مقدمة

تتقدم البشرية بخطى ثابتة إلى الأمام ، مستخدمة طرقاً تزداد تطوراً وتنوعاً كل يوم . ويتم هذا التقدم في جميع المجالات الصناعية والزراعية والطبية والعلمية ، إضافة إلى المجالات السكنية والاستهلاكية والترفيهية وغيرها .

وقد اقتضى هذا التطور اللجوء إلى استخدام مواد كيميائية كثيرة ومتنوعة مابين قديمة ومكتشفة حديثاً أو منذ زمن . وكان تميز هذه المواد بخواص معينة مطلوبة كالمتانة أو الفعالية أو خفة الوزن أو انخفاض الكلفة أو سهولة الانتاج أو الوفرة أو غير ذلك يدفع جميع القطاعات إلى استخدامها بشكل متزايد دون معرفة آثارها الجانبية بشكل كاف ، وخصوصاً أثرها السمي على الكائنات الحية ... بل إن كثيراً من الصناعيين والمزارعين والمؤسسات والأفراد يستعملون هذه المواد المتميزة رغم علمهم بوجود آثار سلبية لها .

تكون الإصابة بتأثير المواد الكيميائية سريعة أو بطيئة . وإذا كانت الإصابات بالتأثيرات السريعة أو المباشرة للمواد الكيميائية أكثر من أن تعد أو تحصى ، فإن الوعي بهذه التأثيرات يأتي لحسن الحظ سريعاً

نسبياً ، وخاصة في الأوساط التي تكثر فيها هذه الإصابات ، ويأتي بعده اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتجنب هذه الأخطار .

بالمقابل فإن هناك مواداً كيميائية ذات تأثير بطيء أو تراكمي . كما أن بعضها يمر بحالة كامنة لايعرف أثناءها بوجود الإصابة . والخطورة في هذه الحالات أن الإحساس بالخطر أو الإصابة يحصل غالباً بعد أن يكون قد فات الأوان للمعالجة بصورة فعالة . ولقد حصل في حالات عدة ، أنه بعد استخدام واسع النطاق وطويل الأمد لمادة ما ، في قطاع الطب أو الزراعة أو الصناعة أو النقل أو المختبرات ... إلخ ، عرف أن هذه المادة ذات تأثيرات جانبية خطيرة ... ومن الأمثلة العديدة على ذلك تشوهات الأجنة نتيجة استخدام عقار معين ، وانقراض نوع حيواني معين نتيجة استخدام مبيد حشرات ما ، والإصابات بالسرطان وغيره من الأمراض الخبيثة نتيجة استخدام مواد ملونة أو حافظة معينة للأغذية ، وغير ذلك .

لقد كان يلفت نظري أثناء تعاملي الطويل مع المواد الكيميائية ، كمتخصص في هذا المجال ، أن أولئك اللذين يستخدمونها ، من طلاب وعمال ومدرسين ومستهلكين وغيرهم ، لا يدركون بصورة كافية مخاطرها الكثيرة ، وخصوصاً تأثيراتها السامة والمسرطنة . ولقد ساعد على ذلك ، قلة المعلومات

المتوفرة لدى القارىء العربي عن هذه التاثيرات بصورة علمية شاملة وواضحة ، خصوصا ما يتعلق بالمعلومات الجديدة المتزايدة عن هذه المركبات . وإذا أضفنا إلى ذلك أن الإنسان العادي يشعر بالالتباس والحيرة وربما التناقض لكثرة مايقرأ أو يسمع أو يرى في وسائل الاعلام المختلفة عن أخبار أو اكتشافات أو تحذيرات في هذا المجال،دون أن يعرف أساسا يعتمد عليه في التعامل مع هذه المواد التي يحتاجها غالبا في حياته اليومية ، أو دون أن يعطى بديلا مناسبا لها ، أدركنا حاجة كل من الكيميائي والمتعامل مع المواد الكيميائية، مهما كانت الفئة التي ينتمي إليها ، إلى دليل واضح وحديث للمواد السامة والمسرطنة شائعة الاستعمال .

من هنا كان الدافع للجهد الذي بذل في إخراج هذا الكتاب ، الذي أريد له أن يعطي الحقائق العلمية وفق أحدث المصادر ، بقالب يمكن فيه للقارىء العادي أن يعرف منه المعلومات الأساسية التى تهمه في هذا المجال . ولقد اتبعنا فيه أسلوب الاختصار والتركيز ، مع الاستعانة بامثلة مفصلة كلما تطلب الأمر ذلك . كما استعنا كلما أمكن ذلك بجداول ومخططات تساعد على الإيضاح أو تجعل العودة إلى المعلومة المطلوبة أكثر سهولة .

إننا بالطبع لا ندعي الكمال ، وإنما نرجو الله أن نكون قد وفقنا في تحقيق خدمة نشعر أن القارىء

العربي بأشد الحاجة لها ونود هنا الإشارة إلى أنه مع أننا تعرضنا من حين لآخر وبشكل عارض إلى كيفية الوقاية من أخطار عدد من أنواع المواد السامة والمسرطنة ، فإن هذا الموضوع يحتاج بالتأكيد إلى عرض خاص ومفصل ، يشمل أيضاً كيفية المعالجة في حالة الإصابة بتأثير سمي من الممكن التعامل معه ونتمنى أن تتاح لنا الفرصة لإعداد هذا العرض في وقت قريب ، من خلال كتاب لاحق .

د. ممدوح جميل النيربيه

openkandl.com

مقدمة الأخطار الكيميائية

١-مكانة المواد الكيميائية في حياتنا المعاصرة :

مع تطور علم الكيمياء الحديث ، ومع النهضة الصناعية والتكنولوجية التي ميزت القرنين الماضيين ، تزايد عدد المواد الكيميائية المعروفة أو قيد الاستخدام ، وتنوعت استعمالاتها بصورة متسارعة ، حتى أصبح مجتمعنا المتمدن مديناً في رقيه ورفاهيته لهذه المواد .

لقد أمكن زيادة الإنتاج الغذائي باستخدام الاسمدة والمبيدات الحشرية وغيرها من المنتجات الكيميائية . وأمكن حماية وتحسين الصحة باستعمال الادوية ومواد التعقيم والفيتامينات والهرمونات الصنعية . كما أمكن بشكل عام جعل الحياة أكثر متعة وقبولاً باستخدام مواد كيميائية في أوجه متعددة ، لا يتسع المجال هنا إلا لذكر بعض نماذجها :

- الحصول على الطاقة من البترول ومشتقاته أو الغاز الطبيعي أو الفحم أو

المواد المشعة ، وذلك بغرض الإنارة أو تشغيل المحركات أو وسائل النقل المختلفة .

-الحصول على المواد الغذائية بصورة أكثر انتظاماً ، باستخدام المواد الحافظة للأغذية أو منتجات التبريد أو التعقيم المختلفة .

- الاستخدام الواسع للبوليمرات (اللدائن أو البلاستيك) والمواد الاستهلاكية الجديدة في أوجه الحياة المتعددة .

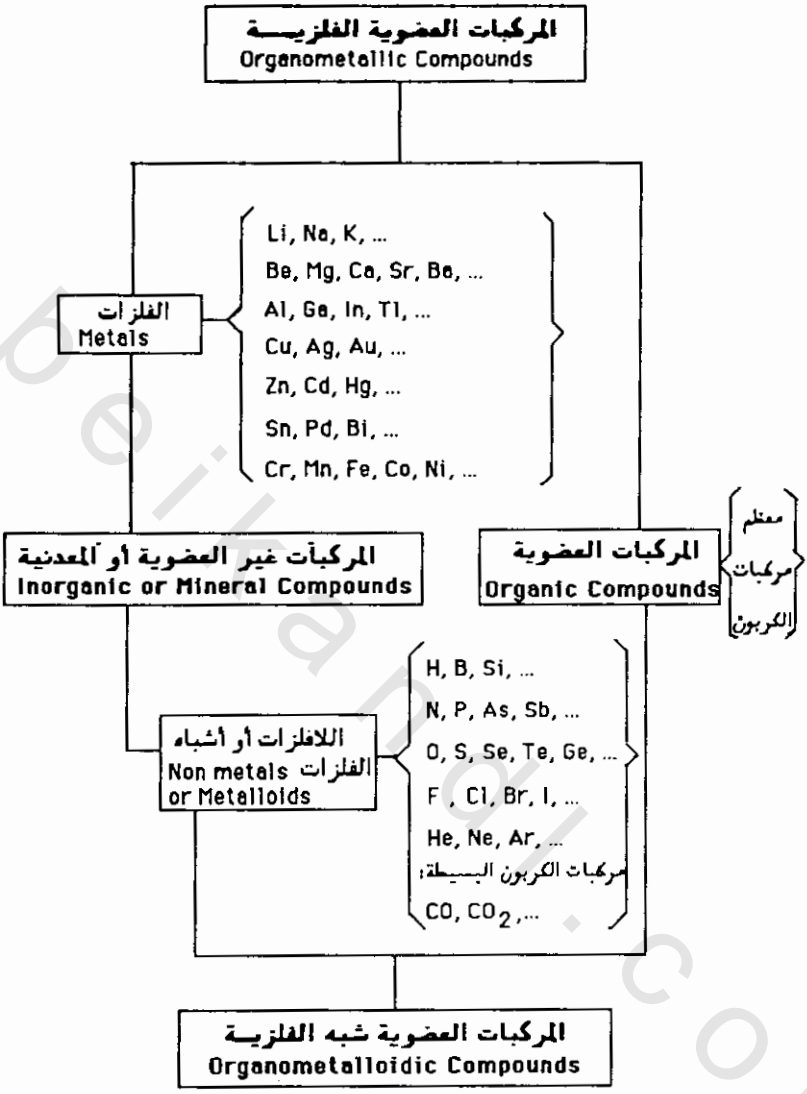
لقد بلغ عدد المنتجات الكيميائية التي ذكرت في الملخصات الكيميائية Chemical Abstracts (نشرة متخصصة تصدر عن الجمعية الكيميائية لامريكية وتصف باختصار جميع ما ينشر من الجديد في عالم الكيمياء والمركبات الكيميائية ضمن المجلات العلمية العالمية المستوى) حتى الان مايقارب العشرة ملايين مركب ، تزداد سنوياً حوالي نصف مليون مادة جديدة . ويستخدم بشكل شائع ، من هذه المواد ، في حياتنا اليومية حوالي سبعون ألفاً، تزداد سنوياً حوالي ألف مادة .

٢- تصنيف المركبات الكيميائية :

من التقليدي في الكيمياء التمييز بين الكيمياء العضوية Organic Chemistry التي تدرس الغالبية الساحقة لمركبات الكربون (عدا الكربون ذاته وبعض مركباته الاكسجينية : CO ، CO_2 ، $COCl_2$ ، أملاح CO_3^{-2} و HCO_3^- ، الكربيدات ، ...) ، والكيمياء غير العضوية Inorganic Chemistry ، أو المعدنية Mineral التي تدرس العناصر والمنتجات من أصل معدني .

يمكن للمركبات غير العضوية أن تفصل إلى فلزات Metals (أو عناصر ذات روابط فلزية) ومشتقاتها ، ولا فلزات Non metals أو أشباه فلزات Metalloids (ينتمي لها عناصر مثل البورون B ، السيليسيوم Si ، الجرمانيوم Ge ، الزرنيخ As ، السيلينيوم Se ، التيليريوم Te ، ... الخ) ومشتقات لها .

يوجد في المنطقة الفاصلة بين الكيمياء العضوية والكيمياء غير العضوية المركبات العضوية الفلزية Organometallic Compounds التي تملك رابطة كربون - فلز أو أكثر ، والمركبات العضوية شبه الفلزية



مخطـط ١ : تصنيف المركبات الكيميائيـــة

Organometalloidic Compounds التي تملك رابطة كربون – شبه فلز أو أكثر (انظر المخطط I) . وكيمياء هذه المركبات في تطور متسارع ولا تنقطع مجالات تطبيقاتها عن التوسع (من آخرها مجال الالكترونيات الدقيقة ...) .

٣- أنواع الأخطار التي يتعرض لها الإنسان من المواد الكيميائية :

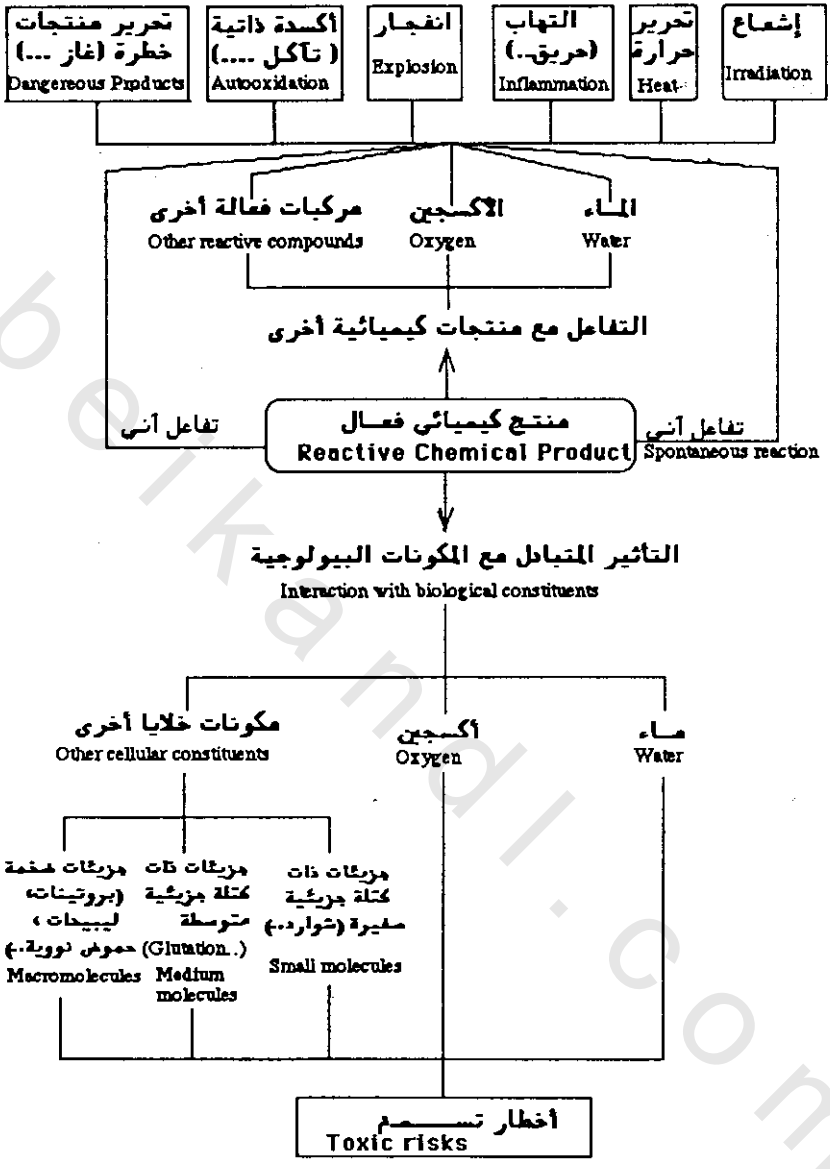
مع التقدم الهائل للكيمياء ، ظهرت مخاوف جديدة مرتبطة بالامان Security في كل مكان استخدمت فيه المواد الكيميائية ، سواء كان ذلك في البحث العلمي أو في قطاعات الصناعة والتطبيق المختلفة .

يترتب على استخدام المواد الكيميائية ، إضافة إلى فوائده الجمة ، آثار سلبية تكاد تصل بالحضارة الحديثة إلى الانتكاس . ويأتي ذلك أساساً من الاخطار المختلفة لاستخدامات هذه المواد التي يكون بعضها متوقعاً ، وبعضها الآخر مفاجئاً في الزمان أو المكان . تأتي معظم هذه الاخطار من فعالية المنتجات الكيميائية . وتمثل الفعالية المرتبطة بالخواص الفيزيائية الكيميائية مثل خاصة عدم الثبات Instability وقابلية الالتهاب Flammability والقدرة

الآكلة Corrosivity والتأثيرات السمية المباشرة Direct toxic effects ... الخ مصدراً لحوادث خطيرة تلقائية غالباً ، ومن ذلك الحرائق والانفجارات والتشوهات والتسممات المميتة وغيرها .

ترتبط معظم هذه الاخطار بشكل مباشر بالتأثيرات المتبادلة Interactions بين المنتجات المختلفة ذاتها ، وهو ما يمكن أن يقود إلى تفاعلات خارج إطار السيطرة (ارتفاع شديد لدرجة الحرارة ، أو الحجم ، أو الضغط ... الخ) تكون مسؤولة عن الانفجارات ، أو الحرائق ، أو تولد مواد خطرة (غازات فعالة ، مواد آكلة ، ....) . يحصل ذلك أحياناً في ظروف تدعى آنية أو تلقائية . ولكنها تنشأ في الواقع عن وجود شوائب ، أو عن التعرض للضوء ، أو بسبب ارتفاع درجة الحرارة ... الخ ، حيث يتفاعل مركب كيميائي بشكل مفاجيء جاراً إلى تفاعلات عنيفة (انفجار ، حريق ، ...) .

يكون أكسجين الهواء أوالماء في كثير من الحالات مسؤولاً عن الحوادث حيث تحصل أكسدة ذاتية Autooxidation أو حلمأة (حلمهة) Hydrolysis يمكنها أن تزيد الاخطار في المختبرات ، أو تعيق محاولات إطفاء الحرائق ، أو تؤدي لظهور تأثيرات سمية لمركبات فعالة تتشكل أثناء الحادث (المنتجات المسيلة للدموع ... الخ) .



مخطط ١١ : الأخطار الفيزيائية الكيميائية للمنتجات الفعالة

obeikandl.com

تكون التأثيرات السمية المشؤومة والخطرة على الصحة إما تأثيرات مباشرة سريعة ، أو تأثيرات بطيئة تظهر على المدى القريب أو البعيد . وهي تنتج عن التأثير المتبادل بين المنتجات الكيميائية ذاتها أو المتشكلة بالحلمأة، أو بعد تحول أيضي (إستقلابي) Metabolism منشط في البنية الحية in vivo وبين المكونات البيولوجية الاساسية للجسم . وقد تزداد الإصابة السمية شدة بفعل أو تأثير موازر أو معاون Synergic لمواد أخرى لا تكون بحد ذاتها سامة أو تكون قليلة السمية لوحدها . يبين المخطط II تصنيفاً للأخطار الفيزيائية الكيميائية للمنتجات الكيميائية الفعالة وكيفية حصول الحوادث الضارة داخل وخارج الجسم .

لقد ثبت في السنوات الاخيرة ، مع تلاحق الإحصائيات عن الاخطار المترتبة على استخدام الكيماويات القديمة والجديدة التي كان يظن أنها آمنة ، واستخدمت لفترة طويلة من الزمن ، دون أية احتياطات ، مثل عقارات السلفا، والمبيد الحشري D.D.T. ، والكلوروفورم ، والبنزين، والصوف الصخري ، ... الخ ، أن معرفتنا بمخاطر المواد الكيميائية لا تزال محدودة ، وأن من الحكمة اتخاذ احتياطات فعالة أثناء استخدام المواد الكيميائية ، أياً كان نوعها ، باعتبار ذلك العنصر الاكثر فعالية في حمايتنا وحماية البيئة

المحيطة بنا من الاذى الكامن في هذه المواد. كذلك يبدو ضرورياً للانسان أن يبحث عن الوسائل الكفيلة بامتصاص الآثار السلبية الناشئة عن استعمال المواد الكيميائية أو بتجنب أخطارها المباشرة وغير المباشرة . وبتعبير آخر ، يترتب على الانسان أن يسد الثغرات الحاصلة في إجراءات الوقاية من أخطار المواد الكيميائية ، أو أن يتحاشى أضرارها مقتصراً على الإفادة من إيجابياتها ما أمكن ذلك .

إن منع الحوادث المؤذية كالتسمم والجروح والحرائق أضحى اليوم مسألةً علميةً ، ومقياساً لكفاءة الكيميائي ومسلكيته العلمية وحذره ووعيه لمتطلبات تجاربه الكيميائية أو عمله الروتيني ، إضافة لكونها مسألةً صحيةً واقتصاديةً واجتماعيةً متكاملة يعنى بها جميع البشر. ومن المطلوب اليوم من كل إنسان أن يسعى لوقاية نفسه ومن حوله ، باتخاذ كل إجراءات الحذر الضرورية عندمايتعامل مع المواد الكيميائية بصورها المختلفة ، وخصوصاً تلك التي يتناولها مع طعامه وشرابه ، أو التي يلمسها أو يشمها بصورة متكررة .

٤ - مكان التسمم والمواد المسرطنة بين الأخطار الكيميائية :

لاشك أن الاخطار التي يتعرض لها الإنسان ، الآن في العصر الحاضر، كثيرة ومتنوعة . وأن الاخطار الكيميائية بالذات مختلفة ومتعددة (انظر المخطط II) . تتميز أخطار التسمم الكيميائي ، موضوع هذه الدراسة ، من بين هذه الاخطار ، بأنها غير مرئية في أغلب الاحيان . وهي تتراوح ما بين السريعة التأثير والبطيئة أو التراكمية في تأثيرها . يتعرض كثير من بني البشر إلى أخطار التسمم بصورة لا إرادية ، مدفوعين بعدم تقبل فكرة الابتعاد عن استخدام معظم المواد الكيميائية بدعوى أنها مشبوهة بسميتها ، أو بسبب تعاملهم مع أعداد هائلة من هذه المواد دون معرفة ماهو سام منها وماهو غير سام ، خصوصاً في غياب تحذير مناسب ، في الوقت المناسب ، من خطر المادة المرغوب استهلاكها أو استعمالها .

هكذا يكون التقاء الإنسان بالمواد الكيميائية ، وهو أمر ضروري للإستفادة من مزاياها الجمة ، بداية خطر محدق بصحته ، وربما بحياته ، في وقت قريب أو بعيد . لذلك لا يكون غريباً القلق الكبير الذي يشعر به الإنسان المعاصر وهو يتناول الاغذية والمشروبات المصنعة والادوية، أو

يستخدم المواد الكيميائية المختلفة في التنظيف والتبريد والطلاء وإبادة الحشرات والسماد والتعقيم والتجميل وغير ذلك من المجالات ، أو يقبل بشكل عام على "نعيم" التكنولوجيا الحديثة المتخذة من الكيماويات مادتها الاولية .

إن أكثر الناس عرضة لاخطار التسمم هم ، بالطبع، الكيميائيون والعمال في المختبرات والمصانع الكيميائية ، الذين يقضون معظم نهارهم بجوار مواد كيميائية خطرة بصورة عامة .

لا يعتمد الامان في عملية يستخدم فيها منتجات كيميائية على استخدام مادة معينة فقط ، ولكن أيضاً على طبيعة هذه المنتجات والشروط التي سيتم فيها تنفيذ العملية المختبرية أو الصناعية . ويؤخذ بالاعتبار عند استخدام منتج كيميائي فعاليته Reactivity (أو بالعكس ثباته Stability) و كذلك قابليته للالتهاب Inflammability وسميته Toxicity . ولهذا يجب قبل بدء أية عملية الحصول على معلومات عن الاخطار المرتبطة بكل من :

- الجهاز المستخدم .
- الخواص الفيزيائية - الكيميائية للمنتجات المستخدمة أو المعزولة

(ثباتها ، تطايرها Volatility ، خواصها الآكلة Corrisivity ، قابليتها للالتهاب ...) .

- الخواص السمية للمركبات المتفاعلة أو المركبات المحتمل تشكلها .

يتم البحث عن هذه المعلومات إما عند اختصاصيين أو باستخدام تقنيات مكتبية تقليدية ، أو باللجوء إلى الاستعلام الآلي (مراكز المعلومات) .

لقد أعطينا فكرة عن العدد الهائل للمواد الكيميائية المعروفة أو المتداولة أو التي تكتشف كل عام . تعطى الثوابت الفيزيائية الكيميائية Physico-chemical Constants (درجة الانصهار - درجة الغليان - الكثافة - معامل الانكسار ...) ، والخصائص الطيفية Spectroscopic Characteristics (IR ، UV ، NMR ، MS ، ...) للمركبات المعروفة في الملخصات الكيميائية Chemical Abstracts . يكون الحصول على الخواص السمية ، وخاصة على المدى البعيد ، لهذه المركبات الكيميائية ، بالمقابل ، أصعب بكثير . أما المركبات الوسطية للاصطناع Synthesis Intermediates التي لا تعزل عادةً ، ولا تكون خصائصها محددة بصورةٍ جيدة مع أن العاملين عليها قد يتعرضون لها ، فإن التعرف على سميتها يكون أصعب بكثير .

لقد اختبرت حتى الآن سمية حوالي سبعين ألف مركب كيميائي حسب المصدر RTEC, NIOSH, USA, 1986 ، وعرف أن أربعة آلاف من بينها ذات تأثير سرطاني على الحيوان . كما يشتبه الآن أن هناك حوالي أربعمائة مركب وعملية كيميائية ذات تأثير سرطاني على الانسان (حسب برنامج السمية القومي للولايات المتحدة) . وقد تأكد من دراسة دقيقة أجريت على ٧٦١ مركباً أو عائلة مركبات أو عملية صناعية ، واستخدمت فيها أبحاث وبائية Epidemiologic ، أن هناك أربعين مركباً وعملية ذات تأثير سرطاني غير قابل للطعن (حسب المركز الدولي للبحث حول السرطان Centre International de Recherche sur le Cancer أو CIRC في ليون بفرنسا عام ١٩٨٥) . ومن بين المركبات الاخيرة يذكر مركبات ظُنّ في الماضي أنها ليست خطرة الى هذا الحد .

إن الابحاث حول السرطان مستمرة على نطاق واسع . وهناك مواد جديدة تضاف من حين لآخر إلى قائمة المواد المسرطنة أو المشتبه بوجود تأثير مسرطن لها . ويدعو ذلك بصورةٍ عامة إلى الحذر الشديد عند اصطناع أو عزل مركبات جديدة أو عند استعمال مركبات غير مدروسة الاخطار ، لان التنبؤ بالخطر المحتمل للمواد الكيميائية المجهولة أمر غير ممكن غالباً .

الفصل الثـاني :

التسمم والمواد السامة

١- تعريف السمية وشروط التعبير عنها :

تعرف المواد السامة بأنها تلك التي تؤثر على العضوية الحية عن طريق اللمس أو الشم أو التذوق أو الابتلاع ، فتؤذيها أو تميتها ، تبعاً لنوعها أو كميتها أو طريقة التأثر بها .

أما السمية Toxicity فهي قدرة المادة السامة على إحداث ضرر محدود أو بليغ في العضوية بتفاعلها الكيميائي المباشر مع مكونات الجسم . ويتمثل ذلك بإعاقة عمل خلاياه بصورة مؤقتة أو دائمة . وتنتج السمية عن التأثير الجزيئي المتبادل بين الجزيئات الخارجية أو الغريبة عن العضوية Xenobiotic وجزيئات العضوية الحية أو بصورة أعم جزيئات المنظومة البيئية Ecosystem (انظر مخطط III) .

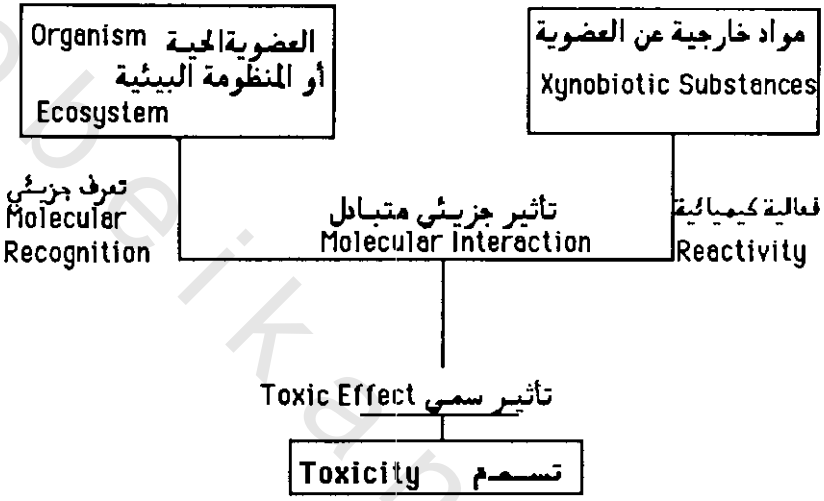
إن امتصاص كمية قليلة من المادة السامة من قبل الخلية قد يمنعها عن أداء عملها بإعاقة أخذها للأكسجين مثلاً . ولكن الخلية يمكن أن تسترد

وضعها الطبيعي إذا تمكنت من طرح المادة السامة إلى خارج الجسم بسرعة . ونظراً لصعوبة ملاحظة كيفية استجابة الخلايا للمواد السامة ، فإن معظم دراسات التسمم تقتصر على ملاحظة رد فعل الجسم إزاء جرعات مختلفة من المادة السامة في ظروف معينة . تجرى هذه الدراسات عادة على الحيوان وتعمم نتائجها على الإنسان . ولكن اختلاف تركيب خلايا الانسان عن خلايا الحيوان ، يجعل وضع أسس دقيقة وثابتة للتسمم أمراً صعباً . لهذا تعتبر معظم المعلومات المنشورة مجرد أدلة يستفاد منها ، لاأساساً ثابتاً .

تعتمد سمية منتج على :

- خواصه الفيزيائية والكيميائية .
- طرق دخوله إلى العضوية .
- الكمية (العيار) الداخلة إلى العضوية .
- قابلية الايض(الإستقلاب) Metabolism عند الفرد لهذا المنتج

- الاجزاء العضوية الحية المصابة .
- تأثيرات التآزر أو المعاونة Synergy .
- مصادر الاذى الاخرى سواءً كانت كيميائية (مواد خارجية عن العضوية مثل الادوية أو التبغ أو الكحول أو المخدرات ...) ، أو كانت فيزيائية (ضجيج ، اشعاع ، ...) أو حتى نفسية (قلق ، ...) .
- الحالة العامة لصحة الشخص المعني (التعب ، الامراض ، ...) .



مخطط III : التأثيرات الجزيئية المتبادلة بين المواد الخارجية عن العضوية والعضوية الحية التي تقود إلى تأثيرات سمية .

obeikandl.com

– فترة التعرض . لنذكر كمثال أن التعرض إلى ٤٨٠ جزء من مليون (ppm) من CO_2 ليلاً يعادل التعرض إلى ١٧٠٠ جزء من مليون في النهار .

لذلك يشترط في التعبير عن السمية تحديد هذه النقاط ، وتجنب الحالات الخاصة . إن المادة السامة المخزونة في وعاء محكم الاغلاق لا تشكل خطراً مادام الوعاء مغلقاً ، في حين أن مادةً متطايرة أقل سميةً موضوعة في وعاء مفتوح ضمن غرفةٍ رديئة التهوية تكون شديدة الخطورة .

٢ –طرقدخول أو تسلل المادة السامة :

يمكن للمنتجات الكيميائية أن تدخل العضوية الحية عبرطرق مختلفة :

أ – طريق الرئتين (التنفس) :

تعتبر الرئتان طريق الدخول الرئيس للعديد من المواد الخارجية عن العضوية التي يمكن أن تتسلل بأشكال مختلفة كالشكل الغازي أو البخاري أو الرذاذي أو الدخاني أو الغباري ... الخ .

تعد فعالية هذا الطريق بالنسبة للغازات والرذاذات معادلة لفعالية

طريق الاوعية الدموية . يعلل ذلك باتساع سطح التسلل (الدخول) ضمن الرئتين الذي يتراوح بين ٩٠ و ١٣٠ م^{2} . تصيب المنتجات المتصة عن طريق التنفس أهدافها مباشرةً (النظام العصبي ، الرئتين ، القلب ،...) دون المرور بالكبد ، وهو ما يحصل في حالة المواد المبتلعة.

ب - طريق الجلد (اللمس) :

تأخذ ملامسة المواد السامة للجلد الاولوية من حيث الاهمية لتكرار حدوثها . حيث تتم معظم الحوادث الشائعة المسببة للإصابات الموضعية عن طريقها . كما يتم امتصاص الكثير من المواد من خلال الجلد بسرعة كافية تؤدي إلى التسمم البدني .

من أهم مناطق الجلد التي تنفذ المواد خلالها تجاويف الشعر والغدد العرقية والغدد الدهنية بالإضافة إلى الجروح . إذ تسهل الاوعية الدموية المنتشرة في هذه التجاويف والغدد امتصاص المواد ودخولها الجسم . وتساهم حتى خدوش البشرة الصغيرة في نقل المواد السامة إلى الجسم بواسطة الغدد اللمفاوية .

تعتبر تجاويف الشعر والغدد الدهنية سريعة التأثر بالمواد المذيبة للدهون ، كما أن الإفرازات الكثيرة للغدد العرقية أي العرق تساعد على التقاط

وإذابة وامتصاص المواد السامة . وتشكل المواد الملوثة للأحذية والالبسة من الداخل خطراً جسيماً ، لان حصر المادة الملوثة يزيد من الإصابة .

يكتسب طريق الجلد أهمية خاصة عند التعامل مع المذيبات(المحلات) وبعض المركبات مثل نترو البنزين والانيلين ، أو عند التعامل مع المنتجات القابلة للذوبان في الدهون Liposoluble مثل المركبات العضوية الفسفورية ونترو الفينولات ، وحتى في حالة بعض المركبات الذوابة في الماء Hydrosoluble مثل الفينول .

يتعلق تسلل هذه المواد عبر الجلد بخواصها الفيزيائية – الكيميائية مثل الذوبان Solubility والتشرد (التأين) Ionization وبما يحيط بالجسم من ملابس أوتجهيزات وقاية . وتساعد بعض المذيبات القطبية اللابروتية Aprotic Polar Solvents مثل ثنائي مثيل السلفوكسيد DMSO وثنائي مثيل الفورم أميد DMF والمذيبات الاخرى التي تملك قدرة على توسيع الاوعية الدموية Vaso-delating ، مثل النترات أو النتريتات الاليفاتية ، في تسريع امتصاص الجلد للمواد الذوابة فيها .

ج – طريق العيون (البصر) :

يعتبر المرور بهذا الطريق نادر الحصول ، ولكنه يمكن أن يكون شديد

الخطورة . وتعد ملامسة المواد الكيميائية للعيون من أشد الاخطار على الإنسان ، وذلك لشدة حساسية الجهاز البصري . فقد تسبب بعض حروق العيون فقدان نعمة البصر . كما أن المواد الفعالة بيولوجياً كالنيكوتين يمكن أن تؤدي إلى متاعب للعيون .

د - طريق الفم (الهضم) :

إن التسمم بابتلاع المواد الكيميائية قليل الحصول. وهو يحدث غالباً نتيجة تلوث اليدين أو الاطعمة أو المشروبات وغيرها من الاشياء التي يتناولها أو يستعملها الانسان . كما يحصل نتيجة استهلاك مواد فاسدة أو مضاف لها مركبات ذات تأثير سمي على المدى القريب أو البعيد . يمكن دخول مواد سامة إلى الجسم أيضاً عند استخدام الماصات في المختبر لمص أو شفط السوائل Pipetage أو عند محاولة النَّعَب Siphonage ، أي نقل سائل من وعاء لآخر عبر أنبوب .

يعتبر امتصاص المواد السامة عن طريق الجهاز الهضمي إلى الدم عملية غير ميسرة عموماً ، رغم تعرض هذه المواد لوسط حمضي في المعدة وقاعدي في الامعاء . ومن العوامل المؤثرة في هذا المجال احتمال تشكل مواد غير قابلة للذوبان إثر تفاعل المادة السامة مع الاطعمة والمشروبات ، وضعف قابلية الامعاء لامتصاص المواد الخارجية (الغريبة) عن الجسم ،

ودور الكبد في تجريد الكثير من المواد من سميتها . وهذا ولا شك بعض من نعم الخالق جل وعلا على الانسان . إن معظم أخطار دخول المواد السامة عن طريق الفم يمكن أن تزول عند الاحترام الكلي لقواعد منع مص السوائل بالفم، ومنع الاكل والشرب والتدخين في المختبرات .

هـ - طريق الحقن أو الجروح :

تحصل حالات قليلة للتسمم عن طريق إبر حقن أو زرق للمواد الكيميائية ، كتلك التي تستخدم في أجهزة الكروماتوغرافيا Chromatography ، والتي قد تدخل اليد أو غيرها من الاعضاء عن طريق الخطأ . كما يتعرض الكائن الحي لخطر تسلل المواد السامة إلى جسمه دون المرور بالجلد إذا جرح بواسطة زجاجيات أو مواد معدنية ملوثة ، أو إذا ترك جرحه دون ضماد ملائم وخاصةً خلال العمل في المختبرات أو الاماكن الملوثة .

٣ - مصير المواد الغريبة في الجسم :

بمجرد دخول المواد الكيميائية إلى الجسم بشكل مقصود أو غير مقصود ، فإنها - إذا لم يمكن انتزاعها كما هي - ستقوم بالتأثير مباشرةً

ى منطقة الدخول أو المكان الذي تنتقل إليه ؛ أو ستخضع لتحولات حيوية
ختلفة، تحصل غالباً في الكبدالذي يعتبر " المركز الرئيس المضاد للتسمم "
ي جسمنا .

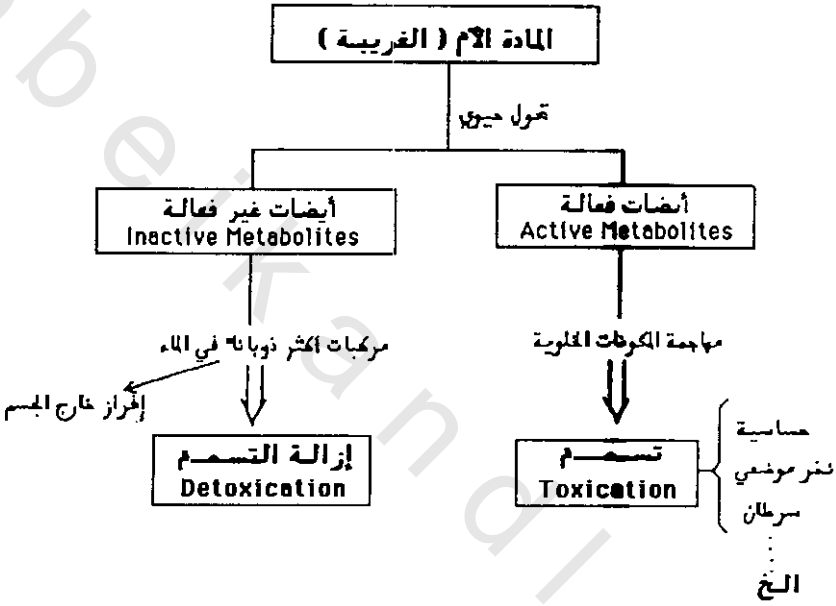
يلعب الذوبان Solubility في الماء أو الدهون - من بين خواص
ة الغريبة الفيزيائية الكيميائية - دوراً هاماً ، سواءً كان ذلك في مجال
خول (أو التسلل) ، أو على مستوى التوزع ، أو فيما يتعلق باستلام
زيمات القائمة بعملية الايض (الاستقلاب) Metabolism لهذا المنتج
بعض الحالات . ولكن عدم الذوبان ليس دليلاً دوماً على عدم السمية ، كما
ير حالات التسمم بالاسبستوس (الصوف الصخري) والسيليكا (السيليس)،
ي مواد صلبة غير ذوابة . وعلى العكس من ذلك ، تكون ذوبانية المنتج في
ء Hydrosolubility أو في الدهون Liposolubility سبباً في
ير من الاحيان في اعتدال السمية الملاحظة ، لان طرح المادة خارج الجسم
تمد على هذه الذوبانية .

يقود الايض في أغلب الاحوال إلى الحصول على منتجات تذوب في الماء أكثر من المواد الاصلية ، مما يسمح بطرحها خارج الجسم عن طريق الكلى . وهذا العمل الحيوي في إزالة التسمم أو طرح المواد غير المرغوبة شديد الفائدة .

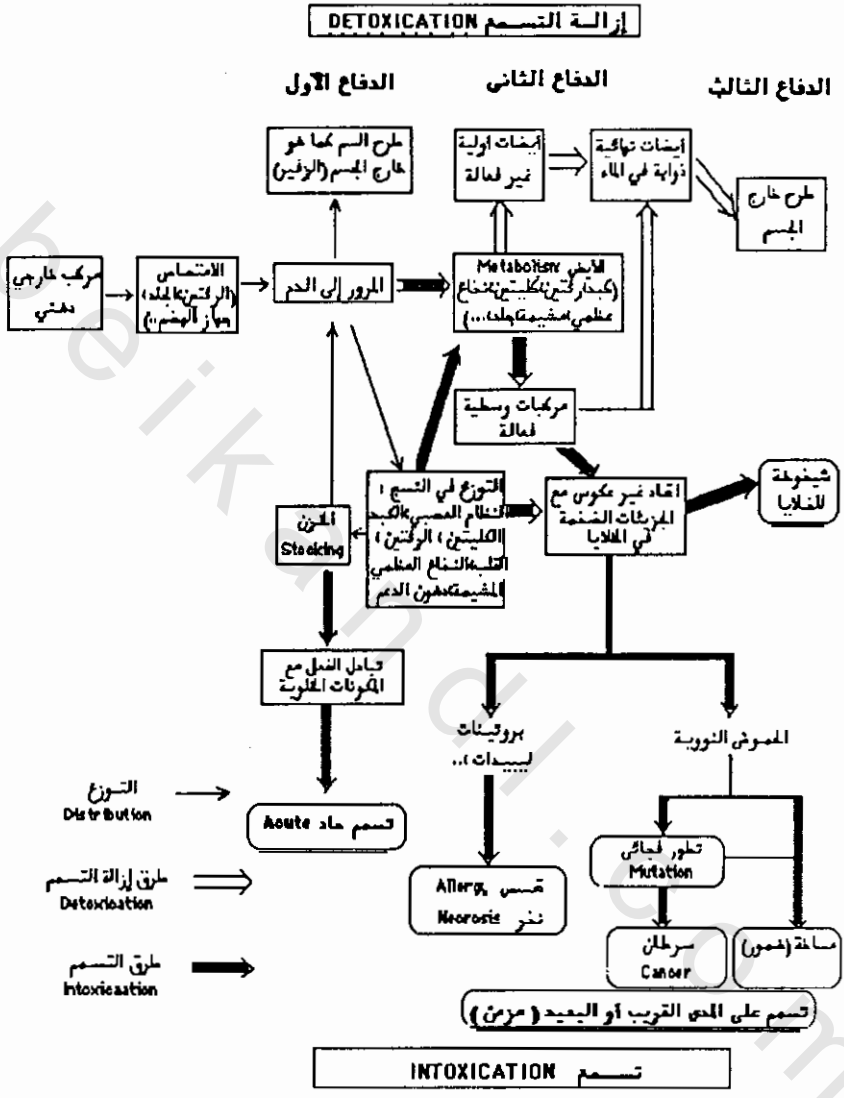
يحصل هذا التحول في خلايا الكبد غالباً لدى المنظومة الإنزيمية لإزالة التسمم وهي تقوم بتفاعلات أكسدة عادة لتحويل المركبات الذوابة في الدهون Liposoluble إلى منتجات أكثر ذوباناً في الماء Hydrosoluble بإدخال هيدروكسيل Hydroxyl إلى الروابط C - H أو بأكسدة ذرات الديتروجين و الكبريت في هذه المركبات . ولكن يمكن ، لسوء الحظ ، أن تتعقد إزالة التسمم بهذه الطريقة أثناء الايض بظهور مركبات وسطية ، فعالة تخرب المكونات الرئيسة للخلايا (وهي البروتينات والليبيدات والحموض النووية ... الخ) وتؤدي بدلاً من ذلك إلى التسمم ، إذا لم تتحول بصورة سريعة إلى مركبات أخرى غير فعالة .

إن هذه الازدواجية ، بين الظاهرة المفيدة وظهور مخاطر أذى ، هو الثمن الذي يدفعه الجسم أثناء التكيف مع المواد الخارجية غير الذوابة بإجراء تحولات عليها . وهي يمكن أن تلخص في مخطط كالمخطط IV .

لننظر الآن إلى مسألة سمية المواد المنحلة في الدهون ، وهي في غالبيتها منتجات عضوية أو عضوية فلزية ، بصورة أكثر تفصيلاً (انظر المخطط V) .



مخطط ١٧ - الازدواجية بين التسمم وإزالة التسمم



مخطط ٧ : مصير مادة عضوية دهنية أجنبية داخل الجسم

حال تسلل المركب الغريب داخل الجسم ، سواء كان ذلك بالاستنشاق (كما هو الحال مع المذيبات أو الغازات المخدرة ... الخ) ، أو عن طريق الجلد أو العيون (كالحال مع المذيبات أو مشتقات النترو أو الامينات العطرية ...) أو بالامتصاص أو الابتلاع (عند المص الخاطىء في ماصة أو الابتلاع بالخطأ ...) أو بغيرها من الطرق ؛ فإنه ، أي المركب الغريب ، سيتوزع في الجسم بفضل الدورة الدموية خاصة.

يكون الدفاع الاول للجسم هو الحذف أو الطرح المباشر Direct Elimination لهذه المادة الخارجية ، أثناء الزفير مثلاً . ويعد هذا النظام فعالاً في حالة المذيبات ضعيفة القابلية للأيض مثل حلقي الهكسان Cyclohexane و ١،١،١- ثلاثي كلورالإيثان 1,1,1-Trichloroethane ، وما شابهها .

إذا لم يحصل ذلك ، فإن المنتج الدهني يختزن غالباً ، بعد توزعه في كل أنحاء الجسم ، ضمن الليبيدات Lipids بصورة انتقائية ، وخاصةً ضمن الفوسفوليبيدات Phospholipids (مثل النخاعين Myeline في الجهاز العصبي) . وهناك يتبادل التأثير مع عدد من الاهداف الخلوية ، مؤدياً إلى تأثيرات سمية فورية ، كظهور تأثيرات سمية عصبية قد تكون مميتة . يساهم المرور السريع لبعض المركبات الغريبة، مثل المذيبات الهالوجينية عبر المشيمة عند الحوامل ، إلى تأثيرات سمية

جنينية .

يمكن للجزيئات التي لا تطرح خارج الجسم كما هي ، أو التي تختزن في النسج الدهنية (دهون الدعم Support greeses أو غيرها) ، أن تخضع لتحولات أيضية (إستقلابية) مختلفةبهدف جعلها أقل ذوباناً في الهون وأكثر ذوباناً في الماء ، لتسهيل طرحها عن طريق البول . يدور هذا الايض بشكلٍ رئيسٍ في الكبد ، وبشكل ثانوي في الرئتين والكليتين والامعاء...الخ . ويتطلب هذا النظام الدفاعي بشكلٍ عام تدخل نظامين أنزيميين على مستوى الخلايا يشكلان المنظومة الانزيمية لإزالة التسمم . يسمح النظام الانزيمي الاول غالباً بإدخال وظائف Functionalization على المادة الدهنية محولاً لها إلى أيضةٍ أولية Primary Metabolite لاتكون عادةً كافية الانحلال في الماء لتطرح كما هي . يتم ذلك على مستوى بنية غشائية معقدة في الشبكة البطانية لاوعية الدم . ويقوم بعملية التحويل غالباً الانزيمات Monooxygenases الحاوية لصبغي خلوي Cytochrome من النمط P 450 ، والتي تنفذ تفاعلات أكسدة يتم نتيجتها إدخال زمر هيدروكسيل على ذرات كربون أو إدخال أكسجين على ذرات نتروجين أو كبريت .

يحصل في الخطوة الثانية المرافقة أو المقارنة Conjugated step (في النظام الانزيمي الثاني) ، أن ترتبط جزيئات قطبية داخلية

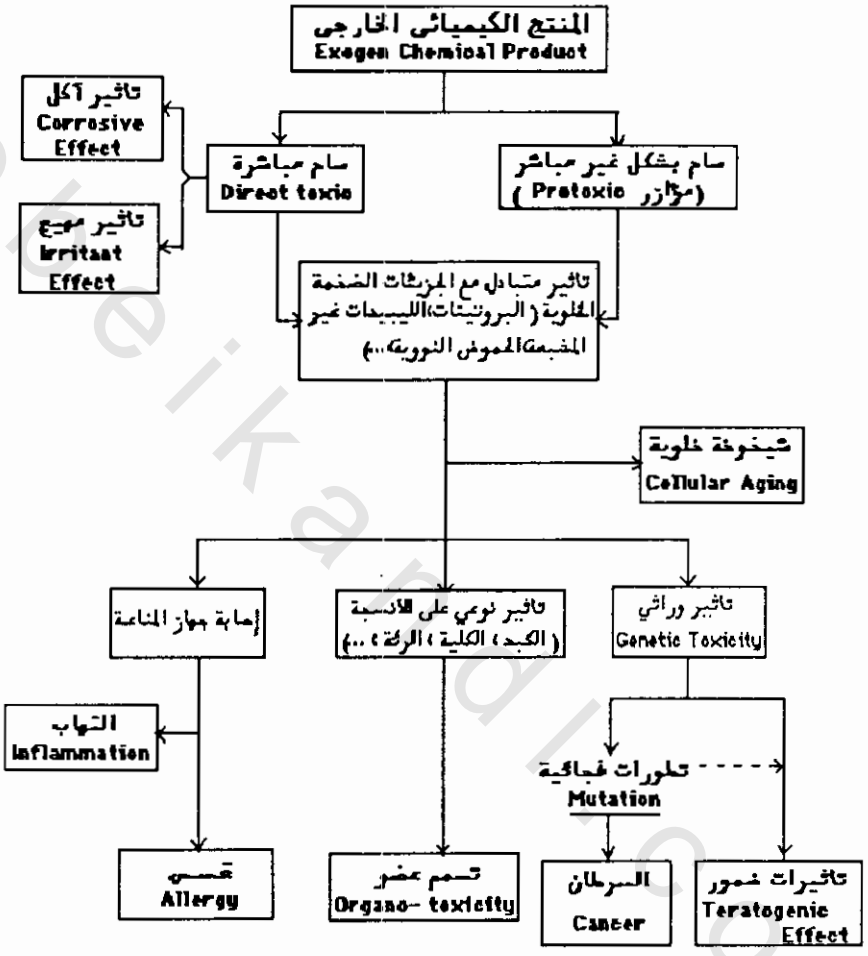
Endogens صغيرة مثل حمض الكبريت (الكبريتيك) أو حمض الغلوكورونيك Glucoronic Acid ...الخ بالمادة الحاملة للوظيفة الجديدة ، مما يسمح للأيضة النهائية أن تطرح بواسطة الكليتين بشكل ملح قلوي ذواب في الماء ويتواجد ضمن البول أثناء هذه العملية مما يتيح كشفه ومعايرته ، والتعرف بالتالي على القدرة على أيض المادة الاجنبية الداخلة إلى الجسم . يقوم بعملية نقل المادة القطبية إلى الايضة الاولية أنزيمات النقل Transferases . وتمثل هذه العملية المزدوجة أو المترافقة طريقة مفيدة للجسم تزيل عنه سمية المواد الغريبة الدهنية غير المرغوب بها ، عبر السماح بطرحها خارج الجسم .

أثناء هذا الايض ، وخصوصاً خلال مرحلة إدخال الوظائف ، يمكن لعملية إزالة التسمم أن تتعقد بتشكل تركيب فعال أو أكثر من المركبات الوسطية الفعالة Active Intermediates . إذا كانت فترة حياة هذه المركبات الوسطية كافية ، وإذا لم تهدم بواسطة الانظمة الدفاعية للجسم (مثل الغلوتاثيون Glutathion وحمض الاسكوربيك Ascorpic Acid والتوكوفيرول Tocopherol ...) ، فإنها ستهاجم مكونات الخلايا الحية ، وبشكل خاص الجزيئات الضخمة الرئيسة (مثل البروتينات Proteins والليبيدات غير المشبعة Unsaturated Lipids والحموض النووية Nucleic Acids ...) . وسيظهر عند ذلك عملية تسمم تتراوح حسب جهة الإصابة بين النخر الموضعي للخلايا Necrosis البسيط

(تحلل البروتينات والبروتينات الدهنية Lipo- proteins الغشائية ...الخ) وإصابة أجهزة المناعة Immunitary Systems (تعديل بنية البروتينات السكرية Glyco- proteins ...الخ) ، أو تحولات وراثية (تعديل بنية الـ DNA ...الخ) . وهذا الاخير أخطر ، إذ يقود إما إلى عملية تورم Tumorism (سرطان Cancer) ، أو إلى تأثير ضموري على المستوى التناسلي (تشوه جنيني Fœtal Malformation) .

تهاجم المنتجات الاجنبية الفعالة بصورة كافية (وهي السموم المباشرة Direct Toxics) المكونات الخلوية مباشرة ، وتكون مسؤولة إما عن تأثيرات آكلة أو مهيجة عامة ، أو عن تأثيرات أكثر نوعية على مستوى أحد الانظمة أو الاعضاد (التسمم الكبدي Hepatotoxicity ، والتسمم الكلوي Nephrotoxicity ، والتسمم العصبي Neurotoxicity ، ...الخ) أو على جهاز المناعة (تسمم مناعي Immuno- toxicity آني أو متأخر) أو على الجهاز الوراثي (تسمم وراثي Gentic Toxicity) .

يكون تأثير السموم المؤازرة Protoxics عن طريق تحولها إلى سموم حدية Ultimate Toxics قادرة على مهاجمة المكونات الخلوية ، عن طريق الايض الانزيمي .



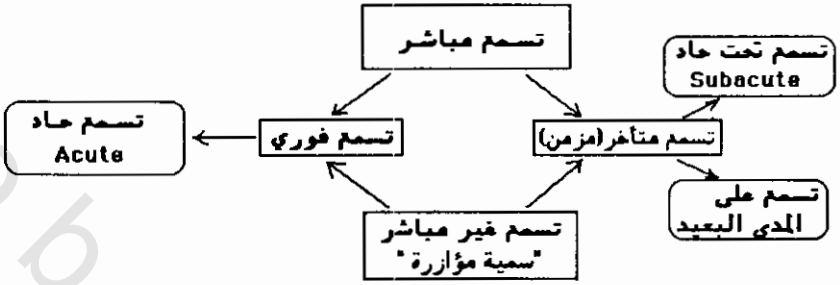
مخطط VI : التأثيرات السمية الرئيسة الناتجة عن الأفعال المتبادلة بين مركب أجنبي والمكونات الخلوية .

بعد تعديل الجزيئات الضخمة ، لا يعود بإمكانها ممارسة وظيفتها الاعتيادية ، وتظهر آفات Lesions متعددة نتيجةً لذلك منها إصابات الخلايا التي تقود إلى تسممات أعضاء تختلف باختلاف المادة الخارجية أو طريقة الايض)، وظواهر التسمم المناعي (ومنها الحساسية ، وإصابات المناعة طريقة الايض ، وظواهر التسمم المناعي (كالحساسية ، وإصابات المناعة الذاتية ،...) ، وعمليات التورم (السرطان) والتأثيرات المساخية (الضمورية) التي يعد من أهمها التشوه الجنيني .

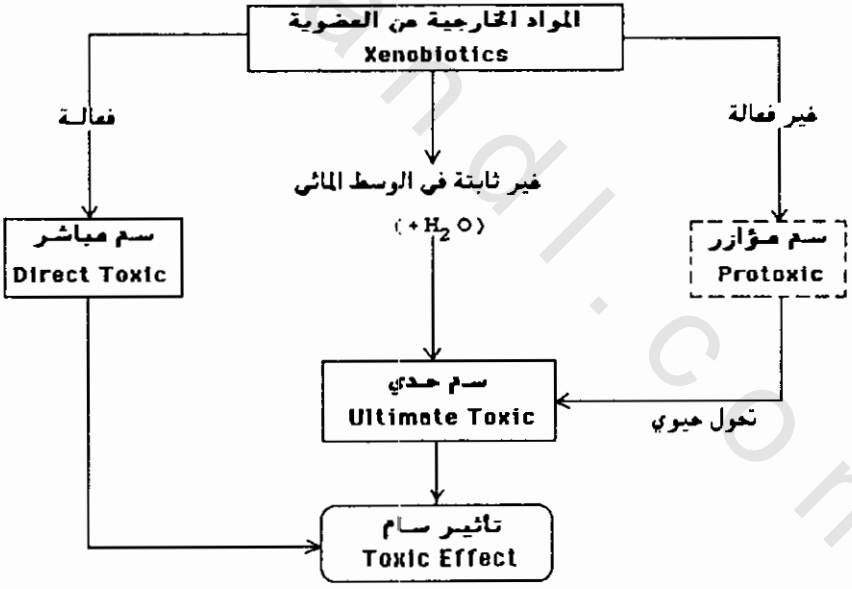
لنذكر إضافةً إلى ماسبق الاعتقاد السائد بأن التماس طويل المدى مع المنتجات الكيميائية السامة يسرع الشيخوخة الظوية ، ولكن من الصعب التعبير عن ذلك بأرقام . يوضح الجدول VI التأثيرات السمية الرئيسة الناتجة عن التأثيرات المتبادلة بين مركب أجنبي والمكونات الظوية .

٤ - أنماط التسمم Types of Toxicity :

يمكن أن نميز أشكال مختلفة للسمية بالاستناد إلى طريقة تأثير المادة السامة أو فعاليتها (التي يمكن أن تكون مباشرة أو بعد تحول كيميائي أو أنزيمي أو بشكل مؤازر)؛ أو إلى سرعة وطبيعة التأثيرات الحاصلة على الجسم ، وذلك كما يوضح المخطط VII . كما يمكن أن نصنف التأثيرات السمية حسب مكان حصولها (موضعية أو شاملة) .



مخطط VII : الأشكال الرئيسة للتسمم



مخطط VIII : أنماط التأثير السمي الرئيسة حسب فعالية المادة السامة .

سنستعرض طرق التصنيف هذه على التتابع :

أ - أنماط التسمم حسب طريقة التأثير :

يمكن تمييز نوعين من السموم حسب الفعالية الكيميائية أو طريقة التأثير تجاه أهدافها من الاعضاء الحية :

١) السموم المباشرة Direct Toxics :

يؤثر السم المباشر على العضو الحي دون الخضوع لاي تحول حيوي ، نظراً لفعاليته الكبيرة . وتكون هذه حالة المنتجات الآكلة Corrosive Products (مثل الحموض ، والقواعد ، والمؤكسدات القوية ...) ؛ وبعض كواشف الالكلة القوية (مثل كبريتات ثنائي المثيل ، وميثان سلفونات الالكيل ، وأكسيد الإثيلين ، والفورم ألدهيد ، والازيريدين ، وإيزو سيانات المثيل ، ...) ؛ وكذلك المنتجات التي تؤثر على مستقبل معين في الجسم بشكل نوعي (مثل السجّينات أو الذيفانات Toxins ، والادوية ، ...) . إن إيزو سيانات المثيل هو المادة التي تسربت من مصنع Union Carbide في بهوبال في الهند وأدت إلى هلاك وإصابة الآلاف .

يربط بالسموم المباشرة المنتجات غير الثابتة في الماء ، التي تتحلمأ

في العضوية بشكل آني مع تحرير منتجات فعالة أو سموم حدية في نهاية الامر .من أمثلة ذلك بعض هاليدات الحموض (مثل الفوسجين ، وهاليدات البورون والفوسفور والكبريت ، ...) والهيدريدات (مثل ثنائي البوران B_2H_6 وهيدريد الليثيوم والالمنيوم...) ومشتقات نتروزو اليوريا(مثل الـ MNU) ، ونتروزو الغوانيدين (مثل الـ MNNG) ، وإيثرات كلورو المثيل (مثل الـ CCME و الـ BCME ...) .

٢) السموم غير المباشرة أو المؤازرة Protoxics :

لا يكون المنتج هنا ساماً بحد ذاته ، بل هو يؤازر السمية التي تتم عن طريق تحوله أنزيمياً داخل العضوية إلى سم حدي Ultimate Toxic يكون هو العينة الفعالة .

يوضح المخطط VIII الاشكال المختلفة لظهور التأثيرات السمية حسب فعالية المادة الخارجية الداخلة إلى الجسم .

ب - أنماط التسمم حسب سرعة أو طبيعة التأثيرات :

يمكن تقليدياً ، بالاستناد إلى المعطيات التجريبية المبنية على زمن

تعرض الجسم الحي للسم بشكل خاص ، أن يصنف التسمم إلى نوعين رئيسين : .

١) التسمم الحاد Acute Toxicity :

التسمم الحاد هو التسمم الذي يظهر تأثيره بسرعة بعد دخول جرعة أو كمية واحدة من المادة السامة ، أو التعرض لهذه المادة ساعات قليلة . ويتم ذلك بابتلاعها أو ملامستها للجلد أو العيون أو بسبب استنشاق الهواء الملوث بها . وتقدر السمية من هذا النوع بتحديد الجرعات المميتة أو القاتلة Lethal Doses للحيوان أو الإنسان في حالات خاصة ، وبصورة خاصة الجرعة المميتة الوسطى LD50 المسببة لموت ٥٠ ٪ من الحيوانات التي تتناولها ، وتقدر غالباً بالميليغرام / كغ ، أي عدد الميليغرامات من المادة التي يتناولها المتسمم مقابل كل كيلوغرام من وزنه .

تعطى هذه القيم عادةً في جداول مبنية على دراسات أجريت على حيوانات معينة كالفأر . وهي تعطي معلومات تشعرنا بالتأثيرات المحتملة على الإنسان عند تعرضه للمادة بشكل شديد أثناء الحوادث أو محاولة الانتحار أو الحالات المشابهة .

٢) التسمم المزمن (على المدى البعيد) ChronicToxicity :

التسمم المزمن هو التسمم الذي يظهر نتيجة تأثير المادة السامة على الجسم لمدة طويلة من الزمن .وهو ينتج غالباً عن تعرض يومي أو دوري لفترةٍ معينةٍ من الزمن تتراوح بين أيام وأشهر وربما أكثر . ويكون التعرض عادةً بتراكيز ضعيفة للمنتج .

تقدر السمية في هذه الحالة بالتراكيز القصوى أو الحدية المسموح بها (ت ح م) Maximum Allowable Concentration (MAC) وهي التراكيز التي يؤدي التعرض لها إلى بدء ظهور أعراض تسمم بعد فترةٍ معينة. وتقدر هذه القيم بعد تعريض متكرر لتراكيز ضعيفة من المنتج على حيوانات التجارب خلال فترة حياتها (سنتين عند القوارض) ، ومراقبة الاعراض الناتجة أو شدتها والفترة اللازمة لذلك .

ج - أنماط التسمم حسب مكان حصوله :

يمكن أن يحصل التسمم بشكل موضعي في عضوٍ أو مكان معين ، أو أن يتوزع في أنحاء الجسم .

١) التسمم الموضعي Local Toxicity :

يقتصر التسمم الموضعي على إصابات معينة على مساحة من الجسم تمت ملامستها للمادة السامة ، كالجلد أو العيون في حالات اللمس أو التعرض ، أو الانف والحنجرة في حالة الشم ، أو الانف والحنجرة والرئتين في حالات الاستنشاق ، أو الفم والحنجرة والمري والمعدة والامعاء عند الابتلاع .

٢) التسمم البدني Systemic Toxicity :

يقصد بالتسمم البدني أو الشامل ذلك الذي يظهر في أحد أعضاء الجسم أو عددٍ منها نتيجة امتصاص المادة من قبل أنسجة الجسم ودخولها في مجرى الدم . ويتم ذلك عن طريق الجهاز التنفسي أو الهضمي أو عن طريق الجلد . ولذلك فإنها قد تسبب إصابات موضعية وبدنية في آن واحد ، وتؤثر على الكبد أو الكليتين أو القلب أو الدماغ التي تسبب إصابة أي منها إلى خلل في الفعاليات الحيوية للجسم كله . ولذلك يعتبر التسمم البدني أكثر خطورةً وشدة وديمومة من التسمم الموضعي .

د - التأثير السمي المشترك - العوامل المساعدة على التسمم :

تملك بعض المواد الكيميائية قدرةً على تنشيط المنظومات الانزيمية لإزالة التسمم ، ولكنها تزيد في الوقت ذاته سمية كثير من المواد الكيميائية الاخرى . من الامثلة الشهيرة عن ذلك الإيثانول Ethanol (الكحول أو الغَوْل الإثيلي Ethyl Alcohol) ، الذي يؤدي استنشاق أبخرته أو تناوله ضمن المشروبات الكحولية إلى زيادة سمية الكثير من المواد الكيميائية التي يكون الكائن الحي قد تناولها أو تعرض لها ؛ وكذلك بعض المذيبات كثيرة الاستعمال في المختبرات والصناعة كالمشتقات الكلورية . ومن الامثلة الاخرى المعروفة تأثير دخان التبغ والمخدرات على سمية المذيبات Solvents . يكون دخان سيجارة في المختبر مثلاً قادراً على زيادة سمية المذيبات بصورة كبيرة ، ويتعرض لهذا التأثير الشخص المدخن ومن معه على السواء .

تلعب الحساسية الفردية دوراً أساسياً ،كقاعدة عامة في التسمم بمادة كيميائية خارجية . ولكن كثيراً من العوامل الخارجية يمكن أن تتدخل في الامر . يمكن قسمة هذه العوامل إلى قسمين :

١) **عوامل فيسيولوجية** : من هذه العوامل العمر والجنس والحالة النفسية ووجود مرض كالتهاب الكبد والحمل . وبالنسبة للحمل ، تكون النساء الحوامل كقاعدة عامة أكثر حساسية تجاه المواد الكيميائية الخارجية ، حيث يمكن لبعض هذه المواد اجتياز المشيمة بسهولة .

٢) **عوامل بيئوية** : من هذه العوامل الضغط النفسي أو القلق وتناول الكحول أو المخدرات والتدخين . ولقد تحدثنا عن أثر الكحول والتدخين مثلاً قبل قليل .

obeikandl.com

تصنيف المواد السامة

١ -طرق تصنيف المواد السامة Classification Methods of Organic Compounds :

يمكن تصنيف المواد السامة بطرق مختلفة بالاستناد إلى نواحٍ معينة . و أهم التصنيفات تلك التي تعتمد على :

- **مصدر المواد السامة** : حيث تقسم إلى منتجات طبيعية Natural Products ، ومنتجات اصطناع Synthetic Products ..

- **الخواص الفيزيائية الكيميائية** : وتقسم وفقها إلى غازات Gases ، ومنتجات ذرورية Pulverulents ، وسوائل طيارة Volatile Liquids ،...

- **العائلة الكيميائية** : حيث تكون من المنتجات المعدنية Mineral Products، أو المنتجات العضوية Organic Products ، أو المنتجات العضوية الفلزية Organometallic Compounds ، ...

- **الاستعمال** : وتصنف وفقه إلى مذيبات (محلات) Solvents ، أو محفزات (وسائط) Catalysts للتفاعلات ، ومبيدات حشرية، وأسمدة ، ...

- **نمط التأثير السمي** : حيث هناك التسميم الموضعي (لعضو ما) ، والتسميم المناعي ، والتسميم الوراثي ، ...

- **الخطورة أو التركيز الحدي المسموح به** .

- **آلية التأثير** : ويؤخذ بالاعتبار في هذا التصنيف الآليات الكيميائية الحيوية المتدخلة في التأثير السمي ، والخواص الفيزيائية الكيميائية للمركبات الداخلة إلى العضوية .

إن التصنيفات السابقة عشوائية ، وسنأخذ منها بالتفصيل إثنان هما التصنيف حسب الخواص الفيزيائية الكيميائية ، والتصنيف حسب الخطورة أو حسب التركيز الحدي المسموح به .

٢ - تصنيف المواد السامة حسب الخواص الفيزيائية الكيميائية :

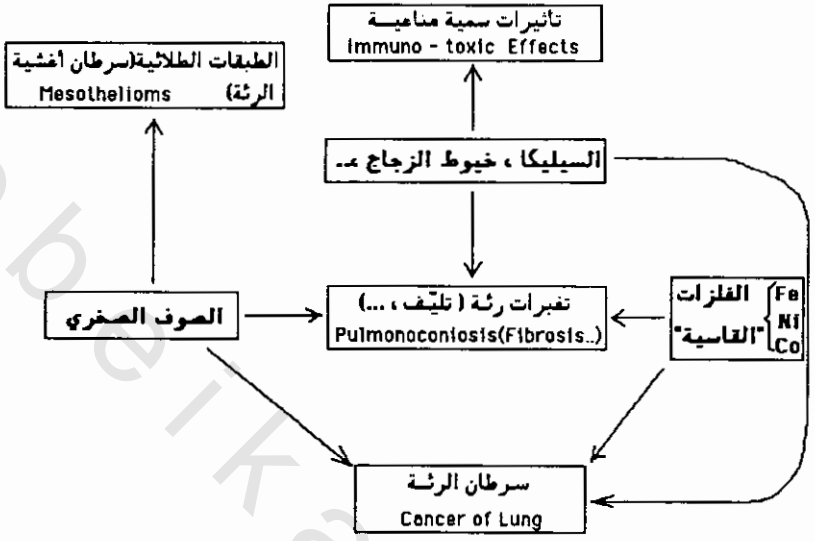
يسمح هذا التصنيف بالتمييز بين الانماط التالية :

- المنتجات الذرورية .
- الغازات والابخرة .
- المواد العدوانية أو المؤذية .
- مواد أخرى : صلبة وسائلة .

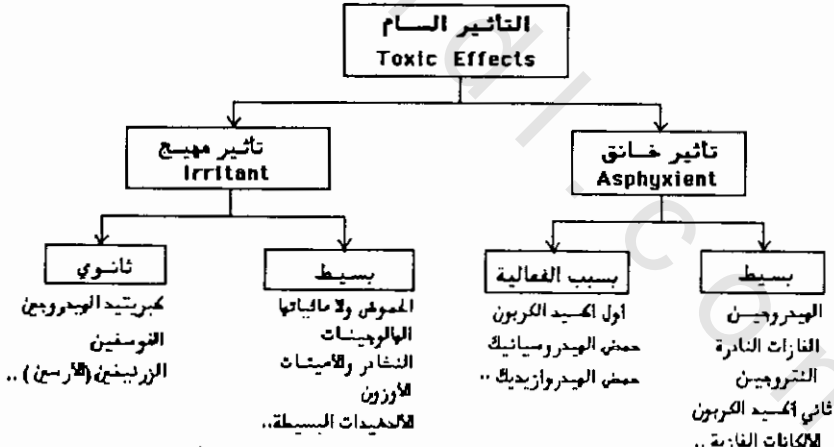
أ - المنتجات الذرورية Pulverulent Products:

تعتبر المنتجات الذرورية أو الغبارية الطابع مثل السيليكا (السيليس) Silica ، والصوف الصخري (الاسبستوس) Aspestos، والخيوط الزجاجية ، والفلزات القاسية كالحديد ، من المواد السامة شديدة الخطورة . ويمكن أن تؤدي إلى تغير في الرئة Pulmonoconiosis يظهر بشكل تليفات رئوية Pulmonary Fibrosis أو غير ذلك ، ويتميز بظهور صعوبة متزايدة في التنفس .

ويمكن الإيضاح في هذا المجال أن السيليكا المستخدمة في المختبر تكون غالباً عديمة الشكل ، سواءً كانت من النوع Silica gel أو Kieselguhr أو Celite ....، ولا تؤدي عندئذ إلى تصون في الرئة Silicosis .



المخطط XI : التأثيرات السمية للمنتجات المعدنية الذرورية



مخطط X : التأثيرات السمية الرئيسة للغازات والأبخرة

أما الصوف الصخري المستخدم في المختبر فيكون عادةً من الكريسوتيل Chrysotile (وهي فيلوسيليكات المغنيزيوم Magnesium Phyllosilicate) ، ويقود استنشاق خيوطه باستمرار إلى تغبر رئة خطير جداً يدعى الاسبستوز Aspestosis ، أو إلى أشكال مختلفة للسرطان في القصبات ، أو الرئة أغشية الرئة المصلية أو غيرها . يوضح المخطط IX التأثيرات السمية الرئيسة للمنتجات الذرورية المعدنية .

من بين المنتجات العضوية الذرورية المستخدمة في المختبر ، نذكر الاكريل أميد Acrylamide الذي يجب التعامل معه بانتباه ، إذ يسهل دخوله الجسم بالاستنشاق أو بالتماس مع الجلد . يهيج هذا المركب الجلد ويسبب تسمماً عصبياً محيطياً Peripheric Neuro- toxicity يتمثل بتشوش لحس الاعضاء Paresthesis أو اضطرابات رؤية . وقد عرف عنه أخيراً أنه مسرطن للحيوانات (الفيران ، الجرذان) .

ب - الغازات والابخرة Gases and Vapors :

يمكن استخدام التصنيف التالي للغازات والابخرة حسب تأثيرها على الصحة (انظر المخطط X) .

١) المواد المهيجة البسيطة Simple Irritants :

ينتمي إلى هذه المواد كأمثلة الحموض ولامائيات الحموض Acid Anhydrides والهالوجينات Halogens والنشادر (الامونيا) والامينات البسيطة Simple Amines والاوزون والالدهيدات Aldehydes البسيطة وغيرها . وهي تقود إلى التهاب في الاغشية التي تدخل في تماس معها . كما يمكن أن تسبب وذمات (استسقاء موضعي) حادة للرئة Acute Œdema of Lung .

٢) المواد المهيجة الثانوية Secondary Irritants :

ينتمي إلى هذه المركبات كبريتيد الهيدروجين H_2S والفوسفين PH_3 والزرنيخين (الارسين) AsH_3 ومشتقات للمركبين الاخيرين مع مركبات أخرى . تؤدي هذه المواد إلى تأثيرات التهابية كالوذمات ، مثل المواد المهيجة البسيطة ، ولكن ينتج عنها أيضاً تأثيرات سامة على العضوية ككل ، وخصوصاً على الجهاز العصبي . ولذلك يجب عند التعامل معها اتخاذ أقصى الاحتياطات .

٣) الغازات الخانقة البسيطة Simple Asphyxient Gases:

ينتمي إلى هذه الغازات النتروجين والغازات النادرة (الهيليوم ، الارغون ، ...) والهيدروجين و ثاني أكسيد الكربون والالكانات الغازية (الميثان، البيوتان ، ...) وغيرها . ويقتصر دورها السمي على إزاحة الاكسجين الضروري للتنفس . ولكن بعض هذه الغازات قابلة جداً للالتهاب أو الاشتعال (الهيدروجين ، الالكانات البسيطة ، ...) .

٤) الغازات الخانقة الفعالة Active Asphyxient Gases :

تقوم هذه الغازات ، ومنها أول أكسيد الكربون وحمض الهدروسيانيك HCN وحمض الهيدرو أزيديك HN_3 وغازات أخرى ، بمنع الاكسجين أيضاً من أداء دوره ، ولكن على مستوى الهيمو غلوبين في الدم (حالة أول أكسيد الكربون) أو على مستوى أنزيمات السلسلة التنفسية في الخلايا (حالة HCN و HN_3 ...) .

يتحرر حمضا الهيدرو سيانيك والهيدرو أزيديك بسهولة نتيجة معالجة السيانيدات Cyanides والازيدات Azides بحمض . ولذلك يجب إتلاف هذه المركبات عند انتهاء الاستخدام بعناية قبل رمي المخلفات .

ج-المواد العدوانية أو المؤذية Aggressive Substances :

تصنف هذه المواد حسب شدة الاذى الناتج إلى نوعين : آكلة ومهيجة .

أ) المواد الآكلة Corrosive Substances :

هي مركبات فعالة جداً يمكن أن تدمر أو تخرب الانسجة التي تمسها كالجلد والاغشية المخاطية Mucous Membranes . ويمكن أن نذكر من بينها حسب النوع الكيميائي الذي تنتمي له الانواع والمواد التالية :

- الحموض القوية Strong Acids : وهي نوعان :

= حموض معدنية : منها حمض الكبريت H_2SO_4 وحمض فوق الكلوريك $HClO_4$ وحمض النتريك HNO_3 والحموض الهالوجينية HF و HCl و HBr و HI ... وغيرها .

= حمـوض عضـويـة : مثل حمـض الفورميك $HCOOH$ وحمـض الخـل CH_3COOH وحموض الهالوكربوكسيليك ...

- لامائيات وهاليدات الحموض **Acid Anhydrides and Acid Halides** : وهي أيضاً نوعـان :

= المعدنية : مثل خماسي كلوريـد الفوسفور PCl_5 وثلاثي كلوريـد الفوسفور PCl_3 وأوكسي كلوريـد الفوسـفور $POCl_3$ وخماسـي أكسـيد الفوسفور P_2O_5 وأكسيد الكبريتي (الكبريتوز) SO_2 والفوسـجين $COCl_2$ وكلوريـد السـلفوريل $SO2Cl_2$ وكلوريـد الثيونيل $SOCl_2$ ورباعي كلوريـد الكبريت SCl_4 ... وغيرها .

= العضويـة : مثـل لامائي الخـل $(CH_3CO)_2O$ ولامـائي ثلاثـي فلـور الخل $(CF_3CO)_2O$ وكلوريـد الاسـتيل CH_3COCl وكلـوريـد البنـزويل $PhCOCl$ ...الخ .

- الاملاح القابلة للحلمأة **Hydrolysable Salts** :

مثل كلوريـد الالمنيـوم $AlCl_3$ وكلوريـد الزنـك (الخارصيـن) $ZnCl_2$ وثلاثـي كلوريـد الانتيمـوان (الإثمـد) $SbCl_3$ وخماسـي كلوريـد

الانتيموان $SbCl_5$ وكلوريد القصديري (القصديروز) $SnCl_2$ وكلوريد القصدير $SnCl_4$ وكلوريد التيتانيوم $TiCl_4$ ورباعي كلوريد الفاناديوم VCl_4 ...

- هاليدات البورون (البور) **Boron Halides** : مثل ثلاثي كلوريد البورون BCl_3 وثلاثي فلوريد البورون BF_3 ...الخ .

- القواعد (الاسس) القوية **Strong Bases** : وهي نوعان :

= معدنية : مثل هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ أو البوتاسيوم KOH أو الامونيوم NH_4OH أو الكالسيوم $Ca(OH)_2$ وكربونات الصوديوم Na_2CO_3 أو البوتاسيوم K_2CO_3 وهيدرات الهيدرازين $NH_2NH_2.H_2O$ وغيرها .

= عضوية : مثل الامينات البسيطة Simple Amines وهيدروكسيدات الامونيوم الرابعية Tertiary Ammonium Hydroxides ومركبات ألكيل الفلزات القلوية Alkyl Alkali-mtal Compounds وغيرها .

يكون الفعل المدمر للقواعد القوية خطراً بشكل خاص على مستوى العيون . ويجب أن يتبع أي تعرض للعيون لهيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم مثلاً (حتى لو كان لقطرة واحدة) غسلٌ آني بتيار ضعيف من الماء الدافيء لمدة ١٥ دقيقة على الاقل .

- **الهالوجينات Halogens** : وهي الفلور والكلور والبروم واليود .

- **المؤكسدات القوية Strong Oxidants** : ومنها :

= الماء الاكسيجيني H_2O_2 ومشتقاته (الهيدروفوق أكاسيد R-OOH ، فوق الاكاسيد أو البيروكسيدات مثل R-O-O-R أو Na_2O_2 ، فوق الحموض Peracids R-CO-OOH ، ...الخ) .

= الحمض الكرومي Chromic Acid وأملاح الكرومات وثاني الكرومات .

= فوق منغنات (برمنغنات) البوتاسيوم $KMnO_4$ والمركبات المشابهة .

- العوامل المولكلة Alkylating Agents القوية :ومنها:

= كبريتات ثنائي المثيل $(CH_3)_2SO_4$ أو الإثيل Et_2SO_4 .

= فلورو سلفونات المثيل CH_3SO_2Cl (المثيل السحري Magical Methyl).

ب) المواد المهيجة Irritant Substances :

تقود المواد المهيجة ؛ إضافةً لإصابتها أنسجة الجلد (النخر الموضعي) أو الاغشية Mucous Membranes في العيون والانف والجهاز التنفسي والجهاز الهضمي ؛ إلى عملية التهابية شديدة أو قليلة الشدة . لنلاحظ أن المواد الآكلة تكون مهيجة عندما تكون قليلة التركيز . هذا وتختلف التأثيرات الملاحظة للمواد المهيجة بحسب مكان التأثير كالتالي:

أ- التأثير على العيون :

يلاحظ سيلان شديد للدموع Lachrymal Action ، يتبعه

إصابات عينية شديدة أو محدودة الخطورة ، حسب طبيعة وكمية المادة المؤذية .

تحمل كثير من المركبات المسيلة للدموع ذرة هالوجين في موقع α من وظيفة منشطة . مثال ذلك :

= هاليدات البنزيل (كلوريد وبروميد البنزيل $Ph\text{-}CH_2Cl$ و $Ph\text{-}CH_2Br$) .

= α -هالو الكيتونات (كلورو الاسيتون $CH_3\text{-}CO\text{-}CH_2Cl$ ، برومو الاسيتوفينون $Ph\text{-}CO\text{-}CH_2Br$ ، ...) .

= α - هالوالإسترات (برومو أو يودو الخلات $BrCH_2\text{-}CO\text{-}OR$ أو $ICH2\text{-}CO\text{-}OR$ ، ...) .

= α - كلورونترو الالكانات (الكلوروبكرين ...) .

= α - هالو النتريلات ... الخ .

يمكن للعديد من المواد المسيلة للدموع أن تقود إلى عمى مؤقت (كحالة إيزو سيانات المثيل $CH_3\text{-}NCO$ وهي المادة المؤذية في حادث مصنع Union Carbide بمدينة بهوبال في الهند مؤخراً) أو عمى نهائي (كما في حالة رباعي أكسيد الاوسميوم OsO_4 الذي يستخدم الآن بشكل مفضل بشكل محاليل تجارية مخففة لتجنب تبعثره بالتسامي) .

٢ - التأثير على الجلد :

يمكن للتأثير على الجلد أن يتراوح بين حرق كيميائي بسيط (طفح أو حمامي وردي Erythema) والنخر الموضعي Necrosis الحقيقي للجلد .

تعتبر الكثير من المذيبات مهيجة للجلد بتأثير خواصها المزيلة للدهون . وتزداد القدرة المهيجة من المشتقات الاكسجينية مثل الكيتونات والإسترات إلى المشتقات الهالوجينية مثل الكلوروفورم ورباعي كلوريد الكربون ، ثم إلى الهيدروكربونات البسيطة مثل الالكانات وحلقي الالكانات .

٣ - التأثير على الجهاز التنفسي :

تؤثر بعض المواد المهيجة مثل النشادر على المجاري التنفسية العليا فقط مؤدية إلى التهابات مخاطية في الانف Rhinitis أو الحنجرة Laryngitis أو البلعوم Pharyngitis . وتهاجم مواد أخرى القصبات ثم الرئتين ، وتؤدي أحياناً إلى التهاب شُعبي Bronchitis أونزلات رئوية (التهاب قصبات) Lung Œdema .ويمكن أن تظهر النزلات الرئوية متأخرة ٤ - ٢٤ ساعة عن التعرض للمادة ، وهذا هو حال

الفوسجين وفوق أكسيد النتروجين والاوزون .

د - مواد سامة أخرى :

١) مواد صلبة : نذكر منها أشباه القلويات Alkaloides كالنيكوتين ، وأكاسيد الزرنيخ وكلوريد الزرنيخ (السليماني) والفوسفور الابيض واليود .

٢) مواد سائلة : منها مركبات النترو العطرية وكبريتيد الكربون ورباعي إثيل الرصاص ورباعي مثيل الرصاص وكلورو البيكرين ورباعي كلوريد الكربون والكلوروفورم والديوكسان وثنائي مثيل السلفوكسيد DMSO وثنائي مثيل الفورم أميد DMF وسداسي مثيل الفوسفور ثلاثي الاميد HMPT .

٣ - تصنيف المواد الكيميائية حسب الخطورة (التركيز الحدي المسموح به) :

يكون التركيز الحدي المسموح به للغازات أو الابخرة أو غبار المواد مختلفاً حسب المكان . وهو يزيد في المصانع بـ ٣ - ٥٠٠٠ مرة عنه في

المناطق المأهولة حيث لا يوجد احتياطات خاصة بها . ويتعلق ذلك بمدى خطورة المادة .

يقاس التركيز الحدي المسموح به بالميليغرام في المتر المكعب ، وبحسب عادة على أساس التعرض للمادة بهذا التركيز ثماني ساعات في اليوم خمسة أيام في الاسبوع وذلك لفترةٍ طويلة من الزمن .

يمكن تصنيف المواد السسامة من غازات وسوائل ومركبات صلبة حسب تراكيز أبخرتها أو غبارها إلى أربع فئات تزداد خطورتها كلما قل التركيز الحدي المسموح به :

أ - المواد التي يقل التركيز الحدي المسموح به منها في المصانع عن ١ مغ / م ٣ :

نذكر منها : بارا البنزو كوينون ، الهيدرازين ومشتقات ه ، ثلاثي كلور البنزو ، ٢ - فنيل البيريدين ، النفثو كوينون ، الاوزون ، فلز الزئبق ، مركبات الرصاص ، كبريتيد الهيدروجين ، فلزات المنغنيز والسيلينيوم والتيليريوم والثوريوم ، فلزات ومركبات البيريليوم وافاناديوم والكادميوم والنيكل والكوبالت والزرنيخ والثاليوم واليورانيوم والكروم .

ب - المواد التي يتراوح تركيزها الحدي المسموح به منها بين ١ و ١٠ مغ / م^3 :

تذكر منها : الاكرولئين ، الانيلين ، بروميد المثيل ، البروموفورم ، ثنائي مثيل الامين ، سداسي مثيلين ثنائي الامين ، ثنائي مثيل الفورم أميد ، اليود ، الكافور ، لاماثي البيوتيريك ، ٤،١ - الديوكسان ، ٢،١ - ثنائي كلورو الإيثان ، الكابرولاكتام ، حمض الزيت ، حمض الميتاكريليك ، مثيل الامين ، مشتقات النترو بنزين ، أكاسيد النتروجين ، أكسيد الإثيلين ، البيريدين ، الكحول البروبارجيلي ، البروبانول ، الكلوروبرين ، حمض الكبريت ، حلقي الهكسانون ، حلقي الهكسيل أمين ، حلقي البنتاديين ، ثنائي الإثيلين أمين ، الفينول ، الفورم ألدهيد ، كبريتيد الكربون ، كلوريد الهيدروجين ، غبار الكوارتز والسيليكات ، غبار فحم الكوك ، مركبات المنغنيز ، فلز الزركونيوم ، فلزات ومركبات المنغنيز والالمنيوم والتنغستين والجرمانيوم ، أكاسيد الحديد والزنك (الغارصين) .

ج - المواد التي يتراوح تركيزها الحدي المسموح به منها بين ١٠ و ١٠٠ مغ / م^3 :

تذكر منها : النشادر ، البنزين Benzene ، ثنائي إثيل الامين ، الإيزوبرين ، الكزيلين ، أكريلات المثيل ، الميثانول ، النفثالين ، نترو الميثان، نترو الإيثان ، أكسيد الكربون ، كلوريد المثيلين ، كلوريد الإثيل ،

حمض الهيدروسيانيك ، السيانيدات ، حلقي الهكسان ، رباعي كلوريد الكربون ، هباب الفحم ، ثاني أكسيد الكبريت ، أكسيد الفوسفور ، الكلور .

د - المواد التي يبلغ تاثيرها الحدي المسموح به منها ١٠٠ مغ / م^3 أو أكثر :

نذكر منها : بنزين السيارات ، إيثر البترول ، الاسيتون ، خلات الاميل ، ٣.١ - البيوتاديين ، البيوتانول ، ثنائي إثيل الإيثر ، الكيروسين، خلات المثيل ، ٢ - البيوتانون ، الاوكتانول ، خلات الإثيل ، الإيثانول .

obeikandl.com

الفصل الرابع :

نماذج من المواد السامة

١ - مقدمة :

لقد تحدثنا في الفصلين السابقين عن ظاهرة التسمم بصورة عامة ، وطرق تأثير المواد السامة على الكائن الحي الذي يتعرض لها . ثم استعرضنا أهم طرق تصنيف المواد السامة ، بشكل يوضح بعض جوانب التأثير السام لكل صنف ، ودرجات خطورة بعض المواد الكيميائية كثيرة التداول.

واستكمالاً لذلك ، وإيضاحاً للجوانب الاخرى في تأثير المواد السامة الاكثر استعمالاً في حياتنا اليومية ، نتحدث الآن عن بعض أهم هذه المركبات بصورةٍ تفصيلية كافية ، وذلك كنماذج للمواد السامة وتأثيراتها . إن من أهم أنواع المواد السامة من حيث الاستعمال الاصناف التالية :

- المذيبات (المحلات) .
- الاسلحة الكيميائية .

- المبيدات .

- مواد أخرى كمركبات الزئبق والرصاص والنترو ومشتقات الانيلين وإيزو سيانات المثيل ...

سنتناول بالدراسة هذه الانواع .

٢ - المذيبات Solvents :

تستخدم المذيبات (المحلات) على نطاق واسع في الصناعة والمختبرات وفي الحياة اليومية . فهي وسط تفاعلي Reaction Medium لمعظم التفاعلات الكيميائية ، كما أنها أداة استخلاص المنتجات الطبيعية Extraction of Natural Products من الانسجة الحيوانية والنباتية ، أو استخلاص مركب الاصطناع Synthesis Compound من الوسط التفاعلي . وهي الاساس في عمليات التنقية المتنوعة مثل إعادة البلورة Recrystallization ، والكروماتوغرافيا Chromatography بأشكالها المتعددة . والمذيبات هي أيضاً عوامل التبريد Cooling Agents في أجهزة التكييف والتبريد وغيرها ، إضافةً إلى أنها تستعمل ككواشف Reagents أو مواد أولية Raw Materials في صناعات كثيرة ، كما هو حال البنزين

Benzene ورباعي كلوريد الكربون Canbon Tetrachloride مثلاً . أخيراً فإن بعض المذيبات تستخدم في التنظيف المنزلي أو التنظيف الجاف Dry Cleaning للملابس أو تنظيف الادوات الزجاجية في المختبرات . كما أن بعضها يستخدم كمذيب لمواد صناعية كثيرة مستخدمة بشكل واسع في الحياة اليومية كالمبيدات الحشرية والادوية ومواد الدهان ومزيلات البقع ومضادات التجمد ومثبتات الشعر ومواد طلاء الاحذية وغيرها .

يتعرض الإنسان في المختبر والمنزل وغيرهما من الاماكن لتأثير هذه المواد الكيميائية بشكل أبخرة أو بشكلها السائل مباشرة . وينطبق على هذه المواد ما ذكرناه من آلية لتأثير المواد الخارجية عن الجسم في داخل العضوية ، أو من تأثيرات للمواد السامة بمختلف أشكالها وفقاً لخصائص المذيب الفيزيائية الكيميائية ولقدرته السمية . سنستعرض هنا نماذج عن بعض المذيبات الخطرة و بعض خصائصها وتأثيراتها ، علماً أن آفاق هذه الدراسة لا تتسع لدراسة كافة المذيبات ، أو حتى لدراسة عدد كبير منها ، كما أنها لاتتسع لتفصيلات كثيرة عنها .

١ - المذيبات الهيدروكربونية Hydrocarbon Solvents :

من المتفق عليه أن « البنزين أو البنزن Benzene » هو

المذيب الهيدروكربوني الاكثر خطورة ، بل هو " العدو الاول للبشرية The Public Enemy nº 1 " حسب تعبير عالم التسمم الشهير ر. تروهو R.Truhaut .

يقود التعرض المستمر للبنزين ، ولو بعيارات صغيرة ، إلى إصابة نخاع العظام حيث تتكون الخلايا الدموية بصورة قد لا تكون قابلة للشفاء، وهو مرض يدعى داء البنزين Benzenism . يؤدي ذلك إلى فقر دم ضموري أي نقصان تكون كريات الدم الحمراء ، وأحياناً إلى ابيضاض الدم (أي تزايد عدد كريات الدم البيضاء) الذي يمكن أن يقود إلى سرطان الدم .

أما التعرض للبنزين لفترة قصيرة كاستنشاق أبخرته مثلاً فيؤدي إلى الدوران (الدوخة) أو الصداع أو الاختناق أو مجموعة من هذه الاعراض . وتصل الإصابة إلى فقدان الوعي بشكل كامل إذا ازداد تركيز الابخرة بشكل كبير . أخيراً فإن أبخرة البنزين تسبب تهيجاً للعيون والاغشية المخاطية أو التهاباً للجهاز التنفسي عند تماسها معها .

لذلك ينصح في الاستخدامات الشائعة - وكلما أمكن ذلك - استبدال البنزين **بالتولوين** Toluene الذي لايسمم النخاع العظمي ، وإن كان يسمم الجهاز العصبي بشكل محسوس ، أو **بحلقي**

الهكسان Cyclohexane الذي لا يملك أياً من هاتين السيئتين ولكنه يهيج إلى حد ما العيون والجهاز التنفسي ويخدر الجسم عندما يكون بتراكيز عالية ، أو **بالهكسان** Hexane الذي يقود إلى التهابات عصبية خارجية تعتمد شدتها على مدة التعرض له ، وأضرار أخرى تشبه تلك التي يقود إليها حلقي الهكسان .

سنتحدث في فصل مقبل عن التأثير المسرطن للهيدروكربونات العطرية ومنها البنزين بصورة أكثر تفصيلاً .

ب - المذيبات الهالوجينية Halogenated Solvents :

تملك المذيبات الهالوجينية بصورة عامة القدرة على تسميم النظام العصبي ، كما أن غالبيتها تؤدي لإصابات في القلب مثل الكلوروفورم وثلاثي كلورو الإثيلين . ويتميز **رباعي كلوريد الكربون** CCl_4 من بين المذيبات عامةً والمذيبات الهالوجينية خاصةً بشدة خطورته وتأثيراته البالغة السمية التي قد تنتهي بالسرطان أو الموت . يمكن لرباعي كلوريد الكربون أن يولد غاز الفوسجين $COCl_2$ الشديد السمية خاصةً عند استخدامه في إطفاء الحرائق . ويستطيع رباعي كلوريد الكربون السائل النفوذ من خلال الجلد بكميات سامة . وهو يسبب آلاماً وجروحاً

في ملتحمة العيون عند ملامسته لها . يصاب المتعرض له بكميات كبيرة أولاً بأوجاع رأس مصحوبة بتهيج في العيون وغثيان ودوران وتقيؤ وغيبوبة وذلك خلال بضع ساعات يتبعها الإصابة بداءٍ كلوي حاد وانقطاع البول . ثم تظهر أعراض متقدمة مثل تضرر الكلى والكبد والقلب والجهاز العصبي ، مما قد يسبب الموت ، وهذا ما ندعوه التسمم الحاد . أما التسمم المزمن الناشيء عن التعرض لتراكيز عالية لفترة كافية من الزمن ، فإنه قد يؤدي إلى إلحاق أضرار بليغة بالكلى والكبد ثم الموت إذا لم يتم إيقاف التعرض لهذه الابخرة أو معالجة المصاب .

يملك **الكلوروفورم** $CHCl_3$ الذي استخدم لفترة طويلة كمخدر في العمليات الجراحية تأثيرات مشابهة . وكذلك **ثلاثي كلورو الإثيلين** $CCl_2=CHCl$ ورباعي كلورو الإيثان $CHCl_2-CHCl_2$ والبروموفورم $CHBr_3$. وقد أضيف لهذه القائمة منذ عامين أو ثلاثة **كلوريد المثيلين** CH_2Cl_2 الذي ظن لفترة طويلة أن تأثيره السمي يقتصر على التخدير ، وكان ينصح باستخدامه كبديل لرباعي كلوريد الكربون والكلوروفورم كلما أمكن ذلك . وينصح الآن عند الآضطرار لاستخدام مذيب هالوجيني غير محدد باستعمال ١،١،١- **ثلاثي كلورو الإيثان** CH_3-CCl_3 الذي لا يعرف له الآن أضرار سمية كبيرة كالمذيبات السابقة .

لنلاحظ على كل حال أن سمية الكلوروفورم مثلاً لا تمنع استخدامه كحامي للكبد في بعض الادوية مثل Hepatoum Schoum أو Stago التي تحوي ١-٢ ٪ كلوروفورم ، أو استخدامه في بعض الشرابات المضادة للسعال .

ج - المذيبات الكحولية Alcoholic Solvents :

يعتبر الميثانول CH_3-OH أكثر المذيبات الكحولية سمية (ولكنه ليس أكثر الكحولات سمية ، فهنا يمكن أن نذكر كحولات سامة جداً مثل الإثيلين غليكول $HOCH_2$-CH_2OH والكحول الأليلي CH_2=CH-CH_2OH وغيرهما) . يؤدي استنشاق تراكيز عالية من أبخرة الميثانول إلى الدوار وفقدان الوعي جزئياً والمغص وإلى اضطراب في الجهاز العصبي . أما التراكيز الضعيفة نسبياً فتقود إلى الصداع والغثيان والتقيؤ وتهيج الاغشية المخاطية . كما يشكل البخار والسائل خطورة شديدة على العيون . ولكن هذه التأثيرات السمية لا تظهر إلا بعد بضع ساعات .

يؤدي ابتلاع الميثانول ، على أنه مشروب كحولي أو بالخطأ ظناً أنه الإيثانول (عند مدمني الخمر) ، إلى أضرار جسيمة للجهاز العصبي المركزي وخاصة أعصاب البصر ، مما يسبب العمى المؤقت أو الدائم ، إضافةً إلى أضرار في الكليتين والكبد والقلب . وقد يحصل إغماء بعد

ساعات من الابتلاع يتبعه في بعض الحالات الموت .

إن من أشد مخاطر الميثانول كونه يؤثر كسم تراكمي Cumulative Poison ، إذ يحتفظ الجسم به فترة طويلة ، أي يتم أيضه بشكل أبطأ من السموم العادية . ومن المعروف أن سرعة أيض الميثانول أقل خمس مرات من سرعة أيض الإيثانول .

فيما يتعلق **بالإيثانول** $CH_3\text{-}CH_2OH$ ينبغي كما ذكرنا من قبل ملاحظة تأثيره المؤازر على سمية المواد السامة الاخرى . ونحن نعرف التأثيرات الضارة العديدة لهذه المادة التي حرم ديننا الحنيف شربها بكافة الاشكال الطبيعية منها والصنعية ، والتي يخرج نطاق دراستها بشكل مفصل عن مجال موضوع هذه الدراسة .

د - بعض المذيبات الأخرى :

نذكر من بين المذيبات الاخرى الشديدة السمية :

١) ١,٤- الديوكسان **1,4-Dioxan** : يهيج بخار هذه المادة الانف والعيون ، ويسبب الصداع والنعاس . وتقود التراكيز العالية منه إلى الغثيان والتقيؤ ثم تلف الكبد والكلى . كما أن لهذه المادة

تأثيراً مسرطناً .

٢) ثاني كبريتيد الكربون CS_2 : يؤدي استنشاق هذه المادة المتطايرة لفترة طويلة إلى تلف الجهاز العصبي ، إضافة إلى فقدان البصر والشلل وتلف الكبد حتى لو كان التعرض له بتراكيز ضعيفة . أما استنشاقها بتراكيز عالية فيسبب التخدير وفقدان الوعي وتهيج العيون إضافة لآثار أخرى ، خاصة إذا دخل الفم .

٣) الاسيتو نتريل CH_3-CN : يمكن للأسيتو نتريل أن ينفذ خلال الجلد مؤدياً إلى أعراض تشبه تلك الناشئة عن استنشاق أبخرته أو ابتلاعه . يسبب استنشاق بخار الاسيتو نتريل بكمية كبيرة أو لفترة طويلة من الزمن إلى التعب والإعياء والغثيان والاسهال مع تشنج وارتجاف قد يتطورا إلى شلل جزئي أو كلي وغيبوبة .

٤) ثنائي مثيل الفورم أميد $HCO-N(CH_3)_2$ (DMF) : ينتمي هذا المذيب إلى مجموعة المذيبات القطبية اللابروتية Polar Aprotic Solvents التي يمكنها التسرب خلال الجلد وإيذاء العيون . ويسبب بخاره تهيجاً للجهاز التنفسي ، ويؤدي للتسمم إذا دخل الفم . وهو يتلف الكبد تدريجياً عند التعرض له فترة طويلة بتراكيز قليلة .

٣ - الأسلحة الكيميائية Chemical Weapons :

إن الاسلحة الكيميائية التي كثر الحديث عنها خلال عقد الزمن الاخير ، وخصوصاً من خلال استخدامها خلال الحرب العراقية - الإيرانية والتهديد باستخدامها في حرب الخليج ، هي أحد التعابير الصارخة على الاستخدام السيء للتقدم العلمي والتكنولوجي في مجال الكيمياء .

تستخدم معظم الاسلحة الحالية ، التقليدية منها وغير التقليدية ، المواد الكيميائية في إيصال الاذى للمصابين بشكل مباشر أو غير مباشر (الطلقات النارية ، الصواريخ ، القنابل والمتفجرات ، القنابل الذرية والهيدروجينية ، ...الخ) . إلا أن المقصود بالاسلحة الكيميائية تحديداً الاسلحة التي تستخدم فيها مواد ذات تأثير سمي لإيذاء الخصم أو القضاء عليه .

لقد استخدمت الاسلحة الكيميائية منذ مئات السنين في الحروب والخلافات . ولكن استخدامها بشكل موسع بدأ عام ١٩١٥ أثناء الحرب العالمية الاولى عندما استعمل الالمان غاز الكلور ضد الحلفاء ، وتبع ذلك

استخدام هذه الاسلحة من قبل أطراف عدة في حروب عديدة منها الحرب العالمية الثانية والحرب الكورية وحرب فيتنام وأخيراً الحرب العراقية الإيرانية ، مع أنه جرى توقيع معاهدة جنيف عام ١٩٢٥ واتفاقات أخرى لتحريم استخدام الاسلحة الكيميائية والجرثومية . وهناك الآن دول عديدة تملك أسلحة كيميائية في مقدمتها الولايات المتحدة الامريكية والاتحاد السوفييتي وفرنسا والصين وإسرائيل وإثيوبيا وتايلند وبورما وتايوان وكوريا الشمالية وفيتنام ...، ومن الدول العربية العراق وليبيا وسورية ومصر وغيرها .

تكون المواد السامة المستخدمة في صنع الاسلحة الكيميائية غازية غالباً ، ولكنها قد تكون سائلة سريعة التبخر ، وتكون في حالات نادرة صلبة .

يتم استخدام الاسلحة الكيميائية بأشكال متعددة منها :

- إطلاقها في الفضاء أو رشها على الارض بواسطة الطائرات .
- إطلاقها بواسطة قذائف أو قنابل مدفعية أو صاروخية .
- دس السموم في مناطق حساسة مثل مصادر المياه .

وهي تدخل الجسم عن طريق الفم أو ملامسة العيون أو الاغشية المخاطية أو الجهاز التنفسي أو الجلد .

تقسيم الاسلحة الكيميائية إلى أنواع بحسب طبيعة تأثيرها :

- المواد المسيلة للدموع .
- المواد الخانقة والمعطلة .
- مسممات الدم .
- مسببات القروح .
- غازات التقيؤ .
- المواد المسببة للهلوسة .
- غازات الاعصاب .
- مواد أخرى عضوية أو غير عضوية .

سنتناول بالتعريف هنا أهم المركبات التي تنتمي لكل صنف ، وأهم خصائص هذه المركبات . علماً أن الدراسة المفصلة للأسلحة الكيميائية تتطلب إطاراً أوسع من مجال هذا الكتاب .

أ - الغازات المسيلة للدموع Tear Gases :

تكون هذه المواد غالباً مشتقات هالوجينية α للكيتونات والإسترات ، أو هاليدات بنزيل . وهي تسيل دموع الإنسان بشدة وتصيبها بحرقة تعيق المصاب عن التصرف السليم . ومن أهمها المركبات التالية :

obeikandl.com

Chloroacetone	كلورو الاسيتون
Chloroacetophenone	كلورو الاسيتوفينون
Xylyl Bromide	بروميد الزايليل
Benzyl Bromide	بروميد البنزيل
Bromomethyl Ethyl Ketone	بروموميثيل إثيل الكيتون
Bromoacetone	برومو الاسيتون
Ethyl Bromoacetate	برومو خلات الإثيل
Iodoacetone	يودو الاسيتون
Ethyl Iodoacetate	يودو خلات الإثيل
Benzyl Iodide	يوديد البنزيل
Bromobenzyl Cyanide	سيانيد برومو البنزيل
Acrolein	الاكرولئين

ب - الغازات الخانقة والمعطلة Choking Gases :

هي غازات تخرب الجهاز التنفسي أو تحل محل الهواء فيختنق الإنسان . وهي ذات تأثير سام أيضاً . ومن آثارها السريعة التهاب الرئة والعينين والكحة الشديدة والدموع الغزيرة والضيق في التنفس . ومعظم هذه المواد مشتقات كلورية للإيثرات والحموض ، أو لمركبات ألكيل الزرنيخ.

وأهمها المركبات التالية :

Chlorine	الكلور
Methylsulfuryl Chloride	كلوريد مثيل السلفوريل
Chloromethyl Chloroformate	كلورو فورمات كلورو المثيل
Ethylsulfuryl Chloride	كلوريد إثيل السلفوريل
Dimethyl Sulfate	كبريتات ثنائي المثيل
Perchloromethyl Mercaptan	فوق كلورو مثيل المركبتان
Phosgene (CG)	الفوسجين
Diphosgene	ثنائي الفوسجين
Chloropicrin	كلورو البيكرين
Phenylcarbylamine Chloride	كلوريدالفنيل كربيل أمين
Phenyldichloroarsine	فنيل ثنائي كلورو الزرنيخ
Ethyldichloroarsine	إثيل ثنائي كلورو الزرنيخ
Phenyldibromoarsine	فنيل ثنائي برومو الزرنيخ
Dichloromethyl Ether	ثنائي كلورو مثيل الإيثر
Dibromomethyl Ether	ثنائي برومو مثيل الإيثر

ج - مسممات الدم Blood Poisons :

وهي مركبات توقف عمل أنزيمات الاكسدة في الخلايا ، وتؤدي في

البدء إلى أعراض اختناق وحاجة إلى الهواء ، ويعدها إلى الموت إذا لم يتم علاج سريع لها . ومنها المركبات التالية :

سيانيد الهيدروجين	Hydrogen Cyanide (AC)
بروميد السيانوجين	Cyanogen Bromide
كلوريد السيانوجين	Cyanogen Chloride (CK)

د - مسببات القروح Blister Agents :

وهي أشهر وأكثر الاسلحة الكيميائية انتشاراً الآن ، وقد استخدمت ابتداءً من الحرب العالمية الثانية . وهي غالباً إما مركبات زرنيخ عضوية هالوجينية أو غازات خردل . وغازات الخردل Mustard Gases المشهورة هي إما مركبات كبريت عضوية هالوجينية لها رائحة البصل أو الثوم (الغازات H و HQ و HT) ، أو مركبات نتروجين عضوية هالوجينية لها رائحة السمك أو الصابون (مثل الغاز HN_3) . وهي تسبب تقرحات وبثور مؤلمة جداً على الجلد وخاصة على الجروح ، كما تؤدي إلى التهاب وتورم وألم في العينين ،مصحوبة بعطش شديد وكحة متواصلة بسبب التهاب الجهازين التنفسي والهضمي . وتؤدي هذه المواد إلى الموت إذا كان التعرض لها بنسبة عالية أو إذا لم تعالج بسرعة .

إن من أهم مسببات القروح المركبات التالية :

كلورو فينيل ثنائي كلورو الزرنيخ Chlorovinyl dichloroarsine

مثيل ثنائي كلورو الزرنيخ Methyl dichloroarsine

ثنائي برومو مثيل السلفيد Dibromomethyl Sulfide

غازات الخردل وهي :

(١) ثنائي(β- كلورو إثيل)السلفيد

Bis(β–Chloroethyl)Sulfide (H)

$Cl\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}S\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}Cl$

(٢) ١,٢- ثنائي (β- كلورو إثيل ثيو) الإيثان

1,2–Bis(β–Chloroethylthio)ethane (HQ)

$Cl\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}S\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}S\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}Cl$

(٣) ثنائي (β- كلورو إثيل ثيو إثيل) الإيثر

Bis (β–Chloroethylthioethyl) ether (HT)

$ClCH_2\text{-}(CH_2\text{-}S\text{-}CH_2)_3\text{-}CH_2Cl$

(٤) ثلاثي (β- كلورو إثيل) الاميـن

Tris (β–Chloroethyl) amine (HN_3)

$Cl\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}N(\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}Cl)\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}Cl$

هـ - غازات التقيؤ Vomiting Gases :

وهي مركبات تؤدي إلى اضطرابات في الجهاز الهضمي وغيره ، وإلى إحساس مستمر بالحاجة إلى التقيؤ ، مما ينتج عنه وهن وتعب للجسم في فترة قصيرة . ومن هذه المركبات :

Diphenyl chloroarsine	ثنائي فنيل كلورو الزرنيخ
Diphenyl cyanoarsine	ثنائي فنيل سيانو الزرنيخ
Ethyl carbazole	إثيل الكربازول
Phenarsazine Chloride	كلوريد الفينارسازين

و - المواد المسببة للهلوسة Hallucinogenic Agents :

وهي مركبات من أنواع المخدرات تسبب اضطرابات نفسية وعصبية، مما يؤدي ألى عدم الاتزان ، وعدم السيطرة على الذات لفترة من الزمن . وهي تشل بذلك القدرة القتالية للجنود المتعرضين لها . ومن هذه المركبات :

Mescaline	المسكالين

البسيلوسين Psilocin

ثنائي إثيل أميد حمض الليسيرجيك Lyserrgic Acid Diethylamide (LSD - 25) .

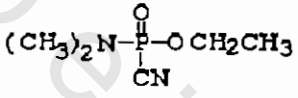
ز - غازات الأعصاب Nerve Gases :

وهي أكثر الاسلحة الكيميائية فعالية وخطراً . وقد اكتشفها الالمان أثناء الحرب العالمية الثانية . وتم بعد ذلك تطويرها على نطاق واسع ، ولكنها لم تستخدم استخداماً واسعاً إلى الآن .

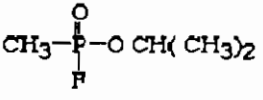
تتكون غازات الاعصاب من إسترات عضوية لحمض الفوسفوريك مرتبط بمجموعات مختلفة قد تكون الفلور . ومن أهمها غازات التابون Tabun (GA)، والسارين Sarin (GB)، والسومان Soman (GD) ، والـ VX . تبطل غازات الاعصاب نشاط الاعصاب بإيقاف عمل الانزيمات التي تتدخل في نقل الإشارات العصبية . ويؤدي التعرض المحدود لها إلى انقباض حدقة العين وانضغاط الصدر وألم الرأس والدوخة والتقيؤ . أما التعرض لمزيد منها فتؤدي لدوخة وحصر نفسي (قلق) وعجز في التنفس وانقباض في الاعصاب ، ويلي ذلك الموت .

إن من أخطر خواص غازات الاعصاب ، إضافة إلى فعاليتها وسميتها العالية ، أنها عديمة اللون والرائحة تقريباً . ولذلك يصعب

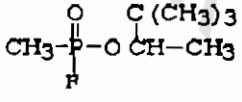
اكتشافها ، على عكس الغازات السامة الاخرى التي يمكن تفاديها قبل التعرض لها بكميات كبيرة . ويسبب صاروخ واحد من السارين إصابة أو موت ثلث السكان غير الحاملين لاقنعة في دائرة قطرها ٢ كم . وهذا يعني إصابة ألوف عديدة إذا كانت منطقة الإصابة مكتظة بالسكان أو الجنود .



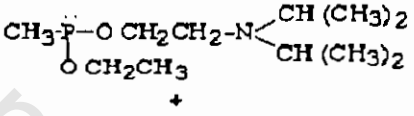
Tabun التابون



Sarin السارين



Soman السومان



Agent (VX) الـ في اكس

وتبلغ الكمية المميتة من السارين حوالي ٠,٥ ميليغرام . ويعتبر غاز الـ VX الذي طوره الامريكيون أخطر من السارين ، لانه يبقى فترة طويلة على الارض ولا يذهب بسهولة مع الريح ، إضافة إلى أن تأثيره سريع جداً .

وفيما يلي تركيب أهم غازات الاعصاب :

يتعلق تأثير الغازات السامة بدرجة حرارة الجو ، وشدة الرياح واتجاهها ، إضافة إلى ارتباطه بفعالية الغاز . وتقلل الحرارة المرتفعة والرياح من مدة بقاء الغاز السام على منطقة الإصابة . لكن ارتفاع درجة

الحرارة يقلل من قدرة الانسان على تحمل القناع الواقي .

تكون معظم الغازات السامة أكالة أو آكلة جداً ، وتحتاج إلى أوعية تخزين خاصة . فغازات الاعصاب تحتاج إلى أوعية مبطنة بالفضة وإلا خربت الاوعية وانتشرت منها . كما أن غازات الاعصاب تتحلل مائياً مع الوقت أو بوجود قلوي ، ولا تعود فعالة بنفس القدر .

لذلك اتجهت الولايات المتحدة الامريكية منذ الستينات ، وتلتها بعض الدول الاخرى إلى استخدام السلاح الكيميائي المزدوج . وهو سلاح يحتوي على مادتين توضعان في القذيفة أو القنبلة أو الصاروخ منفصلين عن بعضهما ، ثم تتحدان عند الاطلاق مكونتان لغاز الاعصاب المميت . وحيث أن أياً من المادتين لا تكون سامة كثيراً بمفردها ، فإن ذلك يسمح بتجنب التعرض لغاز الاعصاب أثناء التخزين والنقل .

ج - مواد سامة اخرى مستخدمة كاسلحة كيميائية :

مثيل - N -(β- كلورو إثيل) - N -نتروزو الكربامات
Methyl-N-(β–chloroethyl)-N-nitrosocarbamate KB-16

فلورو خلات المثيل Methyl Fluoroacetate

أكسيد الكاديوم Cadmium Oxide

كربونيلات الحديد Iron Carbonyls

كربونيلات النيكل Nickel Carbonyls

الريسين Recin : وهو بروتين سام في حبوب زيت الخروع .

٤ - المبيدات :

في محاولات الانسان لرفع مستوى معيشته وصحته ، بدأ باستخدام مواد كيميائية تساعده في تحسين الانتاج النباتي بالقضاء على الحشرات والآفات والاعشاب المعيقة لنمو النبات ، وامتد هذا الاستخدام إلى المنازل لإبادة الحشرات المنزلية . وقد اختيرت لذلك مواد كيميائية افترض أنها سامة أو مبيدة للأنواع الحية المرغوب التخلص منها فقط دون غيرها. ولكن تبين مع انتشار استعمال هذه المركبات السامة أنها تؤثر في حالات كثيرة على الحيوان وحتى الإنسان . والامثلة على ذلك كثيرة ، ولكن المبيد الحشري المسمى ٢،٢- ثنائي (بارا- كلورو فنيل)- ١،١،١- ثلاثي كلورو الإيثان أو الـ D.D.T. أخذ شهرة واسعة في هذا المجال . حيث تبين أنه كاد يؤدي لانقراض عدة أنواع من الطيور الجارحة في الولايات المتحدة الامريكية ، حيث انتشر استخدامه أولاً دون أية قيود ، وذلك عن طريق التأثير عل الانزيمات المساعدة على تشكيل القشرة الكلسية لبيوض هذه الطيور ، وانكسار البيوض ذات القشرة الهشة عند خروجها من الانثى أو قبل الفقس . كماتبين أن مادة الـ D.D.T. ، وخصوصاً المادة الناشئة من تحولها أو أيضها ضعيفة التحلل البيولوجي ، مما جعلها تتراكم في

التربة ثم في مياه المجاري والانهار والبحار وداخل الاسماك ثم في الطيور التي تتغذي عليها . وقد وجدت نسب محسوسة منها في جليد القطب الشمالي ، وأصبحت أنواع حيوانية أخرى مهددة بهذا الخطر المتزايد .

لقد كان رد فعل لدى الحكومة الامريكية والحكومات الغربية الاخرى مناسباً للخطر ، فقد قيدت ثم منعت استخدام الـ D.D.T. والمبيدات الخطرة الاخرى في بلادها ، ولكنها لا تزال تسمح بتصنيعه بغرض تصديره إلى دول العالم الثالث الفقيرة ، التي لا تتردد كثيراً في تفضيل استمرار حياة شعوبها الحاضرة ، وبأية صورة كانت ، بين الخيارين المعروضين أمامها ، وهما زيادة انتاج الغذاء لإطعام الافواه الجائعة ، أو ايقاف الخطر على مستقبل البيئة والصحة العامة للإنسان والحيوان على السواء .

تعود كثير من حوادث التسمم بالادوية الزراعية والمبيدات المنزلية إلى سوء استعمالها ، سواء كان ذلك نتيجة الإهمال أو عدم التقيد بتعليمات الاستخدام التي تلح على نقاط مثل الرش باتجاه الرياح ، وعدم التدخين أثناء الرش ، وعدم أكل الفاكهة والخضار المرشوشة حديثاً ، و غسلها قبل الاستخدام ، وارتداء الالبسة الواقية قبل الرش ، والابتعاد عن مكان الرش... الخ .

	المبيد	LD 50 مغ / كغ	المتسمم	العضو المتسمم
١	الميتاكسيكلور	٦٠٠٠	الماء الانسان	جهاز الهضم
٢	الكلوربيون	١٣٠٠	الفار	"
٣	المالايون	١٠٠٠	"	"
٤	الميازيتون	٧٠٠	"	"
٥	الميثركس	٦٠٠	"	"
٦	الهكسا (الجامكسان)	٢٨٠	الإنسان	"
٧	د . د . ت .	٢٤٠	"	"
٨	اللندان	٢٠٠	"	"
٩	الهبتاكلور	٨٠	"	"
١٠	الدلدرين	٦٥	"	"
١١	الاندوسلفين	٥٨	"	"
١٢	الألدرين	٥٠	"	"
١٣	ثنائي مثيل الباراثيون	١٥ - ٤٧	"	"
١٤	فسفيد الزنك	٤٠	"	"
١٥	الأندرين	٢٠	"	"
١٦	الميزاثيون	١٦	الفار	"
١٧	كبريتات الثاليوم	٦	"	"
١٨	ثنائي إثيل الباراثيون	٥	"	"
١٩	الغب TEPP	٢	"	"
٢٠	الكلوروبيكرين	٢	"	"
٢١	حمض الهيدروسيانيك	١	الانسان	"

	المبيد	LD 50 مغ / ل هواء	المتسمم	العضو المتسمم
٢٢	ثنائي كبريتيد الكربون	١٥	الإنسان	جهاز التنفس
٢٣	بروميد المثيل	٠,٥	"	"
٢٤	أكسيد الإثيلين	٠,١	"	"
٢٥	أملاح السيانيد	٠,٠٣	"	"

	مبيدات الأعشاب	LD_{50} مغ / كغ	المتسمم	العضو المتسمم
٢٦	الهرلدكسون	١٥٥٠	القط	جهاز الهضم
		٢٣٦٠	الأرنب	"
		٥٠٠٠	الهرد	"
		١٠٠٠	الكلب	"
٢٧	السيمازين	٥٠٠٠	الهرد	"
٢٨	الهيراسين	٥٥٠٠ (جلد ولمسة)	الأبقار	"
		٣٠ (بوبا) لمدة ٢٠ يوما)	الأبقار	"
٢٩	الفنزال	١١٠٠٠	الفأر	"
٣٠	الهلانافين	٢٠٠٠٠	الفأر	"

تعطي الجداول المرفقة أعلاه قيم الجرعة المميتة الوسطى LD_{50} لبعض المبيدات الشائعة الاستخدام والجهة المتسممة والعضو المتسمم بها . كما تبين تركيب بعض هذه المبيدات ، حيث يلاحظ من ذلك أن معظم المبيدات هي مركبات عضوية كلورية أو فوسفورية .

٥ - مركبات خطرة أخرى :

نعطي هنا بعض الامثلة الاخرى عن مركبات ذات سمية كبيرة .

أ) الزئبق وأملاحه :

من أهم الاعراض التي تميز الشخص المتعرض للزئبق أو بخاره بكمية محسوسة التهاب اللثة ، والقلق النفسي وارتجاف الاطراف مع

ارتعاش العضلات في مرحلة أكثر تقدماً ، وكذلك اللون البني على الغلاف الداخلي لعدسة العين دون إصابة الرؤية بأضرار . ويؤدي التسمم الحاد بالزئبق إلى الغثيان وآلام في البطن والتقيؤ والإسهال والصداع الشديد إضافة إلى أمراض كلوية . أما التسمم المزمن فمن ظواهره الاضطراب الشديد في الجهاز العصبي (ارتعاش اليدين ، الارق ، فقدان الذاكرة ، السرعة غي الغضب والانفعال ، الشعور بالكآبة ، تخلخل الاسنان ، اللعاب الغزير) ، إضافة إلى التهابات جلدية وإصابات شديدة في الكلى . ويسمح ذلك بمتابعة الإصابة عن طريق تحليل الزئبق في البول ، حيث يجب أن لا يتجاوز ٠,٢ مغ / ل من البول .

من الاخطاء التي تزيد خطورة الزئبق ارتداء الملابس المختبرية الواقية خارج المختبر ، وترك الزئبق المسكوب مهما صغرت كميته ، وتناول الاطعمة والمشروبات في المناطق المعرضة لابخرة الزئبق التي يمكنها المرور إلى الجسم عن طريق الجلد أو الجهاز التنفسي أو الفم .

تعتمد سمية مركبات وأملاح الزئبق على طبيعتها وقابلية ذوبانها في الماء وقابلية تبخرها . ومن المعروف أن مركبات الزئبق ثنائي التكافؤ مثلاً أكثر سمية بكثير من مركبات الزئبق أحادي التكافؤ . ومن أمثلة ذلك كلوريد الزئبق $HgCl_2$ المسمى السليماني ، وأكسيد الزئبق HgO وكلوريد إثيل الزئبق CH_3-CH_2-HgCl وكلوريد فنيل الزئبق

C_6H_5-HgCl وكلوريد ميثوكسي إثيل الزئبق أو السرزان CH_3-O-CH_2-CH_2-HgCl . وتشبه كثير من هذه المركبات في سميتها الزئبق ذاته .

ب) الرصاص ومركباته :

الرصاص ومشتقاته العضوية وغير العضوية مركبات سامة جداً . يؤدي استنشاق غبار الاملاح غير العضوية للرصاص أو ابتلاعها إلى أضرار داخلية بليغة مصحوبة بالتقيؤ والإسهال والانهيار . أما الإصابات المزمنة الناشئة عن تعرض مستمر للغبار بتراكيز منخفضة فإن من أعراضها فقدان الشهية للطعام وشحوب غير طبيعي وفقر دم ومغص وقبض المعدة وزرقة اللثة .

من أكثر مركبات الرصاص سمية سيانيد الرصاص ، وزرنيخات الرصاص ، ورباعي إثيل الرصاص ، ورباعي مثيل الرصاص .والاخيران يستخدمان في رفع عدد أوكتان وقود السيارات ، أي تنظيم احتراقها في المحرك ، ولكنهما يؤديان لتسمم أهم مظاهره ازدياد نسبة الرصاص في الدم وخاصة لدى الاطفال . ولعل هذا هو سبب الحملة التي يقودها أنصار البيئة لتحريم استخدام مركبات ألكيل الرصاص في وقود السيارات واستخدام بدائل له .

ج) الانيلين ومشتقاته وأملاحه :

تعرف كثير من المركبات النتروجينية بقابليتها لتغيير تركيب الدم العادي وتكوين مادة الميثيموغلوبين Methemoglobine التي تحتوي بعكس الهيموغلوبين على الحديد ثلاثي التكافؤ الذي لا يمكنه نقل الاكسجين . ويعتبر الانيلين من الامثلة الشهيرة والاكثر خطورة بين المركبات النتروجينية . يمكن لهذه المادة ومشتقاتها النفوذ بسهولة خلال الجلد السليم إلى الجسم ، ولذلك يجب الاحتراس الشديد عند استخدامها من اللمس أو التعرض للأبخرة أو الابتلاع .

من أهم أعراض التسمم بواسطة الانيلين ومشتقاته وأملاحه الصداع الشديد والنعاس والدوار . أما التراكيز العالية فتسبب التشنج والرجفة والتقيؤ ثم الغيبوبة وتوقف التنفس .

د) مركبات النترو :

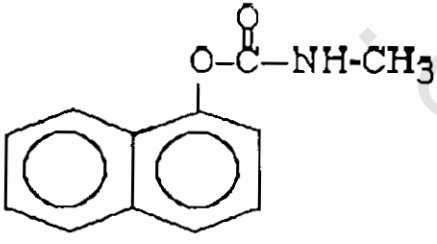
لمركبات النترو العطرية ، وخاصة نترو البنزين ، دور مشابه للأنيلين، لانه يختزل في الجسم إلى الانيلين ويمارس دوره على هذا الاساس . كما أنه يمكن أن يخترق الجلد بسهولة شديدة مثل الانيلين . وعلى هذا فإن أعراض التسمم بنترو البنزين والانيلين متشابهة .

سنتعرض في فصل مقبل إلى الدور المسرطن لهذه المواد .

أما مركبات النترو الاليفاتية مثل نترو الإيثان فإن بخارها يهيج الجهاز التنفسي والعيون وكذلك السائل الذي يمكنه أن يخترق الجلد بسهولة حيث يسبب كما في حالة الابتلاع أضرار كبيرة في الكبد والكليتين .

هـ) ايزو سيانات المثيل :

اكتسب إيزو سيانات المثيل $CH_3-N=C=O$ شهرة عالمية في ٢ ديسمبر (كانون الثاني) عام ١٩٨٤ ، عندما أدى تسرب أطنان منه من أحد الخزانات في مصنع شركة Union Carbide الامريكية للمبيدات في الهند إلى موت آلاف من البشر ، وإصابة آلاف آخرين بإصابات جسيمة.



Sevin السيفين

(1- Naphthyl - N - methylcarbamate)

يصنع هذا المركب في الهند والولايات المتحدة من المثيل أمين والفوسجين . والاخير هو أيضاً مادة سامة جداً استخدمت كغاز سام في الحرب العالمية الاولى . وقد استخدم إيزو سيانات المثيل في بهوبال لتحضير السيفين Sevin (N- مثيل كربامات ١- النفثيل) ، وهو مبيد حشري فعال جداً وقابل للتحلل البيولوجي ، بالتفاعل مع ١- النفثول ، إضافة إلى مبيدات حشرية أخرى اعتماداً على الفعالية الشديدة لإيزو سيانات المثيل ، وقدرته على إضافة الماء وكثير من المركبات الحاوية لزمر OH أو NH_2 . ويظن أن الاصل في ارتفاع درجة الحرارة والضغط اللذان قادا ، مع عطل في الصمامات إلى كارثة بهوبال هو وجود آثار من الماء أكثر من المسموح به في الخزان تفاعلت مع إيزو سيانات المثيل ناشرة حرارة بخرت هذا السائل المتطاير . وقد زاد من تفاقم المشكلة أن بخار المركب أثقل من الهواء مرتين مما جعله ينتشر على سطح الارض في منطقة مكتظة بالسكان .

يتآكل الجلد والعيون بمجرد تماسه مع هذا المركب ، ويؤدي استنشاق بخاره إلى أضرار جسيمة للرئتين ، إضافة إلى أعضاء عديدة أخرى .

لنذكر أن التركيز الحدي المسموح به من هذه المادة لعمال المصانع في الولايات المتحدة كان في وقت الكارثة ٠,٠٢ جزءاً من المليون ppm في

الهواء . فإذا علمنا أن هذا التركيز للفوسجين ذاته يبلغ ١ . ٠ جزءاً من المليون ، أدركنا أبعاد خطورة هذه المادة .

أخيراً فإنه إذا كانت الحكومات والشركات الصناعية مهتمة جداً جداً بالحاجة إلى الامان والوقاية من أخطار المواد الخطرة ، فإن حادث بهوبال جعل القضية أكثر إلحاحاً وأهمية بكثير .

و) خلات الفينيل :

خلات الفينيل Viny! Acetate (CH_3-COO-CH=CH_2)

سائل عديم اللون يغلي في الدرجة ٧٢,٢ م ، وهو قليل الذوبان في الماء وشديد القابلية للالتهاب . وقد اكتسب هذا المركب شهرة في دولة الامارات العربية المتحدة بعد غرق السفينة عجمان غلوري المحملة بعدد من البراميل الحاوية لهذا المركب قبالة شاطىء الإمارات ، ثم بدء تسرب هذه البراميل من السفينة الغارقة إلى شواطىء الإمارات الشمالية في الخليج مسببة اضطراباً وقلقاً وبلبلة ، خصوصاً مع التصريحات المتناقضة حول خطر هذه المادة على الصحة العامة .

إن بخار هذا السائل له تأثير مخدر ومهيج للجهاز التنفسي والعيون عند التعرض له بتراكيز عالية ، كما أنه يكون مؤذياً إذا دخل عن طريق الفم . ويعود ذلك إلى فعله المزيل للشحوم . ومن تأثيراته الاخرى أنه يؤدي

للاختناق بحلوله مكان الهواء . أما تأثيره على الاسماك فيشبه تأثير الهيدروكربونات في البترول . ويعتبر خلات الفينيل من المركبات ذات السمية المعتدلة .فهو يعطى القدرة السمية ١ من بين ٣ درجات حسب ساكس Sax عام ١٩٧٥ .كما أنه يعطى القرة السمية ٢ من بين ٤ درجات حسب الـ NFPA ، وهذا عائد إلى فعاليته بسبب وجود رابطة مزدوجة فيه . ويدل ذلك أن المركب يمكن أن يسبب الاذى ، وأنه يحتاج عندئذ لمعالجة سريعة لإزالة المخاطرالناشئة عنها .

أخيراً فإن التركيز الحدي المسموح به من أبخرة خلات الفينيل في هواء الاماكن المأهولة هو ٠.٢ مغ / م٣ ، بينما هو في المصانع ١٠ مغ/م٣ .

الفصل الخامس :

السرطان وآليات الإصابة به

١ - مقدمة تاريخية :

من منا لم يسمع أو لم يقلق تجاه ذلك الخطر المجهول والمفاجيء الذي يحط رحاله بين الناس من حولنا من حين لآخر ... ذلك المرض الذي استفحل في الدول الصناعية المتقدمة ، حتى أصبح في وقت من الأوقات السبب الأول للوفاة في ألمانيا بواقع مسؤوليته عن واحدة من كل ١٥ حالة وفاة ، وحتى أصبح يلي في العالم أمراض القلب والأمراض السارية في قائمة مسببات الموت ؟

يتعرض الأفراد في الدول الصناعية خاصة لمواد كيميائية مؤذية ، وبازدياد التصنيع خلال العقود الماضية ازدادت مخاطر الإصابة بالسرطان بوضوح ، مما جعل المختصين يعتبرون أن السرطان هو النتيجة غير المباشرة للتصنيع ، مع أنه كان معروفا قبل ٥٠٠٠ سنة في طب قدماء المصريين والهنود .

يقف الكيميائيون والمتعاملون مع المواد الكيميائية في مقدمة المعرضين لمخاطر السرطان . وقد أيد تحليل للجمعية الكيميائية الامريكية بإحصاء لحالات السرطان بين عامي ١٩٤٨ و ١٩٦٧ هذا الافتراض . إذ تبين أن وفيات السرطان عند الكيميائيين هي أكثر بـ ٢٥ ٪ من المعدل الإحصائي المتوقع .

تعود أول حالة سرطان واضحة وناجمة عن تاثير المواد الكيميائية إلى عام ١٧٧٥ ، حيث ميز الفيزيائي بوت Pott سرطان منظفي المداخن Chimney Sweeper's Cancer الذي أصاب عدداً من منظفي المداخن الإنكليز أثناء عملهم في مداخن ضيقة ، نتيجة لتلامسهم المباشر مع القير والسخام . وقد أظهرت التحريات أن هذا النوع من السرطان (السرطان الجلدي لغشاء الصفن) يحدث بصورة أساسية من الهيدروكربونات العطرية Aromatic Hydrocarbons .

كذلك وضحت العلاقة بين مادة الزرنيخ وأشكال مختلفة من السرطان في بداية القرن التاسع عشر . حيث أوضح بارس Pars عام ١٨٢٠ أن تضرر جلد العاملين والحيوانات في مصاهر ومسابك النحاس والقصدير في مدينة كورن وول Cornwall كان بواسطة التسمم بالزرنيخ . وقد أكد هوشنسون Hutchinson عام ١٨٨٠ حدوث إصابات بسرطان الجلد نتيجة العلاج الطبي بمواد تحتوي على الزرنيخ. وبالرغم من تلك الوقائع ،

فإن مزارعي الكروم والتبغ والفواكه الألمان كانوا يستعملون مركبات تحتوي على الزرنيخ حتى سنة ١٩٢٥ للسيطرة على الآفات الزراعية . ولم يحرم استخدام الزرنيخ في هذا المجال إلا عام ١٩٤٢ ، بعد اكتشاف إصابات بسرطانات أخرى لعمال مزارع الكروم .

تتالت بعد ذلك اكتشافات الإصابات السرطانية المهنية عند العاملين في الصناعات الكيميائية المختلفة ، مثل معامل القير والأصباغ والمشاريع الصناعية التي تستعمل أو تنتج مركبات البيريليوم والكوبالت والنيكل والكرومات والأسبستوس .

فقد لاحظ الجراح الألماني رهن Rehn عام ١٨٩٥ في مدينة فرانكفورت ازدياد إصابات سرطان المثانة عند عمال مصانع الأنيلين ، وظن أن هذه الأورام الخبيثة تنشأ عن هذه المادة ، فأطلق على المرض سرطان الأنيلين . ولكن ظهر بعد ذلك أن سبب سرطان المثانة هو أمينات عطرية أخرى مثل β- النفثيل أمين β-Naphthyl amine والبنزيدين Benzidine وثنائي فنيل الأمين Diphenyl amine .

كذلك فقد وجد أن أصبغة الآزو Azo-dyes تسبب السرطان ، وكان أول أمثلة ذلك الصباغ الأصفر للزبدة Butter-yellow وهو ٤-ثنائي مثيل أمين آزو البنزين 4-Dimethylaminoazobenzene .

إن مشكلة السرطان المهني لازالت موجودة حتى اليوم ، بل إنها تتفاقم باستمرار رغم الاحتياطات العديدة في المختبرات والمصانع . وقد ظهرت حديثا بوضوح عند اكتشاف مايسمى مرض كلوريد الڤينيل Vinyl chloride illness في مصانع هذه المادة التي تنتج منذ الثلاثينات على نطاق واسع (حوالي ١٠ ملايين طن سنويا في الوقت الحاضر) لإنتاج متعدد كلوريد الڤينيل Polyvinyl chloride (PVC).لقد اعتبر كلوريد الڤينيل لمدة طويلة غير مؤذٍ أو معتدل السمية (مجرد مخدر أو منوم ومهيج للعيون) . ولكن تبين منذ بداية الستينات أنه مؤذٍ ، وأحصي بنهاية عام ١٩٧٤ في ألمانيا الغربية ١٦٧ حالة بين العاملين في مصانع الـ PVC ، تضمنت أعراضا مرضية قاسية مثل ضمور وتوقف نمو العظام في أصابع اليدين والرجلين ، وانخفاض عدد كريات الدم ، وتداخل عمليات الرئة والطحال ، ودوالي الحنجرة ، وتليف الكبد . وأحصيت ٣٠ حالة سرطان كبد في مصانع الـ PVC في العالم حتى عام ١٩٧٤ . ولهذا خفض مستوى الحد الأقصى للتركيز المسموح به Threshold Limit Value (TLV) تدريجيا في ألمانيا ابتداءً من عام ١٩٦٦ ،حيث أنقصت أولاً من ٥٠٠ إلى ٥٠ جزء من مليون (ppm) في الهواء . وبعد أن تبين أن هذا التركيز لا يزال يسبب السرطان عند الحيوان ، فقد خفض مرة أخرى وأصبح ١ جزء من مليون في كل من الولايات المتحدة والسويد ابتداء من عام ١٩٧٥ ، بينما خفضت

الترويج انتاجها من الـ PVC ، وأوقف غيرها من الحكومات العمل في المصانع الخاصة للـ PVC .

ويحذر الكيميائيون والمختصون الآن من استعمال مادة الـ PVC في الإنشاءات أو لحفظ المواد الغذائية وماشابهها ، خصوصا وأن بعض المصانع لاتنتج المادة نقية ١٠٠ ٪ بل حاوية لكلوريد الفينيل الذي يتحرر فيما بعد ، وخاصة في بلادنا الحارة .

لقد اقتصرت معظم تجارب الخاصة المسرطنة للمواد الكيميائية على الفئران والجرذان باعتبارها أكثر حساسية وملاءمة لهذه التجارب. ولكن حيوانات أخرى مثل الأرانب والكلاب والخنازير والقردة والأسماك استخدمت في بعض الاختبارات . وهذه التجارب باهظة الكلفة ، وتكلف حوالي ١٠٠ الف دولار للمادة عند تجربتها على ٥٠٠ حيوان . كما أن من الصعب إجراءها على عدد كبير من المواد .وإضافة إلى ذلك لايمكن تجربة هذه المواد على الانسان . لذلك يعتبر ضروريا البحث عن طرق رخيصة وسريعة لفحص آلاف المواد الكيميائية التي نستعملها الآن أو التي سنستخدمها في المستقبل .

لقد أصبح معروفا الآن أن هنالك حوالي أربعة آلاف مادة مسرطنة للانسان أو الحيوان أو يشتبه بانها مسرطنة . ينتمي معظم هذه المواد إلى أنواع المركبات التالية :

أ - من المركبات العضوية :

الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (٤ - ٦) وأشباهها غير المتجانسة ، والأمينات العطرية ، ومركبات النتروزو ، ومركبات الآزو ، والهيدرازينات ، ومركبات الآزوكسي ، وعوامل الألكلة مثل Me_2SO_4 و CH_3I و CH_2N_2 .

ب - من المركبات غير العضوية :

مركبات الزرنيخ ، والبيريليوم . والكادميوم ، والكوبالت . والنيكل ، والتيتانيوم ، والكرومات ، والاسبستوس .

٢ - تعريف السرطان :

يعرف السرطان بانه شذوذ الخلايا Cellular Abnormality أو بتعبير آخر فقدانها العمل الوظيفي الطبيعي في العضو المصاب ، أو تزايد عدم السيطرة على هذا العمل المترافق مع ظهور ورم « خبيث » أو أنسجة سرطانية . يكون السرطان في البداية موضعيا ثم يتطور الورم ويتوغل محطما النسيج المحيط ، منتشرا أحيانا إلى الاعضاء الاخرى . وهو تنامي هذا الورم الخبيث وتاثيره المعيق للعمل الطبيعي

للأعضاء وتحطيم الخلايا التي لا تقبل التجدد وزوال المواد المغذية تموت الخلايا ، ومن ثم الكائن الحي .

هناك تعريفات أخرى للسرطان ، نذكر من بينها تعريف تعريف هارفي R.G.Harvey ، والذي يقول أن الإصابة بالسرطان هي نتيجة حادث نادر يحصل أثناء العمل المعتاد في الجمل الحية لإزالة التسمم بفعل الانزيمات Enzymatic detoxication ، حيث يتشكل أيضة فعالة ، ولكن ثابتة إلى حد يسمح لها بالاستمرار بالوجود مايكفي من الزمن لالكلة مستقبل حساس في الخلايا ، يفترض أنه الـ D.N.A ، في منطقة جزيئية مناسبة معرضة تحولات فجائية غير ميتة ينتج عنها آخر الامر ورم سرطاني .

يحصل تحول الخلايا الطبيعية إلى سرطانية على مرحلتين أو على ثلاثة مراحل . يتم هذا التحول في النماذج البنية على مرحلتين مروراً بالحالتين التاليتين :

أ) **الحالة الإبتدائية** : وهي تحول الخلية الطبيعية إلى خلية ماقبل سرطانية ، أو خلية متورمة كامنة ، بتاثير المواد المسببة للسرطان Carcinogenics . وهذه المرحلة هي مرحلة غير عكوسة أو غير انعكاسية Irreversible ، أي أن تاثيرها يكون دائما .

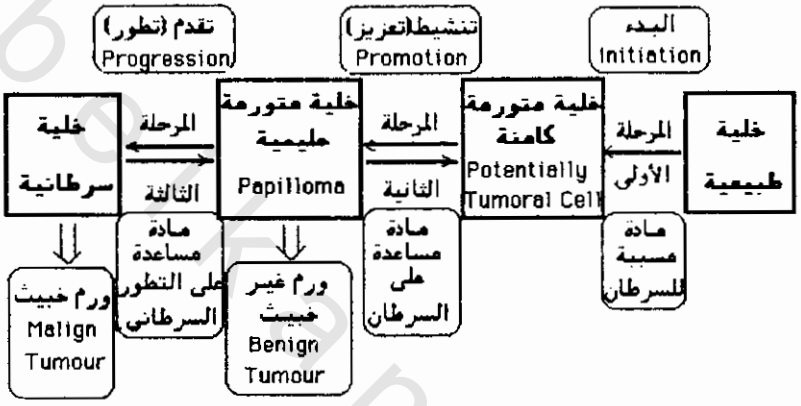
ب) الحالة المتطورة أو المتقدمة : وهي تحول الخلية ما قبل السرطانية إلى خلية سرطانية بتاثير مواد مساعدة على السرطان Co-carcinogenics . وهي مواد يمكن أن تشابر على دورها هذا لمدة خمسين عاما في غياب المادة المسببة للسرطان . وهذه المرحلة عكوسة Reversible ، ولذلك لا يصاب جميع من مر بالمرحلة الأولى للسرطان . كما أنه قد تمضي فترة طويلة بعد التعرض للمادة قبل أن تظهر علامات الإصابة بالسرطان .

مخطط الإصابة بالسرطان على مرحلتين

يكون تاثير المواد المسببة للسرطان تراكميا ، إذ ليس من الضروري أخذ جرعة واحدة كبيرة تؤدي للإصابة به . بل يمكن التعرض للإصابة باخذ كميات صغيرة تترك آثارها الدائمة في الجسم ويضاف لها تاثير كميات صغيرة أخرى حتى استفحال المرض . لهذا لا توجد سلامة محددة من المواد المسببة للسرطان .

يمكن أن يمر تسرطن الخلايا بتورم غير خبيث في عدد من الحالات السرطانية ، كما هو الحال مع نموذج

سرطان الجلد عند الجرذ وعدد من حالات السرطان عند الإنسان . يحصل السرطان عندئذ حسب هيكر Hecker على ثلاث مراحل كالتالي :



مخطط المراحل الثلاثة للإصابة بالسرطان
(نموذج هيكر Hecker Model)

إن أسباب السرطان متنوعة ، فمنها الطفرات الوراثية أو التحولات الفجائية Mutations ومنها المواد الكيميائية المسرطنة ، والإشعاعات المؤينة (المشردة) ، والفيروسات ، ... إلخ . ولكن مهما كانت أسبابه فإنه يتضمن أصلاً خطوات متشابهة يتم فيها تنشيط مسببات التورم الأولية Proto-oncogenics كي تتحول إلى مسببات تورم Oncogenics عن طريق طفرات ، وتؤدي

مسببات التورم هذه في المرحلة الثانية للإصابة بالسرطان .

تختلف المواد الكيميائية المسرطنة في تاثيراتها . فالقير Tar والزفت Pitch والنفط Oil وبعض الزيوت والزرنيخ تؤدي إلى الإصابة بسرطان الجلد Skin cancer ، وبعض الأمينات العطرية تسبب الإصابة بسرطان المثانة Bladder cancer والمجاري البولية ، والأسبستوس (الصوف الصخري) والنيكل وبعض الغازات والأبخرة تؤدي للإصابة بسرطان الرئة Lung cancer ، أما البنزين فيؤدي للإصابة بابيضاض الدم (اللوكميا) Leukamia أو سرطان خلايا الدم Blood cancer .

٢- الآلية الكيميائية للإصابة بالسرطان - كيفية عمل المادة الكيميائية المسببة للسرطان :

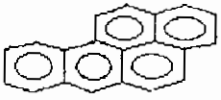
لايوجد آلية كيميائية واحدة للإصابة بالسرطان . ولكن هناك افتراضا عاما بان المادة الكيميائية المسببة للسرطان تنتج ورما خبيثا في مكان الملامسة مباشرة يكون عاملا مسببا للسرطان . ويكون من الضروري غالبا تنشيط المادة الكيميائية المسرطنة قبل أن تصبح مؤثرة. مثال ذلك أن المواد العضوية تتحول إلى إلكتروفيلات (محبات الكترونات) Electrophiles مؤلكلة Alkylating أو مؤرية Arylating للمواد المكونة للخلايا ،

وخصوصاً للـ DNA (Deoxyribonucleic acid) في كروموسومات الخلايا ، مؤدية إلى تغيرات عكوسة في شيفرة الوراثة Genitic code في الخلايا ، حيث تصبح بعد ذلك مستقلة في التنظيم والسيطرة على الخلية وقادرة على تكوين أورام خبيثة .

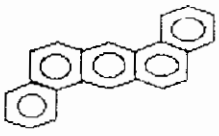
سنوضح هنا كيفية عمل المواد الكيميائية العضوية المسببة للسرطان من خلال دراسة عدد منها :

أ) الهيدروكربونات العطرية :

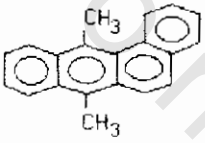
تأتي الهيدروكربونات العطرية في مقدمة المواد المعروفة أو المشتبه بتأثيرها السرطاني . وقد ذكرنا من قبل أن البنزين هو مادة مسرطنة شديدة الخطورة . لكن الهيدروكربونات متعددة الحلقات العطرية Poly nuclear aromatic hydrocarbons تعتبر من الحالات التي درست أكثر من غيرها . من أهم المواد المسرطنة التي تنتمي إلى هذا النوع :



Benz [a] pyrene



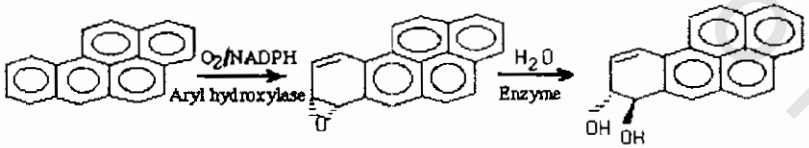
Dibenz [a,h] anthracene



7,12- Dimethylbenz [a]-anthracene

تنتج مثل هذه الهيدروكربونات عن الاحتراق غير الكامل للمواد العضوية مثل الفحم والبترول والتبغ . ولذلك تكون واسعة الانتشار ، وقد تكون سببا مهما من أسباب السرطان عند الإنسان . ولهذا جرت دراسات واسعة حول طريقة تاثيرها .

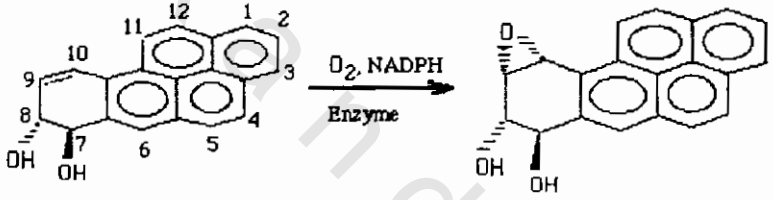
كما هو الحال مع المواد السامة ، يميل الجسم للتخلص من المواد الاجنبية (الغريبة) المسرطنة غير الذوابة في الماء بتحويلها إلى مادة أكثر ذوبانا فيه . ومن المعروف الآن أن الهيدروكربونات العطرية تتاكسد أنزيميا مع إدخال زمرة (مجموعة) هيدروكسيل Hydroxyl (كتحول البنزين إلى فينول بفعل الأنزيم أريل هيدروكسيلاز Aryl hydroxylase ، مما يساعد على طرحه خارج الجسم) ، وهي عملية غير خطرة . كما يمكن أن تتاكسد أيضا مع تشكيل أكسيد أرين Arene oxide ، أي إيبوكسيد فقدت فيه عطرية Aromaticity إحدى الحلقات في المركب بالضرورة . مثال ذلك تفاعل بنز [a] البايرين المعروف تشكله في المداخن منذ قرنين :



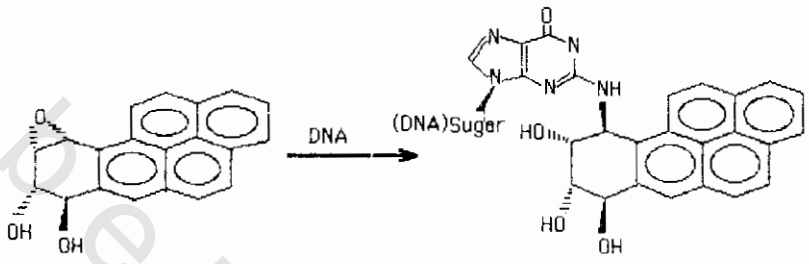
Benz [a] pyrene — Benzo [a] pyrene -7,8 - oxide — Benzo [a] pyrene - 7,8 -dihydro 7,8 -diol

يميل الإيبوكسيد بشدة ، بسبب الإجهاد الزاوي في الحلقة الثلاثية ، إلى التبادل النوكليوفيلي Aromatic substitution الذي يفتح الحلقة الإيبوكسيدية معطيا وظيفتين إحداهما أو كلتاهما هيدروكسيل . ويحصل في الجمل الحيوية على ديولات Diols بواسطة الانزيمات عن طريق التفاعل مع الماء الذي يمثل دور النوكليوفيل .

تخضع بعض الديولات التي يحصل عليها بهذه الطريقة لتاكسد لاحق لإعطاء إيبوكسيد ثنائي الهيدروكسيل ، كالتالي :



يعتقد أن المادة الأخيرة هي المادة المسرطنة الحقيقية ، حيث أنها تتفاعل مع زمر الأمين على حلقات الغوانين Guanine غير المتجانسة في الحموض النووية DNA ، مستفيدة من كونها مثل الغوانين والقواعد الأخرى في الـ DNA مستوية البنية ، ويمكنها بالتالي الدخول بسهولة بين القواعد المتجاورة في اللولب المزدوج Double helix للـ DNA :



إن اتصال الهيدروكربون العطري الضخم بالغوانين هو تفاعل غير عكوس . وهذا التفاعل يمنع الغوانين من الدخول في اللولب المزدوج للـ DNA ، ومن تشكيل رابطة هيدروجينية مع السايتوزين Cytosine في الجهة المقابلة ، يؤدي ذلك إلى تحول حيوي على الصبغيات أو المورثات بشكل طفرات وراثية أو تحولات فجائية Mutations ، يزداد معها التعرض للإصابة بالسرطان (سرطان الصفن أو غشاء الخصيتين Scrotum cancer وسرطان الجلد) .

للملاحظ أن هيدروكربونات عطرية أخرى مثل النفثاسين Naphthacene ليست مسرطنة ، مما يدل على أن التأثير المسرطن للمادة الكيميائية لا يرتبط بالضرورة بنوع المركب وإنما ببنيته .

Naphthacene

ب) مركبات نتروزو الامينات :

لقد كان معروفاً منذ زمن أن ثنائي ألكيل نتروزو الامينات هي سموم حادة . ويبين ذلك بوضوح استخدام N - نتروزو ثنائي مثيل الأمين N- Nitrosodimethylamine في عديد من الجرائم كمادة سامة .

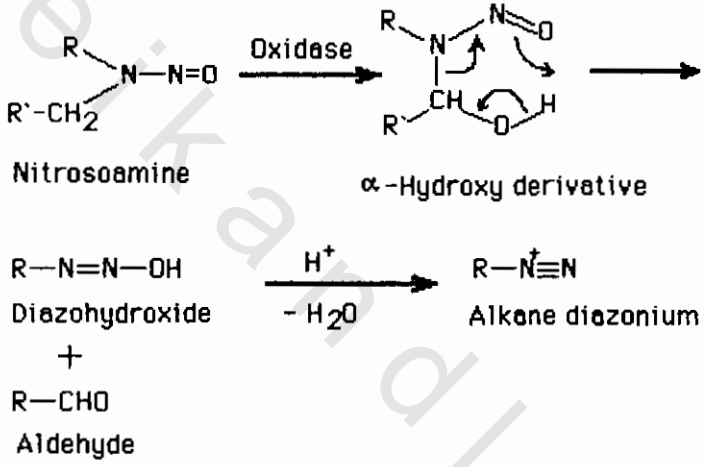
تعتبر نتروزو الامينات أيضاً من المركبات التي تعطي ، عبر تحولات كيميائية وحيوية معروفة ، أيضات هي عبارة عن عوامل مؤلكلة قوية . يمكن لهذه الايضات ، مثلما رأينا في حالة الإيبوكسيدات العطرية، أن ترتبط بقواعد اللولب المزدوج لـ DNA في أماكن معينة من الجسم مؤدية إلى إصابات سرطانية وتحولات وراثية . ومن المعروف أن هذه المواد تسبب سرطانات في الكبد والكلى والرئة عند الفيران . غير أنها لا تسبب سرطانات في الدماغ أو الامعاء ، مع أن الاعضاء الاخيرة تمتصها . وهذا يعني أن النتروزو أمينات يتم أيضها ضمن الاعضاء القابلة للإصابة إلى مركبات أخرى تكون هي المسرطنات الحقيقية .

لقد اكتشفت نتروزو الأمينات في دخان التبغ ، وفي نترتيت اللحوم المحمضة ، وفي السمك المدخن . وهي تتشكل بسهولة بنترزة الأمينات الثانوية والثالثية Nitrosation of secondary and tertiary amines ، والأميدات Amides واليوريثانات Urethanes . وحيث أن الجسم والأغذية تحتوي على أمينات ثانوية عديدة تصل في المعدة إلى حوالي مائة ، وأن أملاح النتريت Nitrite salts التي تستخدم في النترزة من المواد التي يكثر استخدامها في حفظ الأغذية وصبغ اللحوم وخاصة المثلجة منها ، إضافة إلى أنه يسهل تشكلها من أملاح النترات Nitrate salts الموجودة في الخضروات وماء الشرب ، فإن من الممكن تصور المخاطر التي يتعرض لها الإنسان ، بقصد أو بغير قصد ، مع تشكل حمض النتروز (HNO_2) Nitrous acid في المعدة ، التي تعمل في وسط حمضي كافي القوة (pH=1) ، وأهمية إقلال هذه المخاطر بتجنب استعمال أو استهلاك ما يولد النتروزو أمينات إلى أقصى حد ممكن ، كإنقاص النتريتات والنترات في الغذاء ما أمكن ، وعدم أخذ العقاقير مع الغذاء في وقت واحد قدر الإمكان .

يتم التأثير المسرطن لمركبات النتروزو بقيام الأنزيمات المؤكسدة Mixed fuction oxidases بإدخال زمرة هيدروكسيل في الموقع α من زمرةالنتروزو أمين محل ذرة هيدروجين . وهذه خطوة تنشيطية يتبعها تفكك للمركب الهيدروكسيلي الناتج إلى ألدهيد Aldehyde

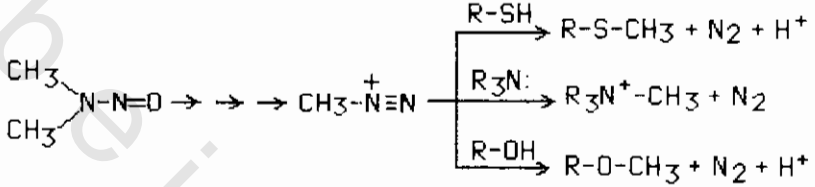
وديازو هيدروكسيد Diazohydroxide . لا يلبث الأخير أن يتفكك بدوره معطيا أيون (شاردة) ألكان ديازونيوم Alkane diazonium ion . يوضح المخطط التالي هذه الخطوات :

يعتبر أيون (شاردة) ألكان الديازونيوم عامل



الكلة قوي جدا ، يمكنه مهاجمة المواضع النوكليوفيلية المتوفرة له ، ومنها الزمر النوكليوفيلية في الأنزيمات والحموض ريبو النووية Ribonucleic acids (RNA) . وقد وجد كمثال على ذلك أن أيون ميثان الديازونيوم الناشىء عن دخول وأيض N -نتروزو ثنائي مثيل الأمين يقود إلى ألكلة (مثيلة Methylation) على الأكسجين أوالنتروجين أو الكبريت في النوكليوفيل ، وكما يوضح المخطط التالي :

تقطع هذه القواعد المثيلية نماذج الشيفرة الصحيحة في اصطناع البروتينات مؤدية إلى خلايا ذات



طفرات وراثية أو تحولات فجائية ، وأحيانا إلى خلايا مصابة بالسرطان .

يلاحظ أن دخول زمرة الهيدروكسيل في مواقع أخرى غير الموقع α لايؤدي إلى تاثير مسرطن ، بل إلى إزالة السمية عن طريق تشكيل إستر غلوكورونى Glucuronic ester ذواب في الماء ويؤكد ذلك أن النتروزو أمينات التي لا تحوي هيدروجين α مثل $t\text{-}Bu_2N\text{-}N=O$ أو $Ph_2N\text{-}N=O$ ليست مسرطنة .

أخيراً فإنه لم يمكن في الواقع حتى الآن إثبات التاثير المسرطن لمركبات النتروزو أمينات على الإنسان، ولكن يعتقد أن عدداً من السرطانات التي يصاب بها ناتجة عنه ، لأنه لا يوجد نوع حيواني قادر على مقاومة التاثير المسرطن لمركبات النتروزو أمينات .

ح) الأمينات والأميدات ومركبات الآزو :

لقد رأينا أن الأمينات الثانوية يمكن أن تتحول في الجسم عند دخول أملاح نتريت أو نترات إليه إلى مركبات نتروزو أمينات ذات تاثير مسرطن .

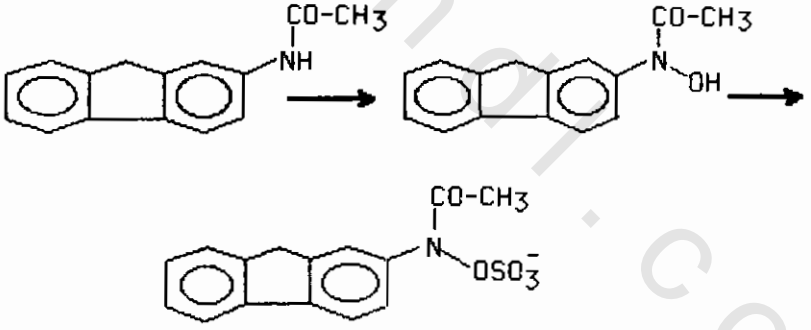
يمكن للأمينات والأميدات ومركبات الآزو أن تؤدي إلى تاثير مسرطن عن طريق دخول زمرة هيدروكسيل إليها بواسطة الانزيمات المؤكسدة ، كما وضحنا في حالة الهيدروكربونات العطرية . ويمكن هنا أن نميز حالتين :

الأولى : دخول الهيدروكسيل على إحدى ذرات الكربون . وهذه عملية ليست خطرة بشكل عام ، بل تؤدي إلى سهولة طرح المادة الأجنبية خارج الجسم ، بعد تشكل إستر غلوكورونى .

الثانية : دخول الهيدروكسيل على ذرة النتروجين. وهذه عملية خطرة ، إذ أن الإستر الغلوكورونى المتشكل يمكن أن يعود فيعطي المادة الاصلية (الهيدروكسيل أمين) في المثانة ، بواسطة الانزيم غلوكورونيداز Glucoronidase الموجود في البول ، وهذا يمكن أن يسبب سرطان المثانة . لنلاحظ أن الجرذان ، التي لايوجد فيها هذا الانزيم ، لا تتاثر بالأمينات العطرية بسرعة .

لنذكر كمثال على المركبات المسرطنة من هذا النوع المركب التالي :

وهو مبيد للآفات تبين قبل إطلاقه للأسواق أنه ذو تاثير مسرطن لإمكانية دخول هيدروكسيل على النتروجين وتشكيل ملح كبريتات يعتبر المسرطن الحقيقي بعد ذلك :



obeikandl.com

تصنيفات المواد المسرطنة

١ - طرق التعرف على المواد المسرطنة :

يمثل تحديد المنتجات المسرطنة ، أو تلك التي يمكن أن تكون مسرطنة ، عنصراً من أهم عناصر الوقاية من السرطان عند العاملين في الأماكن التي يتم فيها التعرض للمواد الكيميائية . تساهم عدة منظمات عالمية، مهتمة بمرض السرطان وعلاجه والوقاية منه ، في وضع قوائم للمنتجات ذات التاثير السرطاني ، من حين لآخر وبصورة دورية ، تهدف من ورائها إلى إعطاء صورة صحيحة معدلة عن هذه المنتجات ، وفق آخر المعلومات التي يتم الوصول لها بهذا الشان .

هكذا فإن البرنامج الوطني لعلوم التسمم National Toxicology Program (NTP) ، التابع لمصلحة الصحة العامة في الولايات المتحدة US Public Health Service ، ينشر منذ عام ١٩٧٨ تقريراً دورياً (كل سنتين تقريباً) عن المواد المسرطنة . ويحدد التقرير الرابع الذي طبع عام ١٩٨٥ مائة وثمان وأربعين (١٤٨) عاملاً مسرطناً .

في تقرير أحدث نشر عام ١٩٨٧ في الولايات المتحدة أيضا ، وأصدره برنامج التسمم الوراثي Gene-Tox Program التابع لوكالة حماية البيئة Environnement Protection Agency ، أعطيت معلومات عن اختبارات على الحيوان تتعلق بـ ٥٠٦ مركبا كيميائيا منتقى . وقد صنفت هذه المركبات وفقها إلى أربعة أصناف رئيسة هي :

- مركبات لها نتائج ايجابية (٣٥١ مركبا) .
- مركبات لها نتائج سلبية (٦١) مركبا .
- مركبات لها نتائج متناقضة (مركب واحد) .
- مركبات نتائجها غير كافية لتحديد إن كانت إيجابية أو سلبية (٩٣ مركبا) .

من جهة أخرى فإن المركز الدولي للبحث حول السرطان Le Centre International de recherche sur le Caner (CIRC) في ليون بفرنسا ، وهو مؤسسة تتبع منظمة الصحة العالمية Health Mondial Organization يقوم منذ عام ١٩٦٩ بتقدير القدرة المسرطنة لمنتجات كيميائية متعددة ولعمليات صناعية كثيرة . وتقوم لجان من خبراء عالميين في هذه المؤسسة دوريا بوضع صورة أخيرة عن الدراسات الجارية (بلغت حتى الآن ٤٢ دراسة) . وقد لخص في الملحق السابع لهذه الدراسات ، الذي ظهر عام ١٩٨٨ ، معطيات عن ٦٣٠ مركبا أو عملية صناعية صنفوا على إثرها إلى خمسة أصناف :

- المجموعة (1) : مركبات أو عوامل مسرطنة للإنسان ، يبلغ عددها خمسين ، تتوزع إلى :

= عمليات صناعية وتعرضات مهنية (عددها ١١) .

= منتجات صيدلانية (أدوية ، حبوب مؤدية للإجهاض ، ...إلخ) (عددها ١٧) .

= خلائط معقدة (قطران Goudrons ، زيوت معدنية، زيوت سمك Poisson ، غبار يحتوي على الصوف الصخري أو الأسبستوس ، ..) (عددها ٧) .

= عادات اجتماعية (التدخين ، ...) (عددها ٣) .

= مركبات كيميائية دارجة الاستعمال (عددها ١٢).

يري الجدول I هذه المركبات الأخيرة .

- المجموعة (2A) : مركبات يحتمل أن تكون مسرطنة للإنسان .

تضم هذه المجموعة ٣٧ مركبا أو خليطا يوجد من أجلها براهين محدودة حول قدرتها على إحداث سرطان عند الإنسان ،في حين يوجد براهين كافية حول تاثيرها المسرطن على الحيوان .

يري الجدول II هذه المركبات والخلائط .

جدول ا : مركبات كيميائية مسرطنة للإنسان
Aflatoxins
Aspestos
4-Amino-4-biphenyl
Arsenic and Arsenic compounds
Benzene
Benzidine
Bis-(chloromethyl)ether and Chloromethyl methyl ether (Technic quality)
Vinyl chloride
Chrome ^{VI} compounds
Sulfur Mustard (Yperit)
2- Naphthylamine
Nickel and Nickel compounds

- المجموعة (2B) : مركبات من الممكن أن تكون مسرطنة للانسان .

تضم هذه المجموعة ١٥٧ مركبا يوجد من أجل بعضها براهين محدودة حول تاثيرها المسرطن على الإنسان ، ولكن لا يوجد براهين كافية حول تاثيرها على الحيوان . ويوجد من أجل بعضها الآخر براهين كافية حول تاثيرها المسرطن على الحيوان ، دون وجود معطيات عن تاثيرهاعلى الإنسان . يري الجدول III المنتجات الرئيسة من هذا النوع مصنفة حسب تركيبها .

جدول ١١ : مركبات يحتمل أن تكون مسرطنة للإنسان
Acrylonitrile
Benz(a)anthracene,Benz(a)pyrene,Dibenz(a,h)anthrac-
Beryllium and Beryllium compounds ene
Vinyl bromide
Cademium and Cademium compounds
Dimethylcarbamoyl chloride
Benzidine dyes
Creosotes
1,2-Dibromoethane
Epichlorhydrin
Formaldehyde
4,4-Methylene bis(2-chloroaniline) (MOCA)
Nitrogen mustard (Caryolysine)
N-Ethyl N-nitrosourea(ENU);N-Methyl N-nitrosourea
N-Methyl N-nitro N-Nitrosoguanidine (MNNG) (MNU)
N-Nitrosodiethylamine;N-Nitrosodimethylamine
Ethylene oxide;Propylene oxide;Styrene oxide
Polychlorobiphenyls (PCB)
Christalline silica
Dimethyl sulfate; Diethyl sulfate
Tris(2,3-dibromopropyl)phosphate (TRIS)
9 Pharmaceutical products (Medicins,anabolic andro-
gen steroids, 5-methoxy psoralene ....)

جدول III : مركبات يمكن أن تكون مسرطنة للإنسان	
Hydrocarbons الهيدروكربونات	1,3-Butadiene ; Styrene
Chloroderivatives المشتقات الكلورية	Methylene chloride ; Chloroform ; Carbon tetrachloride ; 1,2-Dichloroethane ; Benzyl chloride ;Benzylidene chloride ; Phenylchloroform ; Tetrachloroethylene(Perchlo) ; p-Dichlorobenzene ; Hexachlorobenzene ; Hexachlorocyclohexane (Lindane) ; DDT ; Chlorophenoxy herbicides (2,4-D , 2,4,5-T).
Oxygen compounds المركبات الأكسجينية	Diepoxybutane ; 1,4-Dioxan ; tert-Butylhydroxyanisol (BHA) ; Safrole ; Dihydrosafrole ; Acetaldehyde ; Ethyl acrylate ; Di-(2-ethylhexyl)-phthalate ; β -Butyrolactone ; β-Propiolactone ; Chlorophenols ; Dioxin (TCDD).
Nitrogen compounds المركبات الأكسجينية	2-Nitropropane ; 2-Methylaziridine ; o-Toluidine ; o-Anisidine ; p-Cresidine ; O-Tolidine; o-Dianisidine ; o-Dichlorobenzidine ; Acetamide ; Acrylamide ; Phenoxybarbital ; Hydrazine ; Dimethylhydrazines ; p-Aminoazobenzene ; p-Dimethylaminoazobenzene ; o-aminoazotoluene ; Urethan(Ethyl carbamate); Toluenediisocyanates ; Bleomycin ; Chloramphenicol...; Metronidazole ; Niridazole...
Sulfur compounds المركبات الكبريتية	Methyl methanesulfonate ; Ethyl methanesulfonate ; Thioacetamide ; Tiourea ; 1,3-Propanesultone ; Alkylthiouracils ; Saccharine...
Phosphorus comp. مركبات الفوسفور	Hexamethylphosphortriamide (HMPT).
Mineral compounds المركبات المعدنية	Potassium bromate ; Lead and Lead inorganic compounds ; ...

- المجموعة (3) : مركبات لا يمكن تصنيفها كمسرطنة للإنسان .

- المجموعة (4) : مركبات يحتمل أنها غير مسرطنة للإنسان .

لا يمكن اعتبار هذه القوائم شاملة لكافة المركبات المسرطنة ، ولا نهائية . ولكنها ستعدل وتكتمل مع استكمال أعمال مجموعات العمل البحثي في الـ CIRC .

٢ - المنتجات الرئيسة المسممة وراثيا التي تستخدم في المختبرات والمصانع والأماكن الأخرى لاستخدام المواد الكيميائية :

إن الاستعمال الأكبر للمنتجات الكيميائية ، من مواد أولية للاصطناع وكواشف ومذيبات وغيرها ، هو في المختبرات والمصانع الكيميائية بصورة عامة . لكن العديد من المنتجات الكيميائية الخطرة يجري استخدامها في المنازل والمزارع والحدائق والأماكن الأخرى التي يرتادها الإنسان .

يمكن اعتباراً من معطيات المركز الدولي للبحث حول السرطان المتمركز في ليون (CIRC) ، والقوائم الموضوعة حديثا من قبل وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة (EPA) ، أن تصنف المنتجات الرئيسة

المسممة للنظام الوراثي Geno-toxics ، أو التي يشك بكونها كذلك عند الإنسان ، والتي تستخدم في مختبرات البحث والأعمال التطبيقية بصورة يسهل استعراضها ، أو البحث من خلالها عما إذا كانت مادة ما شائعة الاستعمال ذات تاثير سرطاني أم لا ومدى خطورتها في هذا المجال . من الواضح أن هذا التصنيف لا يشمل الأثار المؤذية الاخرى للمواد الكيميائية ، والتي تحدثنا عنها في الفصول السابقة .

لقد جمع في الجدول IV مائة وخمسة مركبات أو عائلة مركبات ، تلاقى بشكل شائع داخل المختبرات والمصانع التي يستخدم فيها منتجات كيميائية . نجد بين هذه المركبات :

- مواد أولية Raw materials للصناعات الكيميائية مثل المونوميرات (أحاديات العد) Monomers المستخدمة في الصناعات القائمة على البلمرة ، كاللدائن (البلاستيك) والمطاط والخيوط الصنعية والمواد اللاصقة ، وأهمها ١,٣ - البيوتاديين والستايرين وكلوريد الفينيل وأكسيد الإثيلين وأكريلات الإثيل والأكريل أميد والأكريلو نتريل ...

- كواشف Reagents تستخدم في المختبرات مثل يوديد المثيل و ١ - فلورو - ٢,٤ - ثنائي نترو البنزين والبنزيدين وكيتون ميشلر Michler's ketone و ٢,٤ -

ثنائي نترو فنيل الهيدرازين والديازوميثان والتريبان الأزرق وبروميد الإثيديوم وكبريتات ثنائي المثيل وفوسفات ثلاثي المثيل وأملاح الكروم سداسي التكافؤ ...

- مذيبات Solvents شائعة الاستعمال كالبنزين وكلوريد المثيلين والكلوروفورم ورباعي كلوريد الكربون و ١,٢ - ثنائي كلورو الإيثان وثلاثي كلورو الإثيلين وفوق كلوروالإثيلين و ١,٤ - الديوكسان و ٢ - نترو البروبان والـ HMPT ...

و قد وضع في هذا الجدول ، الذي قصد منه تلخيص أهم المعلومات المتوفرة عن المركبات المدروسة ، الأشياء التالية :

١- العائلة الكيميائية للمركب .
٢- الإسم الشائع للمركب وصيغته البنيوية .
٣- مجال الاستعمال الأكثر شيوعاً (حيث تعني M = مونومير أو أحادي حد ، R = كاشف ، S = مذيب أو محل) .
٤- القدرة على إحداث طفرات فجائية (تحولات وراثية) Mutability ، كما تتحدد باختبارات مختلفة على البكتيريات ، وخاصة اختبارات العساسية Salmonella tester strain أو إختبار Ames .

تتضمن هذه الاختبارات قياس قدرة منتج معطى على تعديل التراث الوراثي (DNA) للبكتيريات Salmonella typhimurium بوجود أو في غياب نظام أيض أنزيمي (الميكروسومات الكبدية للثدييات). ويمكن تحري ذلك في المنتجات المحدثة للطفرات المؤثرة بآلية مؤكسدة (ماء أكسجيني ... إلخ) بواسطة طبقة خاصة من السالمونيلا Salmonella (من النوع TA 102) . هذا ويقدر أن أكثر من ٨٠٪ من المنتجات المحدثة لطفرات في اختبارات الحساسية السابقة تكون مسرطنة عند الحيوان .

٥- القدرة المسرطنة على حيوانات التجارب ، التي تحدد بإدخال المادة بعيارات مختلفة ولمدة طويلة على عدة أنواع حيوانية (فيران ، جرذان ، هامستر Hamster ...) .

يمكن للقدرة المسرطنة القاسة أن تختلف حسب نوع الحيوان ، كما يمكن أن يكون لها انتقائية محدودة أو كبيرة تجاه أعضاء معينة . إن اختبار سرطان طويل الأمد إيجابي عند نوع حيواني واحد على الأقل (من القوارض عادة) يسمح باعتبار أن المادة يمكن أن تكون مسرطنة للإنسان ولكنها لا تسمح بتحديد أي عضو يمكن أن يصاب .

في تصنيف الـ CIRC ، يمكن أن نميز على مستوى المجموعة 2 بين نوعين :

- الأول تكون البراهين فيه ثابتة وخصوصا فيما يتعلق بالإختبارات على الحيوان وهو النوع 2A (محتمل أن تكون مسرطنة) .

-الثاني تكون البراهين فيه غير كافية فيما يتعلق بالحيوان مع براهين محدودة فيما يتعلق بالإنسان،أو تكون فيه البراهين كافية فيما يتعلق بالحيوان مع عدم توفر معطيات عن تاثير مسرطن لدى الإنسان ، وهو النوع 2B (من الممكن أن تكون مسرطنة) .

٦- نتائج التحقيقات الوبائية : إن إرتفاع عدد الإصابات بالسرطان، عند عمال يتعرضون خلال فترة طويلة لبعض المركبات الكيميائية أو بعض الخلائط ، تبرهن في بعض الحالات بشكل لا يقبل النقض أن لهذه المركبات تاثيراً مسرطنا على الإنسان . هذا وقد أقر الـ CIRC ٥٠ مركبا وعملية صناعية و عادة حياة إجتماعية (مثل التدخين ...) ضمن المجموعة 1 . إذ يوجد في هذه الحالات عناصر كافية لإثبات العلاقة بين تعرض الإنسان لمادة أو مجموعة مواد و ظهور سرطان ما.

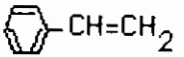
٧- التاثير المنشط أو المعزز Promoter : المواد المنشطة أو المعززة هي مواد مسرطنة لا تتفاعل مباشرة مع الـ DNA ولكنها تتدخل في آلية تالية للوراثية Epigenetic تبدو مختلفة حسب نوع المنشط . مثال ذلك ، أن إستترات الفوربول (رقم ٣٤) تتفاعل مع مستقبل غشائي نوعي (هو بروتين Kinase) ، وهو إنزيم رابطته الطبيعية هي أسيل

الغليسرين الذي يحرر من قبل الإينوسيتول فوسفوليبيدات Inositolphosphlipids .

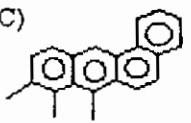
لقد صنفت مواد ذات تاثير مساعد للمسرطن مثل الفينول (رقم ١٩) بين المنتجات ذات التاثير المنشط أو المعزز (كما في حالة سرطان الجلد المبتدأ به من قبل الهيدروكربونات المتعددة الحلقات العطرية) مع أن هذه المواد ليست منشطة أو معززة بالفعل .

٨- في تصنيفات الـ CIRC والـ EPA (Gen - Tox) ، احتفظ بعدد من المركبات في القائمة مع أنها ليست بعد مصنفة . ذلك أن عدم تصنيفها لا يعني أنه ليس لها تاثير سمي وراثي معترف به . وهذا حال الكوينولين (رقم ٧٨) المسرطن في الإختبارات الحيوانية وبروميد الإيثيديوم (رقم ٨٠) وهو عامل يرتبط بالـ DNA ويتمتع بخصائص محدثة لطفرات وراثية غير قابلة للإنكار .

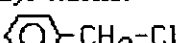
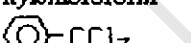
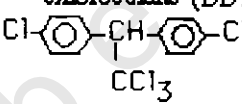
٩- البدائل المقترحة : تقترح بعض الحلول وخاصة في حالة المذيبات ، ومن أجل مركبات خاصة مثل البنزيدين (رقم ٥٠) والصوف الصخري (رقم ٩٤) .

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
1	**Hydro-carbons** الهيدرو كربونات	1,3-Butadiene $CH_2=CH-CH=CH_2$	M	+	+			2B		
2		Benzene	S	-	+	+		1	+	Cyclo-hexane Toluene
3		Styrene 	M	(+)	(+)			2B	(+)	
4		Benzo(a) pyrene (B(a)P)	R	+	+			2A	+	
5		7,12-Dimethylbenzo(a)-anthracene (DMBA)	R	+	+				+	

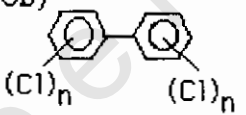
obeikandi.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
6	**Hydro-carbons** الهيدرو كربونات	3-Methylcholanthrene (3-MC) 	R	+	+				+	
7	**Halogen Derivatives** المشتقات الهالوجينية * **Halo-alkanes** هالوالكانات	Methyl iodide CH_3-I		+	(+)			3	+	
8		Methylene chloride (Dichloromethane) CH_2Cl_2	S	+	+			2B		1,1,1-Tri chloro-ethane Fluoro-carbons
9		Chloroform (Trichloromethane) $CHCl_3$	S	-	+			2B		" "

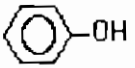
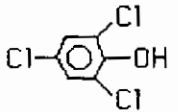
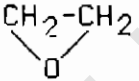
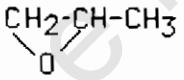
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
10	* Halo-alkanes هالوالكانات	Carbon tetrachloride CCl_4	S	-	+			2B	+	1,1,1-Trichloro-ethane Fluoro-carbons
11		1,2-Dichloroethane $Cl-CH_2-CH_2-Cl$	S	+	+			2B	+	" "
12		Benzyl chloride 	R	+	(+)			2B	(+)	
13		Phenylchloroform 	R	+	+			2B	+	
14		4,4-Dichlorodiphenyltri-chloroethane (DDT) 	R	-	+		+	2B	+	

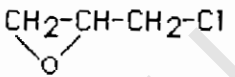
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
15	* Chloro-alkenes كلورو الكينات	Vinyl chloride $CH_2=CH-Cl$	M	+	+	+		1	+	
16		Trichloroethylene (Trichlo) $CCl_2=CHCl$	S	+	(+)			3	(+)	1,1,1-Tri chloro-ethane Fluoro-carbons
17		Perchloroethylene (Perchlo) $CCl_2=CCl_2$	S	+	+			2B	(+)	" "
18	* Chloro-arenes كلوروالارينات	Polychlorobiphenyls (PCB) 	R	-	+	(+)	+	2A		

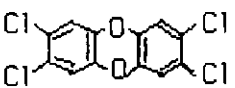
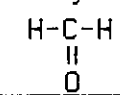
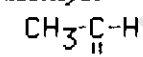
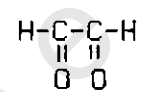
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility animal	Carcinogena-bility epidem.	Prom-oter effect	Classifi-cation CIRC	Classifi-cation Gen-Tox	Subst-ituent البديل
19	**Oxygen derivatives** المشتقات الأكسيجينية	Phenol 	R	-	-		+			
20	* **Phenols** الفينولات	2,4,6-Trichlorophenol 	R	-	+			2B	+	
21	* **Ethers** الإيثرات	Ethylene oxide 	R M	+	+	(+)		2A	+	
22		Propylene oxide 	R M	+	+			2A	+	

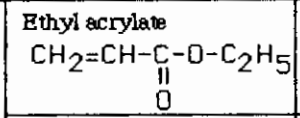
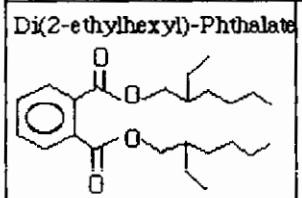
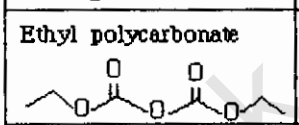
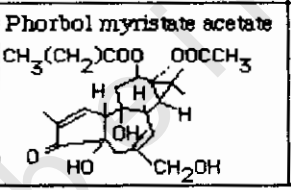
obeikandi.com

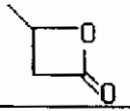
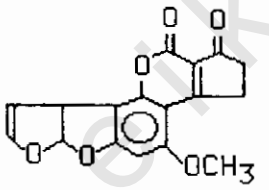
N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
23	* Ethers الإيثرات	Chloromethyl methyl ether (CMME) Technic quality CH_3-O-CH_2-Cl	R	+	+	+		1	(+)	
24		Bis-chloromethyl ether (BCME) $Cl-CH_2-O-CH_2-Cl$	R	+	+	+		1	+	
25		Epichlorohydrin 	R	+	+			2A	+	
26		1,4 - Dioxan	S	-	+			2B	+	Tetrahy-drofuran (THF)

obeikandl.com

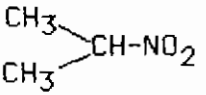
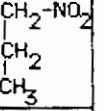
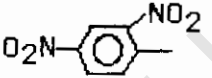
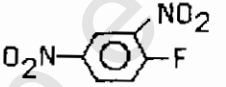
N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
27	* Ethers الإيثرات	Dioxin (2,3,7,8- Tetrachlorodibenzo-p-dioxin) 	R	+	+		+	2B	+	
28	*Aldehydes الألدهيدات	Formaldehyde 	R	+	+	(+)		2A	+	
29		Acetaldehyde 	R	+	+			2B		
30		Glyoxal 	R	+						

obeikandl.com

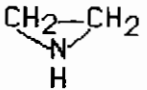
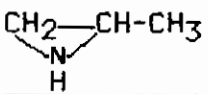
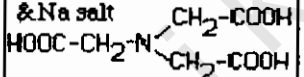
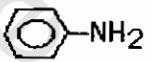
N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Substi-tuent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
31	* Esters الإسترات	Ethyl acrylate 	M	-	+			2B		
32		Di(2-ethylhexyl)-Phthalate 	R	-	+		+	2B	+	
33		Ethyl polycarbonate 	R	-	+					
34		Phorbol myristate acetate 	R	-			+			

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem		CIRC	Gen-Tox	
35	* **Lactones** اللاكتونات	β-Propiolactone	R	+	+			2B	+	
36		β-Butyrolactone 	R	+	+			2B	+	
37		Aflatoxin B_1 	R	+	+	+		1	+	

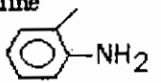
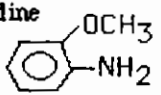
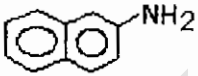
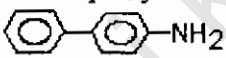
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility animal	Carcinogena-bility epidem.	Prom-oter effect	Classifi-cation CIRC	Classifi-cation Gen-Tox	Subst-ituent البديل
38	**Nitrogen Derivatives** المشتقات النتروجينية * **Nitro-alkanes** نتروالكانات * **Nitro-arenes** نتروالارينات	2-Nitropropene 	S	+	+			2B	+	1-Nitro-propane 
39		4-Nitrobiphenyl	R	+	(+)			3	(+)	
40		2,4-Dinitrotoluene 	R	+	+					
41		1-Fluoro-2,4-dinitro-benzene (2,4-DNFB) 	R	+			+			

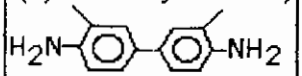
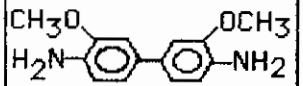
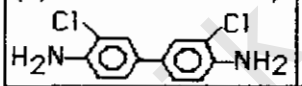
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility animal	Carcinogena-bility epidem.	Prom-oter effect	Classifi-cation CIRC	Classifi-cation Gen-Tox	Subst-ituent البديل
42	* Amines الأمينات	Aziridine (Ethylene imine) 	R	+	(+)			3	(+)	
43		Methylaziridine Propylene imine) 	R	+	+			2B	+	
44		Nitrilotriacetic acid (NTA) & Na salt 	R	-	+				+	
45		Aniline 	S R	-	(+)			3		

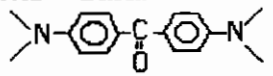
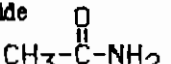
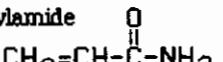
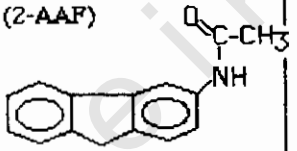
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
46	* Amines الأمينات	o- Toluidine 	S R	+	+			2B	+	
47		o- Anisidine 	R	+	+			2B	+	
48		2-Naphthyl amine (β–Naphthyl amine) 	R	+	+	+		1	+	
49		4-Aminobiphenyl 	R	+	+	+		1	+	
50		Benzidine	R	+	+	+		1	+	3,3',5,5' Tetra-methyl-benzidine

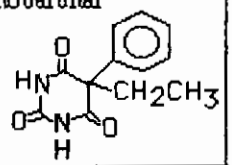
obeikandi.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem		CIRC	Gen-Tox	
51	* Amines الأمينات	o- Tolidine (3,3'-Dimethylbenzidine) 	R	+	+			2B	+	
52		o- Dianisidine (3,3'-Dimethoxybenzidine) 	R	+	+			2B	+	
53		o- Dichlorobenzidine (3,3'-Diaminobenzidine) 	R	+	+			2B	+	
54		o- Diaminobenzidine (3,3'-Diaminobenzidine)	R	+	(+)					

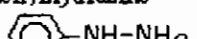
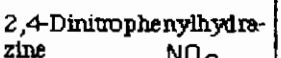
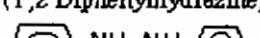
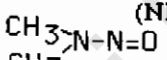
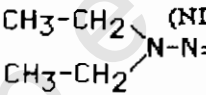
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
55	* Amines الأمينات	Michler's ketone or Bis(4,4'-dimethylamino)-benzophenone 	R	+	+				+	
56	* Amides الأميدات	Acetamide 	R	-	+			2B		
57		Acrylamide 	M	-	+			2B		
58		2-Acetylaminofluorene (2-AAF) 	R	+	+				+	

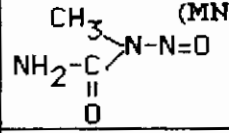
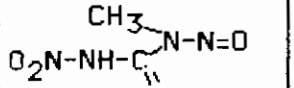
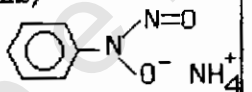
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
59	* **Ureides (Barbitorates)** اليوريدات (الباربيتورات)	Phenobarbital 	R	-	+		+	2B		
60	* **Nitriles** النتريلات	Acrylonitrile $CH_2=CH-C\equiv N$	M	+	+	(+)		2A	+	
61	* **Hydrazines** الهيدرازينات	Hydrazine & Hydrazine hydrate H_2N-NH_2 , H_2N-NH_2 H_2O	R	+	+			2B	+	
62		1,2-Dimethylhydrazine $CH_3-NH-NH-CH_3$	R	+	+			2B	+	
63		1,1-Dimethylhydrazine $(CH_3)_2N-NH_2$	R	+	+			2B	+	

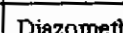
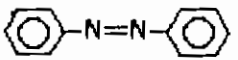
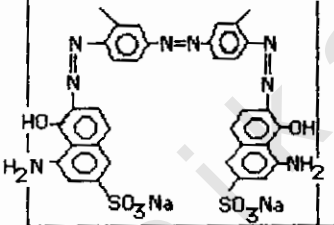
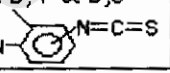
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemicel product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
64	*Hydrazines الهيدرازينات	Phenylhydrazine 	R	+	+					
65		2,4-Dinitrophenylhydra-zine 	R	+	(+)					
66		Hydrazobenzine (1,2 Diphenylhydrazine) 	R	+	+				+	
67	*Nitrsamines النتروزامينات	N-Nitrosodimethylamine (NDMA) 	S R	+	+			2A	+	
68		N-Nitrosodiethylamine (NDEA) 	R	+	+			2A	+	

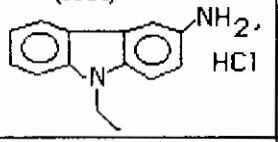
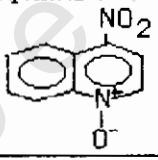
obeikandi.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
69	*Nitrosourea نتروزواليوريا	N-Nitroso-N-methylurea (MNU) 	R	+	+			2A	+	
70	*Nitroso-guanidines نتروزو الغوانيدينات	N-Methyl-N'-Nitro-N-Nitrosoguanidine(MNNG) 	R	+	+			2A	+	
71	*Nitrosohyd-roxylamines نتروزو الهيدروكسيل أمينات	Cupferron (Ammonium salt of N-nitrosophenylhydroxyl-amine) 	R	+	+				+	

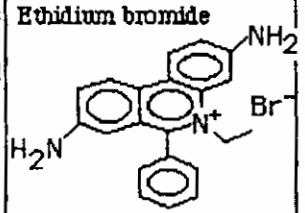
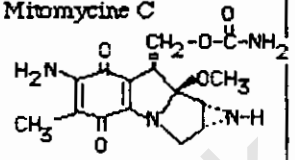
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
72	* Diazo compounds مركبات الدايازو	Diazomethane 	R	+	+			3	(+)	
73	* Azo compounds مركبات الآزو	Azobenzene 	R	+	+			3	+	
74		Trypan Blue (TPB) 	R	+	+			2B	+	
75		Toluyl diisocyanate(TDI) Mixture of 2,4- & 2,6-isomers 	M	+	+			2B		

obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
76	★ **Carbamates** الكربامات (اليوريثانات)	Urethane (Ethyl carbamate) $H_2N-CO-O-C_2H_5$	S R	+	+			2B	+	
77	★ **Heterocyclic bases** القواعد الحلقية غير المتجانسة	3-Amino-9-ethylcarba-zole (HCl) 	R	+	+				+	
78		Quinoline	S R	+	+					
79		4-Nitroquinoline N-Oxide 	R	+	+				+	

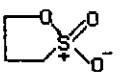
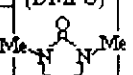
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility animal	Carcinogena-bility epidem.	Prom-oter effect	Classifi-cation CIRC	Classifi-cation Gen-Tox	Subst-ituent البديل
80	***Heterocyclic bases** القواعد الحلقية غير المتجانسة	Ethidium bromide 	R	+						Ethidium iodide
81		Mitomycine C 	R	+	+			2B	+	
82	**Sulfur Derivatives** المشتقات الكبريتية	Yperit (Bis 2-chloroethyl sulfide) $S(CH_2-CH_2Cl)(CH_2-CH_2Cl)$	R		(+)			1	(+)	
83		Thioacetamide $CH_3-CS-NH_2$	R	-	+			2B	+	

obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
84	**Sulfur derivatives** المشتقات الكبريتية	Thiourea $H_2N-CS-NH_2$	R	-	+			2B	+	
85		Dimethyl sulfate $(CH_3)_2SO_4$	R	+	+			2A	+	
86		Diethyl sulfate $(C_2H_5)_2SO_4$	R	+	+	(+)		2A	+	
87		Methyl methanesulfonate (MMS) $CH_3-SO_2-OCH_3$	R	+	+			2B	+	
88		Ethyl methanesulfonate (EMS) $CH_3-SO_2-OC_2H_5$	R	+	+			2B	+	

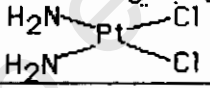
obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility animal	Carcinogena-bility epidem.	Prom-oter effect	Classifi-cation CIRC	Classifi-cation Gen-Tox	Subst-ituent البديل
89	**Sulfur derivatives** المشتقات الكبريتية	1,3-Propanesultone 	R	+	+			2B	+	
90		(d,l) Ethionine C_2H_5-S-CH_2-CH_2-CH(COOH)-NH_2	R	-	+				+	
91	**Phosphorus derivatives** المشتقات الفوسفورية	Trimethyl phosphate $(CH_3O)_3P=O$	S R	+	+				+	
92		Hexamethylphosphortri-amide (HMPT) $[(CH_3)_2N]_3PO$	S	+	+			2B	+	N,N-Dime-thylpropy-lene urea (DMPU) 
93		Cyclophosphamide	R	+	+	+		1	+	

obeikandi.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility animal	Carcinogena-bility epidem.	Prom-oter effect	Classifi-cation CIRC	Classifi-cation Gen-Tox	Subst-ituent البديل
94	**Mineral products** المنتجات المعدنية	Aspestos الصوف الصخري	R		(+)	+	+	1	+	الخيوط الكاسرة السيراميك
95		Arsenic & some derivat. الزرنيخ وبعض مشتقاته		-	(+)	+		1		
		Arsine (الزرنيخين) الأرسين AsH_3	R		(+)					
96		Sodium azide أزيدالصوديوم $Na^+N_3^-$	R	+	-					
97		Beryllium & some deriv. البيريليوم وبعض مشتقاته		-	+	(+)			2A	
		- Beryllium	R	-	+				+	
		- Beryllium oxide		-	+				+	
		- Beryllium sulfate		-	+				+	

obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility animal	Carcinogena-bility epidem.	Prom-oter effect	Classifi-cation CIRC	Classifi-cation Gen-Tox	Subst-ituent البديل
98	**Mineral Products** المنتجات المعدنية	Cadmium & some deriv. الكادميوم وبعض مشتقاته		-	+	(+)		2A		
		- Cadmium	R		+				(+)	
		- Cadmium chloride			+				+	
		- Cadmium oxide			+				+	
		- Cadmium sulfate			+				+	
		- Cadmium sulfide			+				+	
99		Chromium الكروم Hexa- & trivalent comp. المركبات سداسية وثلاثية التكافؤ	R	+	+	+		1		
		- Alkali chromates & bi-chromates	R						+	
		- Chromium trioxide						3	+	
100		Cis- Platinum سيس البلاتين 	R	+	+			2A	(+)	

obeikandl.com

N. رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem.		CIRC	Gen-Tox	
101	**Mineral products** المنتجات المعدنية	Hydrogen peroxide & some derivatives (Benzoyl peroxide,...) الماء الاكسجيني وبعض مشتقاته (فوق اكسيد البنزويل ،...) H_2O_2 ,$(\bigcirc\!\!-COO)_2$,..	R	(+)	(+)		+			
102		Nickel & some derivatives النيكل وبعض مشتقاته	R	-	+	+		1		
		Nickel sub-sulfide Ni_2S_2	R	-	+				+	
103		Lead & some derivatives الرصاص وبعض مشتقاته								
		- Lead phosphate	R	-	+				+	
		- lead sub- acetate		-	+				+	
		- Lead II acetate		-	+				+	
		- Lead IV acetate			+				+	

obeikandl.com

N رقم	Chemical family العائلة الكيميائية	Chemical product (Name & Structure) المنتج الكيميائي وبنيته	Use	Muta-bility	Carcinogena-bility		Prom-oter effect	Classifi-cation		Subst-ituent البديل
					animal	epidem		CIRC	Gen-Tox	
104	**Mineral products** **المنتجات المعدنية**	Christalline silica السيليكا (السيليس) البلوري SiO_2	R		+	(+)		2A		
105		Selenium sulfide سلفيد السيلينيوم SeS	R		+				+	

المصطلحات المستخدمة:

+	Positive	اختبار إيجابي
(+)	Positive (limited proofs)	اختبار إيجابي (براهين محدودة)
-	Negative	اختبار سلبي
R	Product used as reagent	مركب يستخدم ككاشف
S	Product used as solvent	مركب يستخدم كمذيب (محل)
M	Product used as monomer	مركب يستخدم كاحادي حد (مونومير)
animal	Animal experimentation	مركب مسرطن وفقاً لاختبارات على الحيوان
epidem	Epidemiologic enquiries	مركب مسرطن وفقاً لتحقيقات وبائية
Gen-tox	Gene-tox Program	برنامج التسمم الوراثي (الأمريكي)

obeikandl.com

خاتمة

يتضح مما تقدم أن المواد الكيميائية ذات أهمية لا تقدر بثمن في استخداماتها المفيدة للانسانية ، بحيث لا يمكن الحديث عن الاستغناء عنها ... لكنها تؤدي في كثير من الأحيان إلى أخطار منظورة أوخفية. وفي مقدمة هذه الأخطار السمية باشكالها وشداتها المتنوعة .

إن الدراسات حول هذه السمية مستمرة بدون انقطاع ، ولقد أصبح لدى الانسانية رصيد جيد منها ، عليها الاستفادة منه بالصورة المثلى كي نتجنب أخطار التسمم والسرطان التي أصبحت تصيب أعداداً هائلة من الناس بكل فئاتهم كل يوم .

لنؤكد هنا أنه على خلاف ما يحصل في حالات التسمم العادي ، فإن التعرض للمواد المسرطنة لا يعني بالضرورة الإصابة بالسرطان ، حتى لو كان التعرض شديداً أو طويل الأمد ، لأن هذه الإصابة التي تتم على مراحل قد لا تستكمل مراحلها بمشيئة الله . ولكن ذلك لا يعفينا من واجب السعي لتجنب إتمام أية مرحلة من هذه المراحل ، وإبقاء الجسم بصحته وعافيته . خصوصاً إذا عرفنا العدد الهائل والمتزايد للمصابين بالسرطان في الدول المتقدمة أو الآخذة في طريق التقدم ، أي طريق التوسع في استعمال المواد

الكيميائية ، رغم كل الجهود التي تبذل لمقاومة ذلك .

إن أول وأهم خطوة في ذلك الطريق هي أن نتعرف على هذا الخطر بصورة صحيحة ، وأن نعرف المواد السامة والمسرطنة التي نستعملها في حياتنا اليومية ، وكيفية ونوع تاثيراتها . وهذا الكتاب هو محاولة لتقريب ذلك إلى القارىء العربي بالصورة التي تناسب طالب العلم والمتخصص مثلما تناسب الإنسان العادي . لقد شمل الكتاب صيغاً كيميائية وتفاعلات وأسماء قد لا تعني شيئاً للقارىء غير المتخصص ، ولكن وضع أسماء المركبات الخطرة في جداول أو قوائم حب سميتها أو حسب قابليتها لتوليد إصابات بالسرطان يعطي كل قارىء الفرصة للحذر من المواد الخطرة التي قد يكون اعتاد على التعامل معها من بين المواد موضوع الدراسة .

إن هذه الدراسة الحديثة للمواد السامة والمسرطنة لا تكتمل إلا بالتعرض بشكل مفصل لطرق الوقاية والاحتياطات الواجب تطبيقها عند التعامل مع المواد الكيميائية ، وأيضاً طرق العلاج من الاصابات بالتسمم وغيرها من الاصابات الكيميائية المنشأ . وهو ما نأمل أن نتمكن من إنجازه قريباً في كتاب منفصل .

والله من وراء القصد .