك نتيجة لسحب الجنين أو الرضيع الكالسيوم والفوسفور من الهيكل العظمي للام وكذلك نتيجة لنقص هذه الأملاح في الوجبة الغذائية وتكرار الحمل. وتمثل أعراض مرض لين العظام في التواء الحوض في المرأة الحامل مما يعسر عملية الولادة وتقوس الأرجل وانحناء العمود الفقري وطراوة العظام softening bones . ويندر حدوث هذا المرض إلا في الحالات التي يصاب فيها الشخص بأمراض تعوق امتصاص فيتامين د مثل مرض السلياك (celica disease) nontropical sprue أو إعاقة إفراز (انسداد) قناة الصفراء bile ducts أو عدم كفاية إفرازات البنكرياس أو أمراض الكبد.

٣ - الأسنان Teeth

يسبب نقص فيتامين د تأخر ظهور الأسنان وتطورها ببطء ويشكل غير طبيعي poor and improper development وإصابتها بالتسوس نتيجة لنقص الكالسيوم.

٤ - العضلات Muscle

يؤدي انخفاض الكالسيوم في الدم بسبب نقص فيتامين د إلى تغيرات switches وتشنجات spasms عضلية.

(٧, ٥, ٨) احتياجات فيتامين د اليومية Daily requirements of vitamin D

سبق أن أشرنا إلى أن الشمس هي المصدر الرئيسي لفيتامين د الذي يحصل عليه جسم الإنسان، لذا فإنه من الصعوبة تحديد كمية الفيتامين التي يحتاجها الشخص في غذائه. إلا أن هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي (FNB, 1989) قد حددت المقررات الغذائية المقترحة RDA كالتالي:

الرضع (من الولادة - حتى السنة الأولى من العمر): ٧, ٥ - ١٠ ميكروجرامات
الأطفال والمراهقون والمراهقات والبالغون والبالغات (١٩ - ٢٤ سنة):

٥ ميكروجرامات

١٠ ميكروجرامات

الحوامل والمرضعات:

البالغون والبالغات (٢٥-٥٠ سنة) والمسنون والمسنات: ٥ ميكروجرامات
كما توصي منظمتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية (FAO/WHO) بالمقررات
التالية:

الأطفال حتى عمر ٦ سنوات: ١٠ ميكروجرامات (٤٠٠ وحدة دولية)
الحوامل والمرضعات: ١٠ ميكروجرامات (٤٠٠ وحدة دولية)
الأطفال من عمر ٧ سنوات والمراهقون والبالغون: ٢,٥ ميكروجرام (١٠٠ وحدة دولية)
ويشكل عام فإنه ينصح الشخص بالتعرض لأشعة الشمس لمدة لا تقل عن
نصف ساعة في اليوم وعدم السكن في المناطق التي لا تشرق فيها الشمس لمدة طويلة
وتجنب السكن في أزقة المدن التي لا تصل فيها الشمس إلى داخل المنزل وذلك لتفادي
الإصابة بمرض الكساح. كما أنه من الضروري توعية الأمهات بإعطاء أطفالهم الرضع
الذين يتغذون من الثدي breast-fed infants جرعات من فيتامين د ابتداء من أول
الشهر الثالث من العمر لتجنب إصابتهم بالكساح. ولقد وجد أن الشخص البالغ
يحصل على كمية كافية من فيتامين د من تعرضه للشمس إلى جانب قدر ضئيل يحصل
عليه من الغذاء.

يعبر عن كمية فيتامين د بالوحدات الدولية (IU) أو بالميكروجرام كالسيفيول
calciferol ويمكن توضيح العلاقة بينهما كالآتي:

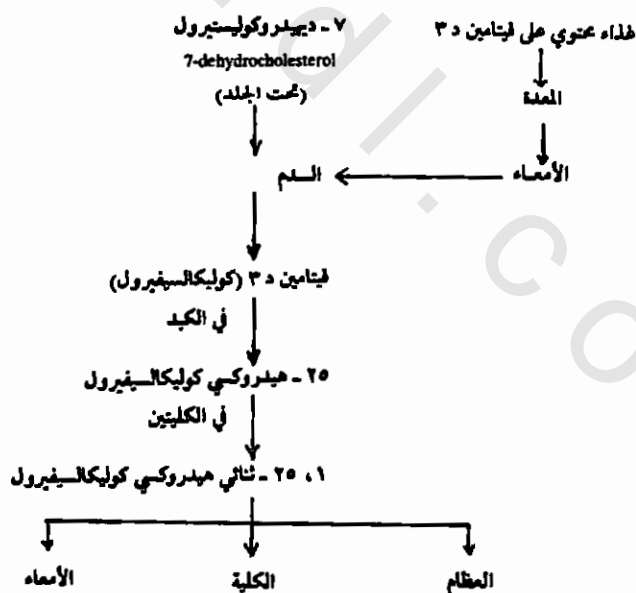
١ ميكروجرام كوليكالسيفيول cholecalciferol = ١ ميكروجرام إرجوكالسيفيول.
١ ميكروجرام كوليكالسيفيول cholecalciferol = ٤٠ وحدة دولية فيتامين د.
إن تناول الشخص البالغ كوبين من الحليب المدعم fortified milk بفيتامين د
في اليوم يمدّه باحتياجاته اليومية من هذا الفيتامين حتى وإن لم يتعرض إلى أشعة
الشمس.

(٧, ٥, ٩) امتصاص فيتامين د ونقله وأيضه وتخزينه, Absorption, transportation,
metabolism and storage of Vit. D

عندما يتناول الشخص غذاءً غنياً بفيتامين د (كوليكالسيفيول، د ٣) عن
طريق الفم فإنه يمتص في الأمعاء الدقيقة (الصائم jejunum واللفائفي ileum)

بمساعدة الدهون والصفراء bile ثم ينتقل فيتامين د ٣ المختص في الكيلوميكرومات chylomicrom إلى الدورة الدموية من خلال الليمف lymph منه إلى الكبد . كذلك فإن فيتامين د ٣ المصنع تحت الجلد من تعرض مركب ٧ - ديهيدروكوليستيرون 7-dehyd-rocholesterol إلى الأشعة فوق البنفسجية ينقل إلى الكبد من خلال الليمف كما يحدث بالنسبة لفيتامين د ٣ الموجود في الغذاء يتحول فيتامين د ٣ (كوليكالسيفيرون) في الكبد إلى ٢٥ - هيدروكسي كوليكالسيفيرون (calcidiol) 25-hidroxy cholecalciferol والذي يعرف بالشكل غير الفعال والسائد في الدورة الدموية . ثم ينقل المركب الأخير في الدم بواسطة حامل بروتيني إلى الكليتين kidneys حيث يتحول بمساعدة بعض الإنزيمات إلى ١ ، ٢٥ - ثنائي هيدروكس كوليكالسيفيرون (يعمل كهرمون) 1,25-hidroxy cholecalciferol ، كما يتحكم هرمون الغدة فوق الدرقية (هرمون الباراثيرويد parathyroide hormone) في تكوين هذا المركب ، ويعتبر مركب ١ ، ٢٥ - ثنائي هيدروكس كوليكالسيفيرون الشكل الفعال لفيتامين د والذي ينقل عبر الدم إلى العظام والكليتين والأمعاء intestines .

ويوضح الشكل (٧، ٧) أيض فيتامين د في جسم الإنسان .



شكل (٧، ٧) . أيض فيتامين د في جسم الإنسان .

(١٠, ٥, ٧) الإفراط في تعاطي فيتامين د Hypervitaminosis D

يحدث الإفراط في تعاطي كميات كبيرة من فيتامين د تسمماً وأعراضاً مرضية أخرى في الأطفال والبالغين. ويصاب الشخص البالغ بالتسمم إذا تناول جرعة مقدارها ٢٥٠٠ ميكروجرام (١٠٠٠٠٠ وحدة دولية) في اليوم لعدة أسابيع، في حين يصاب الأطفال بالتسمم من جراء تناول جرعة مقدارها ٢٥٠ ميكروجراماً (١٠٠٠٠ وحدة دولية) أو أكثر يومياً لعدة أسابيع. وتتمثل أعراض التسمم الناتجة من الإفراط في تناول فيتامين د في الآتي:

- ١ - فقدان الشهية للأكل anorexia .
- ٢ - جفاف الجلد وتقشره skin drying and desquamation.
- ٣ - الإحساس بالغثيان والقيء والدوخة وتأخر النمو في الأطفال.
- ٤ - ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم hypercalcemia مما يؤدي إلى زيادة معدل امتصاص الكالسيوم في الأمعاء وكذلك إلى زيادة الكميات المسحوبة منه من العظام. ويؤدي ارتفاع مستوى الكالسيوم في الدم إلى الآتي:
 - أ (تكون حصوات الكلية kidney stones نتيجة ترشيح كميات كبيرة من الكالسيوم من خلالها، كما يؤدي ذلك إلى تهتك في أنسجة الكلية.
 - ب (تصلب (تكلس) الأنسجة الطرية في أماكن كثيرة في الجسم غير العظام نتيجة لترسب الكالسيوم وتراكمه عليها مثل الرئتين والقلب والأوعية الدموية والكليتين.
- ٥ - هشاشة العظام bone fragility .

(٦, ٧) فيتامين هـ أو ألفا - توكوفيرول Vitamin E or Alpha-Tocopherol

(١, ٦, ٧) لمحة تاريخية

عرف فيتامين هـ عام ١٩٢٠م من قبل العالمين إيفانز Evans وبishop ، عندما اكتشفا أن الفئران التي تغذت على طعام نقي (كازين ونشا الذرة وشحم الخنزير والخميرة والزبدة) قد أصيبت بإناتها بالإجهاض وأصيب ذكورها بالعقم، لهذا يدعى هذا الفيتامين بالمضاد للعقم antisterility . وفي عام ١٩٢٣م استطاع إيفانز وآخرون

من فصل هذا الفيتامين من زيت جنين القمح والشوفان oat وزبد الحليب butterfat ، وأطلق عليه اسم فيتامين هـ (E) أو إكس (X). ثم أطلق اسم توكوفيرول tocopherol على فيتامين هـ عام ١٩٣٦م من قبل إيفانز وآخرين ، ولكلمة توكوفيرول شقان هما : tokos ، معناها باليونانية مولد الطفل و phero ومعناها يحمل . وقد تمكن فرنهولتز Fernholz من التعرف على التركيب الكيميائي لفيتامين هـ عام ١٩٣٨م ، وتلاه كارر Karrer الذي تمكن في العام نفسه من تصنيعه synthesis معملياً . وفي عام ١٩٥٦م اكتشف جرين Green ثمانية أنواع من التوكوفيرولات tocopherols واعترف به كفيتامين للإنسان في عام ١٩٥٩م .

(٧، ٦، ٢) المسميات Nomenclature

يعد فيتامين هـ من الفيتامينات المهمة لعملية التكاثر والنضج الجنسي ومنع العقم ، لذلك فإنه يعرف بالأسماء التالية :

- العامل المانع للعقم antisterility factor .
- فيتامين الإخصاب fertility vitamin .
- فيتامين التكاثر reproduction vitamin .

ألفا وبيتا وجاما ودلتا - توكوفيرول α, β, γ and δ - Tocopherols ..

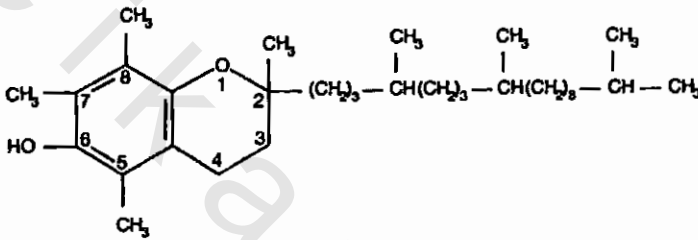
ألفا وبيتا وجاما ودلتا - توكوترينول α, β, γ and δ - Tocotrienols .

(٧، ٦، ٣) التركيب البنائي لفيتامين هـ Structure of vitamin E

توجد ثنائي صور لفيتامين هـ في الطبيعة ، وتختلف عن بعضها البعض في وضع مجموعة الميثيل (CH_3) على الجزيء . كما تختلف فعالية هذه المركبات كفيتامينات ، حيث يعتبر الألفا - توكوفيرول أكثرها فعالية (١٠٠٪) يليه البيتا - توكوفيرول (٥٠٪) من فعالية ألفا - توكوفيرول ، وأخيراً جاما ودلتا - توكوفيرول (١٠ و ٢٠٪ من فعالية ألفا - توكوفيرول على التوالي) .

وتتركب التوكوفيرولات tocopherols من حلقة كرومان chroman ring بها مجموعة هيدروكسيد في الموقع ٦ مرتبطة بسلسلة جانبية أليفاتية مشبعة عبارة عن فينول .

وتختلف التوكوفيرولات عن بعضها البعض في وجود مجموعة الميثيل على ذرة الكربون رقم ٥ و ٧ و ٨ . ويسمى الفيتامين ألفا - توكوفيرول عندما توجد ثلاث مجموعات من الميثيل في المواقع ٥ و ٧ و ٨ ، في حين يدعى بيتا - توكوفيرول إذا وجدت مجموعتان من الميثيل في الموقعين ٥ و ٨ ، أما الدلتا فتحتوي على مجموعة ميثيل واحدة على الموقع ٨ . تشبه التوكوترينولات tocotrienols في تركيبها الكيميائي التوكوفيرولات ، فيما عدا أنها تحتوي على سلسلة جانبية أليفاتية غير مشبعة بها ثلاث روابط مزدوجة . والشكل (٧، ٨) يوضح التركيب البنائي لفيتامين هـ .



شكل (٧، ٨) - التركيب البنائي لفيتامين هـ (ألفا - توكوفيرول) .

خواص فيتامين هـ (٧، ٦، ٤) Properties of vitamin E

- ١ - فيتامين هـ (ألفا - توكوفيرول) عبارة عن مركب عضوي زيتي أصفر اللون ، وغير قابل للذوبان في الماء ، ولكنه يذوب في الدهون والمذيبات العضوية .
- ٢ - يستخدم في كثير من الأغذية المصنعة كعامل مضاد للأكسدة antioxidant .
- ٣ - يقاوم الأحماض acids ، إلا أنه يتلف بالضوء (الأشعة فوق البنفسجية) وبالأوكسدة وبالقلويات .
- ٤ - تفقد منه كمية كبيرة أثناء عملية تسخين الزيت .

وظائف فيتامين هـ (٧، ٦، ٥) Functions of vitamin E

١ - مضاد للأكسدة Antioxidant

يلعب فيتامين هـ دوراً مهماً في منع أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة

في الزيوت والأغذية الدهنية، مما يؤجل حدوث التزنخ في الأغذية سريعة التأكسد، بالإضافة إلى أنه يحمي فيتامين جـ (C) وفيتامين أ (A) والكاروتين من الأكسدة سواء داخل الجسم أو خارجه. كما أنه يمنع تأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة polyunsaturated fatty acid والفوسفوليبيدات phospholipids المكونين للأغشية الخلوية cell membranes في الجسم، ويحافظ ذلك على سلامة الأنسجة وصحتها. ويفسر دور فيتامين هـ كمانع للأكسدة من قدرته على التأكسد السريع (التفاعل مع الأكسجين)، مما يقلل من كمية الأكسجين المتوافرة لأكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الأغذية والأغشية الخلوية في الجسم. كذلك يحمي هذا الفيتامين كرات الدم الحمراء من التحلل hemolysis ويمنع تليف الكبد الناتج من وجود العوامل المؤكسدة.

٢ - تنظيم السلسلة التنفسية Control of respiratory chain (مسار القسفرة التأكسدية)

يعمل فيتامين هـ كمحفز على سريان (انتقال) الإلكترونات في السلسلة التنفسية داخل الميتوكوندريا، مما يؤدي إلى تكوين الطاقة والماء الأيضي من الأحماض الدهنية والجلوكوز.

٣ - تكوين بعض مركبات الجسم الأساسية - Synthesis of vital body compounds

يلعب فيتامين هـ دوراً بارزاً في تكوين بعض مركبات الجسم الأساسية مثل فيتامين جـ (في بعض الحيوانات مثل الكلاب) وقرين الإنزيم كيو coenzyme Q الضروري لعملية انطلاق الطاقة من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون من خلال دورة كريس. يلعب فيتامين هـ دوراً مهماً في تكوين الأحماض النووية، حيث يساعد على اندماجها بالبيريميدينات pyrimidines.

٤ - تنظيم الأنظمة الإنزيمية Maintenance of enzymatic systems

يعمل هذا الفيتامين على تنظيم تصنيع الإنزيمات المسؤولة عن تكوين الهيم

heme (المحتوي على الحديد) والذي يدخل في تركيب معظم البروتينات الموجودة في جسم الإنسان والحيوان مثل الهيموجلوبين والميوجلوبين.

٥ - وظائف أخرى Other functions

يؤدي فيتامين هـ وظائف أخرى مثل المحافظة على عملية التكاثر ومنع العقم في حيوانات التجارب، بالإضافة إلى أنه يقوي الغشاء المحيط بخلايا الدم الحمراء مما يمنع تكسرها، ويزيد من امتصاص فيتامين أ وتخزينه داخل الجسم.

(٧، ٦، ٦) مصادر فيتامين هـ الغذائية Dietary sources of vitamin E

يوجد هذا الفيتامين في العديد من الأغذية النباتية والحيوانية، أي أنه من أكثر الفيتامينات توافراً في الأغذية. وتعد الزيوت النباتية من المصادر الغنية به مثل زيت جنين القمح (من أغنى المصادر) وزيت الذرة وزيت الزيتون وزيت فول الصويا وزيت الفستق وزيت بذرة القطن وزيت النخيل والمارجرين (السمن الصناعي). وتزداد نسبة هذا الفيتامين في الزيوت بزيادة نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة خصوصاً حمض اللينولييك linoleic acid. كما أنه يوجد بنسب منخفضة في الخضروات الورقية والحبوب الكاملة whole grains والمكسرات nuts والبقوليات legumes والكبد والكلاوي والبيض والحليب وغيرها من المنتجات الحيوانية.

يندر إصابة الإنسان بأعراض نقص فيتامين هـ نظراً لوجوده في مجموعة واسعة من الأغذية المتنوعة كما ذكر آنفاً. ويعتبر حليب الأم مصدراً غنياً بفيتامين هـ، حيث يمد الطفل بكمية تكفي لسد احتياجاته، في حين يحتوي حليب البقر على نسبة منخفضة منه.

(٧، ٦، ٧) نقص فيتامين هـ Deficiency of vitamin E

أولاً : أعراض نقص تناول فيتامين هـ في الإنسان

١ - حدوث تحلل لكرات الدم الحمراء erythrocytes hemolysis ، وهو يعد من الأعراض الرئيسية لنقص فيتامين هـ، إذ يؤدي قلة تناول الفرد لفيتامين هـ إلى

انخفاض مستواه في الدم إلى أقل من ١٠٠ ملليجرام لكل ١٠٠ مليلتر، ويؤدي ذلك إلى تحلل كريات الدم الحمراء نتيجة لأكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة في أغشيتها (أغشية كرات الدم الحمراء). وقد أمكن معالجة تحلل كرات الدم الحمراء بتناول جرعات مناسبة من فيتامين هـ .

٢ - يصاب الأطفال الرضع premature infants الذين يعانون من نقص فيتامين هـ (نتيجة عدم القدرة على امتصاصه) بالأنيميا hemolytic anemia وتجمع السوائل تحت الجلد edema وأضرار جلدية skin lesions ، خصوصاً عندما يتغذى الرضيع على الأغذية البديلة عن الحليب formula ، والغنية بالأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة (PUFA) .

٣ - يؤدي كذلك انخفاض فيتامين هـ في غذاء الإنسان إلى زيادة إفراز الكرياتين creatine مع البول creatinuria وإلى تليف المرارة cirrhosis of gall blader وإلى التغوط الدهني steatorrhea (وفرة المواد الدهنية في الغائط) .

وبشكل عام يندر ظهور أعراض نقص فيتامين هـ على الإنسان نظراً لوجود الفيتامين في مجموعة كبيرة من الأغذية، لكن تظهر أعراض النقص على الإنسان في حالة انخفاض امتصاص الدهون نتيجة الإصابة بمرض مثل السلياك أو نتيجة تناول وجبات غنية في الدهون غير المشبعة مثل الزيوت ولمدة طويلة .

ثانياً : أعراض نقص فيتامين هـ في الحيوانات

تظهر أعراض متعددة لنقص فيتامين هـ في الحيوانات مثل العقم وضمور الخصيتين عند الذكور وكذلك فشل الإنجاب أو الإجهاض وموت الجنين في رحم الأنثى . كما قد يؤدي نقصه في غذاء الحيوان إلى قصور العضلات اللاإرادية وضعفها muscular dystrophy ، وكذلك إلى ضعف عضلة القلب، ويرجع هذا إلى زيادة أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة . كما ظهرت أعراض متعددة أخرى نتيجة لنقص فيتامين هـ في الحيوانات مثل التهاب النسيج الدهني steatitis وتلين المخ en- cephalomalacia وزوال صبغة الأسنان الطبيعية depigmentation وانحلال الدم hemolysis وتليف خلايا الكبد وتصلبها liver necrosis . وقد أمكن معالجة معظم هذه

الحالات بإعطاء فيتامين هـ والسلينيوم، وكذلك بتقليل تناول الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة.

(٧، ٦، ٨) احتياجات فيتامين هـ اليومية Daily requirements of vitamin E
حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي NFB/NRC (١٩٨٩م) المقررات الغذائية المقترحة RDA يوميًا من فيتامين هـ (ألفا - توكوفيرول) كالتالي:

المراهقون والبالغون والمسنون (ذكور): ١٠ ملليجرامات ألفا - مكافئ التوكوفيرول (α-TE)

المراهقون والبالغون والمسنات (إناث): ٨ ملليجرامات ألفا - مكافئ التوكوفيرول.

الرضيع (من الولادة - ١ سنة) : ٣ - ٤ ملليجرامات ألفا - مكافئ التوكوفيرول.

الأطفال (١ - ١٠ سنوات) : ٦ - ٧ ملليجرامات ألفا - مكافئ التوكوفيرول.

الحوامل : ١٠ ملليجرامات ألفا - مكافئ التوكوفيرول.

المرضعات - الـ ٦ شهور الأولى : ١٢ ملليجراما ألفا - مكافئ التوكوفيرول.

المرضعات - الـ ٦ شهور الثانية : ١١ ملليجراما ألفا - مكافئ التوكوفيرول.

ولقد أشارت الدراسات إلى أن احتياج الشخص لفيتامين هـ يقل بانخفاض نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة في الوجبة الغذائية والعكس. كما أن تغذية الشخص على أغذية قليلة في محتواها من التوكوفيرول يؤدي إلى تحلل كرات الدم الحمراء وقصر عمرها. يمنع تناول الأطفال ٢ - ١٠ ملليجرامات يوميًا انحلال كرات الدم الحمراء.

يعبر عن كمية فيتامين هـ بالوحدات الدولية (IU) أو ألفا - مكافئ التوكوفيرول to-

copherol equivalents ، ويمكن توضيح العلاقة بينهما كالآتي:

١ ألفا - مكافئ التوكوفيرول = ١ ملليجرام د - ألفا - توكوفيرول

١ وحدة دولية فيتامين هـ = ٠,٦٧ ملليجرام د - ألفا - توكوفيرول

١ وحدة دولية فيتامين هـ = ١ ملليجرام أسيتات - ألفا - توكوفيرول

di-α-Tocopherl acetate

(٧, ٦, ٩) امتصاص فيتامين هـ ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism and storage of vitamin E

لم تتضح عملية أيض فيتامين هـ بشكل كامل حتى الآن، ومازال يكتنفها الكثير من الغموض، إلا أن امتصاصه من خلال جدار الأمعاء الدقيقة يحتاج إلى وجود أملاح الصفراء bile salt والدهن fat اللذين يسهلان عملية الامتصاص. ويمتص حوالي ٧٠- ٨٥٪ من فيتامين هـ (ألفا - توكوفيرول) الموجود في الوجبة الغذائية في الظروف الملائمة (وجود أملاح الصفراء والعصارة البنكرياسية والدهن). وتنخفض نسبة الامتصاص بزيادة الفيتامين في الوجبة الغذائية. وينقل التوكوفيرول الممتص في صورة كيلوميكرونات chylomicrons عبر الأوعية الليمفاوية lymph إلى الدورة الدموية ويرتبط بالليبوبروتين lipoprotein (البروتين الناقل). ولا يوجد بروتين ناقل عدد للتوكوفيرول في الدم كما في حالة فيتامين أ (الريتinol retinol).

يخزن فيتامين هـ بتركيزات مرتفعة في الكبد liver والعضلات muscle والقلب والأنسجة الدهنية adipose tissue بعكس الفيتامينات الأخرى الذائبة في الدهن والتي يتركز تخزينها في الكبد فقط. ويتراوح مستوى فيتامين هـ في البلازما في الحالة الطبيعية بين ١- ٢, ١ ملليجرام لكل ديسيلتر (١٠٠ مليلتر).

(٧, ٦, ١٠) الافراط في تناول فيتامين هـ Excessive consumption of Vitamin E

يندر إصابة الإنسان بنقص فيتامين هـ نظراً لوجوده في كثير من الأغذية المتنوعة، وذلك على العكس من الفيتامينات الأخرى الذائبة في الدهن، ولقد تبين أن الشخص البالغ يستطيع تحمل جرعات كبيرة من فيتامين هـ تصل إلى ١٠٠ - ١٠٠٠ وحدة دولية في اليوم دون حدوث تسمم أو ظهور أي أعراض أخرى، ومع ذلك فإن تناول الشخص جرعات كبيرة ولمدة طويلة من فيتامين هـ يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم hypertesion ويطء تجلط الدم blood clotting، وبشكل عام فإنه لا تعرف حالات تسمم بهذا الفيتامين في الإنسان لهذا لا يخشى من تناول جرعات كبيرة منه.

(٧, ٧) فيتامين ك Vitamin K

(٧, ٧, ١) لمحة تاريخية

تم اكتشاف فيتامين ك في عام ١٩٢٩ م من قبل العالم الدنماركي دام Dam عندما لاحظ حدوث نزيف شديد تحت الجلد في الكتاكيت حديثي الفقس chicks عند تغذيتها على غذاء متوازن يتكون من البروتين والأملاح المعدنية وجميع الفيتامينات المعروفة في ذلك الوقت، إلا أنه لم ينجح في معالجتها بإعطائها فيتامين ج. لكن أمكن معالجة النزيف بإعطائها أغذية طبيعية مثل الحبوب والحليب والسمك. وفي عام ١٩٣٥ م تمكن دام من استخلاص المادة الفعالة التي توقف النزيف بواسطة الأثير وأطلق عليها اسم فيتامين ك (من الكلمة الألمانية koagulation) الذي عرف فيما بعد بالعامل المضاد للنزيف an-tihemorrhagic factor. ثم استطاع العالمان دام وكورك عام ١٩٣٦ م من توضيح العلاقة بين فيتامين ك وإنزيم البروثرومبين prothrombin المسبب لتجلط الدم، ويؤدي نقص هذا الفيتامين إلى انخفاض البروثرومبين في الدم والتعرض إلى النزيف، في حين يؤدي وجوده في الوجبة الغذائية إلى علاج هذه الحالة ويعمل على تجلط الدم. وقد تمكن العلماء MacCorquodale و Cheney و Fieser من التعرف على التركيب البنائي لفيتامين ك_١ (K₁) عام ١٩٣٩ م، وتلاههم كارر Karrer و دام Dam في العام نفسه اللذان استطاعا فصل هذا الفيتامين في صورة نقية. وبعد ذلك بعدة شهور (١٩٣٩ م) تمكن العالمان Almquist و Klose من تصنيع فيتامين ك_١ (K₁) معملياً.

(٧، ٧، ٢) المسميات Nomenclature

يعتبر فيتامين ك من الفيتامينات المهمة في إيقاف النزيف وينتمي إلى الكوينونات quinones ومنها:

١ - فيتامين ك_١ (K₁)

ويسمى أيضاً الفيللوكوينون phyloquinone ، ويوجد في البلاستيدات الملونة في الأوراق الخضراء، وقد تم عزله أول مرة من نبات الغصة alfalfa

٢ - فيتامين ك_٢ (K₂)

ويسمى أيضاً الميناكوينون menaquinone ، ولقد تم عزله أول مرة من وجبة السمك المتفاعة putrefied fishmeal ويتم تصنيعه في الإنسان في الأمعاء الغليظة بواسطة

البكتريا intestinal bacteria والتي تعتبر المصدر الأساسي للفيتامين في الشخص السليم .
وتقدر فعالية فيتامين ك ٢ الحيوية بحوالي ٧٥٪ من فعالية فيتامين ك ١ .

٣ - فيتامين ك ٣ Menadione(K3)

هو عبارة عن فيتامين صناعي synthetic vitamin يتم تحضيره معملياً وهو يذوب في الماء ويطلق عليه أيضاً هايكينون hykinone أو سنكافيت synkavit . وتقدر فعاليته الحيوية كفيتامين بحوالي ضعفين إلى ثلاثة أضعاف فعالية الفيتامينات الطبيعية (ك ١ أو ك ٢)، ويستعمل عادة كعلاج على مستوى تجاري واسع .

(٧,٧,٣) التركيب البنائي لفيتامين ك Structure of vitamin K

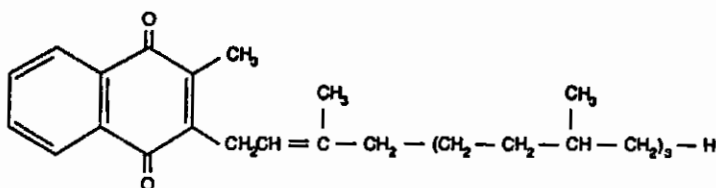
يوجد فيتامين ك في ثلاث صور، اثنان منها تمثلان الشكل الطبيعي (ك ١ وك ٢) وتمثل الثالثة الشكل الصناعي (ك ٣). ويتكون فيتامين ك ١ من حلقة النافثوكوينون naphthoquinone ring وعليها مجموعة ميثيل (CH₃) على ذرة الكربون رقم ٢ ، وسلسلة جانبية على ذرة الكربون رقم ٣؛ إلا أن السلسلة الجانبية في فيتامين ك ٢ تكون أطول (٣٠ ذرة كربون) وتحتوي على روابط مزدوجة أكثر مقارنة بفيتامين ك ١ .
ويوضح الشكل (٧,٩) التركيب البنائي لفيتامينات ك .

(٧,٧,٤) خواص فيتامين ك Properties of vitamin K

- ١ - عبارة عن مركب زيتي أو متبلور أصفر اللون .
- ٢ - قابل للذوبان في الدهن والمذيبات العضوية (فيتامين ك ٣ يذوب في الماء) .
- ٣ - يتحمل الحرارة heat والأكسدة oxidation .
- ٤ - يتلف بالأحماض القوية وبالقواعد وبالضوء .

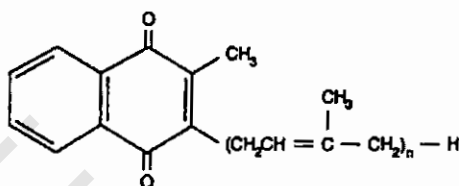
(٧,٧,٥) وظائف فيتامين ك Functions of vitamin K

- يمكن حصر وظائف فيتامين ك في جسم الإنسان كالآتي :
- ١ - تجلط الدم blood clotting : يعتبر فيتامين ك المادة الأساسية الضرورية



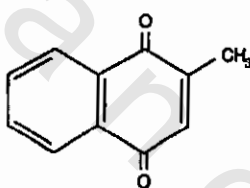
Phylloquinone (vitamin K₁, phytonadione)

فيتامين ك_١ (فيللوكوينون)



Menaquinone-n (vitamin K₂)

فيتامين ك_٢ (ميناكوينون)



Menadione (vitamin K₃)

فيتامين ك_٣ (ميناديون)

شكل (٧، ٩) . التركيب البنائي لفيتامينات ك.

لتجلط الدم عند حدوث نزيف hemorrhaging أو قطع في الجسم .

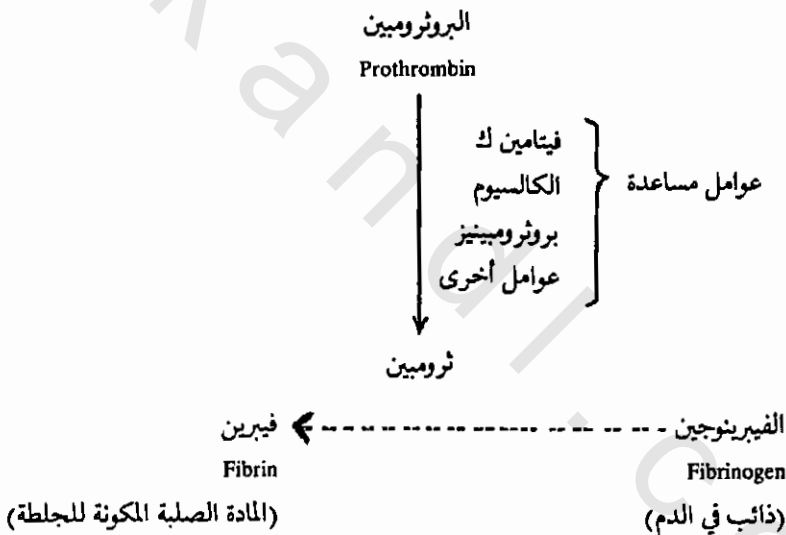
وتتلخص مراحل عملية تجلط الدم بواسطة فيتامين ك في التالي :

أ () يحفز فيتامين ك الممتص من الأمعاء على تكوين مادة البروثرومبين prothrombine في الكبد بمساعدة أيونات الكالسيوم وعوامل أخرى والتي تتحول إلى مادة الثرومبين thrombin التي تنطلق إلى مكان القطع أو الجرح .

ب () تعمل مادة الثرومبين المتكونة على تحويل مادة الفيبرينوجين fibrinogen الذائبة في الدم إلى مادة الفيبرين fibrin الصلبة والمكونة للجلطة الدموية وذلك بمساعدة

أيونات الكالسيوم وإنزيم البروثرومبينز prothrombinase .
 وما تجدر الإشارة إليه ، أن أكثر من ثلاثة عشر بروتيناً وكذلك معدن الكالسيوم
 تسهم في تكوين جلطة الدم blood clot وإن نقصاً واحداً أو أكثر منها يؤدي إلى عدم نجاح
 عملية التجلط . إن إصابة الشخص بمرض سيولة الدم الوراثي (كمريض وراثي يؤدي
 إلى النزف الدموي) hemophilia يجعل الدم غير قابل للتجلط على الرغم من وجود
 فيتامين ك ويرجع ذلك لوجود نقص في بعض عوامل التجلط clotting factors . ويعتبر
 هذا المرض السبب الثاني الذي يمنع تجلط الدم بعد نقص فيتامين ك .

والشكل التالي يوضح خطوات تكوين جلطة الدم (ميكانيكية تجلط الدم
 (Blood clotting mechanism).



والدور الذي يقوم به فيتامين ك في عملية التجلط هو أنه يعمل كعامل مساعد
 cofactor للإنزيمات التي في الكبد لكي تتمكن من تحويل البروثرومبين (مولد البروتين)
 إلى ثرومبين عن طريق تحويل حمض الجلوتاميك glutamic acid إلى جاما - كاربوكسي
 جلوتاميك gama-carboxyglutamic acid (إضافة مجموعة كربوكسيل) . ويسمى المرض
 الناتج من نقص فيتامين ك في الدم بالمرض النزفي hemorrhagic disease . ويعد ارتفاع

مستوى البروثرومبين prothrombin في الدم مؤشراً على قدرة الشخص العالية على حدوث تجلط الدم، والعكس.

٢ - كما يلعب فيتامين ك دوراً بارزاً في النمو growth وفي ميكانيكيات التصنيع الضوئي photosynthetic mechanisms وفي ميكانيكيات نقل الإلكترونات electron transport mechanisms.

(٧، ٧، ٦) مصادر فيتامين ك Dietary sources of vitamin K

يوجد هذا الفيتامين بتركيزات متفاوتة في مجموعة واسعة من الأغذية النباتية والحيوانية. ومن أهم مصادر فيتامين ك الخضروات الورقية الخضراء مثل السبانخ والقرنبيط والكرنب والخس. كما يوجد بكميات متوسطة في قشور القمح والبطاطم والبقوليات والجبن وصفار البيض والكبد واللحوم الحمراء وزيت فول الصويا وبعض الزيوت النباتية الأخرى. كذلك تعد بكتريا الأمعاء مصدراً رئيسياً لفيتامين ك في الإنسان، حيث تمدّه ببعض احتياجاته اليومية. وبشكل عام يمكن القول إنه يندر حدوث الإصابة بنقص هذا الفيتامين نظراً لأنه منتشر في معظم الأغذية المختلفة، بالإضافة إلى أنه يصنع في أمعاء الإنسان بواسطة البكتريا. يحتوي حليب البقر على نسبة أعلى من فيتامين ك من حليب الأم.

(٧، ٧، ٧) نقص فيتامين ك Deficiency of vitamin K

يتضح مما ذكر أعلاه أن فيتامين ك يلعب دوراً مهماً في عملية تجلط الدم ومنع حدوث النزيف hemorrhage ، لذا يمكن حصر أعراض نقص هذا الفيتامين لدى الإنسان في التالي:

- ١ - البطء في تجلط الدم Decreased clotting time : يبطأ تجلط الدم عندما يكون مستوى البروثرومبين prothrombin في الدم منخفضاً نتيجة نقص فيتامين ك في الوجبة الغذائية أو نتيجة ضعف أو فشل في امتصاصه من خلال جدار الأمعاء.
- ٢ - حدوث نزيف في الأطفال حديثي الولادة Neonatal hemorrhage : يصاب الطفل حديث الولادة بنزيف شديد في حالة انخفاض مستوى البروثرومبين prothrom-

bin في الدم نتيجة نقص فيتامين ك في الجسم . وتحدث هذه الحالة في الأطفال حديثي الولادة نظراً لأن أمعاءهم تكون معقمة وخالية من البكتريا الضرورية لتكوين فيتامين ك خلال الأيام الأولى بعد الولادة، كما أن كمية المخزون منه في كبد الطفل تكون قليلة جداً خصوصاً عندما تتغذى الأم على أطعمة فقيرة في هذا الفيتامين . لذا تنصح الأم الحامل بأخذ جرعات من فيتامين ك قبل الولادة أو يعطى الطفل بعد الولادة مباشرة جرعة من فيتامين ك ١ بالقم تساعد على رفع نسبة البروثرومبين prothrombin في الكبد لحين نمو البكتريا المصنعة للفيتامين في أمعائه .

٣ - انخفاض مستوى البروثرومبين في الدم hypoprothrombinemia : ويمكن حصر أسباب ضعف امتصاص فيتامين ك من الأمعاء لدى الإنسان في الآتي :

١ - وجود نقص في إفرازات أملاح الصفراء bile salts أو الدهن اللذين يساعدان على امتصاص فيتامين ك .

٢ - تناول كميات كبيرة من المضادات الحيوية antibiotics مثل التتراسيكلين tetracycline والسلفون أميد sulfonamides . وكذلك تناول العرضي لمبيد الفئران والقوارض المسمى وارفرين warfarin الذي يتعارض وجوده مع تكوين الفيتامين في الأمعاء لأنه يقتل البكتريا التي تصنع الفيتامين .

٣ - الإصابة ببعض الأمراض مثل القولنج (التهاب القولون) colitis (التهاب غشاء القولون المخاطي) وإسهال البلاد الحارة spure و cystic fibrosis والدوستاريا والسيلياك celiac وجميعها يصاحبها إسهال شديد يتعارض مع امتصاص الفيتامين .

٤ - تناول جرعات كبيرة من فيتامين أ (A) أو فيتامين هـ (E) ، حيث إنهما يتعارضان مع امتصاص وأيض فيتامين ك .

٥ - استعمال الأدوية المانعة للتجلط anticoagulant مثل ثنائي كيومارول di-cumarol وهيدروكيومارول hydrocumarol (توجد في البرسيم الحلو sweet clover) والتي تعطى في حالة الإصابة بالذبحة الصدرية coronary thrombosis ، حيث تعمل هذه الأدوية على خفض مستوى البروثرومبين في الدم . كما يقلل استعمال بعض المليات مثل الزيت المعدني من امتصاص الفيتامين .

(٧,٧,٨) احتياجات فيتامين ك اليومية Daily requirements of vitamin K

من غير المتوقع حدوث نقص في فيتامين ك لدى الشخص السليم نظراً لتوافر هذا الفيتامين في معظم الأغذية المتنوعة، بالإضافة إلى تصنيعه في الأمعاء بواسطة البكتريا، لهذا لم تصدر المقررات الغذائية المقترحة (RDA) لهذا الفيتامين إلا في وقت متأخر (١٩٨٩م). ولقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م) المقررات الغذائية المقترحة لفيتامين ك كالتالي:

الرضع (من الولادة - ٥ شهور)	: ٥ ميكروجرامات فيتامين ك
الرضع (من ٥ شهور - ١ سنة)	: ١٠ ميكروجرامات فيتامين ك
الأطفال (من ١ - ٦ سنوات)	: ١٥ - ٢٠ ميكروجراماً فيتامين ك
الأطفال (من ٧ - ١٠ سنوات)	: ٣٠ ميكروجراماً فيتامين ك
المراهقون	: ٤٥ - ٦٠ ميكروجراماً فيتامين ك
المراهقات	: ٤٥ - ٥٥ ميكروجراماً فيتامين ك
البالغون والمسنون	: ٨٠ ميكروجراماً فيتامين ك
البالغات والمسنات والحوامل والمرضعات	: ٦٥ ميكروجراماً فيتامين ك

يقترح البعض إعطاء الأطفال الرضع غير مكتملي النمو عند الولادة premature infants جرعة مقدارها ١ ملليجرام من فيتامين ك بعد الولادة مباشرة لمنع حدوث النزيف hemorrhage وذلك نظراً لعدم وجود البكتريا المصنعة للفيتامين في أمعائهم خلال هذه الفترة، بالإضافة إلى أن كمية الفيتامين المخزنة في أجسامهم تكون قليلة جداً. كما يوصى بإعطاء المرأة الحامل جرعة مقدارها ٥ ملليجرامات على شكل حقنة عضلية أو ١٠ - ٢٠ ملليجراماً عن طريق الفم وذلك لضمان تزويد الجنين بكميات كبيرة من الفيتامين قبل ولادته.

(٧,٧,٩) امتصاص فيتامين ك ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism and storage of vitamin K

يمتص فيتامين ك من الجزء العلوي من الأمعاء بمساعدة أملاح الصفراء والدهن كما هو الحال في بقية الفيتامينات الذائبة في الدهن. ثم ينقل فيتامين ك الممتص في صورة

كيلوميكرونات chylomicrons عبر الأوعية الليمفاوية lymphatic system إلى الدورة الدموية ويرتبط بالبيتاليوبروتين β -lipoprotein الذي ينقله إلى الكبد حيث يخزن معظم الفيتامين فيه. ويستهلك الجسم فيتامين ك المخزن في الكبد في مدة قصيرة خصوصاً في حالة نقصه في الوجبة الغذائية، وذلك لأن الكمية المخزنة منه في الكبد قليلة مقارنة بالكميات المخزنة من الفيتامينات الأخرى الذائبة في الدهن.

(٧،٧،١٠) الإفراط في تعاطي فيتامين ك Hypervitaminosis K

يتبين من الدراسات أن الشخص البالغ يستطيع تحمل جرعات كبيرة من فيتامينات ك الطبيعية (ك ١ وك ٢) دون حدوث ضرر أو تسمم. إلا أن تناول جرعات كبيرة من فيتامين ك الصناعي (ك ٣) يؤدي إلى الإصابة بفقر الدم وارتفاع البيليروبين في الدم. كما أن إعطاء الرضع infants كميات كبيرة من فيتامين ك ولمدة طويلة ربما يؤدي إلى الإصابة بالأنيميا hemolytic anemia واليرقان jaundice الذي يتميز بتلون الجلد وبياض العين باللون الأصفر.

الفيتامينات الذائبة في الماء Water Soluble Vitamins

● المقدمة ● فيتامين ج ● فيتامين ب ١ ● فيتامين ب ٢ ● النياسين
 (ب ٣) ● فيتامين ب ٦ ● فيتامين ب ١٢ ● الفولاسين ● حمض
 البانتوثينيك

المقدمة (١، ٨) Introduction

تتضمن هذه المجموعة الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء، مثل فيتامين ج (Vit. C) ومجموعة فيتامينات ب (الثيامين B1 والريبوفلافين B2 والبيريدوكسين B6 والكوبالامين B12 والنياسين والفولاسين والبيوتين وحمض البانتوثينيك والإينوسيتول والكلولين).

وتتميز الفيتامينات الذائبة في الماء بالخواص التالية :

- ١ - تتهدم وتلف بسهولة أثناء عملية طهي الطعام .
- ٢ - غير قابلة للذوبان في الدهون وتذوب بسهولة في الماء ، لهذا يفقد جزء كبير منها في ماء السلق أو الغسيل أو الطهي .
- ٣ - تمتص بسهولة وبسرعة من خلال جدار الأمعاء الدقيقة لتنتقل إلى الدم نظراً لأنها تذوب في الماء .
- ٤ - توجد فقط في صورتها النشيطة فسيولوجياً، أي ليس لها مولدات .
- ٥ - لا تخزن الكمية الزائدة منها في جسم الإنسان، إنما تخرج خارج الجسم مع البول هي ومخلفاتها التمثيلية . لهذا فإن تناول جرعات كبيرة منها لا يكون ساماً بالنسبة للإنسان .

- ٦ - تستعمل الفيتامينات الذائبة في الماء كقوالب coenzymes لتنشيط الإنزيمات الضرورية لأكسدة العناصر الغذائية وإنتاج الطاقة.
- ٧ - تتوزع بنسب متساوية تقريباً في جميع أنسجة الجسم المختلفة.

(٨، ٢) فيتامين جـ (حمض الأسكوربيك) Vitamin C or Ascorbic acid

(٨، ٢، ١) لمحة تاريخية

يرجع تاريخ اكتشاف هذا الفيتامين إلى أواخر القرن الخامس عشر، حينما كان ينتشر مرض الإسقربوط بين البحارة أثناء رحلاتهم الطويلة حول الأرض نتيجة لتناولهم وجبات غذائية خالية من الفواكه والخضروات. وقد أدى مرض الإسقربوط إلى وفاة أكثر من ثلثي البحارة أثناء رحلة فاسكو دي جاما Vasco de Gaama حول رأس الرجاء الصالح في عام ١٤٩٧م. وفي عام ١٧٥٧م استطاع الطبيب البريطاني جيمس لند James Lind وصف أعراض مرض الإسقربوط وأثبت بالتجارب تأثير الحمضيات في معالجة هذا المرض وكذلك استطاع أن يحضر عصائر الحمضيات في صورة مركزة لاستعمالها أثناء الرحلات البحرية الطويلة. في عام ١٧٩٥م أصبح 'عصير الحمضيات' يقدم يومياً وبصورة إجبارية إلى بحارة سفن البحرية الملكية الإنجليزية وذلك لوقايتهم من الإصابة بمرض الإسقربوط. ثم تمكن بعد ذلك سانت جيورجي Szent-Gyorgy عام ١٩٢٨م من استخلاص العامل المضاد للإسقربوط من عصير الليمون وسماه حمض الهكسيورونيك hexuronic acid لاحتوائه على ست ذرات كربون ولأنه مختزل. ثم أعيد استخلاصه عام ١٩٣٢م من قبل واغ Waugh وكننج King وأثبتا بالتجارب على الحيوانات أنه مضاد لمرض الإسقربوط. ولقد تمكن هاورث Haworth عام ١٩٣٣م من التعرف على التركيب الكيميائي للفيتامين، ثم تلاه Reichstein في نفس العام حيث تمكن من تصنيعه معملياً وأطلق عليه اسم حمض الأسكوربيك ascorbic acid بدلاً من حمض الهكسيورونيك لأنه يعالج مرض الإسقربوط.

(٨، ٢، ٢) المسميات Nomenclature

Vitamin C	فيتامين س (جـ)
Hexuronic acid	حمض الهكسيورونيك
Antiscorbutic vitamin	الفيتامين المضاد للإسقربوط

(٨، ٢، ٣) التركيب البنائي لفيتامين جـ Structure of vitamin C

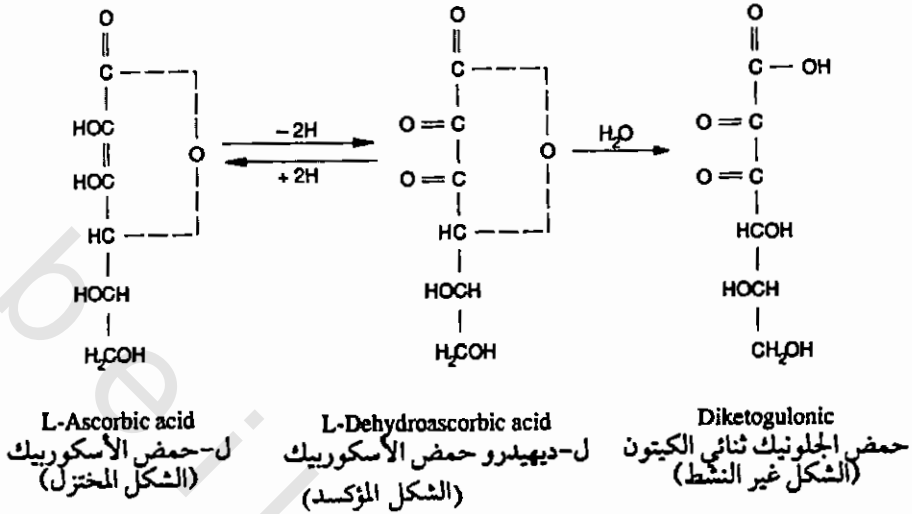
يشبه حمض الأسكوربيك في تركيبه structure السكريات الأحادية monosaccharides ، لهذا يمكن تصنيعه من الكربوهيدرات (الجلوكوز) ، ويتركب جزئياً من حمض الأسكوربيك من ست ذرات كربون متصلة ببعضها في سلسلة ، وتوجد رابطة مزدوجة double bond بين ذرتي الكربون الثانية والثالثة ، لهذا فهو مركب غير مشبع ويكسبه ذلك صفاته الكيميائية الخاصة والمميزة كما يحتوي حمض الأسكوربيك على حلقة لكتونية lactone ring متصلة بذرتي الكربون رقمي واحد وأربعة . ويوجد لفيتامين جـ عدة مشابهاة isomers منها :

١ - ل - حمض الأسكوربيك L-ascorbic acid (الشكل المختزل) .

٢ - ل - ديهيدرو حمض الأسكوربيك L-dehydroascorbic acid (الشكل

المؤكسد) .

وهذان المتشابهان يتميزان بفعالتهما الفسيولوجية biologically active وللوقاية من مرض الإسقربوط وكذلك بقدرتهما على التحول الواحد إلى الآخر بسهولة . كما أنهما يستطيعان التحول (التأكسد) إلى حمض الجلونيك ثنائي الكيتون diketogulonic acid الذي يتميز بأنه غير نشيط فسيولوجياً كفيتامين . ويتأكسد حمض الأسكوربيك بسهولة في الأنسجة الحيوانية والنباتية عند التعرض إلى الهواء أو الحرارة أو الضوء ويساعد على ذلك وجود أيونات النحاس والحديد وبعض الإنزيمات مثل الأكسيداز oxidase والبيروكسيداز peroxidase . كما يخزنل ديهيدرو حمض الأسكوربيك إلى حمض الأسكوربيك في الأنسجة النباتية والحيوانية بمساعدة NAD و NADP ومركبات أخرى . تستطيع بعض الحيوانات والنباتات تصنيع حمض الأسكوربيك من الجلوكوز والسكريات البسيطة الأخرى ، كما يمكن تصنيعه صناعياً من الجلوكوز وبتكاليف أقل . ويوضح الشكل (٨، ١) التركيب البنائي لفيتامين جـ بأنواعه .



شكل (٨، ١) . التركيب البنائي لفيتامين ج بأنواعه .

Properties of vitamin C خواص فيتامين ج (٨، ٢، ٤)

يتصف فيتامين ج بالخواص التالية :

- ١ - عبارة عن حمض عضوي بسيط يتشابه في تركيبه مع السكريات السداسية .
- ٢ - يوجد في صورة بلورات ناعمة وعديمة اللون وذات طعم حمضي .
- ٣ - يتأكسد بسرعة بالحرارة والأكسجين خصوصاً في وجود المعادن الثقيلة مثل أيونات النحاس والحديد ، لهذا يفقد جزء كبير منه أثناء الطهي أو عند تعرضه للهواء .
- ٤ - يتلف في الوسط القلوي وعند تعرضه للضوء .
- ٥ - يذوب بسهولة في الماء إلا أنه قليل الذوبان في الكحول والأسيتون .
- ٦ - يعتبر حمض الأسكوربيك أكثر استقراراً عندما يوجد في صورة بلورات جافة .
- ٧ - وزنه الجزيئي ١٧٦، ١ .
- ٨ - يقاوم الهدم في المحاليل الحامضية (رقم الـ pH أقل من ٤) . ومن الأمثلة على ذلك طهي الأطعمة في أوساط حامضية (كمضافة قطرات من حمض الستريك) .

Functions of vitamin C وظائف فيتامين ج (٨، ٢، ٥)

يمكن حصر الوظائف الفسيولوجية لفيتامين ج في جسم الإنسان كالتالي :

١ - الوقاية من مرض الإسقربوط Protection of scurvey

يسهم حمض الأسكوربيك بدور بارز في منع حدوث الإصابة بمرض الإسقربوط scurvey الذي يتميز بنزيف وتقرح في اللثة ulcerated gums وشعور بالضعف وجفاف الجلد ونزيف تحت الجلد (بقع زرقاء) (skin hemorrhages) ويتقدم الحالة تتورم اللثة وتسقط الأسنان .

٢ - تصنيع الكولاجين Synthesis of collagen

يلعب حمض الأسكوربيك دوراً مهماً في تصنيع الكولاجين collagen وهو عبارة عن مادة بروتينية غروية توجد في الأنسجة الضامة connective tissues التي تربط الخلايا ببعضها البعض خصوصاً عاج الأسنان dentin ونسيج العظام والغضاريف cartilage والعضلات والجلد وميناء الأسنان، وهو مهم بالنسبة للتركيب البنائي لهذه الأنسجة . كما أنه ضروري لالتئام الجروح والأوعية الدموية الشعرية نظراً لأنه يدخل في تركيب المواد الرابطة أو اللاصقة (اللاصقة) cements الضرورية لذلك . ويتميز الكولاجين عن بقية بروتينات الجسم باحتوائه على كميات كبيرة من الحمض الأميني هيدروكسي برولين hydroxy prolin (٢٥٪) والحمض الأميني هيدروكسي لايسين hydroxy lysin . ولا يستطيع الجسم الحصول على هذين الحمضين من الغذاء ، لهذا يقوم الجسم بتصنيعهما بمساعدة حمض الأسكوربيك الذي يؤدي نقصه في الغذاء إلى حدوث نقص في كولاجين الجسم نتيجة لعدم تكون حمض الهيدروكسي برولين والهيدروكسي لايسين . يعمل حمض الأسكوربيك على إضافة مجموعة هيدروكسيل (OH) hydroxylation إلى حمض البرولين وحمض اللايسين بمساعدة إنزيم محدد وأيونات الحديد (Fe) ليتحول إلى هيدروكسي برولين وهيدروكسي لايسين .

وتظهر عادة أعراض مرض الإسقربوط نتيجة لحدوث تدهم أو نقص في الكولاجين مما يؤدي إلى عدم التئام الجروح وحدث نزيف تحت الجلد وفي اللثة وسهولة تكسر أطراف العظام وذلك لعدم قدرتها على الاحتفاظ بالفوسفور والكالسيوم أثناء عملية التكلس .

٣ - امتصاص الحديد Absorption of iron

يزيد حمض الأسكوربيك من قدرة الجسم على امتصاص الحديد من خلال جدار الأمعاء، ويوجد الحديد داخل الجسم في صورتين هما: الحديدك ferric (Fe^{3+}) iron والحديدوز ferrous iron (Fe^{2+})، لهذا يقوم حمض الأسكوربيك بمساعدة حمض الهيدروكلوريك (HCl) على إبقاء الحديد في صورة حديدوز حتى يسهل امتصاصه. ولقد وجد أن حمض الأسكوربيك يرتبط مع الحديد لتكوين معقد (مركب) (complex) يسهل مروره من خلال جدار الأمعاء. كما يزيد حمض الأسكوربيك من مخزون الحديد في أعضاء الجسم المختلفة مثل الكبد ونخاع العظام والطحال نظرًا لأنه يساعد على فصل الحديد من الترانسفيرين transferrin (البروتين الحامل للحديد في الدم) واتحاده مع الفريتيتين ferritin الذي يوجد في هذه الأعضاء. كما تجدر الإشارة إلى أن احتواء الوجبة الغذائية على حمض الأسكوربيك أو اللحوم الحيوانية يزيد من نسبة امتصاص الحديد غير الهيمي non-heme iron كما هو موضح في الوجبات الغذائية الثلاث التالية:

الوجبة الغذائية	كمية فيتامين ج في الوجبة الغذائية المتناولة	نسبة امتصاص الحديد غير الهيمي من الوجبة الغذائية
أ) منخفضة المحتوى من فيتامين ج أو اللحم.	٢٥ مجم فيتامين ج أو أقل من ١ أوقية لحم	٣ %
ب) متوسطة المحتوى من فيتامين ج أو اللحم.	٧٥ مجم فيتامين ج أو ١-٣ أوقية لحم	٥ %
ج) مرتفعة المحتوى من فيتامين ج أو اللحم.	أكثر من ٧٥ مجم فيتامين ج أو أكثر من ٣ أوقية لحم	٨ %

٤ - أيض الأحماض الأمينية Metabolism of amino acids

يحسن حمض الأسكوربيك من أيض بعض الأحماض الأمينية مثل التيروسين tyrosine والتريبتوفان tryptophan والفنيل ألانين phenylalanine. حيث يعمل الفيتامين على تكوين مادة السيروتونين serotonin المهمة لنقل المنبهات العصبية neuro-

ransmitter وتنظيم ضغط الدم بالجسم من الترتوفان، كما يعمل على تكوين هرمون norepinephrine الضروري للتغلب على الشعور بالإجهاد stress من التيروسين.

٥ - مضاد للأكسدة Antioxidant

يستطيع فيتامين ج أن يوجد في الصورة المؤكسدة. والصورة المختزلة كما ذكر أعلاه، لذا فإنه يؤكسد نفسه لحماية العناصر الغذائية الأخرى من الأكسدة داخل الجسم (العناصر الغذائية التي تدخل في تكوين الأنسجة وأغشية الخلايا) مثل فيتامين ا وفيتامين هـ (E) وبمجموعة فيتامينات ب والأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة (PUFA). أي أنه ضروري لصحة وسلامة جميع خلايا الجسم وأعضائه. ويضاف حمض الأسكوربيك في بعض الأغذية كمادة مانعة للأكسدة مما يحافظ على لونها ونكهتها أثناء التخزين.

٦ - الاستفادة من حمض الفوليك Utilization of folic acid

يدخل حمض الأسكوربيك في عملية اختزال حمض الفوليك إلى حمض الفولينيك TH النشط فيسيولوجياً، كما يساعد الجسم على تخزين كمية أكبر من حمض الفوليك، لذا يعد هذا الفيتامين مضاداً للأنيميا ذات كرام الدم المتضخمة megaloblastic anemia في الرضع والأطفال.

٧ - مقاومة البرد Cold tolerance

ينصح كثير من الأطباء بتناول جرعات كبيرة من فيتامين ج تصل إلى جرام واحد في حالة الإصابة بأمراض البرد والحمى والرشح والإنفلونزا وغيرها. كما أن حمض الأسكوربيك له القدرة على إبطال التأثير السام للهستامين histamine. إلا أنه لا ينصح بتناول كميات كبيرة جداً منه لفترات طويلة. حيث أثبتت الدراسات أن تناول جرعات كبيرة يؤدي إلى تكوين حصى الكلية من نوع أكسالات الكالسيوم Cal-cium oxalate، كما يضعف امتصاص الجسم لفيتامين ب ١٢.

يعتقد بأن قدرة حمض الأسكوربيك على زيادة مقاومة الجسم للبرودة تُعزى إلى أنه يسرع من عمليات الأيض الغذائي للحمضين الأمينيين الفيل ألانين والتيروسين

الذين يدخلان في تكوين هرمون الثيروكسين والأدرينالين اللازمين لتنظيم الأيض القاعدي وإنتاج الطاقة.

٨ - وظائف أخرى Other functions

توجد وظائف أخرى لحمض الأسكوربيك تشمل تصنيع السكريات المخاطية المتعددة mucopoly saccharids والاستيرولات steroids الماضية للالتهابات anti-inflammatory بواسطة الغدة الكظرية، كما يسهل الفيتامين خروج الكوليسترول من الجسم ويخفض مستواه في الدم وذلك عن طريق إفرازه مع البول وكذلك تحويله إلى أحماض الصفراء bile acids التي تطرح خارج الجسم. كما يضعف فيتامين ج من نشاط إنزيم الليبيز lipase الذي يعمل على أكسدة الدهون الزائدة المخزنة في أنسجة الجسم. ويحمي من خطر الأوزون الجوي والألدهيدات الناتجة من التدخين ويمنع تكوين النيتريت من النترات ويساعد على تكوين الغضاريف cartilages وعاج (ميناء) الأسنان dentine.

(٦، ٢، ٨) مصادر فيتامين ج الغذائية Dietary sources of vitamin C

تعد الفواكه والخضروات من الأغذية الغنية في محتواها من حمض الأسكوربيك، لهذا فهي المصدر الرئيسي الذي يمد جسم الإنسان بمعظم احتياجاته اليومية من هذا الفيتامين. ويسمى حمض الأسكوربيك أحياناً بفيتامين الأغذية الطازجة fresh-food vitamin نظراً لأنه يوجد بكميات كبيرة في الخضروات والفواكه الطازجة. وتعد فواكه الحمضيات citrus fruits والجوافة والفراولة والبروكولي broccoli والشمام cantaloupe والفلفل الأخضر والقرنبيط cauliflower من المصادر الغنية جداً بـ حمض الأسكوربيك، يليها الملفوف (كرنب) cabbage والطماطم والبطاطس والموز والأناناس. أما الحليب ومشتقاته فيعتبر من المصادر الفقيرة في حمض الأسكوربيك بسبب عمليات البسترة أو التعقيم التي تسبب تلف الفيتامين، إلا أن حليب الأم يعتبر مصدراً لا بأس به لهذا الفيتامين لأنه لا يتعرض إلى معاملات حرارية. كما تعد الحبوب والخبز والبيض والدواجن والأسماك واللحوم الحمراء باستثناء الكبد ولحم البقر أو العجل calf أو الخروف lamb خالية تماماً من حمض الأسكوربيك.

وبشكل عام فإن تناول الشخص البالغ ربع كوب من عصائر الحمضيات (٥٠ مل) أو برتقالة واحدة أو نصف حبة جريب فروت يكفي لتأمين احتياجاته اليومية من حمض الأسكوربيك. ويبين جدول (٨، ١) محتوى بعض الأغذية من حمض الأسكوربيك.

جدول (٨، ١). محتوى بعض الأغذية من حمض الأسكوربيك (Vitamin C).

الأغذية	نبة حمض الأسكوربيك (مجم / ١٠٠ جرام)	مقدار وحدة التقديم الواحدة (حصة Serving)	كمية حمض الأسكوربيك (مجم)
برتقال، طازج	-	١ حبة متوسطة (١٢٠ جرامات)	٦٦
جوافة - معلبة	١٨٠	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	١٨٠
فراولة	٦٠	١ كوب (١٤٣ جراماً)	٨٦
بطيخ watermelon	٢٥	١ كوب (١٢٠ جراماً)	٣٠
موز	١٠	١ حبة متوسطة (١٢٠ جراماً)	١٢
عصير برتقال	٤٩	نصف كوب (١٢٢ جراماً)	٦٠
عصير ليمون	٤٢	نصف كوب (١٢٢ جراماً)	٥١
عصير جريب فروت	٣٤	نصف كوب (١٢٢ جراماً)	٤١
عصير تفاح	٣	نصف كوب (١٢٢ جراماً)	٤
تفاح	-	١ حبة صغيرة (١٠٠ جرام)	٣
الشمام muskmelon	٣٢	ثلث حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	٣٢
أناناس			
خوخ peaches	٧	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	٧
مشمش apricot	٧	١ حبة متوسطة (٣٦ جراماً)	٣
توت raspberries		نصف كوب (٦٥ جراماً)	١٦
فلفل أخضر - طازج	١٢٠	١ أوقية (٣٠ جراماً)	٣٠
بروكولي broccoli مطهو	٨٨	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٦٦
brussel sprouts مطهو	٩٣	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٧٠
قرنبيط cauliflower مطهو	٥٥	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٤١
كرنب أو ملفوف cabbage طازج	٤٨	نصف كوب (٧٥ جراماً)	
عصير طماطم	١٦	نصف كوب (١٢٢ جراماً)	٢٠
طماطم - طازجة	٢١	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	٢١
بطاطس مسلوقة	١٦	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	١٦
خس - طازج	٢٠	١ أوقية (٣٠ جراماً)	٦
جزر - طازج	٦	١ أوقية (٣٠ جراماً)	٢

تابع جدول (٨, ١) .

الغذية	نسبة حمض الأسكوريك (مجم / ١٠٠ جرامات)	مقدار وحدة التقديم الواحدة (حصة Serving)	كمية حمض الأسكوريك (مجم)
كرفس celery	٧	١ أوقية (٣٠ جراماً)	٢
سبانخ مطهية	٣٣	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٢٥
بازلاء خضراء - مطهية	٢١	نصف كوب (٧٥ جراماً)	١٦
فاصوليا خضراء - مطهية	١١	نصف كوب (٧٥ جراماً)	٨
كبدية - مطهية	١٥	٢ أوقية (٦٠ جراماً)	١٠
حليب معامل بالحرارة	١	١ كوب (٢٤٤ جراماً)	٢

(٨, ٢, ٧) أعراض نقص فيتامين ج Deficiency of vitamin C

تتمثل أعراض نقص فيتامين ج لدى الإنسان في التالي :

- ١ - الإصابة بمرض الإسقربوط ويحدث ذلك في حالة النقص الشديد في حمض الأسكوريك ولكن بشكل عام تندر الإصابة بهذا المرض في جميع أنحاء العالم وقد يصيب الأطفال والمسنين نتيجة لإهمال تناول الفيتامين لمدة طويلة .
- ٢ - الإصابة بنزلات البرد الصدرية common cold والزكام وعدم قدرة الجسم على تحمل درجات الحرارة المنخفضة .
- ٣ - صعوبة التئام الجروح نتيجة لعدم تكوين الكولاجين والمواد اللاصقة cements بين الخلايا وفي جدار الأوعية الدموية .
- ٤ - إصابة الرضع infants بالأنيميا ذات كرات الدم المتضخمة megaloblastic anemia والأنيميا ذات كرات الدم الصغيرة وذلك بسبب قلة وسوء امتصاص الحديد الذي يساعد حمض الأسكوريك على امتصاصه كما أشرنا سابقاً .

مرض الإسقربوط Scurvey

يعد مرض الإسقربوط من الأمراض النادرة الحدوث في العالم، وتظهر أعراضه في حالة عدم تناول حمض الأسكوريك لمدة طويلة، لهذا فقد يصيب الأطفال والمسنين. وتتمثل أعراض مرض الإسقربوط في البالغين بحدوث ضعف عام،

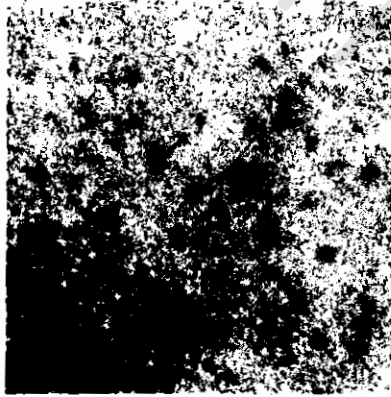
والشعور بالتعب وآلام في المفاصل والأرجل ونقص في الوزن وجفاف في الجلد بعد عدة شهور من تناول وجبات غذائية خالية من حمض الأسكوربيك. ويتقدم المرض يحدث تورم وتقرح في اللثة ulcerated gum وإدماؤها بسهولة ونزيف تحت الجلد skin hemorrhages في صورة بقع دموية hemorrhagic spots زرقاء حول منابت الشعر نتيجة نقص المواد اللاصقة بين الخلايا وتخلخل في الأسنان gingivitis وتساقطها ونزيف في الشبكية والملتحمة والأنف وتورم في المفاصل نتيجة النزيف في تمجوف المفصل وصعوبة التثام الجروح بسبب نقص تكوين الكولاجين والمواد اللاصقة بين الخلايا. وقد يصاب الفرد بالأنيميا ذات كرات الدم المتضخمة خصوصاً الأطفال أو الأنيميا ذات كرات الدم الصغيرة نتيجة نقص حمض الأسكوربيك الذي يساعد على تحويل حمض الفوليك إلى الفولينيك ونتيجة انخفاض امتصاص الحديد. كما يصاب الأطفال (٦ - ١٨ شهراً) الذين يتغذون على حليب البقر غير المدعم بـ حمض الأسكوربيك بمرض الإسقربوط لأن حليب البقر فقير جداً في هذا الفيتامين (٢ ملليجرام / ١٠٠ جرام) وقد يصبح خالياً تماماً منه بعد عملية البسترة أو الغليان، بينما يعتبر حليب الأم غنياً في محتواه من هذا الفيتامين (٥ - ٨ ملليجرام / ١٠٠ جرام). وتظهر أعراض مرض الإسقربوط على الطفل في صورة التهاب infection وآلام وليونة في الأطراف tenderness of extremities وانتفاخ في الأرجل والفخذ thighs ونزيف في اللثة، وتحت الجلد وزيادة في نشاط الغدة الدرقية hyperthyroidism وضعف في الغضاريف cartilages التي تدعم العظام. كما يحدث تضخم في نهاية العظام الطويلة والضلوع ribs مشابه لأعراض مرض الكساح ولكن يتميز عنه بليونة وطراوة نهايات العظام المتورمة.

يمكن معالجة مرض الإسقربوط الحاد بإعطاء جرعات من حمض الأسكوربيك مقدارها ١٠٠ - ٢٠٠ ملليجرام في صورة صناعية synthetic form أو في صورة عصير برتقال. ويوضح الشكل (٢، ٨) أعراض مرض الإسقربوط على اللثة والذي يتمثل في تورمها وإدماؤها وزرقتها. كما يبين الشكل (٣، ٨) نزيفاً تحت جلد اليد نتيجة لنقص حمض الأسكوربيك.



شكل (٢، ٨) . مرض الإسقربوط Scurvy .

عن : Whitney, E.N. *et al.* (1990)



شكل (٣، ٨) . نزيف تحت جلد اليد نتيجة لنقص حمض الأسكوربيك.

عن : Wardlaw, G.M. and Insel, P.M. (1993)

(٨، ٢، ٨) احتياجات فيتامين ج اليومية Daily requirements of vitamin C

لقد أجريت دراسات أولية عديدة لمعرفة احتياجات الشخص اليومية لحمض الأسكوربيك وتبين أن تناول ٦, ٥ - ١٠ ملليجرام في اليوم يكفي للمحافظة على صحة الأسنان وسرعة التئام الجروح والوقاية من مرض الإسقربوط. كما أن تناول كميات كبيرة جداً من هذا الفيتامين يزيد من مقاومة الجسم لنزلات البرد والزكام والأمراض المعدية، لكن لا توجد براهين علمية كافية على ذلك. والمقررات الغذائية المقترحة (RDA) من قبل هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية FNB (١٩٨٩م) للمحافظة على الصحة هي ٦٠ ملليجراماً في اليوم للأشخاص (ذكور وإناث) فوق ١٤ سنة و ٣٠ - ٣٥ ملليجراماً في اليوم للرضع infants (من الولادة - ١ سنة) و ٤٠ - ٤٥ ملليجراماً في اليوم للأطفال حتى عمر ١٠ سنوات، وتزداد هذه الكميات إلى ٧٠ ملليجراماً يومياً أثناء فترة الحمل وكذلك إلى ٩٥ ملليجراماً و ٩٠ ملليجراماً يومياً أثناء الستة الشهور الأولى والثانية من الرضاعة على التوالي. كما توصي منظمات الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO بتناول ٣٠ ملليجراماً من حمض الأسكوربيك في اليوم للرجل البالغ والمرأة البالغة و ٢٠ ملليجراماً في اليوم بالنسبة للرضع والأطفال حتى عمر ١٤ سنة. وتزداد الكمية التي تتناولها المرأة البالغة إلى ٥٠ ملليجراماً في اليوم أثناء فترة الحمل والرضاعة.

وتزيد كميات حمض الأسكوربيك المذكورة أعلاه والتي يوصى بتناولها يومياً عن احتياجات الفرد وذلك على أساس أنها تكفي للتعويض عن الكمية المفقودة يومياً من جسم الشخص البالغ (٣٠ ملليجرام / اليوم) وللمحافظة على حالة صحية جيدة وللوقاية من مرض الإسقربوط وللمحافظة على صحة الأسنان وسرعة التئام الجروح. كما أخذ في الاعتبار عامل الأمان نظراً لتفاوت نسبة الفيتامين في الفواكه والخضروات واحتمال فقدان نسبة كبيرة منه أثناء عملية طهي الطعام. وتجدر الإشارة إلى أن احتياجات الشخص من حمض الأسكوربيك قد تصل إلى ١٠٠٠ ملليجرام في اليوم عقب إجراء عملية كبيرة أو الإصابة بجروح خطيرة وذلك للإسراع في التئام الجروح أو لتكوين أنسجة scare tissue جديدة. ولكي نضمن حصول الأطفال الرضع على الكميات الموصى بها من حمض الأسكوربيك فإنه يفضل تغذيتهم على حليب الأم بدلاً

من حليب البقر، نظرًا لأن كمية الفيتامين فيه تصل إلى ستة أضعاف الكمية الموجودة في حليب البقر، لهذا يحصل الرضيع على حوالي ١٥ - ٥٠ ملليجرامًا من فيتامين ج من حليب الأم يوميًا. لهذا يوصى بإعطاء الأطفال الذين يتغذون على الحليب الصناعي جرعات من حمض الأسكوربيك في صورة عصير برتقال أو ليمون. ويمكن استبدال عصير البرتقال كمصدر لحمض الأسكوربيك بمصادر غير غذائية إذا كان يسبب حساسية للرضيع. والكائنات الحية التي تحتاج إلى تناول حمض الأسكوربيك في غذائها قليلة ومنها الإنسان وخفافيش الفاكهة الهندية Indian fruit bats والبلبل الهندي Indian red-vented bulbul والقرود والأرنب الهندي وخنزير غينيا Guinea pigs وبعض الأسماك مثل التروته (السلمون المرقط) trout والشبوط carp نظرًا لأنها لا تملك الإنزيم الضروري لتصنيعه في الجسم وهو أوكسيداز الجولونولاكتون Gulonolactone oxidase إلا أن بقية الحيوانات لا تحتاج إلى مصادر غذائية لهذا الفيتامين لأنها تملك هذا الإنزيم.

(٨، ٢، ٩) امتصاص فيتامين ج ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism & storage of vitamin C

يُمتص حمض الأسكوربيك بسهولة في الجزء السفلي من الأمعاء الدقيقة بطريقة الانتشار diffusion أو بطريقة النقل النشط active transport في وجود الصوديوم إلى الدم ومنه إلى الكبد والطحال وأنسجة الجسم المختلفة. وتحتوي الغدة الكظرية adrenal gland وشبكية العين retina على أعلى تركيز من حمض الأسكوربيك يليها الطحال والأمعاء ونخاع العظام والبنكرياس والكبد والمخ والغدة النخاعية pituitary gland والكليتين. ويقل معدل امتصاص حمض الأسكوربيك في حالة نقص إفراز حمض الهيدروكلوريك أو الإصابة بأمراض القناة الهضمية أو تقرح القولون أو الإسهال أو التهابات المعوية المختلفة. تقدر كمية حمض الأسكوربيك المخزنة في أنسجة الجسم المختلفة بحوالي ١٥٠٠ ملليجرام، وهذه الكمية يمكن أن تمد الجسم باحتياجاته من الفيتامين لمدة ٩٠ يومًا، إلا أن انخفاض تركيز الفيتامين في الأنسجة إلى ٣٠٠ ملليجرام يؤدي إلى ظهور أعراض مرض الإسقربوط. يمتص الجنين كمية كبيرة من حمض

الأسكوربيك من أمه عن طريق المشيمة مما يجعل تركيزه في جسم الجنين أعلى (٧٠ مجم / ١٠٠ مل دم) من تركيزه في جسم الأم (٣٠ مجم / ١٠٠ مل دم) ولكن بعد الولادة تهبط نسبة الفيتامين إلى المستوى الطبيعي في جسم الرضيع. ونظرًا لأن حمض الأسكوربيك قابل للذوبان في الماء فإن الكمية الزائدة تفرز مع البول في صورة حمض أسكوربيك أو كبريتات حمض الأسكوربيك ascorbic acid sulfate أو حمض أوكساليك oxalic acid. كما يفرز الفيتامين في الحليب، إلا أن حليب الأم أغنى في محتواه من حمض الأسكوربيك (٧٥ ملليجرام / لتر) من حليب البقر (٢٢ ملليجرام / لتر). كما يزداد إفراز حمض الأسكوربيك خارج الجسم وتهدمه عند تعاطي المرأة لحبوب منع الحمل وكذلك نتيجة للتدخين. ويمكن أن يفقد الجسم مخزونه من حمض الأسكوربيك بسرعة كبيرة عند الإصابة بالأمراض المعدية والحمى والتوتر والقلق.

(١٠، ٢، ٨) الإفراط في تعاطي فيتامين ج Excess doses of vitamin C

إن اقترح لينوس بولنج Linus Pauling الأمريكي في كتابه بعنوان فيتامين ج ونزلات البرد Vitamin C and the Common Cold (١٩٧٠م) بتناول جرعات كبيرة من فيتامين ج (أكثر من ٢ جرام) وكذلك فإن لتوافر فيتامين ج الاصطناعي على مستوى تجاري وبأسعار رخيصة شجع آلاف الناس على أخذ جرعات كبيرة megadoses منه. علاوة على أن عددًا كبيرًا من الناس في الوقت الحاضر يؤيدون تناول جرعات كبيرة من اللوقاية من البرد colds والزكام. ولقد أدى تناول جرعات كبيرة جدًا من فيتامين ج إلى ظهور حالات تسمم عديدة مما شجع العلماء على دراسة سمية هذا الفيتامين. وتتمثل أعراض التسمم بفيتامين ج في التالي:

- ١ - تكون حصوة في الكلية kidney stone من نوع أكسالات بسبب تحول كميات كبيرة من فيتامين ج الزائد على حاجة الجسم إلى حمض أوكساليك oxalic acid قبل خروجه مع البول.
- ٢ - اضطراب في التوازن الحمضي - القاعدي في الجسم acid-base balance.
- ٣ - الإصابة بالغثيان nausea والإسهال والتشنجات المعدية abdominal cramps وهي من الأعراض المتكررة في الإنسان بسبب تناول جرعات كبيرة من فيتامين ج قبل الوجبة الغذائية.

- ٤ - الإصابة بالإسقربوط الارتدادي rebound scurvey بعد الانقطاع المفاجيء من أخذ جرعات كبيرة من الفيتامين لفترات زمنية طويلة، حيث إنه من الواجب أن ينقطع الشخص تدريجياً عن تناوله. كما ظهرت أعراض مرض الإسقربوط على الرضع المولودين من أمهات اعتدن على تناول جرعات كبيرة منه أثناء الحمل.
 - ٥ - الإصابة بالأنيميا hemolytic anemia.
 - ٦ - ضعف في قدرة كرات الدم البيضاء leukocytes على إعطاء مناعة للجسم وقتل الجراثيم بسبب تكسرها.
 - ٧ - تلف وتهدم فيتامين ب ١٢ (vitamin B12).
 - ٨ - انخفاض معدل امتصاص النحاس في الأمعاء.
 - ٩ - ارتفاع مستوى الكوليسترول cholesterol في الدم.
 - ١٠ - ارتفاع معدل امتصاص الحديد من خلال جدار الأمعاء.
- ويشكّل عام يمكن القول بأن تناول الأشخاص البالغين ١ - ٢ جرام فيتامين ج في اليوم يعتبر مقبولاً ومأموناً وغير سام إلا أن الجرعات التي تزيد على ٢ جرام قد تؤدي إلى ظهور أعراض التسمم بالفيتامين. كما أن هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية FNB لا توصي بتناول جرعات كبيرة من فيتامين ج نظراً لأن الفائدة من ذلك محدودة جداً. وتجدر الإشارة إلى أن بولنج Pauling الحائز على جائزة نوبل قد أوصى في كتابه الذي ذكرناه سابقاً بتناول جرعات كبيرة من فيتامين ج في اليوم (١٠٠٠ - ٢٠٠٠ ملليجرام) للوقاية من نزلات البرد cold. غير أن نتائج الدراسات التي أجريت بعد ذلك على هذا الموضوع كانت غير إيجابية وأن الجرعات الكبيرة من الفيتامين قد تقلل فقط من فترة بقاء أو دوام نزلات البرد duration of colds.

(٨، ٢، ١١) اقتراحات لتقليل فقدان فيتامين ج في الأغذية

- ١ - حصص الخضروات والفواكه مباشرة قبل الاستهلاك أو التخزين
- تفقد الخضروات والفواكه بعد قطفها نسب مرتفعة من فيتامين ج خصوصاً عند بقائها مخزنة لفترات طويلة على درجات حرارة عالية. كما أن الخضروات والفواكه الناضجة تحتوي على كمية أكبر من فيتامين ج من الخضروات والفواكه غير الناضجة.

٢ - تخزين الخضروات والفواكه بالطريقة المناسبة

يقل الفقد في فيتامين ج بانخفاض درجة حرارة التخزين التي تعمل على تثبيط نشاط الإنزيمات المحللة للفيتامين، وكذلك في حالة وجود تهوية قليلة ونسبة رطوبة مناسبة. ويمكن اقتراح طرق التخزين التالية للتقليل من فقدان فيتامين ج وهي:

(أ) التجميد Freezing . يعد التجميد أفضل طريقة للتخزين لأنها توقف نشاط جميع الإنزيمات المحللة لفيتامين ج .

(ب) التبريد Refrigeration . تقلل هذه الطريقة من نشاط الإنزيمات المحللة للفيتامين بدرجة أقل من الطريقة السابقة، إلا أن معدل الفقد في فيتامين ج يكون كبيراً جداً عندما تترك الفواكه والخضروات على درجة حرارة الغرفة (٢٥°م) نظراً لأن نشاط الإنزيم يكون مرتفعاً.

(ج) التعليب Canning . يحدث فقد كبير لفيتامين ج عند حفظ الخضروات والفواكه باستخدام هذه الطريقة نظراً لأن عملية التعليب تحتاج إلى معدلات حرارية مرتفعة (التعقيم التجاري). كما أن فيتامين ج يتميز بقابليته للذوبان في الماء، لذا يفقد جزء كبير منه في محلول التعبئة داخل العبوة وكذلك في ماء السلق.

٣ - تقليل مدة إعداد وطهو الطعام

يزداد الفقد في نسبة فيتامين ج بزيادة المدة الزمنية لإعداد وطهو الخضروات، ويمكن التقليل من نسبة هذا الفاقد أثناء طهو الخضروات باتباع التالي:

- (أ) طهو الخضروات بدون إزالة القشرة الخارجية skins .
- (ب) استعمال كمية قليلة من الماء . حيث يفقد كمية كبيرة من فيتامين ج بسبب ذوبانها في ماء الطهو وتزداد الكمية المفقودة من الفيتامين بزيادة كمية ماء الطهو، لذا ينصح بتجنب غمر soaking الخضروات في الماء قبل الطهو.
- وتجدر الإشارة إلى أن معدل فقدان فيتامين ج من الخضروات المخبوزة baked أو المشوية broiled أو المطهوه على البخار steam يكون أقل عما في الخضروات المسلوقة boiled ، لذا فإن عملية سلق الخضروات قبل تجميدها يؤدي إلى فقدان نسبة كبيرة من الفيتامين . ولقد وجد أن حفظ الأغذية بالتجميد freeze-drying يعتبر من أفضل الطرق

التي تحافظ على فيتامين جـ في الخضروات والفواكه ، بينما يؤدي الحفظ بالإشعاع إلى حدوث نسبة عالية من الفقد تصل إلى ٥٠٪. كما أوضحت الدراسات أن الخضروات المسلوقة تحتفظ بحوالي ٤٥٪ من فيتامين جـ والمطهوه على البخار بحوالي ٧٠٪ والمطهوه تحت الضغط بحوالي ٨٠٪ والمطهوه إلكترونياً (بالموجات الدقيقة) microwave cooking بحوالي ٨٥٪.

٤ - طهو الخضروات وهي في صورة مجمدة

يؤدي إذابة الخضروات المجمدة قبل طهوها إلى فقدان فيتامين جـ لذا ينصح بطهوها وهي في حالة مجمدة.

٥ - تجنب تقطيع الفواكه والخضروات إلى قطع صغيرة

يؤدي تقطيع الفواكه والخضروات إلى قطع صغيرة إلى زيادة مساحة السطح المعرض للأكسجين أو الحرارة وقد أشارت الدراسات إلى أن الكرب المقطع إلى قطع صغيرة يفقد نسبة أعلى من فيتامين جـ أثناء الطهو مقارنة بالكرب المقطع إلى قطع كبيرة. ويضاف فيتامين جـ إلى كثير من العصائر والمشروبات الخفيفة soft drinks كمادة حافظة أو مكسبة للون أو الطعم الحامضي. كما يضاف هذا الفيتامين إلى المرببات والجلي كمادة مثبتة للون ومكسبة للحموضة وإلى اللحوم للمحافظة على لونها.

٦ - قطف الثمار من الأشجار بعد اكتمال نضجها

أثبتت الدراسات أن نسبة فيتامين جـ في الثمار الكاملة النضج تكون أعلى مما في الثمار غير مكتملة النضج باستثناء الحبوب والبقوليات التي تقل بها نسبة فيتامين جـ بزيادة نضجها.

(٨، ٣) فيتامين ب ١ (الثيامين) Vitamin B 1 or Thiamin

(٨، ٣، ١) لمحة تاريخية

يعد فيتامين ب ١ العامل المضاد لمرض البري بري beri beri الذي عرفه

اليابانيون منذ حوالي ٢٦٠٠ سنة قبل الميلاد ولكن لم يتمكنوا من معالجته . وفي سنة ١٨٥٥م استطاع تاكاكي Takaki من معالجة جنود البحرية اليابانية من مرض البري بري المنتشر بينهم، وذلك بتقليل كمية الأرز في الوجبة وزيادة كمية الحليب واللحم والخضروات والشعير، كما أوضح أن الشخص الذي يتناول الأرز المبيض (المقشور) polished rice يمكن أن يصاب بمرض البري بري . تلا تاكاكي الطبيب الهولندي إيكمان Eijkman في عام ١٨٩٧م والذي تمكن من تحسين حالة الشخص المصاب بمرض البري بري عن طريق إضافة مخلفات تبيض الأرز (قشور الأرز) rice polishings إلى وجبته، ثم تبعه فونك Funk عام ١٩١١م الذي استطاع فصل العامل الفعال في معالجة البري بري من مخلفات تبيض الأرز وسماه فيتامين البري بري beri vitamin . وفي عام ١٩٢٧م أطلق مجلس الأبحاث الطبية البريطاني اسم فيتامين ب ١ (B1) على العامل المضاد للبري بري، ثم توصل العالم وليامز Williams عام ١٩٣٦م إلى تصنيع فيتامين ب ١ صناعياً وسماه الثيامين thiamin .

(٨, ٣, ٢) المسميات Nomenclature

يعد فيتامين ب ١ مهماً لمعالجة مرض البري بري والتهاب الأعصاب، وعرف تحت أحد المسميات المترادفة التالية :

Antiberiberi vitamin

الفيتامين المضاد لمرض البري بري

Antineuritic vitamin

الفيتامين المضاد لالتهاب الأعصاب

Thiamin

الثيامين

Vitamin B1

فيتامين ب ١

Aneurine

أنيورين

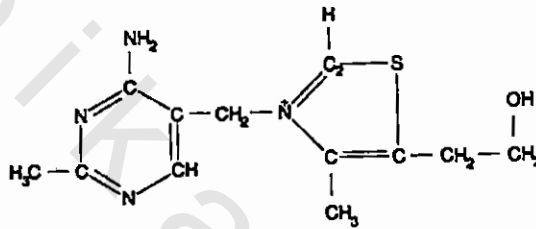
ويسمى فيتامين ب ١ بالثيامين نظراً لأنه يحتوي على الكبريت sulfur ومجموعة أمين amine group (النيتروجين) كما يسمى أنيورين نسبة إلى شفافته للأعصاب .

(٨, ٣, ٣) التركيب البنائي لفيتامين ب ١ Structure of vitamin B 1

يتكون فيتامين ب ١ (الثيامين) من حلقتين متصلتين ببعضهما البعض بواسطة

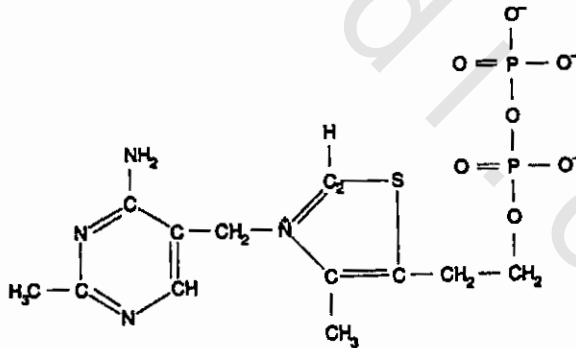
مجموعة ميثيلين methylene إحداهما تسمى حلقة البيريميدين pyrimidine ring والأخرى حلقة الثيازول thiazol ring المتصلة بالكبريت والنيتروجين والتي تمثل فيتامين ب ١ . يتوافر الثيامين على المستوى التجاري في صورة نشيطة تدعى هيدروكلوريد الثيامين thiamin hydrochloride وهو عبارة عن مسحوق أبيض متبلور قابل للذوبان في الماء .

ويوضح الشكل (٨، ٤) التركيب البنائي للثيامين والثيامين بيروفوسفات .



Thiamin (vitamin B₁)

ثيامين (فيتامين ب_١)



Thiamin pyrophosphate

ثيامين بيروفوسفات (قرين إنزيم)

شكل (٨، ٤) . التركيب البنائي للثيامين والثيامين بيروفوسفات .

Properties of vitamin B ١ (٨, ٣, ٤) خواص فيتامين ب ١

- ١ - يوجد على صورة بلورات بيضاء صلبة ذات طعم مالح salty taste ورائحة خفيفة تشبه الخميرة yeastlike odor .
- ٢ - قابل للذوبان في الماء بسهولة وفي الكحول الذي نسبة تركيزه ٩٥٪ .
- ٣ - يتحمل الفيتامين في الوسط الحامضي وفي الصورة الصلبة درجة حرارة تصل إلى ١٢٠°م .
- ٤ - يتلف أثناء عملية الطهو أو الشوي roasting .
- ٥ - حساس للأشعة فوق البنفسجية وللحرارة في الوسط القلوي .
- ٦ - يتلف بالكامل أثناء عملية الكبرتة للفاكهة المعلبة أو بمعاملته باستخدام أملاح الكبريت كمادة حافظة .
- ٧ - غير قابل للتحلل في الدهون .

Functions of vitamin B1 (٨, ٣, ٥) وظائف فيتامين ب ١

يمكن تلخيص وظائف فيتامين ب ١ في جسم الإنسان كالآتي :

١ - إنتاج الطاقة Synthesis of energy

تقوم الصورة الفعالة فسيولوجياً للفيتامين وهو بيروفوسفات الثيامين (TPP) thiamin pyrophosphate بدور مهم في عملية أيض الكربوهيدرات وانطلاق الطاقة، حيث يعمل كقرين coenzyme لإنزيم بيروفات ديهيدروجينيز pyruvate dehydrogenase حيث يساعد على إزالة مجموعة الكربوكسيل (oxidative) decarboxylation أو (CO) من حمض البيروفيك pyruvic acid وتحويله إلى استيل قرين إنزيم acetyl Co A قبل دخوله إلى دورة كربس citric acid cycle . ويحتاج هذا التفاعل إلى عوامل مساعدة cofactors أخرى كما هو موضح أدناه :

مغنيسيوم



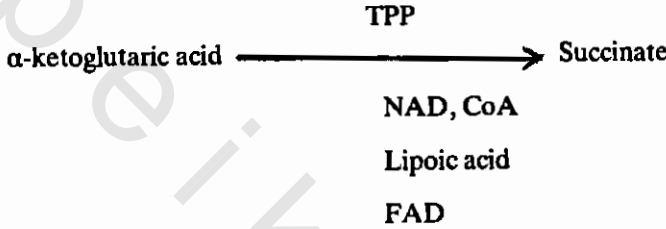
ثيامين بيروفوسفات (TPP)

الشكل الفعال للنياسين (NAD)

قرين إنزيم (Co A)

حمض اللبنة lipoic acid

كما أن مركب TPP ضروري لنزع ثاني أكسيد الكربون من حمض ألفا - كيتو جلوتاريك α -ketoglutaric acid ليتحول إلى سكسينات succinate داخل دورة كريبس مما يساعد على إنتاج الطاقة من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون.



يتضح مما ذكر سابقاً أن نقص الثيامين (TPP) يؤدي إلى تراكم حمض البيروفيك وحمض ألفا - كيتوجلوتاريك α -ketoglutaric acid في الجسم والدم وعدم قدرة الجسم على الانتفاع من البروتينات والدهون والكربوهيدرات لإنتاج الطاقة. كذلك يساعد الـ TPP على تكوين سكر الريبوز ribose من الجلوكوز عن طريق تنشيط إنزيم الترانسكيتوليز transketolase. وكما هو معروف فإن سكر الريبوز يدخل في تكوين الأحماض النووية (DNA و RNA) الضرورية لنقل الصفات الوراثية.

٢ - المحافظة على أداء الجهاز العصبي - Maintenance of nervous system func-

tions

أوضحت الدراسات أن فيتامين ب ١ يساعد على إفراز المواد التي تستجيب للمنبهات impulses الخارجية مثل استيل كولين acetylcholin وسيروتونين serotonin وهذه المركبات تفرز عند نهاية الأعصاب neurotransmitters وتنقل المنبهات إلى الجهاز العصبي. كما أن وجود مادة ثلاثي فوسفات الثيامين thiamin triphosphate في الخلايا العصبية وأغشيتها هو دليل قاطع على دور هذا الفيتامين في المحافظة على أداء الجهاز العصبي لوظائفه.

(٨, ٣, ٦) مصادر فيتامين ب ١ الغذائية Dietary sources of vitamin B 1

يتوافر فيتامين ب ١ في معظم الأغذية النباتية والحيوانية، لهذا تندر الإصابة بأعراض نقصه في الإنسان. والأغذية الغنية بفيتامين ب ١ هي الخميرة الجافة dry yeast وجنين القمح wheat germ والكلأوي وكبدة البقر والبقول السوداني والمكسرات والفاصوليا والبازلاء الجافة وشرائح القمح والذرة المدعمة والأرز المدعم والحبوب الكاملة. أما المصادر التي تحتوي على كمية لا بأس بها من هذا الفيتامين فهي السمك والبيض والخضروات الخضراء والجذور والفواكه ومنتجات الحليب (باستثناء الزبدة). ولا يوجد فيتامين ب ١ مطلقاً في الزيوت النباتية أو الدهون الحيوانية نظراً لأنه غير قابل للذوبان فيها. ولقد وجد أن الثيامين يتركز في القشرة الخارجية للحبوب، لذا فإن الدقيق الأسمر والخبز المصنوع من الحبوب الكاملة يكونان أغنى في الفيتامين من الدقيق الأبيض والخبز المصنوع من الحبوب المتروعة القشرة. ونظراً لأن الثيامين سهل الذوبان في الماء فإن كمية كبيرة منه تفقد في ماء الغسيل وأثناء السلق وإعداد الأرز والخضروات للطهو خصوصاً في حالات استخدام كمية كبيرة من الماء يتم التخلص منها لاحقاً. يتحمل هذا الفيتامين درجة حرارة تصل إلى نقطة الغليان في الوسط الحامضي، إلا أن طهو الخضروات في وجود الصودا soda أو إضافة مسحوق الخبز baking powder أثناء تحضير الكيك والبسكويت والمخبزات الأخرى يؤدي إلى تدمير كامل للفيتامين. ولقد أشارت الدراسات إلى أن ١٨٪ من الثيامين يفقد أثناء غسيل الأرز قبل طهيه، كما أن معاملة الأغذية بالإشعاع أو إضافة أملاح الكبريت (كمادة حافظة) أو فيتامين ج أو كربونات الصوديوم للأغذية يؤدي إلى إتلاف نسبة عالية من الثيامين، كذلك يُفقد جزء كبير من الثيامين أثناء صناعة القمح الأبيض وتبييض الأرز لأنه يتركز في القشرة الخارجية للحبة، لهذا تعتمد معظم الدول على إضافته إلى الدقيق الأبيض لتعويض ما فقد، ويوضح الجدول (٨, ٢) محتوى بعض الأغذية من الثيامين.

(٨, ٣, ٧) نقص فيتامين ب ١ Deficiency of vitamin B 1

تتمثل أعراض نقص فيتامين ب ١ لدى الإنسان في الآتي:

١ - الإصابة بمرض البري بري beri-beri .

جدول (٨، ٢). محتوى بعض الأغذية من الثيامين thiamin والريبوفلافين riboflavin والنياسين niacin.

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	الثيامين (ملليجرام)	الريبوفلافين (ملليجرام)	النياسين (ملليجرام)
Milk group الحليب				
حليب - كامل أو فرز	١ كوب (٢٤٤ جراما)	٠,٠٨	٠,٤٢	٠,١٥
آيس كريم	سدس كورات (٦٠ جراما)	٠,٠٣	٠,١٢	-
cheddar جبن شدر	١ أوقية (٣٠ جراما)	-	٠,١٢	-
cottage جبن كوتاج	ربع كوب (٦٠ جراما)	-	٠,١٦	-
Meat group مجموعة اللحوم				
كبد البقر والعجل - مطهو	٢ أوقية (٦٠ جراما)	٠,١٥	٢,٥٠	٩,٦٠
لحم lamb مطهو	٣ أوقية (٩٠ جراما)	٠,١٠	-	٤,٥٠
لحم البقر - صافي	٣ أوقية (٩٠ جراما)	٠,٠٥	-	٤,٥٠
بيض	١ حبة (٥٠ جراما)	٠,٠٥	٠,١٤	-
سمك - مطهو	٣ أوقية (٩٠ جراما)	٠,٠٥	-	-
دجاج أو ديك زوي مطهو	٣ أوقية (٩٠ جراما)	٠,٠٤	٠,١٥	٦,٣٠
salmon سالمون	٢ أوقية (٦٠ جراما)	-	٠,١٢	٤,٥٠
عصار oyster غير مطهو	٥ حبات متوسطة (٩٠ جراما)	-	٠,١٦	-
لسان البقر	٣ أوقية (٩٠ جراما)	-	٠,٢٨	-
لحم عجل Veal - مطهو	٣ أوقية (٩٠ جراما)	٠,١٠	-	٦,٣٠
تونة - معلبة	٢ أوقية (٦٠ جراما)	-	٠,١٢	٧,٦٠
البقوليات الجافة والمكسرات				
المكسرات walnut, pecan	- حبات (٨ جرامات)	٠,٠٤	٠,٠٥	-
زبدة الفول السوداني	١ ملعقة مائدة (١٦ جراما)	٠,٠٢	-	٢,٥٠
baked beans فاصوليا	نصف كوب (١٠٠ جرام)	-	٠,٠٤	-
فاصوليا معلبة	نصف كوب (٧٥ جراما)	-	-	٠,٤٠
مجموعة الخضروات والفواكه				
لفت مطهو turnip green	نصف كوب (٧٥ جراما)	-	٠,١٨	-
سبانخ وبامية mustard	نصف كوب (٧٥ جراما)	-	٠,١٥	-
بروكولي broccoli مطهو	نصف كوب (٧٥ جراما)	-	٠,١٥	-
غجوز winter squash	نصف كوب (١٠٠ جرام)	-	٠,١٣	-
asparagus - مطهية	نصف كوب (٧٥ جراما)	٠,١٢	٠,١٢	١,٠٠
برقوق prune	٦ حبات متوسطة (١٠٠ جرام)	-	٠,٠٧	-
فراولة طازجة	(١٠٠ جرام)	-	٠,٠٧	-
بازلاء مطهية	نصف كوب (٧٥ جراما)	٠,٢١	-	١,٥٠

تابع جدول (٨، ٢) .

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	الثيامين (ملليجرام)	الريبوفلافين (ملليجرام)	النياسين (ملليجرام)
بطاطس مطهوه	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	٠,١٠	٠,٠٣	١,٢٠
فاصوليا ليا - مطهوه	نصف كوب (٧٥ جراما)	٠,١٠	-	-
برتقال أو حمضيات أخرى	١ حبة (١٠٠ جرام)	٠,١٠	٠,٠٢	٠,٠٣
أناناس	١ شريحة (١٠٠ جرام)	٠,٠٩	-	-
خوخ peaches	١ حبة متوسطة (١٠٠ جرام)	-	-	١,٠٠
موز	١ حبة صغيرة (١٠٠ جرام)	-	-	٠,٧٠
مجموعة الخبز والحبوب				
شرائح القمح - مدعم	١ كوب (٣٥ جراما)	٠,٢٢	٠,٠٥	١,٧٠
خبز مدعم	٣ شرائح (٧٠ جراما)	٠,١٨	٠,١٥	١,٦٠
شرائح الذرة	١ كوب (٢٨ جراما)	٠,١٢	-	-
أرز مطهو - مدعم	نصف كوب (١٠٠ جرام)	٠,١١	-	١,٢٠
خبز الذرة أو Muffin	(١٠٠ جرام)	-	-	١,٣٠

مصدر المعلومات: Anderson, et. al. (1982) .

٢ - تراكم حمض البيروفيك pyruvic acid وحمض ألفا - كيتوجلوتاريك ketoglutaric acid في أنسجة الجسم النشطة مثل العضلات والنسيج العضلي وارتفاع مستواه في الدم وهي تحمل صفة السمية.

٣ - تثبيط نشاط إنزيم الترانسكيتوليز transketolase الضروري لتحويل سكر الجلوكوز إلى سكر الريبوز ribose الخماسي الذي يدخل في تكوين الـ RNA والـ DNA الضروريان لنقل الصفات الوراثية.

٤ - فقد الشهية للأكل anorexia .

٥ - اضطرابات في الجهاز الهضمي gastrointestinal disturbance يصاحبه قيء وإسهال.

٦ - اضطرابات في الجهاز العصبي neurologic disorder .

٧ - الإصابة بمرض wernicke-korsakoff disease بالنسبة للأشخاص المدمنين على تناول الكحوليات وتظهر أعراضه على شكل اضطرابات عقلية mental disorder .

order .

البري بري (مرض الهزال) Beri beri

إن نقص إمدادات الجسم بالطاقة نتيجة عدم قدرته على أكسدة البروتينات والدهون والكربوهيدرات (نتيجة نقص فيتامين ب ١) هما السبب الرئيسي لإصابة الشخص بمرض البري بري. كما أن عدم قدرة الجسم على الانتفاع بالكربوهيدرات والبروتينات والدهون يؤدي إلى عدم تكون المركبات التي تستجيب للحواجز (ناقلات التيارات العصبية) عند نهاية الأطراف وكذلك تراكم بعض المواد السامة بالجسم. ويعد مرض البري بري من الأعراض الرئيسية للنقص الحاد في فيتامين ب الذي يدعى مضاد البري بري antiberiberi. وتظهر الأعراض الأولية للمرض على شكل اكتئاب واضطراب في المزاج وقلق وضعف في الساق وضعف الحس بالجلد (تخدير). ويصاب الأفراد بكثرة بمرض البري بري في المجتمعات التي تعتمد في غذائها بشكل أساسي على القمح المبشور أو الأرز المبيض (المبشور) مثل الهند وتوجد أربعة أنواع لمرض البري بري هي:

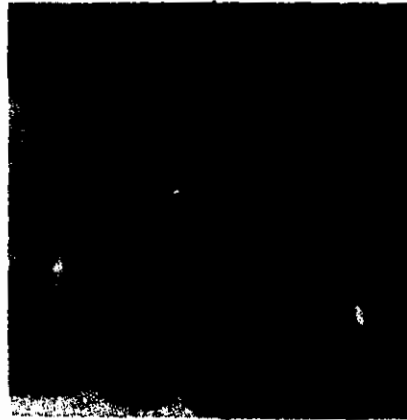
(١) البري بري الجاف Dry beri beri : تظهر أعراض هذا النوع على الشخص البالغ في صورة ضعف وضمور في عضلات الأرجل وصعوبة المشي ataxia وتنميل في الأرجل وفي النهاية يحدث التهاب للأعصاب والذي قد يؤدي إلى شلل الأطراف. كما يظهر على المريض فقدان في الذاكرة وإرتباك وظهور حركات (رجفات) عصبية في العين. ويبين الشكل (٨، ٥) ضمور القدمين نتيجة إصابة الشخص بمرض البري بري الجاف.



شكل (٨، ٥). ضمور القدمين نتيجة مرض البري بري الجاف dry beri beri .

عن : Krause, M. and Mahan, L.K. (1979)

(ب) البري بري الرطب *Wet beri beri* : يتميز هذا النوع بحدوث ورم في الأرجل نتيجة لتجمع السوائل في أنسجة الجسم المختلفة (*edema* (الاديبا)، وتتمثل أعراض المرض بالشعور بالتعب والضعف العام ونقص في الوزن وأرق وتوتر عصبي وارتفاع في ضغط الدم وسرعة النبض وانخفاض كمية البول وفقد الشهية للأكل وسرعة ضربات القلب *tachycardia* وثقل الأرجل والاكتئاب وضعف الذاكرة واضطراب في الدورة الدموية والجهاز العصبي ويشفى المريض بتناوله جرعات من فيتامين ب ١ .
ويبين الشكل (٨، ٦) تورم القدمين نتيجة إصابة الشخص بمرض البري بري الرطب.



شكل (٨، ٦) . تورم القدمين نتيجة مرض البري بري الرطب *edema of wet beri-beri* .

عن : Whitney, E.N. et. al. (1990)

(ج) البري بري الحاد *Acute beriberi* : يتميز هذا النوع بتضخم القلب وخصوصاً البطين الأيمن الذي تصبح جدرانه سميكة مما يضعف قدرته على دفع الدم إلى الجسم . ويعد هذا النوع من أخطر أنواع البري بري إذ قد يؤدي إلى الموت المفاجيء للمريض .

(د) بري بري الأطفال (٢ - ٥ شهور) **Infantile beriberi** :

١ - الحاد **Acute** : يتميز بعجز في أداء القلب **cardiac failure** وأنين كتيب (محزن) **plaintive whining** وانخفاض كمية البول المفرزة وبكاء مفرط ومستمر.

٢ - المزمن **Chronic** : تظهر أعراض هذا النوع على شكل اكتئاب واضطراب وبكاء الطفل المتقطع **fretfulness** وكذلك إصابته بالإمساك والقيء وشحوب في لون البشرة وزرقتها **cyanosis** ونعومة وترهل **toneless** في العضلات.

يمكن علاج مرض البري بري : (١) بإعطاء المريض جرعات من فيتامين ب ١ (٢٥) ملليجراماً في اليوم لمدة ٣ أيام ثم تقليل الجرعة إلى ١٠ ملليجرامات في اليوم إلى حين اختفاء أعراض المرض، وكذلك (٢) عن طريق تخطيط وجبات غذائية غنية في محتواها من فيتامين ب ١ .

(٨، ٣، ٨) احتياجات فيتامين ب ١ اليومية **Daily requirements of vitamin B 1**

يتضح مما سبق ذكره أن فيتامين ب ١ يلعب دوراً مهماً في عملية إنتاج الطاقة، لذا فقد حددت حاجة الجسم له تبعاً لكمية السعرات الكلية المتناولة يومياً. وقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي (FNB/NRC 1989) احتياجات الجسم اليومية (RDA) لهذا الفيتامين على أساس مقدار السعرات الكلية التي يحصل عليها الجسم من الكربوهيدرات والبروتين والدهون وهي تعادل ٥,٠ ملليجرام من فيتامين ب ١ لكل ١٠٠٠ سعر (kcal) أي أن الكمية الموصى بتناولها يومياً للرجل البالغ ٥,١ ملليجرام فيتامين ب ١ وللمرأة ١,١ ملليجرام مع إضافة ٤,٠ ملليجرام و ٥,٠ ملليجرام أثناء مرحلة الحمل والرضاعة على التوالي. كما أن منظمي الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO قد أوصوا بتناول ٤,٠ ملليجرام فيتامين ب ١/١٠٠٠ سعر، أي أن الكمية الموصى بها يومياً للرجل البالغ تبلغ ٢,٢ ملليجرام وللمرأة ٩,٠ ملليجرام مع إضافة ١,٠ ملليجرام و ٢,٠ ملليجرام في مرحلة الحمل والرضاعة على التوالي.

(٨, ٣, ٩) امتصاص فيتامين ب ١ ونقله وأيضه وتخزينه - Absorption, transportation, metabolism and storage of vitamin B 1

يُمتص فيتامين ب ١ من الاثنى عشر (الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة) إلى الدورة الدموية مباشرة والتي تنقله إلى أنسجة الجسم المختلفة، وتحدث عملية الامتصاص بطريقة الانتشار passive diffusion (من التركيز العالي إلى المنخفض) أو بطريقة النقل النشط active transport التي ربما تتطلب وجود حامل carrier. ثم تحدث عملية فسفرة phosphorylation للثيامين في كل من الكبد والكليتين وأنسجة أخرى وبذلك يتحول إلى الصورة الفعالة (النشطة) فيسيولوجيًا والمعروفة بـ بيروفوسفات الثيامين thiamine pyrophosphate والتي تستخدم كقرين إنزيم-coenzyme في بعض الأنظمة الإنزيمية enzymatic systems، ولقد وجد أن تحول الإنزيم إلى الصورة النشطة يتطلب وجود مركب PTA. يخزن الثيامين بتركيزات منخفضة في الجسم تصل إلى ٥٠ ملليجراما خصوصًا في القلب (٢ - ٣ ميكروجرام لكل جرام) والكبد والكليتين (١ ميكروجرام لكل جرام) والعضلات (٥, ٠ ميكروجرام لكل جرام) والدم الذي يحتوي على تركيز منخفض جدًا. ولذا يمكن أن تظهر أعراض نقصه على الشخص بدرجة أسرع من بقية الفيتامينات الأخرى. ويؤدي تناول كميات كبيرة من هذا الفيتامين إلى خروجه مع البول urine، كما أنه يفرز في البيض والحليب في صورة ثيامين أو أحد مخلفاته الأيضية مثل thiamin disulphide.

(٨, ٤) فيتامين ب ٢ (الريبوفلافين) Vitamin B 2 or Riboflavin

(٨, ٤, ١) لمحة تاريخية

عرف هذا الفيتامين في عام ١٩١٧م من قبل العالمين إمت Emmet وماكم Mckim وكان المعروف عنه أنه العامل الغذائي الضروري لنمو الفئران وأنه موجود في قشور الأرز rice polishings، ثم تبين أيضًا في عام ١٩٢٠م أن هذا العامل يوجد في الخميرة مرافقًا أو مصاحبًا لفيتامين ب ١ وأنه يتميز بمقاومته للحرارة. وفي عام ١٩٢٧م أطلق مجلس الأبحاث الطبي البريطاني اسم فيتامين ب ٢ على عامل النمو المقاوم

للحرارة، ثم تمكن بعدئذ العالمان واربرغ Warburg وكريستيان Christian عام ١٩٣٢م من فصل الفيتامين من خميرة القاع bottom yeast في صورة إنزيم. وتوصل العلماء فيما بعد إلى التعرف على الصبغات الصفراء المخضرة التي لها نفس فعالية الريبوفلافين مثل أوفوفلافين وفيرودوفلافين ولاكتوفلافين وهيباتوفلافين. ولقد تمكن كون وآخرون Kuhn et al. من التعرف على التركيب الكيميائي للفيتامين وتصنيعه معملياً عام ١٩٣٥م وأطلقوا عليه اسم الريبوفلافين.

(٨، ٤، ٢) المسميات Nomenclature

يتبع فيتامين ب ٢ مجموعة مركبات تعرف باسم الفلافينات (flavins fluores-cent) لذلك يطلق عليه الأسماء التالية: الريبوفلافين riboflavin أو اللاكتوفلافين lac-toflavin أو الفيردوفلافين verdoflavin أو أوفوفلافين ovoflavin أو هيباتوفلافين hepatoflavin أو فيتامين جي vitamin G أو الإنزيم الأصفر yellow enzyme.

(٨، ٤، ٣) التركيب البنائي لفيتامين ب ٢ Structure of vitamin B 2

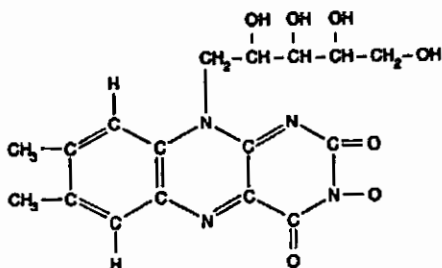
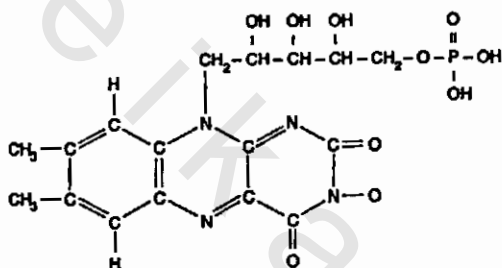
يتكون الفيتامين من جزئين هما: (١) الفلافين flavin part (الأيسواللوكتازين) والذي يتكون من ثلاث حلقات متصلة ببعضها، (٢) سكر الريبوز ribose، لذلك أطلق عليها اسم الريبوفلافين riboflavin. وتعتبر ذرات الهيدروجين في المواقع ٣ و ١٠ هي المراكز النشيطة في الفيتامين. ويوجد فيتامين ب ٢ في الأنسجة النباتية أو الحيوانية إما على صورة حرة أو متحدًا بحمض الفوسفوريك مكونًا النيكليوتيد الأحادي nononucleotide ويتحد هذا المركب الأخير بالبروتين ليكون الفلافوبروتينات flavoproteins.

يوجد الفيتامين النشط فسيولوجياً داخل الأنسجة في صورتين هما:

١ - فلافين أحادي النيكليوتيد (FMN) flavin mononucleotide.

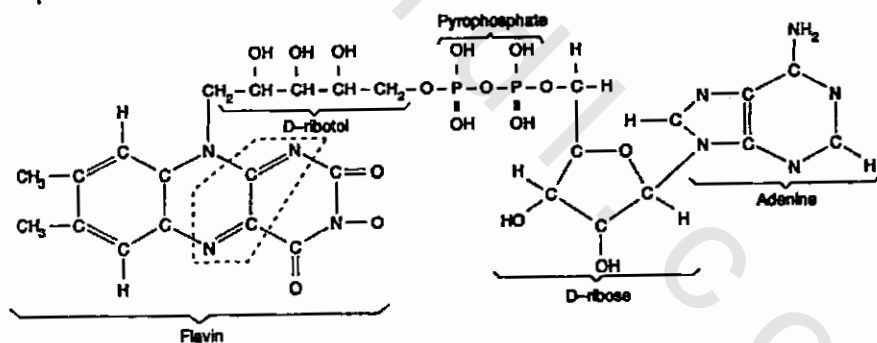
٢ - فلافين أدينين ثنائي النيكليوتيد (FAD) flavin adenin dinucleotide.

والشكل (٨، ٧) يوضح التركيب البنائي لفيتامين ب ٢ وقرائنه الإنزيمية.

Vitamin B₂ (Riboflavin)فيتامين ب_٢ (الريبوفلافين)

Flavin mononucleotide (FMN)

فلافين أحادي النيكليوتيد (قرين إنزيم)



Flavin adenine dinucleotide (FAD)

فلافين أدينين ثنائي النيكليوتيد (قرين إنزيم)

شكل (٧، ٨) . يوضح التركيب البنائي لفيتامين ب_٢ وقراءته الإنزيمية.

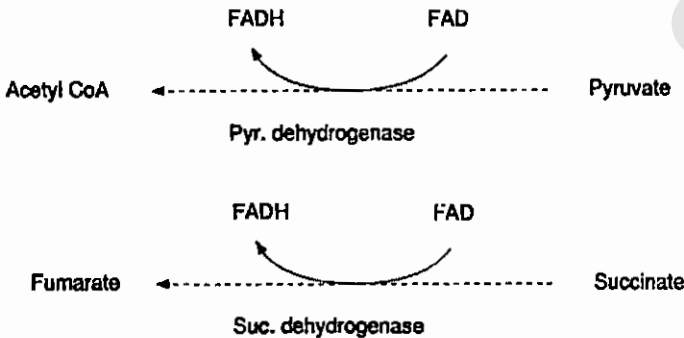
Properties of vitamin B ٢ (٨, ٤, ٤) خواص فيتامين ب ٢

- ١ - عبارة عن بلورات crystals لونها أصفر برتقالي ذات طعم مر bitter وعديم الرائحة odorless .
- ٢ - يقاوم الحرارة والأحماض والأكسجين .
- ٣ - قابل للذوبان في الماء بصعوبة ولا يذوب في المذيبات العضوية .
- ٤ - ينصهر عند درجة ٢٨٢°م ووزنه الجزيئي ٣٧٦, ٤ .
- ٥ - يتلف بسرعة بالضوء والمركبات القلوية الشديدة والأشعة فوق البنفسجية .
- ٦ - يعطي وميضاً أخضر مائلاً للصفرة yellowish green fluorescence .

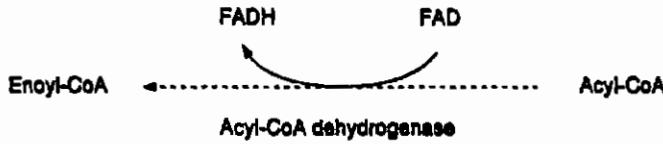
Functions of riboflavin (٨, ٤, ٥) وظائف الريبوفلافين

١ - إن الدور الأساسي الذي يؤديه هذا الفيتامين هو عمله كقرين إنزيم coen- zyme لكثير من التفاعلات الإنزيمية التي تحدث في خلايا وأنسجة الجسم . يدخل الريبوفلافين في تكوين اثنين من قرائن الإنزيمات هما فلافين أحادي النيكليوتيد (FMN) وفلافين أدينين ثنائي النيكليوتيد (FAD) اللذان يعملان كقارئ (مرافقات) لإنزيمات الفلافين التي تقوم بدور مهم في عمليات أيض الكربوهيدرات والبروتين والدهن المولدة للطاقة . ويمكن تلخيص الدور الذي يقوم به فيتامين الريبوفلافين كقرين إنزيم كالتالي :

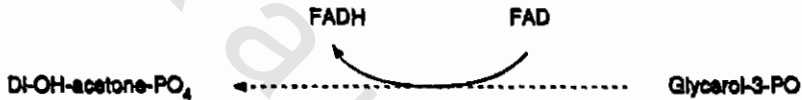
(١) يعمل كقرين لإنزيمات الديهيدروجيناز dehydrogenase الضرورية لأيض المواد الغذائية وإنتاج الطاقة ، وتعمل قرائن الإنزيمات على تنشيط التفاعل وحمل الإلكترونات والهيدروجين من دورة كربس إلى سلسلة نقل الإلكترونات ETC (الفسفرة التأكسدية) للاتحاد مع الأكسجين وتكوين الطاقة .



(ب) كما يعمل الريبوفلافين كقرين لإنزيم acyl CoA dehydrogenase الضروري لعملية أكسدة (B.oxidation) الدهون وإنتاج الطاقة .



(ج) يدخل الريبوفلافين في تركيب الإنزيم الذي يحفز على تحويل glycerol-3-phosphate إلى dihydroxyacetone phosphate داخل الميتوكوندريا، كما أنه يساعد على حمل إلكترونات الهيدروجين إلى مسار الفسفرة التأكسدية لتكوين الطاقة .



(د) يدخل الفيتامين كمكون رئيسي (قرين) لإنزيم L-amino acid oxidase وإنزيم D-amino acid oxidase اللذين يعملان على أكسدة الأحماض الدهنية والأحماض الهيدروكسيلية hydroxy acids إلى ألفا كيتو أسيد .

٢ - يحافظ على سلامة الجلد والأنسجة مثل الأنسجة المبطنة للتجاويف epithe- lial tissue والأنسجة المخاطية mucosal tissue . كما أنه ينشط العصب البصري ويحمي العين من الموجات الضوئية القصيرة .

٣ - ضروري لتطوير الجنين development of fetus والنمو الطبيعي له .

٤ - يعمل الفيتامين على تنشيط فيتامين ب ٦ (vitamin B 6) الضروري لتحويل حمض التريبتوفان tryptophane إلى فيتامين النياسين niacin ، كما يساعد على تكوين قرين الإنزيم coenzyme من حمض الفوليك follic acid .

• - ينشط الريبوفلافين الغدة الكظرية والغدة الدرقية ويساعدهما على إفراز هرموناتهما، كما أنه يساعد على تكوين كرات الدم الحمراء في نخاع العظام .

(٨، ٤، ٦) مصادر فيتامين ب ٢ الغذائية Dietary sources of vitamin B 2

يوجد فيتامين ب ٢ بنسب منخفضة ومتفاوتة في كثير من الأغذية الحيوانية والنباتية، لهذا تسدر الإصابة بأعراض نقصه. ويعد الحليب ومنتجاته من المصادر الرئيسية والمهمة لهذا الفيتامين. حيث إن تناول كوبين من الحليب يمد الجسم بنصف احتياجاته اليومية منه، لهذا تلزم الدول المتقدمة تعبئة الحليب في زجاجات معقمة أو عبوات كرتون خاصة لحمايته من التلف بواسطة الضوء. كما يتوافر الفيتامين بنسب عالية في الخميرة وجنين الحبوب والكلأوي والكبد (خصوصاً البقر beef والعجل calf) والبيض والأسماك واللحوم والحبوب الكاملة والخبز المدعم والخضروات خصوصاً السبانخ spinach وكرنب السلطة kale والهليون asparagus والبروكولي broccoli. ويعتبر الخبز والحبوب المدعمة والكاملة مصدراً أساسياً لفيتامين ب ٢ في غذاء الإنسان، وقد وجد أن تخطيط وجبة غذائية تحتوي على كوبين من الحليب وحصّة serv-ing واحدة من اللحم (٩٠ جراماً) و٤ حصص من الحبوب الكاملة أو المدعمة تمد الشخص باحتياجاته اليومية من فيتامين ب ٢. كما تعد الفواكه والجزور roots والدرنات tubers مصادر فقيرة بفيتامين ب ٢.

وبين الجدول (٨، ٢) محتوى بعض الأغذية من الريبوفلافين.

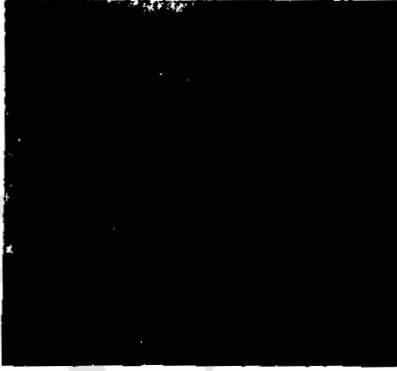
(٨، ٤، ٧) نقص فيتامين ب ٢ Deficiency of vitamin B 2

تتمثل أعراض نقص فيتامين ب ٢ لدى الإنسان في الآتي:

١ - يصاب الشخص الذي يعاني من نقص في فيتامين ب ٢ بالتهاب في الفم stomatitis وتبقع في اللسان (اللسان الجغرافي) وتشقق في زوايا الفم cheilosis والتهاب اللسان glossitis كما في الشكلين (٨، ٨) و (٨، ٩).

٢ - يؤدي نقصه إلى تراكم المواد الدهنية seborrhea على الجبهة forehead وفي داخل الأذن وعلى جوانب الأنف وتدعى هذه الحالة بالتهاب الغدد الدهنية seborrheic dermatitis.

٣ - يسبب نقص الفيتامين امتلاء القرنية بالأوعية الدموية - corneal vascularization مما يؤدي إلى تضخم الشعيرات الدموية بها وتصبح العين حساسة للضوء وتصاب



شكل (٨, ٩) . نعومة اللسان glossitis
عن : Whitney, E.N. et al. (1990)



شكل (٨, ٨) . تشقق جوانب الفم
(Cheilosis) angular stomatitis

عن : Shils, M.E. and Young, V.R. (1988)

- بالحكة itching والحرقان burning والتدميع watering والإجهاد fatigue .
- ٤ - يترتب على نقص فيتامين ب ٢ إصابة الشخص بالأنيميا anemia التي تتميز بمستوى الهيموجلوبين الطبيعي وحجم كريات الدم الطبيعي وكذلك انخفاض في إفراز هرمون الأسترين astrin المسبب للرغبة الجنسية .
- ٥ - يؤدي نقصه إلى عدم القدرة على النمو الطبيعي في الأطفال . ويمكن معالجة أعراض نقص فيتامين ب ٢ عن طريق :
- ١ - تخطيط وجبات غذائية تحتوي على أغذية غنية بالفيتامين مثل الكبد واللحوم والحبوب الكاملة والمدعمة والخضروات الخضراء .
- ٢ - إعطاء جرعات من فيتامين ب ٢ (٥ ملليجرامات، ٢ - ٣ مرات يوميًا) . ويمكن أن يشفى المريض وتخففى الأعراض خلال عدة أيام .

(٨, ٤, ٨) احتياجات فيتامين ب ٢ اليومية Daily requirements of riboflavin

يتضح مما ذكر أعلاه أن فيتامين ب ٢ يلعب دوراً بارزاً في عملية إنتاج الطاقة من الغذاء، لهذا تتحدد احتياجات الجسم منه تبعاً لكمية السعرات الكلية المتناولة يومياً .

ولقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي حاجة الإنسان اليومية منه على أساس مقدار السعرات الكلية التي يحصل عليها الجسم من الكربوهيدرات والبروتين والدهون، وهي تعادل ٠,٦ ملليجرام لكل ١٠٠٠ سعر. ويمكن تلخيص المقررات الغذائية المقترحة لهذا الفيتامين من هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩) كالآتي:

الرضع (من الولادة - ١ سنة)	: ٠,٣ - ٠,٤ ملليجرام
الأطفال	: ٠,٨ - ١,٢ ملليجرام
المراهقون	: ١,٥ - ١,٨ ملليجرام
المراهقات والبالغات	: ١,٣ ملليجرام
البالغون (الذكور) والمرضعات	: ١,٧ ملليجرام
المسنون والمسنات	: ١,٤ و ١,٢ ملليجرام على التوالي
الحوامل	: ١,٦ ملليجرام

كما أن منظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO قد أوصتا بإعطاء ٠,٥٥ ملليجرام فيتامين ب ٢ لكل ١٠٠٠ سعر مع إضافة ٠,٣ ملليجرام ٠,٥ ملليجرام أثناء مرحلة الحمل والرضاعة على التوالي. وتجدد الإشارة إلى أن الوجبة الغذائية يجب أن تحتوي على كمية كافية من فيتامين ب ٢ نظراً لأن معدل امتصاصه من خلال جدار الأمعاء منخفض جداً بالإضافة إلى عدم قدرة الجسم على تصنيعه.

(٨,٤,٩) امتصاص فيتامين ب ٢ ونقله وأيضه وتخزينه - Absorption, transportation, metabolism and storage of vitamin B 2

يُمتص فيتامين ب ٢ في صورة حرة في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة بطريقة النقل النشط transport system وبمعدل بطيء. يلي ذلك حدوث فسفرة rephosphorylation للفيتامين الممتص في خلايا الأمعاء الدقيقة ويتحول إلى الأشكال الفعالة فسيولوجياً قبل أن ينقل إلى الدورة الدموية. ويخزن الفيتامين في أنسجة الجسم المختلفة مثل الكبد والكليتين وعضلة القلب والطحال في صورة قرين إنزيم coenzyme أو

فلافوبروتينات flavoproteins وبكميات قليلة . يفقد الجسم كمية كبيرة من الفيتامين مع البول تقدر بحوالي ٣٠٪ من الكمية المتناولة يوميًا، كما يفقد جزء منه مع العرق .

إن تخطيط وجبة غذائية محتوية على أغذية متنوعة يزيد من معدل امتصاص فيتامين ب ٢ في الأمعاء الدقيقة مقارنة بمعدل امتصاصه منفردًا . كما أن معدل الامتصاص يزداد بتقدم السن وفي وجود كمية كافية من أملاح الصفراء . ولقد وجد أن إعطاء بعض الأدوية مثل مضادات التتراسيكلين tetracycline antibiotics و thiazide diuretics تتعارض مع امتصاص وأيض فيتامين ب ٢ وتزيد من معدل إفرازه مع البول .

(٨، ٥) النياسين (ب ٣) Niacin or Vitamin B 3

(٨، ٥، ١) لمحة تاريخية

اكتشف هذا الفيتامين في صورة حمض النيكوتينيك nicotinic acid في مختبرات الكيمياء عام ١٨٦٧م من قبل العالم هوبر Huber قبل أن يعرف كمادة مضادة لمرض البلاجرا pellagra ، ثم تمكن العالم فونك Funk من استخلاصه من قشور الأرز rice polishings عام ١٩١٤م . وفي نفس العام كُلف الطبيب الأمريكي جولدبرج Goldberger بحل مشكلة مرض البلاجرا الذي كان منتشرًا في جنوب الولايات المتحدة الأمريكية ، حيث لاحظ جولدبرج تفشي المرض فقط بين طبقات السكان الفقيرة التي تعتمد في غذائها على الذرة التي تتميز بفقرها لهذا الفيتامين . كما أنه استطاع أن يشفي المرضى بإعطائهم وجبات غذائية غنية بالبروتين مرتفع القيمة الحيوية ، واكتشف أن الغذاء يحتوي على عامل مانع لمرض البلاجرا pellagra preventing factor ، وأن مرض اللسان الأسود black tongue في الكلاب يقابل البلاجرا في الإنسان . وفي عام ١٩٣٧م توصل الفهيجيم وآخرون Elvehjem et al. إلى علاج مرض اللسان الأسود في الكلاب بواسطة حمض النيكوتينيك المستخلص من الكبد ، وفي نفس العام تمكن فوتس وآخرون Fotus et al. من معالجة مرض البلاجرا في الإنسان . بعد ذلك تمكن العالم كريل وآخرون Krehl et al. من معالجة المرض بواسطة حمض التريوفان tryptophan . وقد أطلق اسم النياسين على حمض النيكوتينيك من قبل العالم كوجيل Cowgill ،

أما كلمة البلاجرا فإنها تعني في اللغة الإيطالية الجلد الخشن أو المؤلم painful skin ، وهي مشتقة من الكلمة الإيطالية pella agra .

(٨، ٥، ٢) المسميات Nomenclature

يعد النياسين من الفيتامينات التي تلعب دوراً بارزاً في منع الإصابة بمرض البلاجرا، لهذا يعرف هذا الفيتامين بالأسماء التالية :

Anti-pellagra vitamin	الفيتامين المضاد لمرض البلاجرا (الحصاف)
Pellagra-preventive (PP)	الفيتامين المانع لمرض البلاجرا
Nicotinic acid (Niacin)	حمض النيكوتينيك (نياسين)
Nicotinamide (Niacin amide)	نيكوتين أميد (أميد النياسين)
Vitamin B 3	فيتامين ب ٣
Anti-black tongue	العامل المضاد لاسوداد اللسان

(٨، ٥، ٣) التركيب البنائي للنياسين Structure of niacin

يتكون النياسين (حمض النيكوتينيك) من حلقة بيريدين pyridine متصلة بمجموعة كربوكسيل carboxyl group في الموقع الكربوني رقم ٢ . أما النيكوتين أميد nicotinamide فإنه يشبه حمض النيكوتينيك في تركيبه ، فيما عدا أن مجموعة الكربوكسيل مرتبطة بمجموعة أميد amide . كما يتركب قرين الإنزيم NAD من نيكوتين أميد ووحدتين من سكر الريبوز ribose الخماسي وجزيئين من حمض الفوسفوريك وجزيء من القاعدة أدينين . أما قرين الإنزيم NADP فإنه يشبه قرين الإنزيم الأول ، فيما عدا أنه يحتوي على ثلاثة جزيئات من حمض الفوسفوريك . يحول الجسم بسهولة النياسين (حمض النيكوتينيك) إلى نيكوتين أميد nicotinamide الذي يمثل الشكل الفعال فسيولوجياً للفيتامين . تحتوي الأغذية الحيوانية على نيكوتين أميد (الشكل الفعال) ، بينما تحتوي الأغذية النباتية على حمض النيكوتينيك .

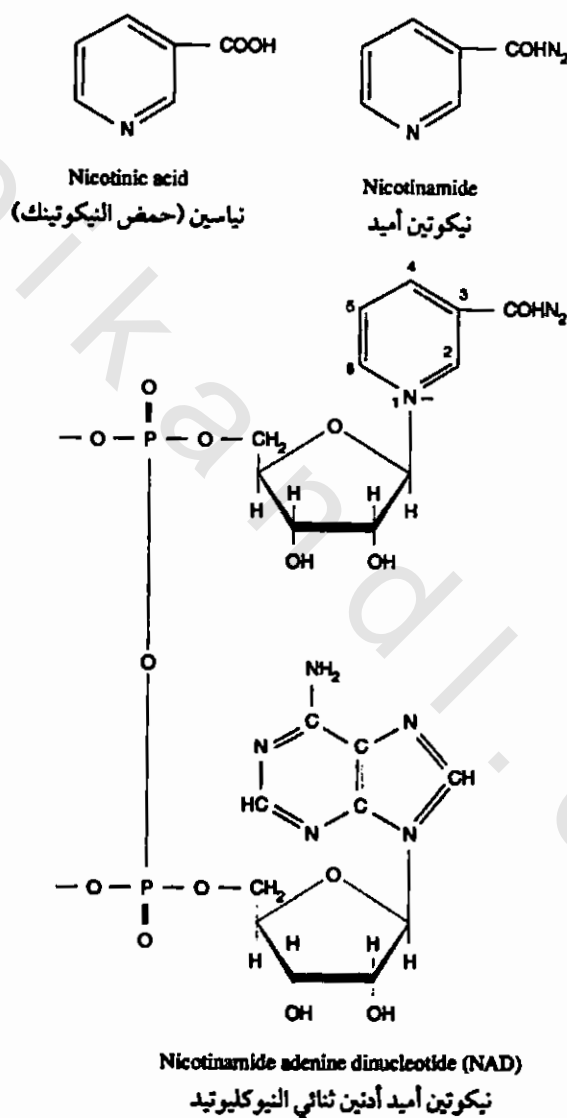
يوجد فيتامين النياسين الفعال فسيولوجياً داخل الأنسجة في صورتين هما :

- ١ - نيكوتين أميد أدينين ثنائي النيوكليويد - nicotinamide adinine di (NAD) nucleotide أو قرين إنزيم I .
- ٢ - نيكوتين أميد أدينين ثنائي لنيوكليويد فوسفات (NADP) nicotinamide

II. adinine dinucleotide phosphate أو قرين إنزيم

ويوضح الشكل (٨، ١٠) التركيب البنائي للنياسين والنيكوتين أميد وقرين

الإنزيم NAD.



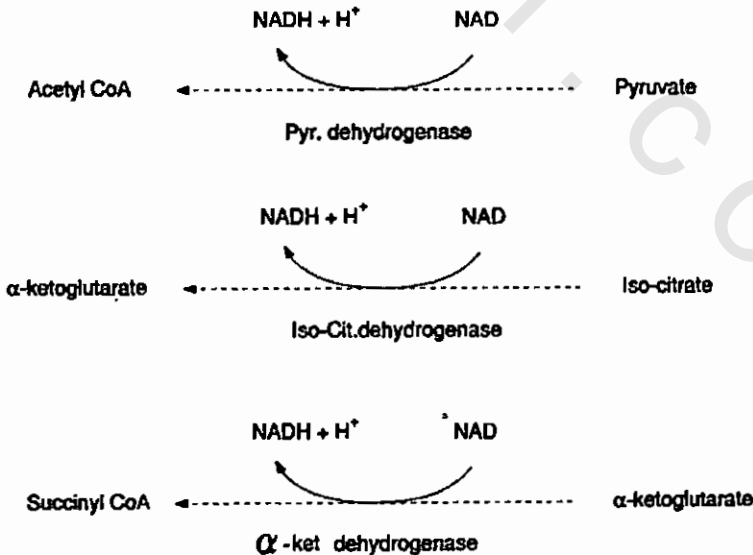
شكل (٨، ١٠) . التركيب البنائي للنياسين والنيكوتين أميد وقرين الإنزيم NAD .

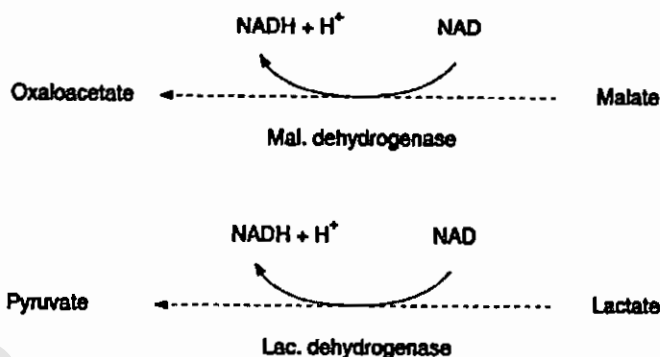
(٨, ٥, ٤) خواص النياسين Properties of niacin

- ١ - النياسين عبارة عن بلورات إبرية بيضاء ذات طعم مر Bitter .
- ٢ - لا يتلف بالحرارة العالية والضوء والقلويات alkali والأكسدة والأحماض والتعقيم، مما يجعله من أكثر الفيتامينات استقراراً ومقاومة للحرارة أثناء الطهو.
- ٣ - يذوب ببطء في الماء البارد، وغير قابل للذوبان في المذيبات العضوية.
- ٤ - يقدر وزنه الجزيئي بحوالي ١, ١٢٣ .
- ٥ - يفقد جزء كبير منه أثناء عملية السلق لأنه قابل للذوبان في الماء.

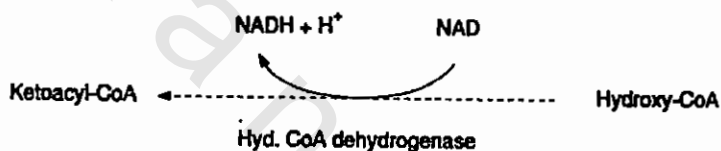
(٨, ٥, ٥) وظائف النياسين Functions of niacin

(١) يلعب هذا الفيتامين دوراً مهماً في عملية أيض الكربوهيدرات والبروتينات والدهون المولدة للطاقة في خلايا الجسم . فلقد وجد أن النياسين يدخل في تكوين اثنين من قرائن الإنزيمات هما الـ NAD و NADP اللذان يساعدان إنزيمات نزع الهيدروجين مثل الديهيدروجينيز dehydrogenases في نقل الإلكترونات والهيدروجين من مركب إلى آخر داخل أنسجة الجسم أثناء تفاعلات الأكسدة والاختزال الضرورية لتكوين الطاقة من الأغذية . وتجدر الإشارة إلى أن صوري النياسين الفعالتين فسيولوجياً (NAD و NADP) توجدان في أنسجة الجسم إما على الصورة المختزلة أو الصورة المؤكسدة . ويمكن تلخيص الدور الذي يقوم به النياسين كقرين إنزيم كالتالي :

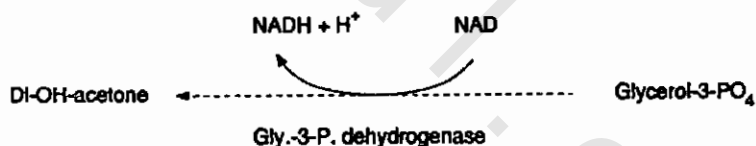




(ب) يعمل الشكل الفعال للنياسين (NAD) كقرين لإنزيم كوانزيم ١ ديهيدروجينيز CoA dehydrogenase الضروري لعملية أكسدة الدهون (b-oxidation) وإنتاج الطاقة.



(ج) تفاعلات تحول الألدهيدات إلى حمض



(د) يعمل فيتامين النياسين كقرين coenzyme لإنزيمات أخرى مثل alcohol dehydrogenase ومالات ديهيدروجينيز malate dehydrogenase.

(هـ) يقوم النياسين (NADP) بنقل بعض أيونات الهيدروجين الناتجة من أيض الدهون والكربوهيدرات والبروتينات إلى داخل تفرعة البنتوز pentose shunt لتصنيع سكر الريبوز ribose الذي يدخل في تكوين الأحماض النووية (DNA و RNA).
 (و) يستخدم النياسين في الصورة المختزلة (NADPH+H) المتكونة داخل تفرعة البنتوز pentose shunt في تصنيع الأحماض الدهنية والكوليسترول cholesterol وهرمونات

الاستيرويد steroid hormones ، وكذلك في تحويل الفينيل ألانين phenylalanine إلى تيروسين tyrosin .

(ز) يعمل النياسين على خفض مستوى الكوليسترول cholestrol في الدم عند تناوله بواقع ١ - ٢ جرام ثلاث مرات يوميًا ، ويعتقد أن ذلك يعزى إلى أنه يعوق تصنيع الكوليسترول أو الليبوبروتينات lipoproteins أو أنه يساعد في تكوين إنزيم الليبوبروتين ليبيز lipoprotein lipase المحلل للليبوبروتينات .

(ح) يحافظ على سلامة الجهاز العصبي وصحة الجلد وعملية الهضم .

(٨, ٥, ٦) مصادر النياسين الغذائية Dietary sources of niacin

يوجد فيتامين النياسين بنسب متفاوتة في مجموعة واسعة من الأغذية الحيوانية والنباتية ، لهذا تندر الإصابة بأعراض نقصه . ويتوافر الفيتامين بكميات كبيرة في اللحوم الحمراء والأسماك والكبد وزبدة الفول السوداني والحبوب الكاملة واللوز ، كما يتوافر بكميات متوسطة في البطاطس والبازلاء والخبز المدعم enriched bread والأرز con-verted rice . وتعد الأغذية الغنية بحمض التريثوفان مصادر جيدة للنياسين مثل البيض والجبن والأغذية الحيوانية الأخرى . كما يوجد النياسين في الحبوب خصوصًا الأرز والذرة في صورة مرتبطة لا يمكن أن يستفيد منها الجسم ، إلا إذا عوملت هذه الحبوب بالقلوي الذي يعمل على تحلل وعزل النياسين ، وهذا ما يفعله المكسيكيون الذين يعتمدون في غذائهم على الذرة المعامل بالقلوي ، لهذا لا يصابون بمرض البلاجرا المعروف بانتشاره في الشعوب التي تستهلك الذرة . ويوضح الجدول (٨, ٢) محتوى بعض الأغذية من النياسين .

(٨, ٥, ٧) نقص النياسين Deficiency of niacin

يسبب نقص النياسين الإصابة بمرض البلاجرا الذي يتميز بثلاثة أعراض أساسية هي الإسهال diarrhea والتهاب الجلد dermatitis واضطرابات عصبية (عقلية) dementia ، وتعرف هذه الأعراض بـ three D . وتظهر هذه الأعراض الثلاثة في المراحل الأخيرة من المرض ، ويمكن توضيحها بالتفصيل كالتالي :

الإسهال : ربما لا يظهر في جميع الحالات ، إلا أنه يكون عادة مصاحبًا لأعراض أخرى مثل عدم الرغبة للأكل والقيء vomiting والتهاب الفم stomatitis .

التهاب الجلد: يصبح الجلد خشناً ومنقرحاً ulcerated وبه قشور scaly ، وتظهر هذه الأعراض على أجزاء الجسم المعرضة إلى حرارة الشمس مثل الوجه والأيدي والرقبة والمرفق والأقدام.

اضطرابات عصبية (عقلية): يحدث تخلف عقلي في الحالات الحادة من المرض، ويصاحبه صداع وفقدان الذاكرة وحدة الطبع والشعور بالخوف وباللامبالاة lassitude والإحباط depression والارتباك confusion والأرق والكآبة والدوار dizziness والهستيريا، وقد تحصل الوفاة في النهاية.

كما تظهر في المراحل الأول من مرض البلاجرا بعض الأعراض الأخرى مثل فقدان الوزن وعدم الرغبة للأكل والإجهاد والتهاب اللسان والشفاه ويصبح لونها أحمر glossitis ومرارة الفم والحلق واللسان، مما يجعل من الصعوبة تناول الأكل وابتلاعه، ويبين الشكلان (٨، ١١) و(٨، ١٢) أعراض مرض البلاجرا على الإنسان.



شكل (٨، ١١). تقشر أجزاء الفم المعرضة للضوء خصوصاً الصدر واليدين في مرض البلاجرا.

عن: Passmore, R. and Eastwood, M.A. (1986).



شكل (٨، ١٢) . التهاب وتقرش الجلد في مرض البلاجرا dermatitis of pellagra
عن : Wardlaw, G.M. and Insel, P.M. (1993)

يمكن معالجة مرض البلاجرا بإعطاء المريض جرعات يومية من النياسين والتريبتوفان (١٥٠ - ٦٠٠ ملليجرام حمض نيكوتينيك أو نيكوتين أميد)، وكذلك بتخطيط وجبات غذائية غنية بالنياسين. وكذلك يمكن الوقاية من الإصابة بمرض البلاجرا عن طريق تدعيم الذرة بالنياسين وزراعة سلالات جديدة من الذرة تتميز بمحتواها المرتفع من التريبتوفان وخلط الذرة بأغذية غنية بالنياسين مثل الحليب والقمح.

(٨، ٥، ٨) احتياجات النياسين اليومية Daily requirements of niacin

يعد النياسين من الفيتامينات المهمة التي تدخل في تفاعلات أكسدة الكربوهيدرات والبروتينات والدهون اللازمة لإنتاج الطاقة، ولهذا تتحدد الكمية التي يحتاجها الشخص في اليوم بناء على كمية السعرات التي يتناولها في الغذاء. كما أن احتياجات الفرد من النياسين ذات صلة وثيقة بكمية ونوعية البروتين في الوجبة الغذائية وكذلك بكمية فيتامينات ب B-vitamins وكمية حمض التريبتوفان وبوجود مواد مضادة لفعاليتيه. ويؤدي الإجهاد stress أو الإصابة بالحمى fever أو زيادة كمية سكر الفركتوز

ومحضر الليوسين leucin في الوجبة الغذائية إلى زيادة احتياجات الجسم للنياسين. ولقد حددت هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية في مجلس البحوث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م) المقررات الغذائية الموصى بها للنياسين، وذلك تبعاً لكمية السعرات المتناولة يومياً. حيث يوصى بأن يأخذ الرجل البالغ ١٩ ملليجرام نياسين في اليوم والمرأة البالغة ١٥ ملليجراماً مع إضافة ٢ و ٥ ملليجرام نياسين أثناء فترة الحمل والرضاعة على التوالي. كما يوصى بتناول ٥ - ٦ ملليجرامات نياسين يومياً خلال السنة الأولى من الحياة، وترفع إلى ٩ - ١٣ ملليجرام للأطفال من عمر ١ إلى ١٠ سنوات.

كما أن منظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالمية FAO/WHO قد أوصتا بتناول ٦,٦ ملليجرام من النياسين يومياً لكل ١٠٠٠ سعرة، أي أن الكمية الموصى بتناولها يومياً للرجل البالغ ٨,١٩ ملليجرام نياسين وللمرأة البالغة ٥,١٤ ملليجرام، مع إضافة ٣,٢ ملليجرام و ٧,٣ ملليجرام أثناء مرحلة الحمل والرضاعة على التوالي. ويعبر عن كمية النياسين في الوجبة إما بمكافئات النياسين niacin equivalents (NE) أو بالملليجرامات نياسين أو تربتوفان، ويمكن توضيح العلاقة بينها كالتالي:

١ مكافئ النياسين = ١ ملليجرام نياسين = ٦٠ ملليجراماً تربتوفان
أي أن معادل النياسين = (كمية النياسين في الغذاء + كمية التربتوفان في الغذاء مقسومة على ٦٠). ويستطيع الجسم تحويل جزء من التربتوفان إلى نياسين في وجود فيتامين ب ٦ وب ٢ وب ١ وبمعدل ١ ملليجرام نياسين من كل ٦٠ ملليجراماً تربتوفان تأتي من ٦ جرامات بروتين، أي:

٦ جم بروتين ← ٦٠ ملليجرام تربتوفان ← ١ ملليجرام نياسين (تحتوي)
وتجدر الإشارة إلى أن حليب الأم يحتوي على حوالي ٦,٠ ملليجرام نياسين / ١٠٠ مليلتر، لهذا فإن تناول الرضيع ٨٠٠ مليلتر منه يومياً يمدّه باحتياجاته اليومية من النياسين (٥ ملليجرامات نياسين).

(٨,٥,٩) امتصاص النياسين ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism and storage of niacin

metabolism and storage of niacin

يحدث امتصاص للفيتامين في صورة نياسين (حمض النيكوتينيك) من خلال الجزء العلوي للأمعاء الدقيقة، وبمعدل سريع، إلا أن ميكانيكية الامتصاص غير معروفة على الرغم من أن بعض المراجع ترجع حدوث الامتصاص بطريقة الانتشار غير الفعال passive diffusion ويتحول النياسين بعد الامتصاص مباشرة إلى الصورة الفعالة فسيولوجياً وهي NAD و NADP . وتخزن كمية قليلة جداً من الفيتامين داخل الجسم، لهذا يحتاج الجسم إلى تزويده يومياً بهذا الفيتامين . يتخلص الجسم من كميات النياسين الزائدة على حاجته مع البول في صورة مركبات ميثيلية للنياسين methylated metabolites مثل N-methyl pyridone و N-methylnicotinamide . ولقد أشارت الدراسات إلى أن حمض التريبتوفان tryptophan يمد الجسم بحوالي ٦٥٪ من النياسين بالنسبة للشخص البالغ .

(٨، ٦) فيتامين ب ٦ (البيريدوكسين) Vitamin B 6 or Pyridoxin

(٨، ٦، ١) لمحة تاريخية

يرجع اكتشاف هذا الفيتامين إلى عام ١٩٣٤م، حيث أثبتت الدراسات التي أجراها جيورجي Gyorgy أن العامل الذي يمنع الالتهابات الجلدية في الفئران يتوافر في الخبثائر، وهو يختلف عن فيتامين ب ١ وفيتامين ب ٢ وبذلك ميز التهاب جلد الفئران عن البلاجرا والمرض الناتج من نقص فيتامين ب ٢ وأطلق حينئذ على هذا العامل اسم فيتامين ب ٦ وفي عام ١٩٣٨م تمكن كل من ليكوفسكي Lipkovski وكون Kohn وكرستيزي Kerestezy وستيفنز Stevens من استخلاص الفيتامين من نخالة الأرز rice bolishings وغيره، ثم تمكن بعدئذ كل من كون Kohn وكريستيزي Kerestezy عام ١٩٣٩م من تصنيعه معملياً . ثم عرف بعد ذلك بوجود فيتامين ب ٦ على صورة ثلاثة مركبات متشابهة هي البيريدوكسين pyridoxin والبيريدوكسامين pyridoxamine والبيريدوكسال pyridoxal وعادة يوجد المركب الأول في الأنسجة النباتية، والمركب الثاني والثالث في الأنسجة الحيوانية، كما يمكن لجميع هذه المركبات الثلاثة أن يتحول الواحد منها إلى الآخر داخل الجسم . وبعد سنيدلمان وآخرون Snyderman et al. أول من أشاروا إلى أهمية هذا الفيتامين للإنسان وذلك في عام ١٩٥٣م .

المسميات (٨, ٦, ٢) Nomenclature

Pyridoxamine

البيريدوكسامين

Pyridoxine

البيريدوكسين

Rat antidermatitis factor

العامل المضاد لالتهاب جلد الفئران

Adermine

أدرمين

Pyridoxal

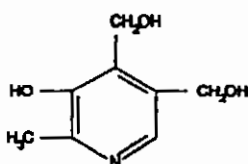
البيريدوكسال

Pyridoxic acid

حمض البيريدوكسيك

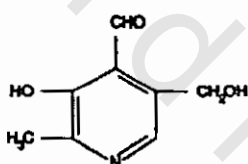
التركيب البنائي لفيتامين ب ٦ (٨, ٦, ٣) Structure of vitamin B 6

يوجد فيتامين ب ٦ في ثلاث صور متشابهة مشتقة من حلقة البيريدين pyridine ring وهي البيريدوكسين (PN) pyridoxin والبيريدوكسال (PL) pyridoxal والبيريدوكسامين (PM) pyridoxamine. وتعتبر هذه الصور الثلاث فعالة فسيولوجياً كفيتامينات physiologically active. ويمكن لأحدها أن يتحول إلى الآخر داخل الجسم، لهذا جرت العادة على إطلاق اسم فيتامين ب ٦ أو بيريدوكسين على أي منها. ويبين الشكل (٨, ١٣) التركيب البنائي لفيتامين ب ٦ بأنواعه وقرائن إنزيماته.



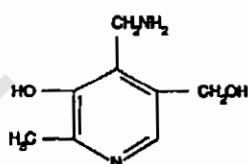
Pyridoxine

بيريدوكسين (PN)



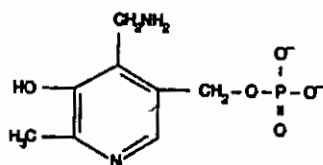
Pyridoxal

بيريدوكسال (PL)



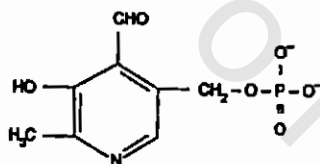
Pyridoxamine

بيريدوكسامين (PM)



Pyridoxamine phosphate

فوسفات البيريدوكسامين (قرين إنزيم)



Pyridoxal phosphate

فوسفات البيريدوكسال (قرين إنزيم)

شكل (٨, ١٣). التركيب البنائي لفيتامين ب ٦ بأنواعه وقرائن إنزيماته.

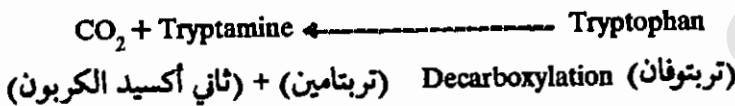
Properties of vitamin B ٦ (٨, ٦, ٤) خواص فيتامين ب ٦

- ١ - عبارة عن بلورات بيضاء ذات طعم ملحي .
- ٢ - يذوب بسرعة في الماء ويبطء في الكحول والأسيتون .
- ٣ - لا يتأثر بالحرارة أو الحموضة ويعتبر البيريدوكسين (PN) من أكثرها مقاومة لحرارة الطهي .
- ٤ - يتلف بالأشعة فوق البنفسجية والضوء والمحاليل القلوية .

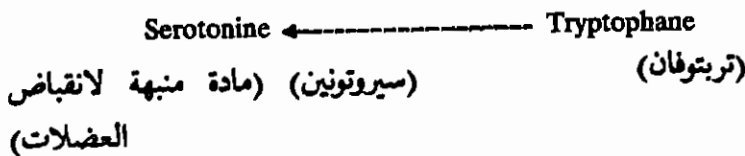
Functions of vitamin B ٦ (٨, ٦, ٥) وظائف فيتامين ب ٦

- يمكن حصر وظائف فيتامين ب ٦ الفسيولوجية في جسم الإنسان كالتالي :
- ١ - يعتبر الفيتامين في صورة فوسفات البيريدوكسال (PLP) pyridoxal phosphate الشكل الفعال والذي يعمل كقرين إنزيم لعدد كبير من النظم الإنزيمية - en-zimatic systems خصوصاً التي تدخل في أيض الأحماض الأمينية . ويمكن لجميع صور الفيتامين الثلاث التي سبق ذكرها أن تتحول إلى صورة الفوسفات الفعال . ومن أمثلة النظم الإنزيمية التي يعمل فيها الفيتامين كقرين إنزيم الآتي :
 - (١) الديكربوكسيليز Decarboxylase : يعمل PLP كقرين لهذا الإنزيم الضروري لإزالة مجموعة الكربوكسيل (COOH) decarboxylation من بعض الأحماض الأمينية لتكوين مركبات أخرى جديدة كما هو موضح في الأمثلة التالية :

نزع مجموعة الكربوكسيل



نزع مجموعة الكربوكسيل



نزع مجموعة الكربوكسيل

Norepinephrine ← Tyrosine

(نوري باين فيرين)

(تيروزين)

نزع مجموعة الكربوكسيل

Histamine ← Histidine

(هستامين)

(هستدين)

(ب) الترانس أمينيز: Transaminase : يؤدي PLP وظيفة قرين coenzyme لهذا الإنزيم اللازم لنقل مجموعة الأمين transamination من الأحماض الأمينية وتكوين أحماض أمينية جديدة، إذ يعمل كل إنزيم على بروتين معين أو محدد. ومن الأمثلة على ذلك نقل مجموعة الأمين (NH_2) من أحماض أمينية إلى أحماض كيتونية ketoacids ، مما يؤدي إلى تكون أحماض أمينية جديدة.

(ج) الديسلفيريز Desulfurase والترانس سيلفيريز Transulfurase: يعمل PLP كقرين لهذين الإنزيمين الضروريين لنزع ونقل مجموعات الكبريت (SO_2) sulfur groups من الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت ومن الأمثلة على ذلك نقل الكبريت من الحمض الأميني ميثيونين methionine إلى الحمض الأميني سيرين serine والنتائج النهائي هو الحمض الأميني سيستين cys-teine .

(د) الدأمينيز Deaminase: يؤدي PLP وظيفة قرين لإنزيم لهذا الإنزيم الذي يساعد على نزع مجموعة الأمين deamination من الحمض الأميني غير اللازم لتحويله إلى كربوهيدرات تمد الجسم بالطاقة.

٢ - يساعد فيتامين ب ٦ على تحويل الحمض الأميني tryptophan إلى فيتامين النياسين (NAD) niacin ، لهذا ينخفض تكوين النياسين في الجسم في حالة نقص هذا الفيتامين.

٣ - يساعد هذا الفيتامين على إنتاج الأجسام المضادة antibodies في جسم الإنسان والتي تعمل على حمايته من العدوى البكتيرية والإصابة بالأمراض.

٤ - يعمل فيتامين ب ٦ (في صورة فوسفات البيريدوكسال PLP) كقرين coen- zyme لإنزيم الجليكوجين فوسفوريلاز glycogen phosphorylase الضروري لتهدم الجليكوجين glycogen إلى جلوكوز - ١ - فوسفات (gluconeogenesis) .

٥ - يعمل فيتامين ب ٦ على تكوين مولدات precursors حلقات البورفيرين porphyrine التي تدخل في تكوين جزيئات الهيموجلوبين .

٦ - يعد فيتامين ب ٦ ضروريا لأبيض الأحماض الدهنية غير المشبعة polyunsaturated مثل تحويل حمض اللينوليك linoleic acid إلى حمض الأراكيدونيك arachidonic acid ، كما أنه يساعد على تصنيع مادة السفنجوليبيد sphingolipid التي تحيط بالأطراف العصبية myelin .

٧ - يعتبر فيتامين ب ٦ ضروريا لصحة الأوعية الدموية والجهاز العصبي وسلامة البشرة وللنمو الطبيعي للأطفال خاصة بناء العضلات ، كما يعد مهماً لتنظيم عملية تصنيع synthesis إنزيمات المخ التي تتحكم في الإشارة وامتصاص الأحماض الأمينية وإفراز هرمونات النمو.

(٨، ٦، ٦) مصادر فيتامين ب ٦ الغذائية Sources of vitamin B 6

تنتشر مجموعة فيتامين ب ٦ في العديد من الأغذية الحيوانية والنباتية في صورة PN و PL و PM . ويوجد فيتامين ب ٦ بنسب عالية في الحبوب الكاملة والبلع الجاف والموز والخميرة والبطاطس وجنين القمح wheat germ والبقوليات والكبد واللحوم خصوصاً البقري الصغير veal والضأن lamb . كما يعتبر الحليب والبيض والخضروات خصوصاً الجزر والملفوف cabbages والسبانخ spinach مصادر معتدلة fair sources لهذا الفيتامين . وتستطيع الكائنات الدقيقة في الأمعاء تصنيع الفيتامين . وبشكل عام يوجد فيتامين ب ٦ في الأغذية مترافقاً مع مجموعة فيتامينات ب الأخرى ، ويتضمن الجدول (٨، ٣) محتوى بعض الأغذية من فيتامين البيريدوكسين (ب ٦) .

جدول (٨، ٣) . محتوى بعض الأغذية من فيتامين ب ٦ والفولاسين و فيتامين ب ١٢ .

الأغذية	مقدار وحدة التقديم الواحدة (الحصة Serving)	فيتامين ب ٦ (ملليجرام)	فولاسين (ملليجرام)	فيتامين ب ١٢ (ملليجرام)
البیض والبقر والسّمك والدواجن والمكسرات				
بيض مقلي fried	١ حبة كبيرة	٠,٠٥	٢٢	٠,٥٧
لحم بقري rost	٣ أوقية	٠,٤٧	٣	١,٥٤
همبركر	٣ أوقية	٠,٣٢	٣	١,٥٢
لحم الدجاج	٣ أوقية	٠,٤٠	-	٠,٣٠
تونا	٣ أوقية	٠,٤٢	٣	٢,٢٠
زبدة الفول السوداني	٢ ملعقة شاي	٠,٠٩	٢٦	-
سالمون عطل	٣ أوقية	٠,٣	-	-
محار oyster	٣ أوقية	-	-	١٦,٢٠
منتجات الحبوب				
شرائح الذرة	١ كوب	٠,٥٤	-	-
قمح shredded wheat	١ بسكويت biscuit	٠,٠٧	-	-
Saltines	١٠ جم 4 crackers	٠,٠٠١	١٣	-
أرز جاف	١ أوقية	٠,٠٣	٢	-
خبز أبيض	١ شريحة	٠,٠٠٩	١٠	-
خبز أسمر	١ شريحة	٠,٠٤	١٦	-
منتجات الألبان				
حليب كامل	٨ أوقية	٠,١٠	١٢	٠,٨٦
حليب - ٢٪ دهن	٨ أوقية	٠,١٢	١٢	٠,٩١
جبين شدر cheddar	١ أوقية	٠,٠٢	٥	٠,٢٥
الفواكه				
نفاخ	١ حبة متوسطة	٠,٠٤	٤	-
موز	١ حبة متوسطة	٠,٦٣	٢٣	-
عصير برتقال مجمد	٤ أوقية	٠,٠٤	٥٥	-
خوخ peach	١ حبة متوسطة	٠,٠٢	٣	-
كريب فروت	نصف حبة متوسطة	-	-	-
فراولة	نصف كوب	٠,٠٤	١٣	-
شمام cantaloup	نصف حبة	٠,١٥	٤٥	-
الخضروات				
ذرة مطهية	نصف كوب (٤ أوقية)	٠,٢٠	٤١	-
فاصوليا خضراء	نصف كوب (٤ أوقية)	٠,٠٧	٢٢	-
بازلاء خضراء	نصف كوب (٤ أوقية)	٠,٠٥	٦٦	-
خس	ربع رأس (١٠٠ جرام)	٠,٠٤	١٣	-
طماطم	١ حبة متوسطة	٠,١٠	٥٣	-
بطاطس مخبوزة baked	١ حبة متوسطة	٠,٢٢	٥٦	-
بروكولي procoli	نصف كوب	-	٨٦	-
سبانخ مجمدة	نصف كوب	٠,٢٨	١٤	-

(٨، ٦، ٧) نقص فيتامين ب ٦ Deficiency of vitamin B 6

يندر ظهور أعراض نقص فيتامين ب ٦ على الإنسان نظراً لانتشار هذا الفيتامين بنسب متفاوتة في العديد من الأغذية الحيوانية والنباتية. ولقد أمكن إحداث أعراض نقص فيتامين ب ٦ في الإنسان عن طريق إعطاء مضاد الفيتامين antagonist مثل deoxypyridoxine مصحوباً بتناول وجبة غذائية خالية من الفيتامين مما أدى إلى ظهور الأعراض التالية:

- (أ) تشنجات convulsions ، أي تقلصات عضلية لا إرادية .
- (ب) تشقق (تصدع) أركان الفم cheilosis واحمراره .
- (ج) ظهور إفرازات دهنية على جلد الأنف والفم والعين seborrhea .
- (د) نعومة اللسان وميل لونه إلى اللون الأرجواني glossitis .
- (هـ) حدوث الأنيميا anemia .
- (و) انخفاض في عدد الخلايا الليمفاوية lymphopenia .
- (ز) اضطرابات عصبية nervous disorders .
- (ح) حدوث تغيرات في سلوك الفرد مثل الكآبة والارتباك confusion وشعور بالفتور أو الضعف depression .

أما في حالة تناول الشخص وجبة غذائية خالية من فيتامين ب ٦ بدون إعطاء مضاد الفيتامين فقد ظهرت أعراض أخرى تشمل الإصابة بالأنيميا التي تتميز بصغر كريات الدم الحمراء وكذلك انخفاض في مستوى الهيموجلوبين وفي قدرة الجسم على تكوين النياسين من التريوتوفان .

كما تظهر أعراض نقص فيتامين ب ٦ على الأطفال الرضع infants الذين يعتمدون في طعامهم على الأغذية التجارية البديلة للحليب commercial formula أو الحليب المعقم وذلك نتيجة لتهدم الفيتامين أثناء المعاملة الحرارية أو التصنيع . وتظهر الأعراض على الرضع في صورة تهيج عصبي nervous irritability وأنيميا anemia وتأخر في النمو growth retardation وفقدان في الوزن وقئ وألم في البطن abdominal pain والتخليج (عدم القدرة على تنسيق الحركات العضلية اللاإرادية) ataxia ونوبات تشنجية convulsive seizures ، وبإعطاء فيتامين ب ٦ أمكن شفاء الرضع ، واختفت

الأعراض السابقة خصوصاً التشنجات ، فيها عدا تكوين الحصى في الكلية .

(٨, ٦, ٨) احتياجات فيتامين ب ٦ اليومية Daily requirements of vitamin B 6
تندر الإصابة بأعراض نقص فيتامين ب ٦ نظراً لانتشاره في العديد من الأغذية النباتية والحيوانية . ولقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي NFB/NRC (١٩٨٩م) المقررات الغذائية الموصى بها RDA لفيتامين ب ٦ وهي ٢ ملليجرام في اليوم للرجل البالغ و ١, ٦ ملليجرام للمرأة البالغة . ويوصى بتعاطي جرعات إضافية من الفيتامين تقدر بحوالي ٠, ٦ ملليجرام و ٠, ٥ ملليجرام يومياً أثناء فترة الحمل والرضاعة على التوالي . أما بالنسبة للرضع (من الولادة حتى السنة الأولى من العمر) فيوصى بتناول ٠, ٣ - ٠, ٦ ملليجرام فيتامين في اليوم وتزداد هذه الكمية إلى ١ ملليجرام في عمر ١ - ٣ سنوات . ثم تستمر الكمية المتناولة في الزيادة حتى تصل إلى ١, ٧ - ٣ ملليجرام للمراهقين و ١, ٤ - ١, ٥ ملليجرام للمراهقات . وبشكل عام فإن كمية فيتامين ب ٦ المتناولة تتناسب طردياً مع كمية البروتين في الوجبة الغذائية نظراً لارتباطه بأبيض البروتين . فقد أظهرت الدراسات أن الشخص الذي يتناول ١٠٠ جرام بروتين في اليوم أو أكثر يجب أن يحصل على ١, ٧٥ - ٢ ملليجرام فيتامين ب ٦ يومياً في صورة هيدروكلوريد البيريدوكسين pyridoxin hydrochloride بينما الشخص الذي يتناول ٣٠ جراماً بروتين في اليوم فإن الكمية التي يجب أن يحصل عليها من الفيتامين تبلغ إلى ١, ٢٥ - ١, ٥ ملليجرام تقريباً .

وقد أفادت الدراسات الحديثة بوجود علاقة بين تناول حبوب منع الحمل وظهور أعراض نقص فيتامين ب ٦ على النساء الحوامل وكذلك على الأطفال الرضع الذين يتناولون حليب الثدي . لهذا يتم حديثاً تدعيم الحليب الصناعي بفيتامين ب ٦ (٠, ٠٤ ملليجرام لكل ١٠٠ سعر) .

(٨, ٦, ٩) امتصاص فيتامين ب ٦ ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism & storage of vitamin B 6

يُمتص فيتامين ب ٦ من الأمعاء الدقيقة إلى الدم مباشرة في صورة ذائبة في الماء وبطريقة الانتشار غير الفعال passive diffusion . ولقد وُجد أن معدل امتصاص

الفيتامين يكون أعلى في الصورة الحرة عنه في الصورة المرتبطة بالبروتين، كما أن امتصاص البيريدوكسال والبيريدوكسامين أسرع من البيريدوكسامين منفردًا. وبعد الامتصاص تحصل فسفرة للفيتامين الحر في الخلايا المخاطية في الأمعاء mucosal cells لتكوين قرائن الإنزيمات الفعالة فسيولوجيًا. كما تبين أن كلا من البيريدوكسال والبيريدوكسين يوجدان في الدم بصورة حرة أو مفسفرة free and phosphorylated forms ، بينما لا يوجد البيريدوكسين إطلاقًا في الدم. يفرز فيتامين ب ٦ مع البول في الصورة الحرة وفي الصورة المفسفرة وفي صورة ٤ - حمض البيريدوكسيل 4-pyridoxic acid الذي يشكل ٥٠ - ٧٠٪ من مركبات البيريدوكسين في البول. لا يستطيع الجسم تخزين فيتامين ب ٦ في الجسم نظرًا لأنه ذائب في الماء، فيما عدا كميات قليلة جدًا تخزن في أنسجة العضلات muscle tissue. لهذا يُفقد جزء كبير منه مع البول يصل إلى ٤٠ - ٥٠٪ في الرجال و ٢٢ - ٣٥٪ في النساء، كما تفرز نسبة منخفضة جدًا من الفيتامين في البراز، ويتأثر الكائنات الحية الدقيقة التي تصنعه في الأمعاء.

(٨،٧) فيتامين ب ١٢ (الكوبالامين) Vitamin B 12 or Cobalamine

(٨،٧،١) لمحة تاريخية

استطاع أديسون في عام ١٨٤٩م اكتشاف الأنيميا الخبيثة pernicious anemia في بعض المسنين في أحد مستشفيات لندن، ولكنه لم يتمكن من شفائهم. وفي عام ١٩٢٦م تمكن مينوت Minot ومورفي Murphy من معالجة الأنيميا الخبيثة بواسطة تناول الكبدة غير المطهية، وبعد ذلك بدأ كاسل Castle أبحاثًا استمرت لمدة ٢٠ عامًا تمكن في نهايتها من التعرف على العامل الضروري لمعالجة الأنيميا الخبيثة، وهو عبارة عن بروتين مخاطي يصنع في المعدة. ولقد أمكن استخلاص العامل المضاد للأنيميا الخبيثة من الكبد على هيئة بلورات من قبل سبارو وآخرون Subaeraw et al. ثم أطلق عليه اسم فيتامين ب ١٢ في نفس السنة من قبل سميث وباكر Smith and Paker. كما تمكن وست عام ١٩٤٨م من إثبات فعاليته الإكلينيكية كفيتامين. وتلاه هودكن

وآخرون. Hodgkin *et al.* الذين استطاعوا التعرف على التركيب الكيميائي لفيتامين ب ١٢ . ولقد تم تحضير فيتامين ب ١٢ صناعياً عام ١٩٧٣ م.

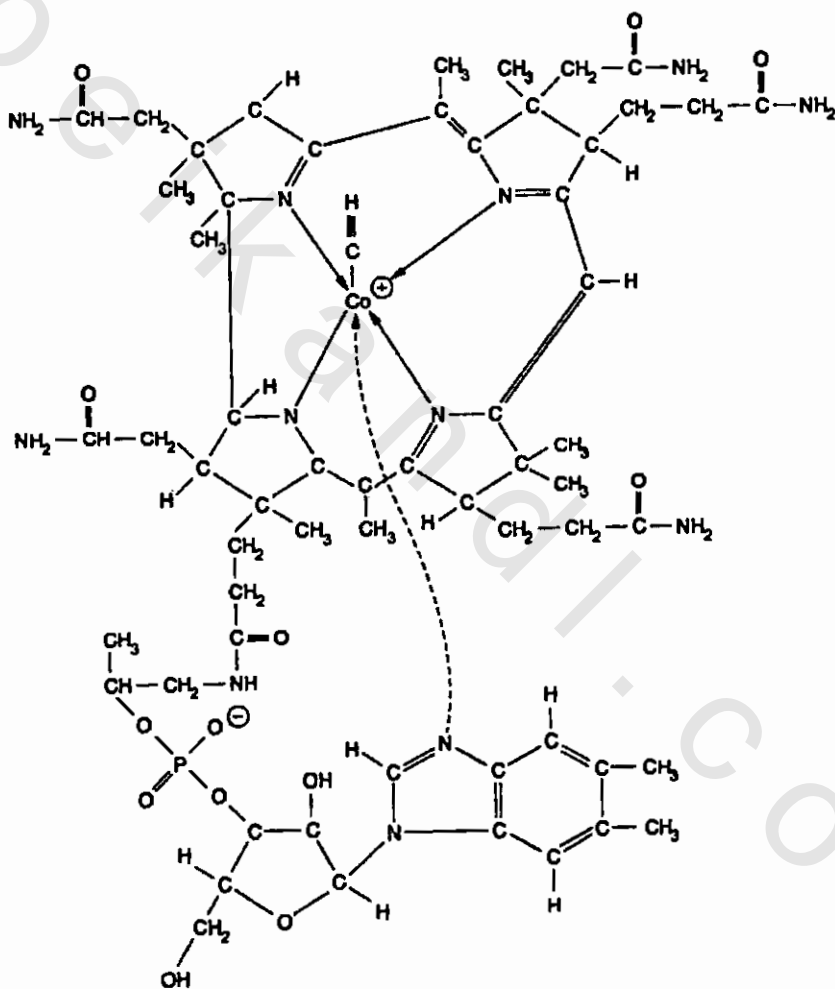
(٨, ٧, ٢) المسميات Names clatunes

Cobalamin	الكوبالامين
Cyanocobalamin	السيانو كوبالامين
Antipernicious anemia vitamin	الفيتامين المضاد للأنيميا الخبيثة
Hydroxycobalamin	هيدروكسي كوبالامين
Animal protein factor (APF)	عامل البروتين الحيواني
Erythrocyte maturation factor	عامل نضج كرات الدم الحمراء

(٨, ٧, ٣) التركيب البنائي لفيتامين ب ١٢ Structure of vitamin B 12

يعتبر التركيب الكيميائي لفيتامين ب ١٢ (السيانوكوبالامين) أكثر تعقيداً من بقية الفيتامينات الأخرى الذائبة في الماء، بالإضافة إلى أنه الفيتامين الوحيد المحتوي على عنصر معدني (الكوبالت) وهو يتكون من جزيئين رئيسيين هما: حلقة كورين cor-rin ring نيكليوتيد nucleotide الذي يحتوي على قاعدة سكر الريبوز الخماسي ومحفز الفوسفوريك. وتحتوي حلقة الكورين على ذرة كوبالت (Co) cobalt atom بنسبة ٤٪ من وزن الفيتامين، كما تشبه حلقة الكورين حلقة البروفيرين prophyrin ring المحتوية على الحديد في الهيموجلوبين، وكذلك المحتوية على المغنسيوم magnesium في الكلورفيل chlorophyll. يرتبط الكوبالت الموجود في مركز (وسط) حلقة الكورين بالسيانيد الذي يمكن استبداله بمجموعة الهيدروكسيل (OH) لتكوين الهيدروكسي كوبالامين Vit. (B 12) hydroxycobalamine أو بمجموعة النيتريت (NO₂) لتكوين النيتريتوكوبالامين (Vit. B 12c) nitritocobalamin أو بمجموعة ماء (H₂O) لتكوين أكيوكوبالامين (Vit. B 12b) aquocobalamin أو بمجموعة مثيل (CH₃) لتكوين مثيل كوبالامين (methyl B 12) methylcobalamin أو بمجموعة 5-deoxyadenosyl لتكوين 5-deoxyadenosylcobalamin (قرين إنزيم ب ١٢). لا توجد الصورة الأولى للفيتامين

(المتصل بمجموعة OH) في الطبيعة، ولكنها تتوافر في المستحضرات الصيدلانية التجارية، بينما تمثل الصورة الأخيرة (المرتبطة بمجموعة 5-deoxyadenosyl) قرين الإنزيم coenzyme الأساسي في الجسم. وتسمى جميع صور فيتامين ب ١٢ السابق ذكرها بالكوبالامينات cobalamines. وبين الشكل (٨، ١٤) التركيب البنائي لفيتامين ب ١٢.



Cyanocobalamin (Vitamin B₁₂)

سيانوكوبالامين (فيتامين ب ١٢)

شكل (٨، ١٤). التركيب البنائي لفيتامين ب ١٢.

Properties of vitamin B 12 (٨, ٧, ٤) خواص فيتامين ب ١٢

- ١ - يوجد في صورة بلورات إبرية حمراء نظراً لاحتوائه على الكوبالت.
- ٢ - قابل للذوبان في الماء والألكحول الإيثيلي، لكنه لا يذوب في المذيبات العضوية الأخرى.
- ٣ - الوزن الجزيئي حوالي ١٦٠٠ .
- ٤ - يتأثر بمفعول الحمض والقاعدة والضوء والأكسجين (الأكسدة). أما السيانونوكوبالامين cyanocobalamine فإنه يتحمل الأحماض والأكسدة، ولكنه يتلف بالقلويات. لهذا يفقد حوالي ٣٠٪ من فيتامين ب ١٢ أثناء الطهو.
- ٥ - يتحمل الحرارة في الوسط المتعادل، لكن يتلف بالحرارة في الوسط القلوي والحامضي.

Functions of vitamin B 12 (٨, ٧, ٥) وظائف فيتامين ب ١٢

- يمكن حصر وظائف فيتامين ب ١٢ الفسيولوجية في جسم الإنسان كالآتي:
- ١ - يعمل فيتامين ب ١٢ كقرين إنزيم لعدد من الإنزيمات الضرورية لتصنيع البروتين والدهن والأحماض النووية nucleic acids ، ويمكن تلخيص ذلك كالآتي:
 - (١) يساعد فيتامين ب ١٢ على تصنيع خلايا الدم الحمراء (erythropoiesis) في نخاع العظام، حيث يعمل قرين الإنزيم في داخل نخاع العظام على تصنيع الأحماض النووية (DNA و RNA) اللازمة لانقسام الخلايا المنواة في نخاع العظام erythroblasts . حيث إن غياب الـ DNA يؤدي إلى عدم انقسام الخلايا المنواة في نخاع العظام (تنشأ منها خلايا الدم الحمراء)، وبذلك تصيب ذات حجم أكبر من الطبيعي megaloblasts مما يؤدي إلى تكوين خلايا دم حمراء كبيرة تحتوي على تركيز منخفض للهيموجلوبين normochromic ، وتعرف هذه الحالة باسم الأنيميا ذات كرات الدم المتضخمة macrocytic anemia . أما في حالة وجود DNA فإن ذلك يؤدي إلى انقسام الخلايا المنواة في نخاع العظام ونضجها، ثم تحولها إلى خلايا دم حمراء ذات حجم طبيعي . كما أشارت الدراسات إلى أن الفيتامين يساعد على تصنيع كرات الدم البيضاء leukopoiesis في الجسم .

(ب) يعمل فيتامين ب ١٢ كقرين coenzyme للإنزيمات اللازمة لتصنيع ونقل المركبات أحادية الكربون مثل مجموعة الميثيل mythyl group ، ومن الأمثلة على ذلك تصنيع الميثيونين methionine من الهوموسستاتين homocys- teine والكولين choline من الميثيونين methionin والسيرين من الجللايسين . كما أن تحول مركب الميثيل مالونات methylmalonate الناتج من تدهم بعض الأحماض الأمينية والدهنية إلى سكسينات succinate يتطلب وجود قرين الإنزيم ب ١٢ ، لهذا ففي حالة نقص هذا الفيتامين يزداد إفراز الميثيل مالونات في البراز . ويعمل فيتامين ب ١٢ على تصنيع مجموعات الميثيل (CH₃) وتحويلها إلى حمض الفوليك ، لتكوين ٥ - ميثيل حمض الفوليك N,methyl TH4 ، كما أنه يعمل على المحافظة على مجموعات السلفهيدريل sulfhydryl group في الإنزيمات في وضع مختزل .

٢ - يعد الفيتامين مهماً للجهاز العصبي ، إذ أنه يحافظ على أغلفة الميلين myelin sheath التي تحيط وتعزل بعض الألياف العصبية nerve fibers . وبشكل عام ، لا يزال الدور الذي يلعبه هذا الفيتامين للمحافظة على الجهاز العصبي يكتشفه الكثير من الغموض ، إلا أنه من المعروف أن الجهاز العصبي يعتمد على الطاقة التي مصدرها الكربوهيدرات وحدوث أي خلل في أيض الكربوهيدرات يصاحبه خلل في أداء الجهاز العصبي . لهذا يعتمد الجهاز العصبي على فيتامين ب ١٢ لتحويل قرين إنزيم ١ ميثيل مالونيل methylmalonyl CoA الناتج من أيض بعض الأحماض الدهنية والأمينية إلى قرين إنزيم ١ سكسينيل succinyl CoA وهذا آخر المسارات المهمة لإنتاج الطاقة من الأحماض الأمينية ذات سلاسل الكربون الفردية العدد



٣ - يساعد الفيتامين على تحويل حمض الفوليك folic acid إلى حمض الفولينيك اللازم كمرافق للإنزيمات الضرورية لتكوين كرات الدم الحمراء بصورة طبيعية في نخاع العظام . كما يحافظ الفيتامين على الخلايا الظهارية epithelial cells .

(٨،٧،٦) مصادر فيتامين ب ١٢ الغذائية Dietary sources of vitamin B 12

تخلو النباتات من فيتامين ب ١٢ نظراً لأنها غير قادرة على تصنيعه من العناصر

المتاحة لها من التربة والهواء . ويتوافر هذا الفيتامين بنسب متفاوتة في الأغذية الحيوانية مثل الكبد والكلأوي واللحم والبيض والدواجن والجبن والحليب ، وتظهر أعراض نقص فيتامين ب ١٢ عادة على النباتيين المتزمطين strict vegetarians ، الذين لا يتناولون الأغذية الحيوانية في طعامهم ، لهذا يجب عليهم أن يأخذوا في الاعتبار تعاطي جرعات من فيتامين ب ١٢ . كما يمكن لبكتريا الأمعاء الغليظة تصنيع فيتامين ب ١٢ بكميات لا بأس بها . ويوضح الجدول (٨،٣) محتوى بعض الأغذية من فيتامين ب ١٢ .

Deficiency of vitamin B 12 (٨،٧،٧) نقص فيتامين ب ١٢

تتمثل أعراض نقص فيتامين ب ١٢ لدى الإنسان في الآتي :

١ - الإصابة بالأنيميا الخبيثة pernicious anemia (أنيميا أديسون) التي تعتبر من الأعراض الأساسية لنقص فيتامين ب ١٢ ، والتي تتميز بكبر حجم كرات الدم الحمراء macrocytic anemia وانخفاض مستوى الهيموجلوبين وانخفاض مستوى فيتامين ب ١٢ في الدم .

٢ - حدوث خلل في الجهاز العصبي نتيجة تحلل أغلفة المييلين myelin sheaths (أغلفة تتكون من مواد دهنية تحيط وترتبط بعض الألياف العصبية ببعضها البعض) مما يؤدي إلى تخدير الشفاء limbs وصعوبة في الاتزان أثناء المشي وبرودة الأطراف coldness of extremities .

٣ - ارتفاع تركيز حمض الميثيل مالونيك methylmalonic acid في البراز وبعض الأحماض الأمينية في البول والدم .

٤ - اختلال البصر من غير علة عضوية ظاهرة ، وتعرف هذه الحالة بالكمش الغذائي nutritional amblyopia .

٥ - انحلال وتدهور الحبل الشوكي spinal cord degeneration ، وحدوث تغيرات في نخاع العظام .

Pernicious anemia or Adeson anemia (أنيميا أديسون) الأنيميا الخبيثة

تحدث الإصابة بالأنيميا الخبيثة بصفة جزئية نتيجة لنقص فيتامين ب ١٢ في

الغذاء، ولكن بصفة أساسية بسبب انخفاض معدل امتصاص الفيتامين من الأمعاء وذلك نتيجة للأسباب التالية:

(١) عدم قدرة الجسم نتيجة لأسباب وراثية على تصنيع العامل الداخلي *intrinsic factor* ، وهو عبارة عن بروتين تفرزه الخلايا المخاطية في المعدة ويتحد مع فيتامين ب ١٢ ليساعد على امتصاصه من خلال جدار الأمعاء الدقيقة.

(ب) حدوث التهاب في الطبقة المبطنية للمعدة *gastritis* أو استئصال المعدة أو جزء منها بالجراحة *gastrectomy* أو الإصابة بالإسهال الدهني *steatorrhea* ، وجميع هذه الحالات تتعارض مع امتصاص فيتامين ب ١٢ .

(جـ) وجود نقص في تناول حمض البيريدوكسينك (فيتامين ب ٦) أو تقدم السن، حيث إن امتصاص فيتامين ب ١٢ يضعف مع تقدم العمر، وهذه الحالة شائعة في المرضى المسنين *geriatric patients* .

(د) وجود بكتريا أو طفيليات في الأمعاء تنافس العائل في الحصول على فيتامين ب ١٢ .

(هـ) كما ينخفض امتصاص فيتامين ب ١٢ عند نقص الحديد، وعند انخفاض إفراز الغدة الدرقية *hypothyroidism* ، وكذلك عند تناول المضادات الحيوية والمهدئات.

وتتمثل أعراض الأنيميا الخبيثة بظهور تضخم في كرات الدم الحمراء *megaloblastic anemia* وانخفاض عددها وانخفاض مستوى الهيموجلوبين وكرات الدم البيضاء وتغيرات في نخاع العظام وتحلل في الحبل الشوكي وانتفاخ اللسان وتلونه باللون الأحمر القاني وتحلل في الأغشية المخاطية المبطنية للمعدة وخلو العصارة المعدية من حمض الهيدروكلوريك والإنزيمات والعامل الداخلي *intrinsic factor* . كما تنخفض مناعة الجسم ضد العدوى ويحدث اضطراب في الجهاز العصبي وشحوب (امتقاع) لون الجلد (اصفرار شاحب) *pallor* وعسر التنفس *dyspnea* وفقدان الشهية للطعام *anorexia* وفقدان الوزن والتهاب اللسان *glossitis* والضعف العقلي *mental depression* . وتتميز

كرات الدم الحمراء المتضخمة غير الناضجة بعدم قدرتها على حمل كمية أكسجين كافية لسد حاجة الخلايا مما يسرع من معدل التنفس ويبطئ العمليات الحيوية في الجسم. تعالج الأنيميا الخبيثة بواسطة الحقن العضلي intramuscular injection بفيتامين ب ١٢ أو زرقا parenteral infusion ، حيث يؤدي ذلك إلى عودة الدم إلى حالته الطبيعية ولقد وجد أن إعطاء حمض الفوليك بمفرده لعلاج الأنيميا الخبيثة أو تناول أغذية غنية بفيتامين ب ١٢ أو إعطاء فيتامين ب ١٢ عن طريق الفم غير فعال في معالجة الأنيميا الخبيثة. حيث إن حمض الفوليك بمفرده ينجح في معالجة عدم نضج كرات الدم الحمراء فقط لكنه لا يعالج الاضطرابات العصبية المصاحبة للمرض بل قد يؤدي إلى تحلل الحبل الشوكي. كما أن حمض الفوليك لم ينجح في علاج الأنيميا ذات كرات الدم الحمراء الصغيرة microcytic anemia وينجب قبل معالجة المريض من الأنيميا الخبيثة التأكد من سلامة جهازه الهضمي وعدم تناول الأدوية التي تتعارض مع امتصاص الفيتامين.

وبشكل عام تظهر أعراض الأنيميا الخبيثة عادة على الأشخاص النباتيين veg- etarians الذين لا يتناولون الأغذية الحيوانية، كما تظهر الأعراض على المرضى المسنين والأطفال الرضع الذين يتناولون حليب الثدي من أمهات نباتيين متزمتين ولدة طويلة تصل إلى ٨ سنوات.

(٨، ٧، ٨) احتياجات فيتامين ب ١٢ اليومية Daily requirements of vitamin B 12 يحتاج الإنسان إلى كميات قليلة جداً من فيتامين ب ١٢ في غذائه، كما أن الإنسان يستطيع تصنيع كميات كبيرة منه في الأمعاء. ولقد حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحوث الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م) المقررات الغذائية الموصى بها لفيتامين ب ١٢ ، وهي ٢ ميكروجرام في اليوم لجميع الأشخاص فوق عمر ١٠ سنوات. وتزداد هذه الكمية لتصل إلى ٢، ٢ ميكروجرام في اليوم أثناء فترة الحمل، وإلى ٢، ٦ ميكروجرام أثناء فترة الرضاعة. أما بالنسبة للرضع (من الولادة - حتى السنة الأولى من العمر) فيوصى بتناول ٠، ٣ - ٠، ٥ ميكروجرام في اليوم، بينما يوصى بتناول الأطفال من عمر ١ - ٦ سنوات ٠، ٧ - ١ ميكروجرام يومياً. كما أن منظمتي الأغذية

والزراعة والصحة العالمية (FAO/WHO) قد أوصتا بتناول ٢ ميكروجرام من فيتامين ب ١٢ يومياً للأشخاص فوق ١٠ سنوات، وتزداد هذه الكمية لتصل إلى ٣ ميكروجرامات و ٢,٥ ميكروجرام أثناء فترة الحمل والرضاعة على التوالي. ويشكل عام فإنه يمكن معالجة الأنيميا الخبيثة الناتجة من نقص فيتامين ب ١٢ بإعطاء المرضى جرعة من فيتامين ب ١٢ مقدارها ١ - ١,٥ ميكروجرام عن طريق الحقن في العضل intramusculary أو حقن المريض بجرعة مقدارها ١٠٠ ميكروجرام في الشهر.

(٨,٧,٩) امتصاص فيتامين ب ١٢ ونقله وأيضه وتخزينه - Absorption, transportation, metabolism and storage of vitamin B 12

يصعب امتصاص فيتامين ب ١٢ نظراً لكبر حجم جزيئاته، لهذا فعلى الرغم من أن الكمية التي يحتاجها جسم الإنسان قليلة جداً إلا أن عملية امتصاصه تخضع إلى آلية خاصة. ويحدث امتصاص الكوبالامين من الأمعاء الدقيقة، وذلك بمساعدة عامل داخلي intrinsic factor يسمى الميوكوبروتين mucoprotein ، الذي يتحد مع الفيتامين في المعدة في وجود أيونات الكالسيوم ليكون معقداً complex يمتص من الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة (اللفائفي). ثم يفصل بعد ذلك فيتامين ب ١٢ عن الميوكوبروتين في جدار الأمعاء بمساعدة إنزيمات الأمعاء، وينقل من الدم إلى أنسجة الجسم المختلفة بواسطة اثنين من البروتينات الناقلة وهي ترانس كوبالامين ١ trans-cobalamin 1 وترانس كوبالامين ٢ transcobalamin 2. ويشكل عام يعتبر الكبد هو المستودع الرئيسي لتخزين فيتامين ب ١٢، حيث تتراوح الكمية المخزنة به بين ٢٠٠٠ و ٥٠٠٠ ميكروجرام وهي تكفي لسد حاجة الجسم من الفيتامين لمدة ٣ - ٥ سنوات. ويقدر معدل امتصاص فيتامين ب ١٢ في الشخص البالغ بحوالي ١٥ - ٣٠ ٪ من محتواه في الغذاء، وتقل هذه النسبة إلى ٥ ٪ في الأشخاص المسنين، أي أن الوجبة المحتوية على ١٦ ميكروجرام فيتامين ب ١٢ تمد الجسم بحوالي ٣ - ٥ ميكروجرامات. ويزداد معدل امتصاص فيتامين ب ١٢ أثناء الحمل وتتناول السكر الالكحولي sorbitol أو عند تعاطي الميوكوبروتين مع الفيتامين.

(٨, ٨) الفولاسين (حمض الفوليك)

(٨, ٨, ١) لمحة تاريخية

استطاعت ولز Lucy Wills عام ١٩٣٣ م استخلاص العامل المضاد للأنيميا من الخميرة yeast ، واستخدمته في شفاء سيدات حوامل من الأنيميا ذات الخلايا المتضخمة megaloblastic anemia ، وقد أطلق عليه قديماً عامل ولز Wills factor . ثم توصل داي وآخرون Day et al. عام ١٩٣٨ م إلى استخلاص العامل المضاد للأنيميا من الكبد والخميرة وتم استخلاصه لمعالجة الأنيميا في القروء ، ثم تمكن بعدئذ هوجان وباروت Hogan and Parrott عام ١٩٣٩ م من استخلاص نفس العامل من الكبد واستعملاه في علاج الأنيميا في الكتاكيت chicks . وقد استطاع بيترسون Peterson وشيل Shell عام ١٩٤٠ م استخلاص عامل ضروري لنمو البكتريا *Lactobacillus casei* من الخميرة . ثم تمكن ميتشل وآخرون Mitchell et al. عام ١٩٤١ م من استخلاص عامل ضروري لنمو بكتريا *Streptococcus lactis* من الخميرة ومن الأوراق الداكنة الخضرة مثل السبانخ ، وأطلقوا عليه اسم حمض الفوليك folic acid . وأخيراً تمكن أنجير وآخرون Angier et al. عام ١٩٤٦ م من التعرف على التركيب الكيميائي للفيتامين ، ومن تصنيعه معملياً . وتجدر الإشارة إلى أن كلمة حمض الفوليك مأخوذة من الكلمة اللاتينية Folium التي تعني ورق الشجر، نظراً لانتشاره في الأوراق الخضراء .

(٨, ٨, ٢) المسميات Nomenclature

Factor U	العامل U
Antianemia factor	العامل المضاد للأنيميا
<i>Lactobacillus casei</i> factor	عامل بكتريا
Folacin	فولاسين
Vitamin Bc	فيتامين Bc
Vitamin M (PGA)	فيتامين M
Pteroyl glutamic acid (PGA)	حمض البترويل جلوتاميك
Citrovorum factor	عامل

Folic acid

حمض الفوليك

Folinic acid

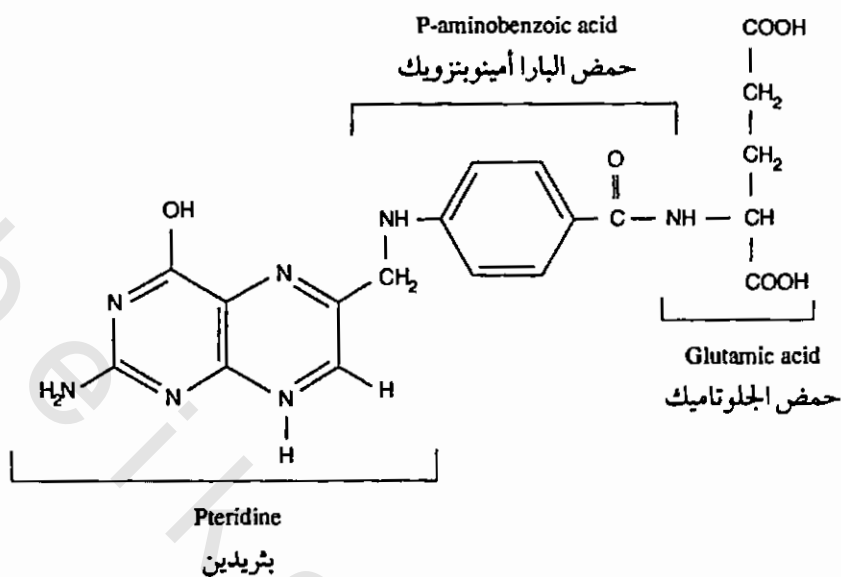
حمض الفولينك

(٨، ٨، ٣) التركيب البنائي للفولاسين Folacin structure

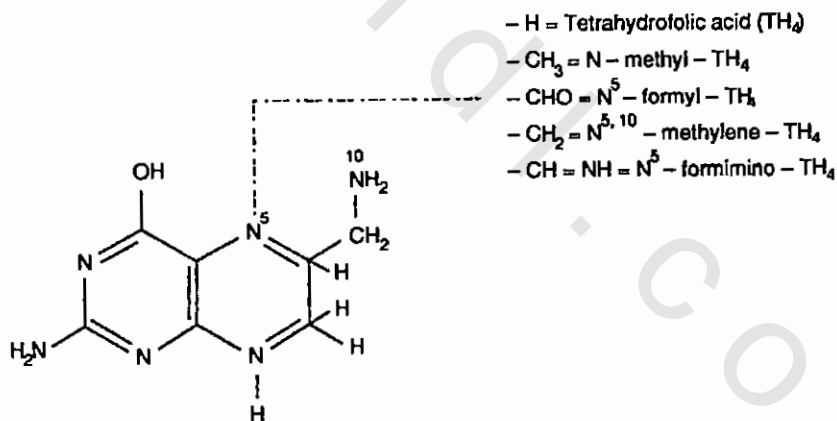
يتكون الفولاسين (حمض الفوليك) من ثلاثة مركبات متصلة ببعضها هي : نواة بتريدين pteridine وحمض البارامينو بنزويك P-aminobenzoic acid (PABA) وحمض الجلوتاميك glutamic acid . ويحتوي فيتامين الفولاسين والذي يدعى أحياناً حمض بترويل جلوتاميك pteroylglutamic acid على اثنين إلى ثمانية جزيئات من حمض الجلوتاميك مرتبطة عن طريق مجموعة الكربوكسيل . يتحول حمض الفوليك من الصورة المؤكسدة إلى الصورة المختزلة الفعالة (النشط فسيولوجياً) بإضافة ٤ ذرات هيدروجين إليه، ويسمى بعدها بـحمض الفوليك رباعي الهيدروجين tetrahyd- (TH4) (THF) rofolic acid وهو الصورة الموجودة في الأنسجة . وتوجد عدة مشتقات نشطة بـحمض الفوليك رباعي الهيدروجين تعمل كقوالب coenzymes لإنزيمات مختلفة وهي - N^{10} formyl TH4 و N^5 - formyl TH4 و N^5 - formimino TH4 و N^5 - methyl TH4 و N^{10} methenyl TH4 - وغيرها . وتعني N أن مجموعة الفورميل (CHO) تتصل بذرة النيتروجين في الموقع خمسة . ويبين الشكل (٨، ١٥) التركيب البنائي للفولاسين وقوائن الإنزيمات المشتقة منه .

(٨، ٨، ٤) خواص الفولاسين Properties of folacin

- ١ - عبارة عن مادة عضوية في صورة بلورات لامعة عديمة الطعم والرائحة .
- ٢ - يذوب بصعوبة في الماء ، وغير قابل للذوبان في المذيبات العضوية .
- ٣ - يتلف بسرعة بالحرارة والأحماض وأشعة الشمس والتخزين ، لهذا يفقد حوالي ٥٠٪ منه أثناء الطهو .
- ٤ - يقاوم درجة حرارة تصل إلى ١٠٠°م في الوسط القاعدي والمتعادل (رقم pH يساوي ٥ وأكثر) .



Folic acid
حمض الفوليك (فولاسين)



أحماض الفوليك رباعية الهيدروجين (قرين إنزيم)

شكل (٨, ١٥). التركيب البنائي للفولاسين (حمض الفوليك) وقرائن الإنزيمات المشتقة منه.

(٨, ٨, ٥) وظائف الفولاسين Functions of folacin

يمكن حصر الوظائف الفسيولوجية للفولاسين في جسم الإنسان كالآتي:

١ - يتمثل الدور الأساسي لفيتامين الفولاسين في جسم الإنسان في تكوين كرات الدم الحمراء erythropoiesis ، حيث يعمل على تصنيع الهيم heme المكون لجزيئات هيموجلوبين hemoglobins الدم (RBCs) داخل نخاع العظام bone marrow بمساعدة فيتامين ب ١٢ .

٢ - يدخل الفولاسين في تكوين قرائن الإنزيمات coenzymes الفعالة فسيولوجياً التي تعرف باسم أحماض الفوليك رباعية الهيدروجين tetrahydrofolic (TH4) والتي تعمل على نقل المجموعات أحادية الكربون مثل مجموعة الميثيل methyl (CH₃) والفورممينو formimino (-CH=NH) والهيدروكسي ميثيل hyd- (-CH₂OH) roxymethyl والفورمميل formyl (-OCH) والميثيلين methylene (>CH) من مركب إلى آخر. ومن أمثلة التفاعلات التي تستلزم قرائن إنزيمات حمض الفوليك (TH₄) الآتي:

- (أ) تصنيع البريميدينات pyrimidines والبيورينات purines اللازمة لتكوين الأحماض النووية (DNA و RNA) وكرات الدم الحمراء (RBCs) .
- (ب) تصنيع الكولين choline من إيثانول أمين ethanolamine .
- (ج) تحويل الجللايسين glycine (٢ ذرة كربون) إلى سيرين serine (٣ ذرات كربون) والعكس .
- (د) تحويل الهوموسيسيتين homocystine إلى ميثيونين methionine .
- (هـ) أكسدة الفنيل ألانين phenylalanine إلى تيروسين tyrosine .
- (و) تصنيع الثيمين thymine من اليوراسيل uracil .
- (ز) تحويل الهيستيدين histidin إلى حمض الجلوتاميك glutamic acid .

٢ - تحويل النيكوتين أميد إلى ميثيل نيكوتين أميد methylnicotinamide بواسطة إضافة مجموعة ميثيل methyl group (CH₃) له .

٣ - يستعمل حمض الفوليك لمعالجة الأنيميا التي تتميز بتضخم حجم كرات الدم الحمراء macrocytic anemia خصوصاً عند الحوامل والأطفال .

(٨، ٨، ٦) مصادر الفولاسين الغذائية Dietary sources of folacin

يتوافر الفولاسين وينسب متفاوتة في مجموعة واسعة من الأغذية الحيوانية والنباتية في صور حرة free forms أو صور مرتبطة conjugate forms ، وتعتبر الكبد والخميرة والكلاوي والليمون والفراولة والموز والخضروات خاصة الفاصوليا kidney beans والسبانخ spinach والهلين asparagus والبروكولي broccoli من أغنى مصادر الفولاسين. كما أن اللحم البقري ولحم العجل veal والبيض والحبوب الكاملة تعد مصادر جيدة لهذا الفيتامين. كذلك تحتوي الخضروات الخضراء الفاتحة والحليب ومنتجاته على كميات قليلة من الفولاسين. وقد أشارت الدراسات إلى أنه يفقد حوالي ٥٠ - ١٠٠٪ من الفولاسين أثناء طهي وتصنيع المواد الغذائية على درجات حرارة مرتفعة. يُقترح إضافة فيتامين ج (vitamin C) إلى الحليب كمادة حافظة preservative للفولاسين لمنع تكسره أثناء البسترة والتصنيع خاصة عند إنتاج الحليب المجفف.

(٨، ٨، ٧) نقص الفولاسين Deficiency of folacin

تظهر أعراض نقص الفولاسين على الشخص إما نتيجة لنقص كميته في الوجبة الغذائية أو نتيجة الإصابة بمرض يعوق امتصاصه من الأمعاء مثل مرض السلياك أو الأمراض التي يصاحبها إسهال. وتتمثل أمراض نقص الفولاسين لدى الإنسان في التالي:

١ - اضطرابات في الجهاز الهضمي gastrointestinal tract تؤدي إلى نعومة سطح اللسان وتغير لونه إلى اللون الأحمر الأرجواني glossitis ، وكذلك الإصابة بالإسهال وسوء الامتصاص في الأمعاء.

٢ - الإصابة بالأنيميا التي تتميز بتضخم حجم كرات الدم الحمراء macrocytic anemia or megaloblastic anemia وانخفاض مستويات الهيموجلوبين وعدد كرات الدم البيضاء والصفائح الدموية. وتحدث الإصابة بهذا النوع من الأنيميا في النساء الحوامل والأطفال الرضع والمسنين، ويمكن معالجتها بإعطاء جرعات من الفولاسين. كما يصاحب نقص الفولاسين في الجسم انخفاض في مستوى الثرومبين thrombin في الدم مما يؤدي إلى بطء في تجلط الدم.

الأنيميا ذات كرات الدم المتضخمة Megaloblastic anemia

تحدث الإصابة بالأنيميا التي تتميز بتضخم حجم كرات الدم الحمراء نتيجة لنقص تناول الفولاسين الضروري لتحويل كرات الدم الحمراء غير الناضجة والمصنعة في نخاع العظام إلى كرات دم حمراء ناضجة. وتتميز كرات الدم الحمراء غير الناضجة بكبر حجمها واحتوائها على نواة كبيرة وكمية قليلة من الهيموجلوبين، لكنها قبل أن تنتقل إلى الدم تنضج بفعل حمض الفوليك، حيث يصبح حجمها وحجم النواة أصغر وتزداد كمية الهيموجلوبين بها وبذلك تكون قادرة على حمل كمية كبيرة من الأكسجين، ويطلق على كرات الدم الحمراء الناضجة اسم erythrocyte، ومن الأعراض المخبرية لهذا النوع من الأنيميا تضخم في حجم كرات الدم الحمراء وانخفاض في عددها، كذلك يحدث انخفاض في مستويات الهيموجلوبين وعدد كرات الدم البيضاء-leuko-cytes والصفائح الدموية-platelets، ويمكن تشخيص الإصابة بأنيميا نقص الفولاسين بواسطة قياس تركيز الفيتامين في مصل الدم serum وفي كرات الدم الحمراء، حيث تظهر الأعراض عندما يصل تركيز الفولاسين في المصل إلى أقل من ٦ نانوجرامات (ng) nanograms (ملليغرام) أو عندما يصل إلى أقل من ١٦٠ نانوجراما (ng) / ملليغرام من كرات الدم الحمراء، أما الأعراض الظاهرية لهذه الأنيميا فتشمل الفتور والتعب وسرعة معدل التنفس وبطء العمليات الحيوية بالجسم وانخفاض مناعة الجسم ضد الميكروبات وضعف مقدرة الدم على التجلط واضطراب الجهاز الهضمي.

والجدير بالذكر أن أنيميا نقص الفولاسين منتشرة بين النساء خصوصاً اللاتي يستعملن حبوب منع الحمل contraceptive pills، وكذلك بين الحوامل اللاتي يتجاهلن زيادة الكمية المتناولة من الفيتامين أثناء هذه الفترة نتيجة لحاجة الجنين، وحدوث تغيرات هرمونية مرافقة للحمل مثل البروجسترون والهرمونات الجنسية الأنثوية. ونظراً لأن تناول حبوب منع الحمل يتعارض مع امتصاص الفولاسين، لهذا فإنه ينصح بتعاطي الفولاسين مع أقراص منع الحمل، كما أن هذه الأنيميا شائعة بين المسنين الذين يتناولون وجبات غذائية فقيرة في العناصر الغذائية أو المصابين بأمراض، وكذلك تنتشر بين الأطفال الرضع الذين يعتمدون على الأغذية البديلة عن الحليب formulas الفقيرة في محتواها من الفولاسين، وتجدر الإشارة إلى أن حليب الأم فقير في

محتواه من الفولاسين، لهذا يعتمد الطفل خلال الأيام الأولى من الولادة جزئياً على مخزون الفيتامين في الكبد الذي تجمع قبل الولادة، ويمكن معالجة أنيميا نقص الفولاسين بإعطاء الشخص ١٠-٥ ملليجرامات فولاسين يومياً، مما يؤدي إلى زيادة في عدد كرات الدم الحمراء وعودتها إلى حجمها الطبيعي، كما يعود مستوى الهيموجلوبين وعدد كرات الدم البيضاء إلى المعدل الطبيعي.

(٨, ٨, ٨) احتياجات الفولاسين اليومية Daily requirements of folacin

حددت هيئة الغذاء والتغذية في مجلس الأبحاث الوطني الأمريكي NRC/NFB (١٩٨٩) المقررات الغذائية الموصى بها (RDA) للفولاسين وذلك تبعاً للعمر ووزن الجسم، وهي كالآتي:

- الرضع (من الولادة - حتى السنة الأولى من العمر: ٢٥-٣٥ ميكروجراما في اليوم.
- الأطفال في سن ما قبل المدرسة (١-٦ سنوات): ٥٠-٧٥ ميكروجراما في اليوم.
- الأطفال في سن المدرسة (٧-١٠ سنوات): ١١٠ ميكروجرامات في اليوم.
- المراهقون والبالغون والمسنون (ذكور): ٢٠٠ ميكروجرام في اليوم.
- المراهقات والبالغات والمسنات (إناث): ١٨٠ ميكروجراماً في اليوم.
- الحوامل: ٤٠٠ ميكروجرام في اليوم.
- المرضعات - الستة شهور الأولى: ٢٨٠ ميكروجراما في اليوم.
- المرضعات - الستة شهور الثانية: ٢٦٠ ميكروجراما في اليوم.

يتضح مما ذكر أعلاه أن كمية الفولاسين التي تتناولها الحامل يومياً تزيد إلى الضعف على ما تتناوله الإناث في الحالة العادية وذلك لتأمين احتياجات بناء أنسجة جديدة في جسم الأم مثل المشيمة والأنسجة الثديية والدهنية، بالإضافة إلى تكوين ونمو الجنين fetus، وهذا يستلزم كميات أكثر من كرات الدم الحمراء الضرورية لحمل الأكسجين إلى هذه الأنسجة الجديدة والجنين، كما تزداد حاجة الجسم للفولاسين في حالات تعاطي الكحول والقلق، لأن الكحول يتعارض مع امتصاص الفولاسين، أما منظماتا الأغذية والزراعة والصحة العالمية (FAO/WHO) فقد حددتا ٢٠٠ ميكروجرام فولاسين في اليوم للرجل والمرأة البالغة.

(٨, ٨, ٩) امتصاص الفولاسين ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism and storage of folacin

يحدث امتصاص للفولاسين في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة بطريقة الانتشار السريع أو الامتصاص النشط إلى الدم مباشرة إما في صورة حرة أو في صورة مرتبطة بجزيئات حمض الجلوتاميك polyglutamate form ، ولكن في حالة احتواء الغذاء على الفولاسين المرتبط بجزيئات حمض الجلوتاميك فإنه يجب أن يحدث فصل لجزيئات حمض الجلوتاميك قبل امتصاصها من خلال جدار الأمعاء، ويحدث هذا الفصل في داخل الخلايا المخاطية mucosal cells المبطن لجدار الأمعاء الدقيقة بمساعدة إنزيم الكونجكيز conjugase الموجود داخلها، ويشكل الفولاسين الحر في الغذاء حوالي ٢٥٪ والباقي يكون في صورة مرتبطة، ويعتمد معدل امتصاصه على وجود مواد مثبطة لإنزيم الكونجكيز أو وجود مواد أخرى تتعارض مع امتصاصه مثل الألكحول وحبوب منع الحمل والأدوية المهدئة. كما يقل معدل امتصاص الفولاسين في حالة وجود عيوب خلقية أو أمراض في القناة الهضمية، بينما يؤدي احتواء الغذاء على فيتامين ج وبعض المصادر الحيوية إلى المساعدة على امتصاصه، ويتراوح معدل امتصاص الفولاسين من الغذاء بين ٣٠-٥٠٪، وتجدر الإشارة إلى أن الفولاسين في الصورة الحرة يمتص بمعدل أكبر من الفولاسين الموجود في الصورة المرتبطة مع مركبات أخرى.

يخزن الفولاسين بشكل رئيسي في الكبد على صورة حمض الفوليك الرباعي الهيدروجين (TH₄) المختزل ويتم تحويل حمض الفوليك إلى الصورة المختزلة (TH) في الكبد بمساعدة فيتامين ج وقرين الإنزيم NADPH المشتق من النياسين، وتقدر كمية الفولاسين المخزنة في الكبد بحوالي ١٠ ملليجرامات، وهي تكفي لسد احتياجات الجسم لمدة ٤-٥ شهور.

(٨, ٩) حمض البانتوثنيك Pantothenic acid

(٨, ٩, ١) لمحة تاريخية

استطاع العالم وليامز Williams عام ١٩٣٣م استخلاص هذا الفيتامين من الخميرة yeast ، وأطلق عليه اسم حمض البانتوثنيك، ثم في عام ١٩٣٨م تمكن نفس

العالم من استخلاصه من الكبد ومعرفة التركيب الكيميائي له، وفي عام ١٩٤٠م تم تحضير حمض البانتوثنيك صناعياً في المعمل من قبل العالم هاريس وآخرون *Harris et al.*، وعرف بأنه العامل المضاد للالتهاب جلد الكتاكيت والمساعد على نمو خلايا الخميرة، وقد عرف أن هذا الفيتامين يدخل في تركيب قرين الإنزيم أ coenzyme A وأنه ضروري في تفاعلات الأستلة acetylation في أنسجة الجسم وذلك في عام ١٩٤٦م من قبل العالمين Kaplan وLipmann، وقد حصل العالم الأخير على جائزة نوبل عام ١٩٥٠م نظير اكتشافه هذا، وفي عام ١٩٥١م تمكن لاينين Lynen من معرفة التركيب الكيميائي لقرين الإنزيم أ (CoA)، وقد اشتق اسم هذا الفيتامين من الكلمة اليونانية panthos وهي تعني بالإنجليزية «في كل مكان» everywhere.

(٢، ٩، ٨) المسميات Nomenclature

يطلق على هذا الفيتامين الأسماء التالية:

Bios II a

بيوز ٢ أ

العامل المضاد للالتهابات الجلدية في الكتاكيت

Chick antidermatitis factor

Vitamin B5

فيتامين ب ٥

Rat antigrey hair factor

العامل المضاد لشيب الشعر في الفئران

Filtrate factor

العامل المترشح

Pantothenic acid

حمض البانتوثنيك

Pantothenol

البانتوثينول

pantotheine

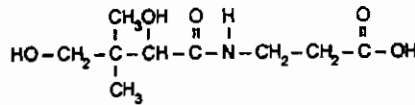
البانتوثين

(٣، ٩، ٨) التركيب البنائي لحمض البانتوثنيك Structure of Pantothenic acid

يعتبر حمض البانتوثنيك في الشكل D- (D-form) من الصور الفعالة فسيولوجياً

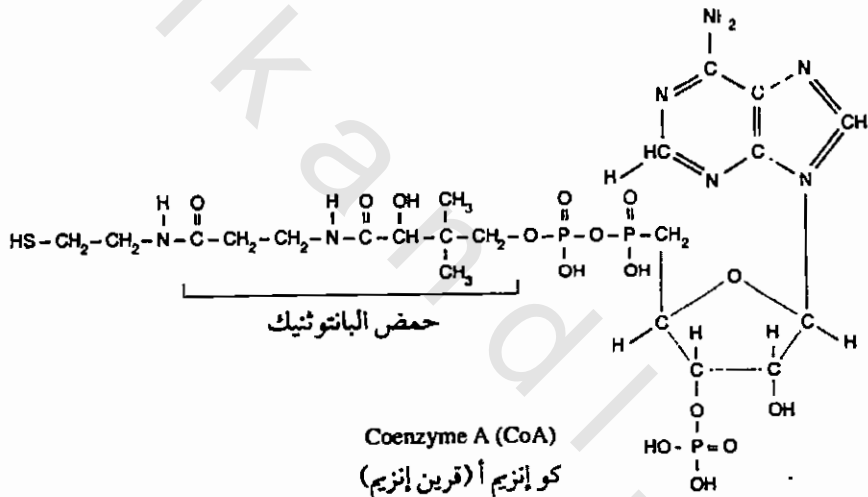
لهذا الفيتامين، وهو يتركب من الحمض الأميني بيتا - ألانين B-alanine الذي يتصل

برابطة ببتيدية peptide bond مع هيدروكسي مثيل حمض البيوتريك hydroxy methyl butyric acid المحتوى على مجموعتين من الميثيل (Pantonic acid) .
ويبين الشكل (١٦، ٨) التركيب البنائي لحمض البانتوثنيك وقرين إنزيمه (كوانزيم أ).



Pantothenic acid

حمض البانتوثنيك



شكل (١٦، ٨) . التركيب البنائي لحمض البانتوثنيك وقرين إنزيمه .

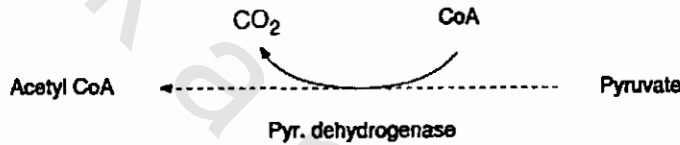
٤، ٩، ٨) خواص حمض البانتوثنيك Properties of pantothenic acid

- ١ - يوجد على صورة زيت أصفر باهت لزج viscous oil .
- ٢ - قابل للذوبان في الماء والألكحول والأسيتون acetone ، ولكنه غير قابل للذوبان في المذيبات العضوية الأخرى .
- ٣ - يتحمل الأكسدة ، لكنه يتهدم بالحمض والقلوي والحرارة (في الوسط الحامضي والقلوي) .

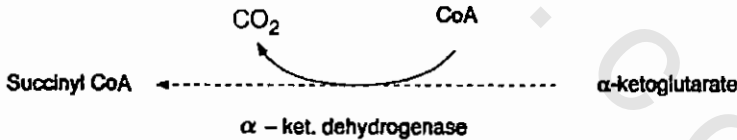
- ٤ - يباع تجاريًا في صورة أملاح الصوديوم أو الكالسيوم (بتثوينات الصوديوم أو الكالسيوم)، وهي عبارة عن مسحوق أبيض متبلور ذي طعم حلو قليلًا.
- ٥ - يقاوم الفيتامين درجة حرارة الطهو العادية في الوسط المتعادل.
- ٦ - وزنه الجزيئي ٢١٩,٩.

(٨, ٩, ٥) وظائف حمض البتوتنيك Functions of Pantothenic acid

- ١ - يدخل الفيتامين في تكوين قرين الإنزيم أ (Coenzyme A) اللازم لعملية أيض الغذاء، حيث يقوم بنقل مجموعة الأستيل $\text{CH}_3\text{-CO}$ التي تحتوي على ذرتي كربون) الناتجة من أكسدة الكربوهيدرات والدهون والأحماض الأمينية إلى دورة كريبس.



- كما يساعد على أكسدة ألفا - كيتوجلوترات $\alpha\text{-ketoglutarate}$ إلى سكسينيل قرين إنزيم أ داخل دورة كريبس.



- ٢ - يعمل كناقل لمجموعة الأسيل acyl group في عمليات أكسدة الدهون (B-oxidation) قبل دخولها إلى دورة كريبس في صورة acetyl CoA لإنتاج الطاقة، كما أنه يلعب دورًا مهمًا في تصنيع الأحماض الدهنية $\text{synthesis of fatty acids}$ ، أي أن قرين الإنزيم أ مهم لعملية تصنيع synthesis وهدم catabolism الدهون (أيض الدهون).
- ٣ - يساعد قرين الإنزيم أ في أيض البروتينات، حيث يقوم بإضافة مجموعة

الاستيل (acetylation) إلى الأحماض الأمينية والأمينات Amines .

٤ - يدخل حمض البانتوثنيك في تكوين البورفيرين porphyrin الضروري لتكوين الهيم heme الذي يدخل في تركيب الهيموجلوبين hemoglobin ، كما أنه يلزم لتصنيع الكوليسترول cholestrol وهرمونات الستيرويد steroid hormones والستيرولات sterols .

٥ - يعمل قرين الإنزيم أ كناقل لمجموعة الاستيل acetyl group اللازمة لتصنيع مركب أستيل كولين acetylcholin الذي يلعب دوراً مهماً في نقل التيارات العصبية neurotransmitter ، كما أن مجموعة الاستيل مهمة في التخلص من بعض العقاقير السامة في الجسم .

٦ - يساعد حمض البانتوثنيك في تنشيط الغدة فوق الكلوية ، وكذلك في تنشيط عمليات الامتصاص في الأمعاء الدقيقة والتي تستلزم وجود الجلوكوز .

(٨، ٩، ٦) مصادر حمض البانتوثنيك الغذائية Dietary sources of pantothenic acid

يعد حمض البانتوثنيك من الفيتامينات المنتشرة في معظم الأغذية الحيوانية والنباتية كما يدل اسمه على ذلك (بانتوثنيك باليونانية تعني في كل مكان) ، كما تقوم بكتريا الأمعاء بتصنيعه ، لهذا تندر ظهور أعراض نقصه على الإنسان ، وتعتبر الخميرة من أغنى المصادر لهذا الفيتامين (٢٠ ملليجراما / ١٠٠ جرام) ، يليها الكلاوي والكبد والمخ وصفار البيض والدواجن واللحوم الحمراء والحبوب الكاملة والذرة والحليب وبعض الخضروات (البطاطس والسبانخ والكرنب والطماطم) . يُفقد جزء كبير من حمض البانتوثنيك أثناء عملية الطهو والتصنيع processing ، فمثلاً تفقد اللحوم ٣٣٪ من محتواها أثناء الطهو ، كما تفقد الحبوب grain أكثر من نصف محتواها من الفيتامين أثناء الطحن milling ، أما الفواكه والخضروات فتعتبر مصادر فقيرة في هذا الفيتامين .

(٨، ٩، ٧) نقص حمض البانتوثنيك Deficiency of pantothenic acid

من النادر جداً ظهور أعراض نقص حمض البانتوثنيك على الإنسان ، إلا أنه أمكن إحداث النقص بواسطة إعطاء بعض المتطوعين أغذية خالية من هذا الفيتامين ،

بالإضافة إلى تناول مضاد للفيتامين على صورة omega methyl pantothenic acid ، وتمثل أعراض نقص حمض البانتوثنيك على الإنسان في صورة ضيق (قلق) عام-gen-eral malaise ونقص في إنتاج المضادات الحيوية antibodies وأرق وانخفاض مستوى السكر في الدم hypoglycemia وإيلام في عقب القدم tenderness in the heels والقصور العقلي mental depression وألم في البطن وضعف وتشنج في الأرجل وغثيان وتعب شديد وحرقة في القدمين burning sensation in the feet والتهاب الجهاز التنفسي respiratory infection ، كذلك يؤدي نقص الفيتامين إلى حدوث اضطرابات حسية paraesthesia ، أي الإحساس بالخدر أو التنميل أو الحكّة من غير سبب ظاهري ، أما أعراض نقص حمض البانتوثنيك على الحيوانات فقد ظهرت بشكل واضح كالتالي :

الفئران Rats : تجمع صبغات البورفيرين الحمراء في شوارب الفئران blood whiskers واضطراب في النمو وحدوث نزيف في الغدة فوق كلوية adrenal necrosis وتغير لون الشعر achromotrichia والتهاب الجلد dermatitis .

الدواجن Poultry : التهاب الجلد dermatitis وفشل عملية التكاثر وتقرن الجلد وتجمع الدهون في الكبد وفقر الدم المتميز بصغر حجم كريات الدم الحمراء hypac-hromic anemia وتغير لون الشعر alopecia .

(٨, ٩, ٨) احتياجات حمض البانتوثنيك اليومية Daily requirements of pantothenic acid

لم تحدد بعد المقررات الغذائية الموصى بها RDA لحمض البانتوثنيك، إلا أن هيئة الغذاء والتغذية في مجلس البحث الوطني الأمريكي FNB/NRC (١٩٨٩م) قدرت الاحتياجات اليومية التي يعتقد بأنها تفي باحتياجات الجسم ESADDI كالتالي :

الرضع (من الولادة - حتى السنة الأولى من العمر)	٢-٣ ملليجرامات
الأطفال (١-١٠ سنوات)	٣-٥ ملليجرامات
المراهقون والبالغون	٤-٧ ملليجرامات

وتجدر الإشارة إلى أن الوجبة المتكاملة تمد الجسم بحوالي ٦ - ٢٠ ملليجراماً من حمض البانتوثنيك يومياً، بالإضافة إلى أن بكتريا الأمعاء تصنعه بكميات متفاوتة، لهذا لا تظهر أعراض نقصه على الإنسان.

(٨, ٩, ٩) امتصاص حمض البانتوثنيك ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transport, metabolism and storage of pantothenic acid

يمتص حمض البانتوثنيك مباشرة من خلال جدار الأمعاء الدقيقة بطريقة الانتشار، ثم بعد ذلك تحدث له فسفرة phosphorylation في وجود أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) ليتحول إلى 4-phosphopantothenic acid. يلي ذلك حدوث عدة تفاعلات يتحول فيها الحمض في النهاية إلى قرين إنزيم A (CoA)، ويخزن الفيتامين بتركيزات مرتفعة في أنسجة الكبد والمخ brain والكلاوي والقلب، ويفرز الزائد منه مع البول في صورة حمض البانتوثنيك أو أملاحه.

(٨, ١٠) البيوتين Biotin or vitamin H

(٨, ١٠, ١) لمحة تاريخية

يعتبر العالم بيتمان Bateman أول من عرف هذا الفيتامين عام ١٩١٦م عندما لاحظ أن تغذية الفئران على بياض (زلال) البيض غير المطهو (النبيء) يسبب حدوث تسممات وفقدان للشعر وبعض الإصابات الجلدية، وفي عام ١٩٢٧م لاحظ بواس Boas نفس الأعراض السابقة عند تغذية الفئران على زلال (بياض) البيض غير المطهي raw egg whites ولكنه تمكن من معالجة المرض بإعطاء بعض الأغذية مثل الكبد وخميرة البيرة، وقد تمكن جيورجي Gyorgy عام ١٩٣١م من عزل العامل المانع لضرر بياض البيض وأطلق عليه اسم فيتامين ح (H)، وفي عام ١٩٣٦م استطاع كوجل Kogal وتونس Tonniss استخلاص العامل النشط من صفار البيض egg yolk وأطلق عليه اسم بيوتين biotin، وتلاههما دي فينو Du Vigneaud عام ١٩٤١م الذي استطاع استخلاص البيوتين من الكبد وتحديد تركيبه الكيميائي، ثم تمكن هارس عام ١٩٤٣م من تصنيعه معملياً.

وبصفة عامة أثبتت الدراسات أن ظهور أعراض نقص البيوتين في الحيوانات والإنسان يعزى إلى عامل سام (نوع من أنواع البروتينات) في بياض البيض غير المطهو يدعى أفيدين avidin أو المضاد لفيتامين البيوتين antivitamin نظراً لأنه يتحد مع البيوتين ويكون قريباً معقداً يقاوم التحلل بالعصارات الهاضمة في الجهاز الهضمي، مما يعوق امتصاص البيوتين في الأمعاء، ولحسن الحظ أن الحرارة تؤدي إلى تحلل المعقد وتلف الأفيدين وبذلك يصبح البيوتين سهل الامتصاص.

(٢، ١٠، ٨) المسميات Nomenclature

Anti-egg-white injury factor

العامل المضاد لضرر بياض البيض

Bios II

بيوز ٢

Factor W

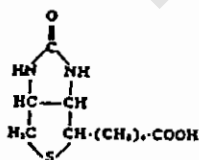
العامل و

Vitamin H

فيتامين ح

(٣، ١٠، ٨) التركيب البنائي للبيوتين Structure of biotin

البيوتين عبارة عن حمض أحادي الكربوكسيل monocarboxylic acid حلقي بسيط مشتق من اليوريا urea derivative ، ويحتوي على مجموعة كبرت في حلقة الثيوفين thiophene ring ، وتوجد ثمانية مشابهاة isomers للبيوتين، ولكن جميعها غير نشيطة فسيولوجياً كفيتامين فيما عدا المشابه د D-Biotin ، ويوضح الشكل (١٧، ٨) التركيب البنائي للبيوتين.



شكل (١٧، ٨). البيوتين Biotin.

(٤، ١٠، ٨) خواص البيوتين Properties of biotin

- ١ - عبارة عن بلورات إبرية بيضاء اللون.
- ٢ - يذوب في الماء والكحول والكلوروفورم والأسيتون لكنه عديم الذوبان في المذيبات العضوية الأخرى.
- ٣ - يقاوم الحرارة والضوء والأحماض.

٤ - يتلف بسرعة في المحاليل القلوية والعوامل المؤكسدة.

Functions of biotin (٨, ١٠, ٥) وظائف البيوتين

- ١ - يعمل كقرين إنزيم coenzyme للعديد من الإنزيمات التي تساعد على إضافة ثاني أكسيد الكربون carboxylation (CO_2) أو نزع ثاني أكسيد الكربون decarboxylation أو نزع مجموعة الأمين (NH_2) Deamination ، ومن الأمثلة على ذلك ما يلي:
 - (أ) إضافة (تثبيت) ثاني أكسيد الكربون عند تحويل حمض البيروفيت pyruvate إلى حمض الأوكسالواسيتيت oxaloacetate داخل دورة كريس .
 - (ب) نزع مجموعة الأمين Deamination من الأحماض الأمينية الأسبارتيك as-methionine والثريونين threonine والسيرين serine والميثيونين methionine لتكوين الطاقة، كما يعمل على نزع مجموعة الأمين في حالة تصنيع النيامين من الحمض الأميني تريبتوفان tryptophan .
 - (ج) يعمل على إضافة ثاني أكسيد الكربون أثناء تصنيع البيورينات purines التي تدخل في تكوين الـ RNA والـ DNA .
 - (د) يساعد على تحويل السكسينات succinate إلى فيومارات fumarate أكسالو سكسينات oxalosuccinate أثناء دورة كريس .
 - (هـ) يساعد على تصنيع الأحماض الدهنية غير المشبعة في الجسم ، فعلى سبيل المثال وجد أن تكوين مالونيل كوا إنزيم A malonyl coenzyme من أستيل كوا إنزيم A acetyl coenzyme يتم بمساعدة إنزيم أستيل كوا إنزيم A كاربوكسيليز acetyl-CoA carboxylase .

٢ - ضروري لتصنيع هرمون الأنسولين وحمض النيتوكتينيك nitroctinic acid وأميليز البنكرياس pancreatic amylase والمواد المضادة للجسم antibodies والإنزيمات الضرورية لإضافة مجموعة الفوسفات للجلوكوز حتى يستطيع أن يدخل الكبد ويخزن فيه .

٣ - المحافظة على صحة وسلامة الجلد .

(٨, ١٠, ٦) مصادر البيوتين الغذائية Dietary sources of biotin

يتنشر البيوتين بنسب متفاوتة في العديد من الأغذية الحيوانية والنباتية في صورة مرتبطة بالبروتين، ومن أغنى المصادر به الكبد والكلاوي والخميرة وصفار البيض واللحوم المختلفة والمشروم (عش الغراب) mushrooms والبقوليات، كما يوجد بكميات معتدلة في الحليب وبعض الخضروات والفواكه والحبوب الكاملة.

(٨, ١٠, ٧) نقص البيوتين Deficiency of biotin

نادرًا ما تظهر أعراض نقص البيوتين على الإنسان نظرًا لتوافره في مجموعة واسعة من الأغذية، بالإضافة إلى قيام بكتريا الأمعاء بتصنيعه في الجسم، ولكن أمكن إحداث أعراض نقص الفيتامين في الإنسان بواسطة تغذية متطوعين على غذاء فقير في البيوتين (٢٨٪ من السعرات مصدرها بياض البيض النقي)، بالإضافة إلى إعطائهم مضاد الفيتامين مثل الأفيدين أو قتل بكتريا الأمعاء المصنعة للبيوتين، وقد أدى هذا إلى ظهور الأعراض التالية:

١ - حدوث جفاف وبقع وتقشر والتهابات في الجلد مع شحوب وامتناع في لون الجلد Pallor of skin خصوصًا على الأيدي والأذرع والأرجل وحول الرقبة.

٢ - ظهور اضطرابات عصبية مثل الاكتئاب depression والتعب lassitude والأرق والقلق malaise والدوخة وفقد الشهية إلى الطعام anorexia وألم في العضلات muscle pains وفراط الحس hyperesthesia.

٣ - ارتفاع مستوى الكوليسترول في الدم hypercholesterolemia، والإصابة بالأنيميا نتيجة لانخفاض مستوى تكوين البروتين (الهيموجلوبين Hemoglobin)، وقد يعود ذلك إلى عدم تكون الأحماض الأمينية ثنائية الكربوكسيل، كما أن انخفاض تكوين البروتين يؤثر على تكوين الـ RNA.

٤ - انخفاض كمية الألبومين المفزة مع البول إلى عشر الكمية الطبيعية. وقد أمكن معالجة جميع الأعراض المذكورة أعلاه بإعطاء الأشخاص جرعات من البيوتين مقدارها خمسة ملليجرامات في اليوم لمدة عشرة أيام.

أما أعراض نقص البيوتين في فئران التجارب فظهرت على شكل التهابات جلدية وتساقط الشعر خصوصًا حول العين وتأخر النمو وشلل الأرجل، وفي النهاية يموت

الحيوان، إن تناول بعض الأدوية مثل سلفون أميد Sulfonamide والمضادات الحيوية يسبب قتل بكتريا الأمعاء التي تصنع البيوتين، مما يؤدي إلى ظهور أعراض نقصه على الإنسان.

(٨، ١٠، ٨) احتياجات البيوتين اليومية Daily requirements of biotin

إن تحديد المقررات الغذائية الموصى بها RDA للبيوتين يعتبر صعباً نظراً لأن بكتريا الأمعاء تستطيع تصنيعه، بالإضافة إلى توافره في العديد من الأغذية، إلا أن هيئة الغذاء والتغذية الأمريكية FNB/NRC (١٩٨٩م) قدرت الكميات التي يعتقد بأنها تكفي لسد حاجة الجسم، وهي ١٠-٢٥ ميكروجرام يومياً للأطفال في عمر ١-٦ سنوات و ٣٠ ميكروجراماً للأطفال في عمر ٧-١٠ سنوات وتزداد هذه الكمية إلى ٣٠-١٠٠ ميكروجراماً بالنسبة للمراهقين والبالغين، وتعتبر البكتريا التي تعمل على تصنيعه في الأمعاء مصدراً جيداً للفيتامين، كما تتراوح الكمية المتناولة منه يومياً مع الغذاء ما بين ١٥٠-٣٠٠ ميكروجرام.

(٨، ١٠، ٩) امتصاص البيوتين ونقله وأيضه وتخزينه Absorption, transportation, metabolism and storage of biotin

يحدث امتصاص البيوتين من الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة بطريقة الانتشار diffusion، ويخزن بكميات قليلة جداً في بعض أجزاء الجسم مثل الكليتين والكبد والمخ والغدة الفوق كلوية (الكظرية) adrenal gland، لهذا لا يوجد مخزون حقيقي للبيوتين في الجسم، ويفرز البيوتين مع البراز والبول بكميات تزيد على الكميات المتناولة مع الغذاء، حيث إن معظم البيوتين الموجود في البراز يكون مصدره بكتريا الأمعاء الغليظة التي تعمل على تصنيعه في الجسم، وتجدر الإشارة إلى أن تناول الأفيدين avidin وهو مادة توجد في بياض البيض يقلل من امتصاص البيوتين في الأمعاء بسبب احتوائه على أربعة مواضع لربط الفيتامين.