الفصل الثانى

سمية المواد الخطرة

سمية المواد الخطرة

مقدمة

تعبر السمية عن مقدرة المادة علي إحداث الضرر أو الموت، بينما تنشأ المخاطر نتيجة للتعرض للفعل السام، وتعبر درجة الخطورة عن احتمالات الضرر المتوقع حدوثه نتيجة للتعرض، ويتوقف ذلك علي عدة عوامل بعضها يتعلق بطبيعة المادة نفسها أو المستحضر الذي تتواجد عليه (من حيث التركيب الكيماوي، درجة نقاء المادة، درجة الثبات، درجة الذوبان في الماء والمذيبات العضوية)، وعوامل داخلية متعلقة بالكائن أو الشخص المعرض وتعرف بالعوامل الداخلية وتشمل نوع الكائن، العمر والوزن، الجنس، الحالة الصحية والغذائية، وعوامل متعلقة بظروف التعرض وتعرف بالعوامل الخارجية وتشمل مقدار الجرعة أو التركيز الذي يتم التعرض له، طريقة التعرض للمادة السامة، عدد مرات التعرض، طريقة الدخول إلي الجسم، وقت أو طول فترة التعرض للمادة، وأيضا فإن هناك بعض العوامل الخارجية التي تلعب دورا في ذلك وتتعلق بالظروف المحيطة وتشمل درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، شدة الإضاءة، طول الفترة الضوئية، الضغط الجوي، التزاحم أو الكثافة العددية، والتغذية، وغالبا فإن تعرض الإنسان للمواد الكيماوية الخطرة أو السامة يكون نتيجة للتعرض المهني بالنسبة للمشتغلين في صناعة واستخدام هذه المواد أو غيرها من الصناعات المستخدمة لها، وقد يكون التعرض عرضيا نتيجة لحادث غير متعمد أثناء التصنيع، النقل، أو التداول، التخزين، الاستخدام، أو تعرض متعمد (بالنسبة للمواد الخطرة السامة المستخدمة في حالات الانتحار أو الأحوال الجنائية) ويكون تعرض الناس العاديين غالبا من خلال استخدامهم لمنتجات تحتوي علي هذه المواد، أو تناولهم لها عبر السلسلة الغذائية، وذلك بالإضافة للتعرض الناجم عن التلوث البيئي بمثل هذه المواد، وقد تظهر أعراض التسمم مباشرة بعد التعرض للمادة، وتعرف في هذه الحالة بالسمية الحادة

(Acute toxicity) وهي تقاس بمعيار الموت ويعبر عنها بالجرعة النصفية القاتلة LD50، أو التركيز النصفي القاتل LC50 (الجرعة أو التركيز اللازم لقتل ٥٠% من حيوانات التجارب)، وقد تظهر الأعراض والظواهر المرضية بعد فترة زمنية من التعرض للمادة وتعرف في هذه الحالة بالسمية المزمنة (Chronic toxicity) وتظهر في صورة سرطان أو تشوهات خلقية أو طفرات، وغيرها، وهي تقاس بمقدرة المادة علي إحداث السرطانات والتأثير علي التكاثر والتأثيرات الطفرية وغيرها، وقد يكون التأثير السام للمادة دائم أو غير عكسي (Irreversible) كما في السرطان، التشوهات، العيوب الخلقية بالمواليد، أو يكون عكسيا أو غير دائم (Reversible) يتم زواله عند انتهاء التعرض كما في الغثيان والصداع.

طرق التعرض

يتعرض الإنسان للمواد الخطرة بصفة أساسية من خلال الاستنشاق، الامتصاص الجلدي، والتناول عن طريق الفم، ويمكن لأي مادة من دخول الجسم بواحدة أو أكثر من هذه الطرق، (يتوقف ذلك علي طبيعة المادة، ظروف التعرض، والعوامل الشخصية) وذلك مع الأخذ في الاعتبار التعرض المباشر للجلد والعين، وأيضا دخول المادة السامة عن طريق الحقن (مثل المستخدمة في تجارب السمية)، وللجسم وسائل دفاعية طبيعية للتعامل مع بعض الكميات من المادة التي تدخل بأي من هذه الطرق، وإذا ما وصلت هذه الكميات لحد معين فإن ميكانيكيات الدفاع هذه يمكن تجاوزها أو تدميرها وتظهر النتائج العكسية الضارة، ويعني ذلك أن هناك علاقة ما بين الجرعة واستجابة الجسم لها، ويتوقف ذلك علي طبيعة المادة، كمية أو تركيز المادة، طريقة التعرض، والاستجابة الشخصية، وسوف يركز في المناقشة التالية علي طرق التعرض الأساسية مع شرح مبسط لبعض النواحي التشريحية والفسيولوجية المرتبطة بها:

التعرض عن طريق الاستنشاق

التعرض عن طريق الاستنشاق هو الأكثر انتشارا وبصفة خاصة للتعرض المهني، حيث أن هناك كثير من المواد التي يمكن استنشاقها طوال يوم العمل، ومن

المعروف أن الشخص يشم عادة ١٠٠٠٠ – ١٢٠٠٠ لتر تقريبا من الهواء الملوث في يوم العمل.

النواحي التشريحية والفسيولوجية للجهاز التنفسي

يتكون الجهاز التنفسي من عدد من الممرات لاستنشاق واستخراج الهواء وعضو لامتصاص الأكسجين وإزالة ثاني أكسيد الكربون المتخلف، وهذه الأجزاء تتكون من الأنف والبلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية والشعب الهوائية والرئة، (يتكون الجهاز التنفسي العلوي من الأنف والبلعوم والحنجرة)، وتنقسم القصبة الهوائية إلي الشعبتين الأساسيتين والتي بدورها تنقسم لتركيبات أصغر فاصغر من شعب ثانوية، شعيبات هوائية، شعيبات تنفسية، قنوات حويصلية، محافظ أو جوارب حويصلية، والحويصلات الفردية، ويوجد ٢٣ تفرع أو تحت قسم من القصبة الهوائية إلي الشعب الهوائية، وكل النظام التنفسي يشبه شجرة مقلوبة تمثل القصبة الهوائية فيه الجزع والشعب الهوائية الأفرع، والرئة عضو قمعي الشكل يملأ القفص الصدري، وهي تمتد من الحجاب الحاجز إلي أعلي الترقوة وتقع بين الضلوع من الأمام والخلف، والرئة اليسرى مقسمة جزئيا بشق إلي فصين علوي وسفلي، أما الرئة اليمني فمقسمة إلي ثلاث فصوص علوي ومتوسط وسفلي، وتتكون الرئة من الداخل من ٣٠٠ مليون حويصلة يتم بداخلها تبادل الغازات.

ويتم التنفس من الناحية الوظيفية أو الفسيولوجية من خلال عمليات انتشار ونقل الغاز، ويوجد أيضا عمليات تنظيمية تتحكم في التنفس بالأعصاب ومستقبلات حسية تتنبه بالتغيرات الكيميائية في الدم، وببساطة فإن التنفس يتم من خلاله نقل الأكسجين من الجو إلي الخلايا وبالتالي نقل ثاني أكسيد الكربون من الخلايا إلي الجو.

التهوية

يعني بعملية التهوية دخول وخروج الهواء من وإلي الجهاز التنفسي، ويتناسب كلا من حجم الهواء ومعدل التنفس مع احتياجات التنفس، ومن المعروف انه أثناء الراحة يتنفس الشخص عادة حوالي ٥٠٠ سم^3 من الهواء في النفس الواحد بمعدل

١٢ نفس في الدقيقة بما يعادل حوالي ٦ لتر هواء / دقيقة، وتحت ظروف العمل المجهدة يزداد هذا الحجم باطراد حتى يصل إلي ٥٠ – ٧٠ لتر / دقيقة أو أكثر، ويوضح هذا الاحتياطي الهائل لسعة الرئة وذلك بالاعتماد علي احتياجات التنفس، وهناك العديد من قياسات الأحجام أو السعات التي تؤخذ من الناحية الفسيولوجية والإكلينيكية، وعلي سبيل المثال فإن السعة الحيوية هي الشهيق والزفير الإجباري الذي يتم رصده أو قياسه للشخص باستخدام الأسبيروميتر الرئوي (جهاز لقياس سعة الرئة وكفاءتها)، وتتكون السعة الحيوية من مجموع ثلاث أحجام للرئة والتي تستخدم لرصد أي تطور طبي لمرض رئوي، وعملية قياس هذه السعة الحيوية بمرور الوقت يطلق عليها حجم الطرد الإجباري وهي تستخدم لتقدير ما إذا كان يوجد انسداد تنفسي مرضي مصاحب للرئة أو في الممرات الهوائية، ويمكن من خلال كلا الاختبارين الكشف عن نقص التهوية بالرئتين أو بطئ التنفس، والظروف التي تسبب نقص تهوية الرئة والممرات الهوائية يمكن أن تؤدي إلي مرض رئوي، ويوجد العديد من اختبارات وظائف الرئة الأكثر تعقيدا والتي تستخدم لتحديد قدرات الشخص التنفسية للتهوية ولامتصاص الغازات، ويوجد أيضا عضلات للشهيق وأخرى للزفير وهي تجلب الهواء إلي ومن الرئة، والعضلات الطبيعية للشهيق هي الحجاب الحاجز والعضلات الخارجية بين الضلوع، وعندما يكون الشهيق الجبري ضروريا فإن عضلات أخري تستخدم أيضا ويكون هناك حاجة لها، والزفير الطبيعي هو الارتداد السلبي الواسع لجدران الرئة ولا يحتاج لعضلات ما عدا عند الزفير الجبري حيث تستخدم عضلات صدرية وبطنية أخرى.

انتشار الغازات

عندما يدخل الأكسجين الرئة وينتقل عبرها حتى يصل إلي الحويصلة الهوائية، فإن الأكسجين يجب أن يمر خلال الغشاء التنفسي أو الغشاء الدموي للحويصلة الهوائية قبل أن تمتص في الشرايين التنفسية، ويحدث انتشار الغازات عندما ينتشر الأكسجين المتاح عبر الغشاء من الحويصلة إلي الدم، وبالعكس فإن ثاني أكسيد الكربون المتخلف يمر من الدم إلي الحويصلة حيث يتم خروجه في صورة زفير، ويمكن أن تستنشق غازات سامة وأبخرة أخرى وتعبر خلال الغشاء وبعد ذلك

تمتص في الدم وتنتقل جهازيا عبر الجسم، ويتكون الغشاء التنفسي من طبقات متنوعة من الخلايا، تتكون من داخل الحويصلة لخارجها من السيرفاكتانت (Surfactant) وهو مادة ذات فعالية علي السطح فقط كالصابون، طبقة من السائل، النسيج الطلائي للحويصلة، الفراغ بين الخلوي، الغشاء القاعدي الشعري، والغشاء المبطن للأوعية الدموية الشعرية، وهناك عوامل رئيسية تؤثر علي انتشار الغاز عبر الغشاء الحويصلي وهي:

١- سمك الغشاء (٢و٠ - ٤و٠ ميكرومتر)
٢- مسطح الغشاء أو مساحة السطح (٥٠ - ٧٠ ميكرومتر)
٣- معامل الانتشار للغازات
٤- فرق الضغط بين جانبي الغشاء

وفي أي وقت تخرج فيه تلك العوامل عن معدلاتها الطبيعية يتم إعادة تبادل الأكسجين، وثاني أكسيد الكربون.

نقل الغازات

بمجرد انتشار الأكسجين عبر الغشاء يمر إلي البلازما الخاصة بالشعيرات الدموية التنفسية حيث يتحد مع الهيموجلوبين الخاص بكرات الدم الحمراء ليكون الأوكسي هيموجلوبين، ومن المعروف أن حوالي ٩٧% من الأكسجين المتاح ينتقل متحدا مع الهيموجلوبين، والباقي ٣% ينتقل في حالة ذوبان بالبلازما، ومع زيادة الضغط تزداد نسبة الأكسجين المذاب المنتقل عبر البلازما، ويبلغ الضغط الجزيئي للأكسجين في الرئة حوالي ١٤٠ مم زئبق، وهو يسهل انتشار الأكسجين عبر الغشاء ليتحد مع هيموجلوبين كرات الدم الحمراء ليتم توزيعه في شرايين الدم، ويكون الضغط الجزيئي للأكسجين في الأنسجة ٤٠ مم زئبق وفيها يختزل الهيموجلوبين ويتحرر الأكسجين مرة أخرى، وثاني أكسيد الكربون المتخلف يحمل راجعا عبر أوردة الدم بنفس الطريقة لكن بفرق ضغط أقل بين الأنسجة والرئتين حيث يتم إخراج ثاني أكسيد الكربون في النهاية في صورة زفير.

اضطرابات التنفس

تتمثل الاضطرابات التنفسية الناجمة عن تأثيرات فسيولوجية أو مرضية في اضطرابات في التهوية، امتصاص الغازات، نقل الغازات، وفيما يلي أهم الأمثلة عليها:

أ- اضطرابات مسببة لنقص في تهوية الحويصلة:
- زيادة المقاومة في ممرات الهواء (مرض الربو – مرض تمدد الحويصلات الهوائية للرئة Emphysema يسبب تحلل الألياف المطاطية).
- زيادة مقاومة الأنسجة (التليف).
- نقص مرونة الرئة والحنجرة (التليف – السرطان).

ب- أمراض مسببة لاضطراب سعة الانتشار الرئوي والتنفس:
- نقص مساحة السطح للغشاء التنفسي (الأمفزيما).
- زيادة سمك الغشاء التنفسي (التليف أو الفيبروزيس).

ج- اضطرابات في نقل الأكسجين:
- الأنيميا (أنيميا الهيموجلوبين المؤكسد Methemoglobinemia– أنيميا اتحاد الهيموجلوبين وثاني أكسيد الكربون Carboxyhemoglobinemia).

ميكانيكيات الدفاع التنفسية

الجهاز التنفسي مسلح جيدا للدفاع عند تعرضه لكميات معتدلة من المواد الخطرة أو الغريبة، وهناك ثلاث ميكانيكيات أساسية للدفاع عن الجهاز التنفسي تشمل المصيدة الأنفية، الأهداب المخاطية، والفاجوسيتوزيس (التهام الأجسام الغريبة والميكروبات):

المصيدة الأنفية: هي أول خط دفاعي تجاه التعرض الكيماوي للغازات السامة والأبخرة والأتربة، وتساعد الأجزاء الأنفية المتضمنة شعر الأنف والعظم المبروم داخل تجويف الأنف والتراكيب التشريحية الأخرى في تصيد وتثبيت

المواد المستنشقة الأكبر في الحجم (١٥ – ٢٠ ميكرومتر وأيضا المواد التي تذوب في الماء).

الأهداب المخاطية: وهي المحتوية علي الأهداب والمخاط المبطن للمسالك التنفسية، ومن المعروف أن الخلايا الشبيهة بالكأس الموجودة في النسيج الطلائي المبطن للجهاز التنفسي تفرز المخاط الذي يجتذب المواد التي يتراوح حجمها ما بين ٢– ١٠ ميكرومتر التي تتجاوز المناطق الأنفية والبلعوم، أما الأهداب (زوائد تشبه الخيط) المتصلة بالخلايا العمودية بالنسيج الطلائي المبطن للمسالك التنفسية فتحتجز الجزيئات والغازات من خلال تحركها ويعمل المخاط والأهداب علي حجز المواد والسماح لها بالوصول إلي الفم حيث تبصق أو تبلع.

التهام الأجسام الغريبة والميكروبات (الفاجوسيتوزيس): وهي وسيلة الدفاع الثالثة وتتضمن خلايا الرئة المنظفة ويطلق عليها خلايا الحويصلات الآكلة أو الملتهمة كبيرة الحجم، وتبتلع تلك الخلايا مواد يتراوح أحجامها بين ٠,٢ – ٥ ميكرومتر من تلك التي تجاوزت وسائل الدفاع الأخرى واستنشقت وترسبت أو بقيت في الحويصلة.

التعرض عن طريق الجلد

التعرض الجلدي ثاني أكثر طرق التعرض انتشارا، حيث أن الجلد يمثل سطح كبير لامتصاص المادة السامة (حوالي ٢ م^{٢}) ولذا فإنه من المهم الأخذ في الاعتبار سطح الجلد المعرض أو المكشوف بالنسبة للأشخاص الذين يعملون بالمواد التي تلامس الجلد.

تركيب ووظيفة الجلد

الجلد غشاء مطاط مرن فوق شبكة من النسيج الرابط (الضام)، وهو يحتوي علي أعصاب وأوعية دموية وأنسجة ليمفاوية وغدد وحويصلات شعرية وعضلات، ويتراوح سمك الجلد بين ٠,٥ مم في الجفون إلي ٣ – ٤ مم علي الظهر وراحة

اليد وأخمص القدم، والطبقات الثلاث الرئيسية المكونة للجلد هي الطبقة الخارجية (الإبيدرمس) أو بشرة الجلد، (الدرمس) أو الأدمة وهي الطبقة الغائرة في الجلد، والطبقة التحت جلدية، ويتكون (الإبيدرمس) من مكونات متنوعة: الطبقة الدهنية الخارجية (غطاء حمضي)، الطبقة القرنية بالجلد، الطبقة اللامعة أو الشفافة، الطبقة المحببة، الطبقة المنبتة، ويعتبر الدرمس أو الطبقة الوسطى الجلد الحقيقي وهي تحتوي أجزاء أخرى مثل الأوعية الدموية والشعيرات الدموية وقنوات الغدد العرقية والغدد الدهنية والأعصاب والنسيج الضام والدهن والحويصلات الشعرية، والطبقة التحت جلدية هي أعمق طبقات الجلد التي تربط بين الدرمس والنسيج الذي يغطي العضلات والعظم، ومن المعروف أن هناك أوعية دموية أعمق وأعصاب وغدد تغذي هذا الجزء من الجلد، وتتنوع وظيفة الجلد بين الحماية ضد العوامل الكيميائية والفيزيائية والحيوية والأصابات الميكانيكية والحركية وفقد الماء، إلي وظائف أخرى مثل الإحساس، تنظيم الحرارة، التمثيل الغذائي (الأيض).

الامتصاص عبر الجلد

يمكن أن تمتص بعض المواد من خلال الجلد السليم أو الكامل، وهذا الامتصاص يحدث من السطح الخارجي خلال الطبقة القرنية وحويصلة الشعر وقنوات الغدد العرقية، وعندما يتعرض الجلد للسحجات أو التسلخات والتهتكات والشروخ فإن نفاذ المواد يصبح أكثر سهولة عبر السطح الخارجي، ومقدرة المواد علي اختراق الجلد تحددها معاملات التجزيئ الدهن / للماء لها، وعليه فإن المواد التي لها دهنية بدرجة كبيرة أو تذوب في الدهون مثل كلوريد الميثيلين، كلوروفورم الميثيل، رابع كلوريد الكربون، تراي كلورو ايثيلين، والتولوين أو الميثانول تخترق الجلد بسهولة، وأيضا فإن مواد أخرى مثل المبيدات الحشرية (الفسفورية العضوية)، الفينول، أو الأنيلين تمتص من خلال الجلد السليم وبمجرد اختراق المواد الكيميائية الذائبة في الدهون في الجلد فإنها تمتص في مجرى الدم ويتم توزيعها جهازيا، ولذلك فلابد من الأخذ في الاعتبار احتمالية تعرض الجلد طالما أن هناك مواد كيميائية تمتص عن طريق الجلد من تلك التي يتم تداولها في أماكن العمل.

التعرض عن طريق الابتلاع أو التناول الفمي

عند ابتلاع المواد فإنها لابد أن تمر عبر القنوات الهضمية (الجهاز الهضمي)، وهي قد تمتص من تركيبات تشريحية مختلفة وذلك بمعدلات مختلفة، وتتوزع في الجسم من خلال الدورة الدموية الرئيسية، أو تمر بدون تغيير وتخرج في البراز، وتحدد الصفات الكيميائية للمواد إذا ما كانت ستمتص من المعدة حيث الوسط الحمضي أو من الأمعاء حيث الوسط المتعادل تقريبا، ومعيار التحكم في امتصاص المواد الكيميائية من تجويف القنوات الهضمية هو نفس معيار التحكم الذي يحكم مرور المواد عبر الأغشية الحيوية الأخرى، والمواد التي تكون ترسيبات غير ذائبة في تجويف القنوات الهضمية أو التي لاتذوب في الماء أو الدهون لا يمكن أن تمتص من القنوات الهضمية ويمكن أن تعبر النظام بدون تغيير.

النواحي التشريحية والفسيولوجية المتعلقة بالهضم

يتكون المسار الهضمي من تركيبات متتالية لمرور الطعام والماء وهي الفم، المريء، المعدة، الأمعاء الدقيقة، الأمعاء الغليظة والمستقيم، وبمجرد امتصاص المادة من خلال المسار الهضمي فإنها لابد أن تعبر خلال الطبقة المخاطية، الطبقة التحت مخاطية، طبقة العضلات الدائرية والطولية والطبقة المصلية المغلفة للأحشاء قبل أن تدخل مجرى الدم، والوظيفة الأساسية للجهاز الهضمي هي أن تمد الجسم بالمغذيات الضرورية والماء من اجل وظيفة طبيعية، وتبتلع بعض المواد عن طريق الصدفة أو الخطأ في مكان العمل من مصادر ملوثة متنوعة، ويعتبر الأكل في محل العمل من الوسائل الكلاسيكية لابتلاع المواد الخطرة، وبعض المواد يمكن أن تبتلع بعد أن تستنشق أيضا، وأثناء عملية تنظيف التنفس الطبيعية فإن هناك جزيئات تتحرك لأعلي الجهاز التنفسي حيث تصل إلي الفم لتبصق أو تبلع، وبعد البلع تهضم الجزيئات وتعبر المسار الهضمي، وقد يحدث ابتلاع عرضي للمواد أيضا في مكان العمل، ولكن غالبية التسممات الناتجة عن هذا التعرض تحدث في المنازل.

التعرض بملامسة الجلد والعين

ملامسة الجلد

بجانب الامتصاص الجلدي فإن كثير من الكيماويات تعمل مباشرة علي الجلد مؤدية لتدمير سطح الجلد، حيث تسبب أنواع مختلفة من الالتهابات الجلدية والتي تعد من الأمراض المهنية المهمة، وهناك حوالي ٢٠٠٠ مادة كيميائية مصنفة كمهيجات أولية، وهذه المواد تعمل مباشرة علي الجلد مسببة درجات متنوعة من التهيج، حيث أن بعض المذيبات تزيل المادة الدهنية من طبقة الجلد الخارجية، بعض العناصر مثل الراتنج (مادة صمغية من أصل نباتي) يمكن أن تثير الحساسية لدى بعض الأشخاص من ذوي الحساسية العالية، بعض الكيمائيات مثل كلورونتيد داي أوكسين يمكن أن تسبب مرض بالجلد يشبه حب الشباب يعرف باسم كلوراسن Chloracne، الأسفلت أو الزفت أو القار بمصاحبة أشعة الشمس يسبب زيادة الصبغة في الجلد، مواد أخرى مثل مركبات الفينول تسبب نقص الصبغة في الجلد، مركبات الكروم والزرنيخ يصاحبها تقرحات الجلد وأورام وانتفاخات جلدية مملوءة بسائل (البرابيق)، العديد من المواد القلوية قد تكون آكلة للجلد وتسبب حروق كيميائية، وبالإضافة لذلك فهناك بعض المواد الكيميائية التي يشك أنها مسببة للأورام الخبيثة والمؤدية لسرطان الجلد.

العين

هناك كثير من المواد الكيميائية التي يمكن أن تضر بالعين مسببة درجات متنوعة من تهيجات العين، وأعراض أخطر من ذلك، وأحد نتائج التهيج، إفراز الدموع، ومن المواد الكيميائية التي تسبب التدميع الأمونيا، الفورمالدهيد، ثاني أكسيد الكبريت، ومن أكثر مدرات الدموع المواد الموجودة في التوابل والغازات المسيلة للدموع، والمادة الفعالة بها الكلورواسيتوفون، وتستخدم بتركيزات صغيرة مع المذيبات، ومن مدرات الدموع القوية الأخرى مادة أليل داي سلفيد (المادة الكيميائية الموجودة في البصل)، والحروق الكيميائية للعين بالقلويات والأحماض

منتشرة وهي مواد بالغة الخطورة ويتوقف ذلك علي درجة الـ pH للمادة الكيميائية وتركيزها وفترة التعرض، والأحماض التي لها pH أعلي قد تسبب حروق العين ولكنها لا تسبب ضرر شديد في القرنية إذا لم يتم معالجتها، وعادة ما تكون الأحماض مرسبات لا تعبر النسيج الطلائي للقرنية مما يتسبب فى ضرر أكبر، وبصفة عامة فإن الأحماض القوية لها هذه الخاصية، والقلويات لها القدرة علي اختراق طبقات أعمق من العين لأنها تستطيع عبور الطبقة الطلائية للقرنية، وعليه فإنه حينما توجد احتمالية تهيج العين بالمواد الكيميائية أو ضرر اخطر من ذلك فإنه لابد من استخدام أدوات الحماية الشخصية للعين بالنظارات والعدسات وسواتر الوجه وغيرها من الأدوات التي يمكن توظيفها لذلك، وعندما تلامس أي مادة كيميائية العين لابد من غسلها جيدا لمدة طويلة باستخدام محاليل غسيل العين الملائمة، وعموما فإن المواد الآكلة للعين تكون درجة الـ pH لها تساوي أو أقل من ٢ أو تساوي أو اعلي من ٥ , ١١.

طرق أخرى للتعرض

توجد طرق أخري للتعرض تستخدم في تجارب السمية لإدخال المادة بحيوان التجارب، وذلك عن طريق غير طريق الفم بالحقن خارج الأمعاء أو القنوات الهضمية، العضل، داخل التجويف البريتوني، وتحت الجلد، وهناك طريقة لإدخال المادة في القصبة الهوائية أو الرئة، وهذه الطريقة يمكن أن تستخدم بدلا من اختبار التعرض بالاستنشاق الأكثر استخداما.

حركيات المواد السامة بالجسم

لكي تحدث المادة تأثيرها السام أو الضار فإنها يجب أن تصل إلي مناطق التأثير بالجسم أو المستقبلات البيولوجية Biological receptors (مثل بعض الأنظمة الإنزيمية، الأحماض النووية، الهيموجلوبين، بعض المجموعات الكيماوية الموجودة في البروتينيات، والمستقبلات الخاصة بالجهاز العصبي المركزى)، وحتى تصل المادة إلي هذه المستقبلات فإنها تمر بعدة مسارات داخل الجسم وذلك فيما يعرف

بحركيات المواد السامة وتبدء بالتعرض، الامتصاص، الانتقال، التخزين، الأيض، والإخراج.

التعرض

يعتبر التعرض الخطوة الأولى لظهور السمية، وقد يحدث تعرض الإنسان من خلال الاستنشاق، الامتصاص الجلدي، أو عبر الجهاز الهضمي وأيضا بالملامسة الجلدية أو من خلال العين كما سبق ذكره.

الامتصاص

لكي يتم الامتصاص داخل الجسم والوصول إلى الخلية فإن المادة السامة يجب أن تمر خلال عدد من الأغشية الحيوية، وهذا لا يتضمن فقط أغشية الأنسجة المحيطة أو السطحية ولكن أيضا بالخاصية الشعرية والأغشية الخلوية، ولذلك فإن طبيعة هذه الأغشية والخواص الفيزيقية والكيميائية للمادة السامة تعتبر عوامل هامة مؤثرة في الامتصاص، والميكانيكية التي تمر بها المادة السامة خلال الأغشية تكون من خلال عدة طرق أهمها:

- الترشيح خلال الفراغات أو الثقوب بالأغشية.
- النقل السلبي خلال الفراغات أو الثقوب، أو بواسطة الذوبان في المواد السائلة للغشاء.
- النقل الميسر، وهو نوع خاص من أنظمة الانتقال التي يتم فيها حمل المواد القابلة للذوبان في الماء عبر الغشاء بواسطة جزئ دهني ذائب "حامل" والذي يكون معقدا مع المادة الكيماوية، ومن هذا تتضح الأهمية التي تلعبها الخواص الكيماوية فى ذلك، وعليه فإن القابلية للذوبان في الدهون من أهم العوامل المؤثرة علي الإمتصاص.

الانتقال

بمجرد حدوث الامتصاص ، فإن الانتقال السريع للمادة السامة خلال الجسم يأخذ دوره، وربما تنتقل المادة الملوثة أو السامة عبر الجهاز الليمفاوي أو سريان

الدم وتتوزع لأنسجة الجسم المختلفة، بما فيها مستودعات التخزين، وأماكن التمثيل (الأيض) أو التحول الحيوي.

التخزين

تتضمن أماكن التخزين الكبد، الكليتين، الرئتين، العظم، الأنسجة الدهنية، وغيرها، وهي قد تكون أو لا تكون مواضع التأثير السام للمادة، ومن الممكن أن يتم تخزين المادة السامة التي انتقلت إلي أماكن التخزين فقط لفترة مؤقتة بها، وتحت ظروف فسيولوجية معينة فإن المادة ربما يتم انفرادها أو إزالتها من مكان التخزين وتنتقل مرة أخرى، وبنفس الطريقة فإنه بعد التحول الحيوي فإن المادة السامة قد تنتقل إلي مكان التخزين أو المواضع التي يمكن إفرازها منها، وانتقال المادة السامة عبر الأنسجة ربما يحمل عبر الارتباط ببروتين الدم- الليبوبروتين.

الأيض (التمثيل)

قد يحدث تمثيل (أيض) للسموم بعيدا عن مواضع الدخول أو في بعض الأعضاء مثل الكبد، الرئتين، القناة الهضمية المعدية، والكليتين، ويلعب الكبد دورا رئيسيا في ايض الكيماويات الغريبة عن الجسم (المواد السامة أو الملوثة)، والإمداد الغني بالإنزيمات غير المتخصصة يجعل الكبد قادرا علي تمثيل مدى شاسع من المواد العضوية، والتفاعلات الأيضية لهذه المواد تتضمن مرحلتين، وتشمل المرحلة الأولى (Phase1) المجموعة قطبية التفاعل بالمادة السامة أو الغريبة عن الجسم وذلك من خلال عملية الأكسدة، الاختزال، التحلل المائي مكونة نواتج أيضية أولية، أما المرحلة الثانية (Phase2) فإنها تشمل تفاعلات الاقتران أو الارتباط والتي يتم فيها اقتران المواد الداخلية بالجسم مع النواتج الأيضية الأولية مكونة ناتج ايضي معقد ثاني، وأهمية هذه التفاعلات أنها تكسب المركبات الليبدية مقدرة أكبر علي الذوبان في الماء وبالتالي تكون نواتج ايضية لها قابلية أكثر علي الإفراز، وهناك العديد من المركبات التي تفقد سميتها خلال هذه التفاعلات، إلا أنها قد تزيد من نشاط بعض المركبات الأخرى.

الإفراز (الإخراج)

يعتبر الإفراز الخطوة الأخيرة التي يتم بها إخراج المادة السامة من الجسم وذلك من خلال الكليتين، الرئتين، القناة المعدية، وقد يتم إفراز المادة السامة في صورتها الأصلية أو نواتجها الأيضية ويتوقف ذلك علي الخواص الكيماوية للمادة.

ميكانيكيات التأثير السام

تحدث المواد الخطرة تأثيراتها السامة سواء كانت في صورتها الأصلية أو نواتجها الأيضية النشطة، وهي تتفاعل مع المكونات الخلوية بمواقع تأثيرها لتنشط تأثيراتها السامة التي يمكن ملاحظتها بأي مكان بالجسم، وتوابع مثل هذا التفاعل قد تنعكس علي تثبيط الأيض المؤكسد، الجهاز العصبي المركزي (CNS)، أو التداخل مع الأحماض الأمينية فتؤدي إلي السرطان أو أضرار بالجهاز التناسلي، وقد ينتهي التأثير الحيوي للمادة السامة أو الملوثة بالتحولات الأيضية، أو التخزين، أو الإخراج، وبصفة عامة فإن المادة السامة يمكن أن تتسبب في تأثيرات ضارة من خلال:

١- تمزيق أو هدم التركيب الخلوى

تحدث المادة السامة تأثيرها الضار علي أعضاء معينة حيث تتسبب في أضرار تركيبية بأنسجتها مؤدية للهدم الخلوي، وعلي سبيل المثال فإنه عندما يستنشق الحيوان أو الإنسان كميات كافية من الأوزون (O_3)، أو الضباب الحامضي (حامض الكبريتيك) فإنه يمكن أن يحدث ضرر بالأجزاء العلوية للجهاز التنفسي، وزيادة التعرض لمستويات عالية من الأوزون قد يؤدي إلي أديما أولية (اختناق) أي ارتشاح السوائل بالأجزاء الخاصة بالتبادل الغازي في الرئتين، ويعني ذلك أن التعرض للأوزون يمكن أن يؤدي إلي تمزيق أنسجة الرئة.

٢- الخلط الكيماوى المباشر بالمكونات الخلوية

يمكن أن تختلط المادة السامة بالمكونات الخلوية مكونة معقد، وغالبا فإن ذلك يؤدي لإتلاف أو خلل وظيفي (تلف وظيفي)، وعلي سبيل المثال فإن أول أكسيد

الكربون (CO) يرتبط بالهيموجلوبين في الدم (Hb) مكونا الكربوكسي هيموجلوبين (COHb)، ومن المعروف أن الهيموجلوبين بالجسم يعتبر أساسيا بنظام التبادل للأكسيجين - ثاني أكسيد الكربون فيما بين الرئة والأنسجة، وكمثال آخر، فإن معدن الكادميوم عالي السمية، بمجرد امتصاصه بالجسم يرتبط بالبروتين ويقوم هذا البروتين بالنقل والتخزين الاختياري للكادميوم، وعلاوة علي ذلك فإن هناك تراكم اختياري آخر للكادميوم يظهر بالكليتين مؤديا إلي اختلال أنبوبي نهائي مع زيادة نسبة البروتين بالبول.

٣- التأثير علي الإنزيمات

أكثر صور التفاعلات التي تظهر بالخلية الحية تكون بالعوامل المساعدة البروتينية المسماة إنزيمات، وكأي عامل مساعد فإن الوظيفة الأساسية للإنزيم تكون لزيادة معدل التفاعل، وكل الإنزيمات البروتينية كروية، ولكل إنزيم وظيفة معينة بسبب تركيبة الكروي الخاص ولكن النشاط الأمثل لعديد من الإنزيمات يتوقف علي وجود مواد غير بروتينية تسمى العوامل المرافقة (Cofactors)، والمشاركة الجزيئية للبروتين- العامل المرافق يظهر أقصي نشاط مساعد (Holoenzyme)، والتكوين البروتيني بدون عامله المرافق يظهر نشاطا منخفضا جدا أو ينعدم نشاطه تماما (Apoenzyme)، وهناك قسمين من العوامل المرافقة العضوية وغير العضوية، والعوامل المرافقة العضوية تتضمن بعض المواد التي لها تركيب متنوع وعادة ما يطلق عليها مرافقات إنزيمية (Coenzymes) وهذه المرافقات هامة بصفة خاصة في تغذية الحيوان والإنسان حيث أن معظمها فيتامينات أو أنها مواد ناتجة من الفيتامينات، وعلي سبيل المثال فإن فيتامين K لا يتحول بعد الهضم ويستخدم مباشرة في صورة فيتامين K، وعلي العكس من ذلك فإن فيتامين الحامض النيكوتيني رياسيين Riacin يتحول بعد الهضم إلي أحد العاملين المرافقين (NADH) أو (NADPH)، ومن ناحية أخري فإن العوامل المرافقة غير العضوية تشتمل علي بعض الأيونات البسيطة غير العضوية مثل Na^+، K^+، Cu^{2+}، Fe^{2+}، Ca^{2+}

، Zn^{2+}، Mn^{2+}، Mg^{2+} ، وتقوم الملوثات البيئية أو المواد السامة بإفقاد النظام الإنزيمي لنشاطه من خلال:

١- اختلاط أو ارتباط المادة بالموقع أو المواقع النشطة للإنزيم مما يؤدي لفقده لنشاطه، وعلي سبيل المثال فإن المعادن الثقيلة مثل الزئبق، الرصاص، أو الكادميوم يمكن أن تتصل بمجموعة الثيول أوSH بجزئ الإنزيم، مكونة رابطة مكافئة مع ذرة الكبريت، ويؤدي هذا إلي فقد تنشيط الإنزيم إذا ما كانت مجموعة الـ SH الموضع النشط للإنزيم، ومن المعروف أن إنزيمات ترانز أميناز (Transaminase)، أمينوليفيولنتيت دهيدراز (Aminolevulinate dehydrase) حساسة للتثبيط بالرصاص لأنها تحتوي علي مجموعة الـ SH بمواقعها النشطة، وبالإضافة لذلك فإن تكون بروتين الإنزيم يتبدل من خلال تمزيق الروابط الهيدروجينية.

٢- تحتاج إنزيمات عديدة إلي عوامل مرافقة غالبا ما تكون كاتيونات وذلك لتنشيطها، وهذه الأيونات تزود المراكز الإليكتروفيلية بالمواقع النشطة، والمادة السامة قد تثبط أي من الإنزيمات عن طريق إفقاد النشاط للعامل المرافق (المشترك)، وعلي سبيل المثال فإن الفلوريد معروف انه مثبط قوي للإنيوليز، الإنزيم الجليكولي الذي يتطلب أيونات Mg^{2+} لتنشيطه، وفي وجود الفوسفات، والفلوريد لا ينشط Mg^{2+} العامل المرافق نتيجة لتكون معقد فلوروفوسفات الماغنسيوم.

٣- قد تحدث المادة تأثيرها السام من خلال تنافسها مع العامل المرافق للموقع النشط، وهذا يؤدي لعدم تنشيط الإنزيم، وعلي سبيل المثال فإن البيريلليم Be يتنافس مع المغنسيوم Mg والمنجنيز Mn والكادميوم Cd المستبدل بالزنك Zn في بعض الانزيمات.

٤- قد يثبط نشاط الإنزيم عند وجود ناتج أيضي سام، ومن المعروف أن فلورو خلات الصوديوم السام للفئران (مبيد قوارض) يعمل كسم قوي للحيوانات، ولكن الفعل السام لا يرجع للمركب نفسه ولكن لناتجه الأيضي فلوروسترات الذي يتم تكوينه عبر التفاعل المعروف بتخليق الموت (Lethal synthesis)، والفلوروسترات الناتج يكون ساما بسبب تثبيطه لإنزيم أكونيتيز

(Aconitase) وهو الإنزيم المسئول عن تحول السترات إلي سيس أكوينتات (Cis – aconitate) ثم إلي أيسوسترات في دورة كربس، وتثبيط الأكونيتيز ينتج عنه تراكم السترات، وتتوقف الدورة لهبوط التمثيل الأيضي، واختلال أيض الطاقة.

٤- تنشيط التأثير الثانوي

قد يؤدي وجود المادة السامة بالنظام الحي إلي انفراد بعض المواد التي تضر بالخلايا، وأهم الأمثلة التي يمكن إعطائها لتوضيح هذه الظاهرة أنه يلي استنشاق حبوب اللقاح ظهور حساسية لدى عديد من الأفراد، مؤدية لمرض شائع هو حمى القش (أو الهشيم)، ويرجع ذلك لانفراد مادة الهستامين المتكونة من الحامض الأميني هستادين وذلك من خلال عملية فقد الكربوكسيل، ويتكون الهستامين ويخزن بخلايا معينة بالجسم، وانفراد الهستامين يظهر فرط الحساسية (المشابه لمفعول بروتين غريب سبق حقنه بالجسم)، أو كنتيجة لشدة الحساسية، كما أنه ينبه بواسطة بعض الأدوية والكيماويات، والهستامين موسع قوي للأوعية الدموية ويسبب تمدد وزيادة نفاذية الأوعية الدموية، وهو يفرز الببسين، ويمكن أن يخفض من ضغط الدم مؤديا لحدوث صدمة إذا ما كان بدرجة كافية، ومن الممكن أن يؤدي الهستامين بالتركيزات الزائدة لضعف شديد أو انهيار للأوعية.

التأثيرات السامة للمواد الخطرة

يمكن تلخيص أساسيات السمية لبعض الأقسام العامة للكيماويات الخطرة مثل الغازات، المذيبات، المعادن، الأتربة، المبيدات، والمواد المشعة فيما يلي:

الغازات

١- الغازات الخانقة البسيطة Simple Asphyxiants

تعمل بعض الغازات والأبخرة عند تواجدها بتركيزات عالية في الجو بصفة أساسية علي إحداث اختناق بسيط بدون تأثيرات سامة مؤثرة أخرى أو تأثيرات

فسيولوجية، وقد لا يكون هناك توصيات خاصة بعتبة التعرض (TLV) لأي من هذه الغازات حيث أن العامل المحدد هو الأكسجين المتاح، والمحتوي الأدنى من الأكسجين المطلوب تبعا لهيئة الأمان المهني والصحة (OSHA)، هو ١٩,٥% بالحجم وذلك تحت الضغط الجوي العادي، والجو الذي ينقصه الأكسجين لا يوفر الحذر المناسب كما أن معظم الغازات التابعة لهذا القسم عديمة الرائحة، ومن ناحية أخرى فإن بعضا منها له أخطار انفجارية أيضا، ومن أمثلة هذه الغازات الأسيتلين، الإيثان، الإيثيلين، الهيليوم، الهيدروجين، الميثان، النيتروجين، والبروبان.

٢- المهيجات التنفسية العلوية Upper Respiratory Irritants

يقصد بها مهيجات الجزء العلوي من الجهاز التنفسي (الأنف – الحنجرة –...) ويسبب هذا القسم من الكيماويات حساسية أو تهيج بالقناة التنفسية العليا، وهذه الغازات المهيجة تذوب في الغشاء المخاطي المبطن للجهاز التنفسي وتهيج النهايات العصبية لهذه الأجزاء، وبسبب هذا التهيج فإن هذه المواد تمتلك خواص تحذيرية جيدة، ويتم الكشف سريعا عنها، ومن أمثلتها الأسيتالدهيد، أنهيدريد خليك، الأمونيا، الفورمالدهيد، أنهيدريد فثاليك، وثاني أكسيد الخليك، والتركيزات المسببة لهذا التهيج تختلف من مادة إلي أخرى وبالتركيزات العالية فإنها قد تسبب أضرار رئوية أكثر خطورة إذا ما وصلت الغازات إلي الحويصلة الهوائية، وتبدئ الاستجابة بإحساس بوخز متوسط في العيون، الأنف، والحنجرة، وهذه المظاهر يمكن أن تتزايد بسرعة مسببة إفراز الدموع وحرقان بالأنف والحنجرة، ومع التركيزات العالية فإنه قد تظهر التهابات خطيرة بشعيبات القصبة، وبالأجزاء السفلي من القناة التنفسية، ويمكن لمعظم الأشخاص اكتشاف هذه الغازات عن طريق الرائحة المميزة لها بالتركيزات المنخفضة قبل ظهور التهيج، والأشخاص الذين يعملون في بيئة مماثلة يمكنهم اكتشاف هذه الغازات لما تتميز به من مواصفات تحذيرية جيدة، وعادة فإنها لا تستبقى في المنطقة بدون نوع ما من الحماية التنفسية، وأحيانا فإن بعض العاملين يصبحوا أكثر تحملا وتأقلما لهذه الغازات طوال فترة التعرض، وهذه الحالة خطيرة حيث أن نهايات الأعصاب تصبح مانعة للخواص التحذيرية، كما أن ميكانيكيات الدفاع التنفسية قد تعوق، وقد تحدث أضرار بأهداب القناة التنفسية بالتركيزات

العالية علي المدى الطويل من التعرض بأي من الغازات المهيجة، ويسمح العلاج للمواد المعرضة الأخرى لكي يتم استنشاقها بعمق إلي الرئتين، وكأحد الأمثلة علي هذه الحالة للتعرض المختلط لأبخرة الفورمالدهيد ومساحيق البارافورمالدهيد، حيث تسبب أبخرة الفورمالدهيد حساسية أو تهيج وتقلل الفعل أو النشاط الهدبي، في حين يمكن أن تتسبب عادة مساحيق الفورمالدهيد غير الذائبة فى تعدي ميكانيكيات (آليات) الدفاع الهدبية، ويمكن إن تترسب أعمق بالرئتين مسببة ضرار أو تلف الحويصلات الهوائية، ويؤثر التدخين بنفس الطريقة وذلك بتقليل الآليات الدفاعية مما يسمح للتعرض الكيماوي بإحداث أضرار للرئتين، والحساسية أو التهيجات الناشئة عن الفورمالدهيد معروفة جيدا، حيث ان الفورمالدهيد من المواد التي تنتج بأحجام كبيرة، ودراسات التعرض المزمن علي الحيوانات عن طريق الاستنشاق لمدة سنتين لكل من الفئران والجرذان بتركيزات ٢، ٦، ١٥ جزء في المليون بالهواء أشارت لحدوث سرطان الأنف بالجرذان مع تركيز ١٥ جزء في المليون، وحاليا فإن الفورمالدهيد يصنف كمسرطن حيواني ومهيج تنفسي، ولم تؤكد الدراسات الوبائية حتى الآن حدوث سرطان الأنف لدى العشائر الإنسانية.

٣- غازات الإستسقاء الرئوي Pulmonary Edema Gases

هناك بعض الغازات التي لها القدرة علي الوصول إلي الحويصلات الهوائية بالرئتين ومنها الكلورين، الأوزون، كبريتيد الهيدروجين، ثاني أكسيد النيتروجين، والفوسجين، وتسبب هذه الغازات أضرار بالغشاء الشعري للقصبة، الغشاء الشعري المحيط بالحويصلة الهوائية، وينتج عن ذلك زيادة في نفاذية الغشاء مما يسمح لسائل البلازما بالسريان من القنوات الشعرية إلي الحويصلة مسببة استسقاء رئوي، ومن الأمثلة التي يمكن إعطائها عن هذه الغازات علي سبيل المثال، هي أن التعرض لغاز الفوسجين ينتج عنه استسقاء رئوي (حوالي ٧٠ % من إنتاج الفوسجين يستخدم في تصنيع الأيزوسيانات)، ومن المعروف أن الفوسجين يذوب جزئيا فقط في الماء، ولذا فإن مروره عبر الجزء العلوي من الجهاز التنفسي غالبا لا يلاحظ ترسبه في الحويصلة، وفيما بعد فإنه يذوب (يتحلل) هناك مسببا تلف للغشاء التنفسي، والفوسجين الذي تبدو رائحته مثل الأعشاب حديثة القطع لا يمتلك خواص

تحذيرية جيدة خاصة، وحيث أن حد التعرض المسموح به (PEL) هو ٠,١ جزء في المليون، وأن عتبة الشم (حد الإحساس بالرائحة) لغالبية الناس هي ٠,٥ جزء في المليون، فإن الشخص الذي يكتشفه عن طريق الشم يكون قد تعرض له بشدة، وبعد التعرض المفرط فإن الشخص قد لا يشعر مبدئيا بمرض خاص، وربما يعاني فقط من آلام بالحنجرة مع بعض الحساسية أو الالتهاب، وبعد بضعة ساعات فإن الشخص يعاني من آلام رئوية موجعة كاملة وذلك بعد وصول الفوسجين إلي الرئة، والاستسقاء الرئوي الحاد يؤدي بعد ذلك للاختناق وفي النهاية الوفاة إذا ما كان التعرض عاليا بدرجة كافية، والتركيز النصف وقتي القاتل LCT_{50} للإنسان هو ٥٠٠ جزء في المليون – دقيقة، ويعتقد الكثيرين أنه بمجرد تعرض الشخص لكميات معنوية من الغاز، فإنه لا يوجد شئ يمكن عمله من أجل استعادة الحالة وتجنب الموت القادم، وحيث أن التعرض للفوسجين خطير جدا بسبب الطبيعة المغرية للمادة والتي تظهر أعراضها بصورة عادية بعد أن تكون قد تمكنت من الجسم، فإنه من المهم جدا قياس التعرض لتقدير مدى إمكانية حدوث الضرر، ويستخدم مقياس الجرعة من قبل متخصصين لرصد أو تقصي هذا التعرض، وبالإضافة لذلك فإنه يتم إجراء البحوث الطبية الحيوية بواسطة مصنعي الفوسجين لتطوير خطوات الإدارة العلاجية.

٤- غازات أخرى مختارة

أ- سيانيد الهيدروجين – يمكن أن يتسبب سيانيد الهيدروجين المستخدم في تصنيع الأكريلونيتريل في صعوبات تنفسية أو رئوية عند التعرض الزائد، وحد التعرض المسموح به (PEL) له ١٠ جزء في المليون مع الملاحظة الجلدية، وبمجرد امتصاصه فإن السيانيد يثبط نظام انزيم السيتوكروم أوكسيديز الذي يجعل الخلايا غير قادرة علي استخدام الأكسجين، وهناك إجراءات علاجية متاحة علي خطوتين باستخدام الترياق لحالات التعرض الحادة.

ب- أول أكسيد الكربون – من بين الغازات السامة للإنسان فإن أول أكسيد الكربون يعتبر الأكثر انتشارا من حيث التعرض له، ويحدث تأثيراته علي الجسم وذلك بالاختلاط مع هيموجلوبين الدم مكونا الكربوكسي هيموجلوبين الذي يعوق

الإمداد العادي لأنسجة الجسم بالأكسجين، والتعرض لأول أكسيد الكربون في الصناعة يمكن حدوثه مع الحرق غير الكامل للمواد الكربونية، ومن المعروف أنه قد تحدث حالات اختناق كيماوي من بعض مصادر أول أكسيد الكربون في المنشآت الصناعية.

جـ- كلوريد الفينيل - احدثت معلومات السمية لكلوريد الفينيل (PV) ثورة في مجال الصحة المهنية وذلك عند اكتشاف أن المادة تسبب نوع خاص من سرطان الكبد (Angiosarcoma)، وقد اعتبر كلوريد الفينيل لسنوات عديدة أنه منخفض السمية واستخدم في العديد من التطبيقات المتنوعة مثل التخدير الغازي والمواد الدافعة للأيروسولات، ومن خلال الدراسات علي الحيوانات والدراسات الوبائية تأكد أن التعرض لكلوريد الفينيل يتسبب في هذا السرطان الخاص بالكبد، وعندما عرفت نتائج الدراسات هذه فإن هيئة الأمان المهني والصحة (OSHA) أصدرت المتطلبات القياسية الأولى المتعلقة بالسرطان والتي تشير فيها إلي أن التعرض للمادة يجب أن يكون أقل من ١ جزء في المليون (مستوى فعلي مقداره ٥ , ٠ جزء في المليون)، وذلك بجانب الشروط الأخرى المتعلقة بتأسيس مناطق مقيدة، الرقابة الطبية، الرصد الصحي الصناعي، وغيرها من المتطلبات.

د- كلوروفليوروكربون - لفتت مواد الكلوروفليوروكربون (CFCs) كثير من الانتباه حاليا نظرا لاستنزافها طبقة الأوزون الجوية، ومن الوجهة التوكسيكولوجية فإنه من المعروف منذ سنوات عديدة أن للـ CFCs القدرة تحت ظروف معينة علي إحداث الحساسية القلبية (Cardiac sensitization) والتي تحث فيها المادة الكيماوية القلب لنوع من التنبيه (Endogenous epinephrine)، وينتج عن ذلك عدم اتساق نبض القلب (Arrthythmias) الراجع للتوصيل غير الطبيعي للنبضات الكهربائية خلال القلب، وعدم الاتساق النبضي هذا قد يكون خطيرا جدا، وفي بعض الأحيان يسبب تليف في البطين (Ventricular fibrillation)، وهي نفس حالات المعاناة من الصدمة الكهربائية.

هـ- أوكسيد الإيثيلين - مادة كيماوية خطرة تستخدم في أغراض صناعية متنوعة، وهي مادة تفاعل رئيسية في إنتاج الإيثيلين جليكول (مادة مضادة للتجمد)، ومادة

خام لعديد من الكيماويات الأخرى مثل البولي يولز (بولـــي إيـــثريز)، ومعقـــم للتبريد الغازي في المستشفيات، ومن حيث أخطارهـــا الانفجاريـــة المعروفـــة، واعتبارات الأمان الهامة، وأن المادة تستخدم أحجام كبيرة منـــها فـــي إنتـــاج كيماويات أخرى، فإن المنتجين لها دعموا دراسات واسعة للتعرض المزمن عن طريق الاستنشاق تم إجراءها علي مجموعات من الجرذان تعرضـــت لـــ ١٠، ٣٣، ١٠٠ جزء في المليون لمدة ٦ ساعات / يوم، و٥ أيام أســـبوعيا طـــوال عامين، ودلت النتائج علي تطور سرطان الدم اللوكيميا (Leukemia) وأضـــرار بالطبقة الطلائية المبطنة للتجويف الجنيني (Mesothelioma) في الفئران، وأدى ذلك إلي أن يقوم العديد من المنتجين بتخفيض مستوى التعرض المســـموح بـــه الداخلي (الخاص بهم) من المادة، وهذه المعلومات استخدمت أخيرا مـــن قبـــل هيئة الأمان المهني والصحة لتأسيس الحد المسموح به بمقـــدار ١ جـــزء فـــي المليون (مستوى فعلي ٥, ٠ جزء في المليون)، وبـــالرغم مـــن أن اللوكيميـــا (Leukemia) لـــم تصـــاحب التعـــرض البشـــري للمـــادة، إلا أن النتـــائج التوكسيكولوجية المأخوذة عن الدراسات علي الحيوانات نبـــهت العـــاملين فـــي مجال الصناعة علي المزيد من الحذر في تداول المادة والتقليل مـــن تعـــرض العمال لها.

المذيبات

المذيبات مواد تستخدم في إذابة مواد أخرى، وهناك العديد من المذيبات التـــي تستخدم فى أغراض مختلفة، ومن المعروف أن هناك ٢٥٠ مذيبـــا تســـتخدم فـــي أغراض صناعية متنوعة، ويأتي علي رأسها من حيث الانتشار حوالي ٥٠ مذيبـــا، وتنقسم المذيبات لنوعين أساسيين هما المذيبات المائية والعضوية، وتحتوي المذيبات المائية علي قاعدة مائية ولها بصفة عامة ضغط بخاري منخفض ينتج عنه حد أدنى من النشاط التنفسي، والمشكلة الرئيسية الناجمة عن التعرض لمثل هـــذه المذيبـــات تتمثل في الالتهابات الجلدية، أما المذيبات العضوية فلها ضغط بخاري مرتفع ينتـــج عنه تعرض عالي بالتنفس، وبصفة عامة فإن المذيبات العضوية تؤثر علي الجـــهاز العصبي المركزي، مسببة هبوط أو خمول وأعراض تشـــبه الخـــدر، والتـــأثيرات

الأخرى تشمل الالتهاب الجلدي الناتج عن الملامسة، الحساسية الجلدية، وأضرار بالجهاز العصبي الخارجي أو السطحي، والتعرض المفرط لهذه المواد يسبب مدى واسع من الأعراض، وهي تتوقف علي المادة، وتركيزها، وطول فترة التعرض.

١- الهيدروكربونات

ومنها المخاليط الأليفاتية وهي تركيبات ذات سلسلة مستقيمة تشتق علي وجه الخصوص من المنتجات البترولية، وغالبا فإنها تنقسم إلي ثلاث أقسام بالاعتماد علي درجة أو نقطة الوميض، القسم الأول يشمل الإيثير، النفثا، الجازولين، الهبتان، والأوكتان ونقطة الوميض لها أقل من ٨ , ٣٧ م (١٠٠ ف)، ولها تأثيرات علي الجهاز العصبي المركزي تبدأ بالصداع، الدوار وحتى الإحباط، الغيبوبة، وعدم اتساق نبض القلب، ويمكنها أيضا أن تسبب تهيجات جلدية أولية، وأن تزيل دهن الجلد، القسم الثاني والثالث سوائل أيضا درجة الوميض لها اعلي من ٨ , ٣٧ م، ومن أمثلتهما زيوت التزليق، والزيوت الفاصلة، والمشاكل الصحية المصاحبة لهذه المذيبات تتمثل في الالتهابات الجلدية وبعض المخاطر التنفسية الناجمة عن الرذاذ أو الضباب والتنفس من قيء المواد المهضومة.

٢- المواد الأروماتية

ومنها البنزين، التولوين، والزيلين، ويستخدم البنزين في الأغراض الصناعية كمذيب في العديد من التطبيقات للدهون، الأحبار، الزيوت، الدهانات، البلاستيك، المطاط، الصبغات، ومواد التجميل، وأعراض التعرض الحاد المفرط للبنزين تشمل تأثيرات عصبية مركزية سطحية أو خارجية مثل الدوار، الضغط، الصداع، الغثيان، ارتجاف، عدم انتظام القلب، فقد الوعي، تأثيرات علي الجهاز الدموي (نظام تكوين الدم) تشمل الأنيميا، واللوكيميا وهما من التأثيرات الصحية الرئيسية المصاحبة للتعرض المفرط المزمن، ويستخدم كلا من التولوين والزيلين أيضا كمذيبات شائعة وفي الحالات التي تستدعي استخدامها كبدائل للبنزين، وتشمل التأثيرات الصحية المزمنة لهما أعضاء مستهدفة مثل الكبد والأعضاء المسئولة عن الوظائف التكاثرية لدى الذكور.

٣- الهيدروكربونات الكلورونية

تمثل القسم الأكبر من المذيبات الصناعية ويصاحبها تأثيرات صحية مختلفة:

أ- مجموعة أو سلسلة الميثان – ومنها كلوريد الميثيل، كلوريد الميثيلين، الكلوروفورم، رابع كلوريد الكربون، وكلا منها يصاحبه هبوط بالجهاز العصبي المركزي، وبعض التأثيرات علي الكبد، الكليتين، وهناك أدلة علي تسببها في سرطان بالحيوانات، ومن بين التأثيرات المثيرة لكلوريد الميثيلين هي تمثيله إلي أول أكسيد الكربون مما ينتج عنه زيادة في مستويات الكربوكسي هيموجلوبين بالدم.

ب- مجموعة أو سلسلة الإيثان – مذيبات سلسلة الإيثان تشتمل علي كيماويات مثل ثاني كلوريد الإيثيلين، الكلوروفورم الميثيلي، ثلاثي كلوريد الإيثيلين، ورابع كلوريد الإيثيلين، وهذه المواد يمكن أن تسبب ضغط أو هبوط الجهاز العصبي المركزي، وعدم اتساق نبض القلب علاوة علي أضرار بالكبد والرئتين، وقد يحتوي الكلوروفورم الميثيلي أو ١ , ١ , ١ – تراي كلورو إيثان أيضا علي كميات قليلة من ١, ٤ – ديوكسان كمادة مثبتة، ولذا فإن سمية الديوكسان والتأثيرات المنشطة الممكنة يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تحديد سمية الكلوروفورم الميثيلي، ويسبب ثالث كلوريد الإيثيلين وهو مزيل للشحوم المعدنية شائع الاستخدام حساسية قلبية (عدم اتساق النبض) ومجموعة أعراض متزامنة، والعديد من هذه المواد أظهرت تأثيرا مسرطنا في التجارب طويلة الأجل علي الحيوانات.

٤- الكحولات والجليكولات ومشتقاتها

أ- الكحولات – مثل الميثانول والإيثانول وهي تستخدم أيضا كمذيبات في الأغراض الصناعية، ويتسبب الميثانول في حساسية أو تهيج الغشاء المخاطي ويسبب تأثيرات بالجهاز العصبي المركزي نتيجة لاستنشاقه، وحساسية بالجهاز التنفسي، والعمى عند تناوله أو هضمه.

ب- الجليكولات ومشتقاتها – من أمثلة عائلة الجليكول كل من الإيثيلين جليكول، ميثيل سيللوسولف، و ١ , ٤ – ديوكسان، ويستخدم الإيثيلين جليكول

كمضاد للتجمد، السوائل الهيدروليكية، وكمذيب عام، وهو يسبب تأثيرات بالجهاز العصبي المركزي وأضرار بالكليتين، وهو أكثر خطورة علي الإنسان عنه تجاه بعض الحيوانات عند تناوله أو هضمه، وهناك العديد من حوادث التسمم التي تعزي لتناول الإيثيلين جليكول كل عام، ويستخدم الميثيل سيللوسولف كمذيب لورنيش اللك (اللاكيه)، الرزين (الراتنج)، الدهانات، الورنيش، والصبغات، ودلت الدراسات علي أنه يسبب ضغط أو هبوط بالجهاز العصبي المركزي، أضرار بالكليتين، الحنجرة، هبوط بالجهاز العصبي المركزي، أضرار بالكبد والكليتين، كما ظهر أنه يحدث أورام في حيوانات التجارب.

٥- الإسترات

تستخدم الإسترات بصفة عامة في صناعة البلاستيك، مثبطات الالتهابات أو مضادات الاشتعال، ومكسبات الطعم والرائحة، ومن أمثلة الاسترات كل من الخلات، الكبريتات، مركبات الفينولات والفوسفات، وتسبب هذه الاسترات هبوط بالجهاز العصبي المركزي، تهيج جلدي أولي، وحساسية بالأجزاء التنفسية العليا، إفراز الدموع بغزارة، وتضاف استرات الفيثلات لغالبية المواد البلاستيكية من البوليمرات عالية الوزن الجزيئي لتكسب المنتج النهائي المرونة والمتانة، ويصاحب بعض مواد المجموعة مثل الداي (٢ – ايثيل هكسيل) فيثالات (DEHP) تأثيرات مسرطنة تجاه بعض الحيوانات، وأيضا بعض الاعتبارات البيئية.

٦- الإيثيرات

الإيثيرات سوائل متطايرة عديمة اللون قابلة للاشتعال بدرجة عالية، تستخدم كمذيبات عامة، ومنها الإيثيل اثير الذي يعتبر واحد من أوائل مواد التخدير العامة الناجحة، وهي تؤثر علي الجهاز العصبي المركزي، ويستخدم بيس كلوروميثيل إيثير (BCME) كمذيب في تصنيع البوليمرات، ويحدث التعرض له من خلال الاستنشاق والامتصاص الجلدي، ومن المعروف أنه مسرطن للرئة بالإنسان، ويمكن أن يتطور المرض بعد ١٠ – ١٥ سنة من التعرض، ودلت

الدراسات علي الحيوانات أيضا إلي أن التعرض للـ (BCME) يصاحبه سرطان الرئتين، الجلد، والمخ.

٧- الكيتوانات

الكيتونات مجموعة من المذيبات رخيصة التكلفة وهي مذيبات عديدة تستخدم لورنيش اللك، الزيوت، المواد الملونة والأصباغ، ومن بينها الأسيتون، ميثيل إيثيل كيتون (MEK)، والميثيل أيسو بيوتيل كيتون (MIBK) والتي تعتبر من أكثر المذيبات انتشارا في الاستخدامات الصناعية، وهي تسبب تأثيرات بالجهاز العصبي المركزي، التهابات بالجلد، حساسية العيون، الأنف، والحنجرة.

٨- مركبات النيترو والأمين الأروماتية (الحلقية)

من أمثلة مركبات الأمين الحلقية الأنيلين، والبنزيدين، وبيتا – نافثيل أمين، ويمكن استنشاق الأنيلين وامتصاصه من خلال الجلد، ويؤدي ذلك إلي الإزرقاق أو الميثيموجلونيميا (Methemogloinemia) الناتجة عن نقص الأكسجين في الدم أو اختزال مقدرة كرات الدم الحمراء علي حمل الأكسجين، وكان يستخدم كلا من البنزيدين والبيتا – نافثيل أمين في صناعة الأصباغ، وصاحب ذلك سرطان المثانة البولية في الإنسان، وبعض مركبات النيترو الحلقية مثل الداي نيتروبنزين والداي نيتروفينول تتسبب أيضا في الميثيموجلونيميا الناتجة عن نقص الأكسجين في الدم، والطرق الرئيسية لامتصاص هذه المواد يكون من خلال الجلد، وهي تسبب أيضا التهاب الجلد وأضرار بالكبد والكليتين.

٩- البوليمرات والبلاستيك والراتنج

البوليمرات جزيئات كبيرة تتكون من تكثيف جزيئات أحادية عديدة، وتختلف سميتها تبعا لحدوث أي انفراد لجزيئات أحادية خاصة، وعلي سبيل المثال فإن الاهتمام أو القلق المتعلق بالبولي فينيل كلوريد (PVC) يرجع لتنشيط التعرض للجزيئات الأحادية للفينيل كلوريد، أما الراتنج (الريزين) فإنه يتكون من بوليمرات عالية الوزن الجزيئي من الأمينات والألدهيدات، وعلي سبيل المثال فإن فورمالدهيد اليوريا يستخدم في المواد اللاصقة، والغراء، والفوم العازل،

وتعتبر الالتهابات الجلدية واحدة من المشاكل الصحية الرئيسية بالإضافة للتأثيرات السامة المصاحبة للمواد الفردية، والمواد البلاستيكية تتكون من بوليمرات مع بعض المواد المضافة مثل المواد الملونة، والمكسبة للمرونة، والمانعة للاشتعال، ويكتسب البلاستيك الصلادة بالحرارة (بولي يوريثان Polyurthane) أو اللدانة بالحرارة (بولي إيثيلين Polycthylene)، وينتج البولي يوريثان من تفاعل البولي يول مع أحد مركبات الأيزوسيانات وهو يستخدم في تصنيع "الفوم" الصلب والمرن، والسمية المصاحبة للتعرض المفرط للأيزوسيانات وأتربة البولي يوريثان ينتج عنها التهاب أو حساسية الرئتين.

١٠- الأيزوسيانات

من الأيزوسيانات التي يتم إنتاجها بأحجام عالية كل من التولوين داي ايزوسيانات (TDI)، والميثلين بيسفينيل ايزوسيانات (MDI)، وتستخدم مركبات الأيزوسيانات في تصنيع البولي يوريثان، الدهانات، مبيدات الحشائش، ومواد أخرى، والأعراض المصاحبة للتعرض المفرط تشمل حساسية الأجزاء العليا من الجهاز التنفسي، وحساسية رئوية لبعض الأفراد، وهناك نسبة صغيرة من العاملين الذين يصبحوا حساسين لهذه الكيماويات، ويظهر لديهم أعراض الربو الناتج عن اختزال قطر شعيبات القصبة الهوائية، وبمجرد أن يصبح الفرد حساسا لأحد الأيزوسيانات فإن التجنب المستمر للتعرض لكل مركبات الأيزوسيانات يصبح ضروريا، ومن المعروف أن الميثيل ايزوسيانات كان المادة المسئولة عن المأساة التراجيدية لوفاة آلاف من البشر في بوبال بالهند، وذلك بالإضافة لمعاناة الأفراد المعرضين من الاستسقاء الرئوي، وأضرار بالغة بالعيون.

المبيدات

تقسم مبيدات الآفات تبعا للاستخدام الرئيسي أو الآفة التي تستخدم من أجلها إلي أقسام عديدة، وتعتبر المبيدات الحشرية، العشبية، والفطرية، أكثرها انتشارا، وذلك بجانب مبيدات القوارض، والنيماتودا، ويتبع كل قسم من هذه الأقسام العديد

من المواد التي تضمها مجموعات مختلفة يتم تصنيفها حسب تركيبها الكيماوي أو مجموعاتها الفعالة ومنها المبيدات العضوية الكلورونية، الفسفورية، الكارباماتية، البيروثرويدية، الزئبقية، القصديرية، النيتروفينولية، والترايزينات، وأيضا المبيدات غير العضوية، وتتوقف درجة خطورة هذه المبيدات تجاه الإنسان علي عوامل عديدة أهمها الصفات الفيزيقية والكيماوية للمادة الفعالة، مدى السمية، مدة وطريقة التعرض، والجرعة التي تدخل الجسم، حيث أن مقدارا ضئيلا من مبيد معين قد يسبب تأثيرات مرضية شديدة في الوقت الذي قد لا يسبب مقدارا كبيرا من مبيد آخر أعراض مرضية ذات قيمة، وعلي ذلك فإن تصنيف السمية للمبيدات يكون تبعا للجرعة النصفية المميتة (LD_{50}) تجاه فئران التجارب، وبناء علي ذلك فإن المبيدات تقسم من حيث الخطورة إلي خمس مجموعات تتفاوت درجة الخطورة لها من مبيدات عديمة الخطورة نسبيا (قيمة الجرعة النصفية القاتلة لها أكثر من ٥٠٠٠ ملجم / كجم) إلي مبيدات عالية أو فائقة الخطورة (الجرعة النصفية القاتلة لها أقل من ٥ ملجم / كجم)، وبصفة عامة فإن تعرض الإنسان للمبيدات يكون من خلال التعرض المقصود (مثل حالات الإنتحار)، التعرض العرضي أو نتيجة لحادث، التعرض المهني، الأغذية والمياه الملوثة بمتبقيات المبيدات، وأيضا التعرض من خلال التطبيق في الأغراض الصحية عند الاستخدام لمكافحة الطفيليات أو الحشرات المقلقة، وبصفة عامة فإن المبيدات المركزة تكون أشد خطرا من المبيدات المخففة، وعليه فإن العاملين في صناعتها وتجهيزها واستخدامها وتداولها يكونوا أكثر عرضة لمخاطر المبيدات عن غيرهم من الناس العاديين، وتؤثر مدة التعرض علي الجرعة التي يتم امتصاصها أو دخولها للجسم، كما أن التعرض لفترة بسيطة لمركزات المبيدات قد ينتج عنه تأثيرات مشابهة إلي حد ما لتلك الناجمة عن التعرض لفترة طويلة بجرعات مخففة، ويعني ذلك أن هناك علاقة ما بين التعوض والاستجابة لدى الأشخاص المعرضين والتي تظهر في صورة تسمم حاد أو مزمن أو علي المدى الطويل، وتظهر أعراض التسمم الحاد بعد فترة وجيزة من التعوض (لا تزيد عن ٤ أيام) لمرة واحدة أو لفترة زمنية محدودة، وتتفاوت أعراض السمية الحادة من مجموعة إلي أخرى من المبيدات وتبلغ مداها بحدوث الوفاة أو الموت الفوري إذا ما زادت الجرعة التي تدخل الجسم عن حد معين، وقد لا تظهر

أعراض التسمم بالمبيدات إلا بعد مرور فترة زمنية من التعرض، ويتوقف ذلك علي عوامل مختلفة تتعلق بمواصفات المبيد وطبيعة التعرض ومدى الجرعة التي تدخل الجسم، وتسمى الأعراض التي تظهر بعد الأيام الأربعة الأولي من التعرض وحتى مرور ٩٠ يوما بالسمية شبه المزمنة، ويتم الكشف عنها عادة بقياس الوظائف الرئيسية للجسم مثل وظائف الكبد والدورة الدموية، ووظائف الكلية، وكذلك التأثيرات العصبية الطرفية أو في الجهاز العصبي المركزي، ومن ناحية أخرى فإن هناك بعض المبيدات مثل ليبتوفوس (فوسفيل)، سيانوفينفوس (سيوريسيد)، تراي كلورونات (أجريتوكس)، ساليثيون، ميبا فوكس (أيزوبيستوكس)، تراي كلوروفورن (ديبتركس)، أيسو فينفوس (أوفتانول)، فوساسيتين (جوفاسيد)، ميثاميد وفوس (تمارون)، أسيفيت (أورثين)، DDVP، DFP، DPN التي تؤدي إلي تأثيرات سامة من نوع خاص تجاه الجهاز العصبي وهي تتميز بأنها لا تظهر إلا بعد مرور وقت من التعرض للمادة لا يقل عن أسبوعين ويعرف هذا النوع بالسمية العصبية المتاجرة، وتظهر أعراضها في صورة شلل أو عجز عن الحركة نتيجة إصابة العصب السباتي الذي يتحكم في حركة الأرجل، وكثير من الأشخاص الذين تعرضوا لبعض من هذه المواد قد عانوا من الشلل المزمن الذي أصيبوا به دون شفاء حيث انه ليس معروفا لها مضادات مناسبة للتسمم ولا يفيد معها استخدام الأتروبين أو البام التي تستعمل عادة كمضادات للمبيدات الفسفورية العضوية المثبطة لإنزيم أسيتايل كولين استريز، وقد يرجع السبب في ذلك إلى أن السمية العصبية المتأخرة غير مرتبطة بنشاط انزيم الكولين استريز، ولكنها مرتبطة بإنزيم آخر فى المخ والحبل العصبي والدورة الدموية هو انزيم نيروتوكسيك إستريز، ومن المثير أن بعض الدراسات أشارت إلي أن بعض هذه المواد لا يعطي تأثيرات إيجابية علي حيوانات التجارب (الدجاج) بالرغم من ظهور أعراض السمية العصبية المتأخرة بها في حالات مسجلة ببعض البلاد، مما يؤكد أن الإنسان أكثر حساسية من حيوانات التجارب لمثل هذه المركبات، وبالإضافة للسمية شبه المزمنة والعصبية المتأخرة، فإن هناك نوع آخر من التسمم يحتاج لسنوات حتى تظهر أعراضه وهو ما يطلق عليه بالسمية المزمنة، وقد يتطلب أحيانا الوصول إلي مرحلة البلوغ الجنسي ليبدأ ظهور الأعراض، وهي

تسمى أيضا بالسمية السيتولوجية وقد ينجم عنها تداخل في الوظائف الوراثية السيتولوجية في الخلايا الحية وذلك عن طريق التدخل في بناء ووظائف الأحماض النووية (DNA، RNA) في الخلية، مما يؤدي إلي احتمال حدوث طفرات وراثية (Mutagencity) غير مرغوب فيها ومنها أكتليك (بريميفوس – ميثيل)، كاربوفيوران (فيوردان)، ديمثويت، باراكوات (جراماكسون)، أترازين، سيمازين، كابتان، فيربام، زيرام، فوليبت، مونوكروتوفوس (نوفاكرون)، كلوربيريفوس (دورسبان)، فوسميت (أميدان)، كلورفينفينفوس، ثيوميتون (اكاتين)، فينتروثيون (سيميثيون)، أسيفات (أورثين)، أو إحداث تشوهات في الأجنة (Teratogencity) أو قتل للأجنة (Fetotoxicity) ومنها كاربا ريل (سيفين)، داي كلورفوس، أو تأثيرات ضارة علي الحيوانات المنوية (Spermatogencity)، وذلك بجانب التحولات الخلوية المسببة للأورام السرطانية (Carcinogenecity) ومن أمثلة المبيدات المسببة لها الدرين، أميتراز، أزيافوس – ميثيل، كلوربينزيلات، كلوردان، كلورديميفورم، دايمثويت، ديلدرين، إندرين، مونيرون، نيوكلوزاميد، داي فيلو بنزيورن، تراي كلورفون، تراي فليورالين، وتوكسافين، ويمكن إيجاز اعراض السمية بالمجموعات العامة للمبيدات فيما يلي:

١- المبيدات الفسفورية العضوية – التأثير الأساسي لهذه المبيدات يكون علي الجهاز العصبي حيث أنها تثبط أنزيم الأسيتيل كولين إستريز المسئول عن تحلل مادة الأسيتيل كولين مما يؤدي لزيادتها في العقد أو النهايات العصبية المنتشرة بالجسم، ولذا فإن الشخص المعرض لها يعاني من أعراض التسمم الناتجة من التأثير علي الجهاز العصبي والتي تبدأ بالإنهاك، الضعف، التشوش، القيء، آلام البطن، عرق، سيلان اللعاب، ضيق في الصدر، انتفاض عضلات جفن العين واللسان، ارتجاف وضعف عضلي، إسهال، اضطراب ضربات القلب، تقلص حدقة العين، اختلاج أو تشنج، ازرقاق، سلس البول، تشوش فكري، ضعف التنفس، وتنتهي بالشلل أو الغيبوبة، ومن المبيدات التابعة لهذه المجموعة مالاثيون، باراثيون، كلوربيريفوس (دورسيان)، ميثا ميدوفوس (تمارون)، مونوكروتوفوس (نوفاكرون)، أزودرين، هوستاثيون، بريميفوس- ميثيل (أكتليك)، تيتراكلورفينفوس (جاردونا)، فورموثيون (أنثيو)، فولاتون، ريلدان، فينثيون (ليباسيد)، دايمثويت (روجر).

٢- المبيدات الكلورونية العضوية - تؤثر هذه المجموعة علي الجهاز العصبي المركزي مما يؤدي للتهيج الشديد، ومن المعروف انها تسبب اختلال في عملية انتقال أيونات الصوديوم والبوتاسيوم عبر أغشية الخلايا العصبية، وتتمثل أعراض التسمم بها في خلل في التنفس، ارتجاف، اختلاج أو تشنج، ومن المبيدات التابعة لهذه المجموعة الـ د.د.ت، الليندان، الهبتاكلور، الميثوكسي كلور، الكالثين، التديفول، الديكوفول، التديون، الألدرين، الديلدرين، والتوكسافين.

٣- المبيدات الكارباماتية - تشبه أعراض التسمم بها تلك الناشئة من المبيدات الفسفورية العضوية، إلا أنها تظهر بوضوح وبسرعة أكبر وتدوم لفترة أطول، ومن بين المبيدات التابع لها كاربارايل (سيفين)، الديكارب (تميك)، ميثوميل (لانيت)، بيريمكارب (بريمور)، كاربوفيوران (فيوردان)، ميثافين.

٤- المبيدات البيروثرويدية - تظهر اعراض التسمم بها في صورة تهيج بالغشاء المخاطي، سيلان اللعاب، نوبات اختلاج أو تشنجات، تهيجات موضعية بالوجه قد تزول مع الوقت وانتهاء التعرض، ومن المبيدات التابعة لها بايثرويد، ديسيس، سومسيدين، ميوثرين، فاستاك، سومي الفا.

المعادن

هناك العديد من المعادن التي تعتبر عناصر نادرة أساسية للجسم، وبعضها يستخدم في تحضير مواد التجميل، ولكن هذه المعادن وغيرها تعتبر أيضا مواد خطيرة في بيئة العمل عندما يكون التعرض لها أعلي من الحدود الآمنة، والعديد من هذه المعادن يستخدم في الأعمال الصناعية كمادة خام في التصنيع، أو عند الضرورة كمادة مساعدة، ويمكن تقصي التعرض للمعادن من خلال عينات الهواء والرصد البيولوجي للدم والبول، وفي الحالات التي تتطلب العلاج فإن المواد الخالبة مثل (EDTA) (حامض الإيثيلين داي أمين تترا أسيتيك) تستخدم كخالبات للمعادن مما يسمح بإخراجها من الجسم، ويتطلب هذا النوع من العلاج الإشراف الطبي

من قبل متخصصين، وفيما يلي موجز مختصر لمعادن مختارة يمكن أن يمد القارئ بفهم جيد للأساسيات المتعلقة بالاعتبارات التوكسيكولوجية لهذه المعادن:

١- الأنتيموني Antimony – يستخدم الأنتيموني في السبائك، الصفائح المعدنية الموصلة في البطاريات، المطاط، الثقاب، الدهانات، المواد المضادة للاشتعال أو المثبطة للحرائق، ويحتوي الأنتيموني علي بعض الزرنيخ كشوائب، وتشمل التأثيرات السامة المصاحبة له حساسية الأجزاء العليا من الجهاز التنفسي، التهاب رئوي، التهاب جلدي، وسرطان الرئة في حيوانات التجارب، وقد يولد الأنتيمون أيضا غاز هيدروجين الأنتيمون (Stibine) الذي يسبب أنيميا حادة.

٢- البيريللبوم Beryllium – يستخدم البيريلليوم للسبائك خفيفة الوزن اللازمة لأجزاء مختلفة بالطائرات، وغيرها من الاستعمالات بالرافعات أو المراوح، ولمبات الفلورسنت، والتعرض المفرط بالملامسة ينتج عنه التهابات جلدية، حساسية، والظروف المهيئة للتليف الرئوي (بيريللبوزيس Berylliosis)، وأشارت الدراسات علي الحيوانات لحدوث سرطان شعبي عقب التعرض بالتنفس.

٣- الكادميوم Cadmium – يستخدم الكادميوم في الطلاء الكهربائي، والأصباغ، والسبائك، وهو يؤثر بصفة رئيسية علي الرئتين والكليتين عقب استنشاق المعدن نفسه، أو أملاحه، أو أبخرة أكسيد الكادميوم، و في الرئتين فإنه يسبب ضررا يشبه الضرر الناتج عن مرض التمدد الرئوي الذي يؤدي إلي هدم حاجز الحويصلة الهوائية، وانسداد عام في الرئة، وفي الكليتين فإنه تحدث تغيرات انحلالية تؤدي للفشل الكلوي، وهناك أيضا أدلة كافية علي أن للكادميوم ومركباته تأثيرات مسرطنة علي الحيوانات، ولكن هذه الأدلة محدودة بالنسبة للإنسان، وهناك دراسة مثيرة عن تناول غذاء ملوث بالكادميوم في اليابان وتشير نتائجها لحدوث اعتلال في العظام والمفاصل لدى النساء المسنات، ومن المعروف أن الكادميوم يزيح الكلسيوم من العظام مما يتسبب في المرض المسمى إيتاي – إيتاي Itai–Itai (أويش – أويش Ouch- Ouch).

٤- الكروميوم Chromium - يستخدم الكروميوم في بعض التطبيقات مثل الدهانات، وقاية الأخشاب، والتصوير الفوتوغرافي، والتعرض الأكثر شيوعا يكون من خلال الضباب الحامض، مساحيق الكروم، الدهانات المحتوية على الزنك والكروم، والمشاكل الرئيسية المصاحبة للكروميوم أهمها الالتهابات الجلدية، ثقب الحاجز الموجود بين تجويفي الأنف، واعتلال رئوي، وبعض مركبات الكروميوم قد تتسبب في سرطانات تنفسية.

٥- الكوبالت Cobalt - يستخدم الكوبالت في تصنيع السبائك ، الخزف الصيني، والزجاج (زجاج الكوبالت أو الزجاج الأزرق)، وأدوات تقطيع كاربيد- التنجستن، والتاثيرات الصحية الرئيسة له علي الرئتين، الجلد، الدم، وأيضا علي القلب للمعرضين من العاملين في صناعة كاربيد- التنجستن، وفي الرئتين فإن التعرض الناجم عن استنشاق معدن الكوبالت ينتج بعض الأمراض التنفسية مثل الربو الشعبي، والتليف بين الخلوي، وينتج عن الملامسة الجلدية له التهابات وحساسية الجلد، ومن بين التأثيرات المصاحبة للتعرض للكوبالت زيادة كرات الدم الحمراء، والتهابات عضلات القلب يصاحب استخدام الكوبالت في تثبيت البيرة ويؤدي ذلك للمرض المعروف بمرض شاربي بيرة كيوبيك (Quebec beer drinkers disease) والذي نشئ من حادثة كيوبك بكندا، ولا توجد تأثيرات معروفة علي القلب مصاحبة للتعرض الصناعي.

٦- النحاس Copper - النحاس عنصر أساسي نادر، يستخدم في تطبيقات متنوعة تتوقف علي مقدرة التحمل أو المتانة، والتوصيل، وهو أحد المعادن التي تسبب قشعريرة أو رجفة الصفرة (Brass chills) أو حمى أبخرة المعدن التي تحاكي حالة الأنفلونزا.

٧- الحديد Iron - أحد المعادن النادرة الأساسية للجسم وهو يستخدم صناعيا بصفة أساسية في مواد الأساسات، والتعرض لأكسيد الحديد يؤدي إلي مرض رئوي حميد معروف باسم سيد روزيس (Siderosis).

٨- الرصاص Lead - يستخدم الرصاص في صناعات متنوعة منها صناعة الأنابيب أو المواسير، وأغطية الأسطح، البطاريات المخزنة، الأصباغ

والدهانات، طلاء أو كساء الزجاج والفخار، والطرق الرئيسية للتعرض تكون من خلال الاستنشاق والهضم للرصاص ومركباته، ويمكن أن تظهر حالات التعرض للرصاص من استنشاق مساحيق الرصاص ومركباته أثناء عمليات التصنيع، أو من تناول الرصاص عن طريق الفم، وعلي سبيل المثال عند وضع العاملين بالتسقيف للمسامير المغطاة بالرصاص في أفواههم، والتأثيرات السامة الرئيسية للرصاص تشمل تأثيرات علي الجهاز العصبي (الجهاز العصبي المركزي، والخارجي)، الأنيميا، حساسية أو تهيج المعدة والأمعاء، وتأثيرات علي الكليتين وأعضاء التكاثر، والتأثيرات علي الجهاز العصبي المركزي تسبب حالة انحلال المخ (Encophalopathy)، وهذه الحالة قد يتكون عنها سلوك حركي مفرط، إلي تأخر أو تثبيط ذهني، وأضرار مخية خطيرة، ويتأثر الجهاز العصبي الخارجي أو المحيط أيضا في شكل شلل الأيدي والأقدام، وحيث أن الرصاص يثبط تخليق الهيم (Heme) في عدد من خطوات المسالك البيوكيماوية فإنه يختزل عدد من كرات الدم الحمراء مؤديا لحدوث أنيميا، وخط الرصاص (خط بيورتونيان Burtonian line) يمكن أن يظهر علي اللثة عند تكون كبريتيدات الرصاص، ويمكن أن يحدث فقد للأسنان قبل الأوان بسبب إزاحة الرصاص للكالسيوم من العظام، والجهاز الهضمي يمكن أن يصاب بالحساسية عند تناول أملاح الرصاص ويتسبب ذلك في التهاب حاد للزائدة الدودية يطلق عليه مغص الرصاص (Lead colic)، من بين الأعضاء المستهدفة الأخرى التي تتأثر بالرصاص الكليتين، والجهاز التناسلي، ونظرا للتأثيرات المختلطة السابقة فإن هيئة الأمان المهني والصحة (OSHA) توصي بإجراء رصد بيولوجي قياسي لمستويات الرصاص والزنك فى الدم.

٩- الزئبق Mercury - يستخدم الزئبق في بعض التطبيقات وذلك كسائل معدني في الأجهزة العلمية ولمبة أبخرة الزئبق، ومركبات الزئبق في الدهانات، مستحضرات التجميل، والمتفجرات، وغيرها، وسبل التعرض له تكون بصفة مبدئية من خلال استنشاق أبخرة الزئبق أو مركباته، وبعض من تأثيراته السامة تتشابه مع تلك الناجمة عن الرصاص، وذلك فيما يختص بالتأثيرات علي الجهاز العصبي، الكليتين، والأجهزة التناسلية، والتأثيرات الناجمة علي الجهاز

العصبي المركزي تؤدى لاضطراب نفسي خاص (Erethism) يبدأ بحدة الطبع أو سرعة الغضب ويتطور إلي فساد فكري، والجهاز العصبي المحيط يتأثر أيضا مما ينتج عنه الرعشة أو الارتجاف، ويمكن أن يحدث فقد قبل الأوان للأسنان نتيجة التعرض المستمر، وقد تحدث أضرار بالكليتين وذلك علاوة علي الأعضاء التناسلية، ومن المعروف أنه يحدث تعرض للزئبق العضوي مع حدوث سمية عالية في بعض الحالات، والمياه الملوثة بالزئبق في الأنهار والبحيرات تؤدي لتكون الكيل الزئبق في السلسلة الغذائية، مثل الأسماك وغيرها من الكائنات الحية المائية ومعها النباتات، والتسمم الشهير بالزئبق حدث في أحد المناطق باليابان وذلك عندما لوثت مخلفات الزئبق الناتجة عن المنشآت الصناعية حقول الأرز، والأشخاص الذين تناولوا هذا الأرز تطور لديهم أعراض غير طبيعية مختلفة، وأيضا تأثيرات مشوهة.

١٠- النيكل Nickel – يستخدم النيكل في السبائك، الصلب، اللوحات الكهربائية، وكعامل مساعد في بعض التطبيقات، ويسبب النيكل مشاكل صحية مهنية نتيجة للتعرض للمعدن وأملاحه، وكربونيل النيكل، وتأثيرات النيكل بصفة أساسية تكون علي الجلد والرئتين، وهناك نوع من الالتهاب الجلدي المعروف باسم حكة النيكل (Nickel itch) وتتولد لدى الأشخاص الحساسة لملامسة النيكل ومركباته، والتعرض لكربونيل النيكل خلال عمليات التكرير قد ينتج عنه سرطان الأنف والرئتين.

١١- الفاناديم Vanadium- للفاناديم عديد من الاستعمالات، وأحدها استخدام بنتوكسيد الفاناديم كعامل مساعد لاستعادة الحالة أو التغيير علي القواعد الدورية مؤديا للتعرض بالمنشآت، والسمية المرتبطة بالفاناديم تتمثل في حساسية الجلد، العيون، القناة المعد معوية، والتنفسية.

١٢- الزنك Zinc – يستخدم الزنك في الحديد المجلفن، الدهانات، المطاط، الطلاء، المبيدات الفطرية، المواد الواقية للأخشاب، والمواد الموضعية القابضة للأنسجة الحية، ويمكن استنشاق أبخرة أكسيد الزنك بالهواء وينتج عن التعرض لها حمى أبخرة المعادن (Metal fume fever) وهي تشبه أعراض الأنفلونزا.

المواد المشعة

تصنف الأشعة حسب خواصها إلي أشعة مؤينة (تعطي طاقة كافية لأن تفقد ذرات الوسط الموجودة فيه بعض الكتروناتها وتصبح هذه الذرات أيونات موجبة)، وأشعة غير مؤينة ذات طاقة منخفضة نسبيا ذات موجات كهرومغناطيسية طويلة وتشمل موجات الراديو، الميكروويف، الأشعة تحت الحمراء، المرئية، وفوق البنفسجية، بينما تشمل الأشعة المؤينة أشعة جاما وأشعة أكس (X-radiation) ذات الموجات الكهرومغناطيسية القصيرة، وجزيئات ألفا وبيتا، نيترونات، وبروتونات، وتتواجد الأشعة في البيئة طبيعيا بصفة مستمرة من مصادرها الكونية أو الأرضية، ويتأثر مستوى هذه الأشعة بدرجة كبيرة تبعا للنواحي الجيولوجية والارتفاع والانخفاض عن سطح البحر، وذلك بالإضافة للأشعة الناتجة عن الأنشطة الإنسانية.

ويتعرض الإنسان لجرعة من الأشعة تتراوح بين ٣٠٠ – ٤٥٠ ميلي ريم / عام وذلك من مصادرها الطبيعية (حوالي ٨٢%) أو الناتجة بفعل الإنسان (١٨%)، وغالبا فإن الأشعة الأرضية تأتي من العناصر المشعة الموجودة بها، ومن المعروف أن هناك بعض المناطق في العالم التي تحتوي التربة بها علي مستويات عالية من هذه العناصر والتي تكون غالبيتها من تحلل اليورانيوم ومنها الرادون – ٢٢٢، وبطبيعة الحال فإن المساكن الموجودة بالقرب من هذه المواقع يزيد بها التعرض الداخل للأشعة نتيجة لاستنشاق الرادون، وذلك علاوة علي زيادة التعرض الخارجي الناجم عن وجود اليورانيوم في التربة، وتشير بعض الدراسات إلي أن استنشاق الرادون – ٢٢٢ قد زاد من نسبة الضرر بسرطان الرئة وخاصة لدى المدخنين، ومن ناحية أخرى فإن بعض مواد البناء مثل الأخشاب، الجرانيت، وأنواع معينة من الطوب يمكن أن تكون بمثابة مصدر للأشعة بالقرب من الإنسان، وذلك بالرغم من أن معدل الجرعات التي يمكن أن يتم التعرض لها تختلف تبعا لنوع المادة وأيضا تبعا للتهوية، حجم الغرف، الموقع، الفصل من العام، وبعض العوامل الأخرى، ومن ناحية أخرى فإن الإنسان قد يتعرض لبعض النظائر المشعة للعناصر الأساسية لصحة الإنسان ومنها البوتاسيوم، وعلي سبيل المثال فإن

للبوتاسيوم نظير مشع هو بوتاسيوم – ٤٠ وقد يأخذ طريقه لجسم الإنسان، من خلال بعض الأغذية مثل (الموز)، ومن خلال استنشاق نواتج احتراق الوقود الأحفوري، وحيث أن البوتاسيوم يتسرب في الأنسجة العضلية، فإنه من المتوقع أن ينتشر توزيع بوتاسيوم – ٤٠ عبر الجسم (الجرعة الكلية التي يستقبلها الجسم سنويا من هذا النظير تقدر بحوالي ١٨ ميلي ريم).

وبالنسبة للأشعة المتواجدة بفعل الإنسان فإنها تشمل الأشعة الصادرة عن تفجير الأسلحة النووية، إنتاج الوقود النووي والمفاعلات النووية، الأغراض الطبية، وبعض المنتجات الاستهلاكية، ويعتبر العاملين بالطاقة النووية وصناعة الأسلحة النووية الأكثر تعرضا لخطر الأشعة المؤينة، وقد يتعرض لها الناس العاديين نتيجة التسرب العرضي عند وقوع الحوادث أثناء الإنتاج، الاستعمال، التخزين، النقل، وتمثل الأشعة الناجمة عن الاستخدامات الطبية في مجال التشخيص والعلاج أكبر الجرعات التي يمكن التعرض لها من المصادر الصناعية وخاصة تجاه العاملين في هذا المجال، ويمكن أن يتعرض الإنسان لعدد من المواد المشعة الطبيعية أو المنتجة صناعيا في بعض المنتجات الاستهلاكية ومنها منتجات التبغ، وعلي ذلك فإن هذه المنتجات تعتبر مصدر إشعاعي خطير تجاه المدخنين، ومن المعروف أن دخان التبغ يحتوي علي البولونيوم – ٢١٠، والرصاص – ٢١٠ ، انبعاثات – الفا الناتجة عن تحلل الرادون، وهذه المواد المشعة قد تترسب أو تخزن وتحتجز بأوراق نباتات التبغ العريضة شديدة الرطوبة (اللزجة)، أو أنها تصل من اليورانيوم الطبيعي الموجود بسماد الفوسفات المستخدم علي النبات، وعند إشعال التبغ الموجود بالسجائر فإن المواد المشعة تتطاير وتدخل الرئة (تقدر الكمية التي يستقبلها الشخص المدخن بمعدل علبة سجائر ونصف في اليوم بما لا يقل عن ١٦٠٠ ميلي ريم / سنويا)، ومن المعروف أن الأشعة المنبعثة من دخان التبغ قد تساهم في ظهور السرطان لدى مدخني السجائر وأيضا لدى المعرضين سلبيا لدخان السجائر.

ويتوقف دخول المواد المشعة للجسم علي طبيعتها أو حالتها الفيزيقية وذلك من خلال الابتلاع عن طريق الفم، الاستنشاق، أو عن طريق الامتصاص عبر الجلد، وهي قد تدخل أيضا عبر الشقوق أو الفواصل الجلدية، وتوزيع وأيض وإخراج هذه

المواد يتوقف أيضا علي المادة وصورتها الكيماوية، ومن المعروف أن بعض المواد المشعة قد تستبقى بالكبد والعظام لعدة سنوات، والمواد المشعة الموجودة في البيئة التي لها مقدرة علي إحداث تلوث داخلي معين منها السيزيم – ١٣٧، أيوديين – ١٣١، بليوتونيم – ٢٣٩، رادون – ٢٢٢، سترونتيم – ٩٠، تريتيوم ويورانيوم – ٢٣٨، وتكون الخلايا سريعة الانقسام الأكثر حساسية للأشعة المؤينة، والتغيرات الكبدية الناجمة عن التعرض للأشعة يبدأ ملاحظتها عند مستويات للتعرض تتراوح بين ٢٥ – ١٠٠ ريم، والتغيرات في وظيفة غالبية الخلايا الأخرى أو المؤدية لموت فوري للخلايا تظهر عند مستويات تعرض اعلي من ١٠٠ريم.

والميكانيكية المقترحة للتسمم الخلوي بالأشعة تتضمن تكوين الأيونات التي تتفاعل مع الماء مؤدية لتكون كيماويات سامة مثبطة (مثل فوق أكسيد الهيدروجين)، والقواعد الحرة المدمرة للبروتين، الـ DNA، والمكونات الخلوية الأخرى، وينتج عن ذلك السرطان، والتأثيرات علي التطور، والتأثيرات الوراثية، وبصفة عامة فإن الجرعات الكبيرة من الأشعة المؤينة تزيد من حدوث السرطان بالإنسان بدرجة معنوية، ولكن حدوث السرطان بالجرعات المنخفضة من الصعب الكشف عنها، وتكون الأجنة حساسة بصفة خاصة للأشعة نظرا للانقسام السريع للخلايا بها وعليه فإن تعرض الأمهات الحوامل لها يتسبب في إجهاضها أو بعض الأمراض المتعلقة بتطور الجنين، وتختلف استجابة الجسم للأشعة المؤينة تبعا لعوامل عديدة منها نوع الإشعاع، الجرعة، معدل الجرعة، تجانس الجرعة، وإذا ما تعرضت الخلية لجرعات تحت مميتة من الأشعة فإنه عادة ما يتم تنشيط ميكانيكية أو عملية الإصلاح الخلوي، وغالبا فإن مقدرة الجسم علي تحمل جرعة كلية عالية عند التعرض علي المدى الطويل لجرعات منخفضة ترجع لهذه الميكانيكية.

الأتربة

هناك مجموعة متنوعة من المواد التي يمكن تقسيمها من الناحية التوكسيكولوجية كأتربة، وهي تسبب أنواع مختلفة ودرجات من الغبارية (Pneumoconioses) أو احتجاز التراب في الرئتين، وبعض الأتربة مثل السيليكا

والأسبستوس نشطة بيولوجيا من الوجهة التوكسيكولوجية، وبعضها يعتبر خـــاملا، ولكنها تحتجز في الرئتين بتركيزات متوسطة يجب رصدها، وتتولد الأتربة بصفـــة عامة من خـــلال عمليات التداول، السحق، الطحـــن، وغيرهـــا مـــن المعالجـــات الفيزيقية، وحجم الجزئ الموزع يعتبر عاملا محددا في تقدير قابلية الـــتراب علـــي الاستنشاق، الترسيب، والاحتجاز في الرئتين، وبصفة عامة فإن الجزيئـــات التـــي تتراوح بين ٠,٢ – ٥ ميكروميتر تعتبر قابله للاستنشاق، وبمجرد تواجدهـــا فـــي الرئتين فإن النشاط الحيوي للأتربة بتركيزات مختلفة يحدد سميتها.

١- السيليكا Silica – يمكن التعرض للسيليكا في المسابك والأماكن التي يتم فيـــها طحن الحجر الرملي، والسقع الرملي (استخدام تيار هواء يشتمل علـــي رمـــل لتنظيف الزجاج والحجارة والمعادن وصقلها)، صناعة الفخار، وغيرهـــا مـــن الأعمال المشابهة، والأخطار الصحية المصاحبة للتعرض لبلـــورات الســـيليكا الحرة تتمثل في التليف الرئوي وهو ما يطلق عليه ســـيليكوزيس (Silicosis)، وهو مرض رئوي يكون عادة غير رجعي عندمـــا يكـــون التعـــرض شـــديد، والتكتلات السيليكونية الكبيرة ناتجة عن تراكم الندب السيليكونية وهي تســـبب تيبس الرئتين وتجعلها غير مسايرة أو مطاوعة، مؤديا إلي مرض رئوي مقيد.

٢- الأسبستوس Asbestos – التعرض لألياف الأسبســـتوس يكـــون مـــن خـــلال استخدامات مختلفة للأسبستوس، وهي تشمل مواد البناء مثـــل مـــواد العـــزل، المكابح، المقابض (الدبرياج)، التبطيـــن، المنســـوجات، الـــورق، والدهانـــات وغيرها، والتعرض للأسبستوس يمكن أن يؤدي إلي تأثيرات صحيـــة مهنيـــة تكون مركزة أساسا علي الرئتين، وبالتأكيد فإنه عند إزالة الأسبستوس العـــازل يجب أخذ الحذر الشديد لتقليل التعرض لأقل حد ممكن، وهناك اعتبارين هامين يجب مراعاتهما فيما يتعلق بالأسبستوس وهما حجم الليفة (أطول من ٥ ميكروميـــتر، مع نسبة ٣ : ١ فيما بين الطول والقطر)، والشكل النوعي للأسبستوس، ومـــن المعروف أن الأسبستوس يوجد فـــي ٣ أنـــواع (هـــي Crocidolite،Amosite ،Crysotile)، والمشـــاكل الصحيـــة الرئيســـية المصاحبـــة تشـــمل التليـــف (Asbestosis)، السرطان الشعبي، وسرطان القناة المعدمعوية، ويعزز التدخيـــن

تأثيرات الأسبستوس حيث أن حالات حدوث سرطان الرئة بين العمال المدخنين المعرضين للأسبستوس أكثر ارتفاعا عنه من العمال غير المدخنين، وهناك ألياف صناعية أخرى مثل الألياف الزجاجية وألياف الكربون والتي لا تعتبر شديدة الخطورة مثل الأسبستوس، وهي تثير أيضا استجابة ينشأ عنها تليف مع الملامسة للتركيب الرئوي، وعلى ذلك فإنه يجب الأخذ في الاعتبار المعلومات المستجدة دائما عن الألياف الصناعية عند إحلال هذه المواد.

٣- أتربة الفحم Coal dust – يؤدي التعرض لأتربة الفحم ومنها فحم الأنتراسيت إلي تعرض الرئة لغبارية عمال الفحم (Coal workers pneumoconiosis)، والتي يشيع إرجاعها لاسوداد الرئة Black lung، وفي هذه الظروف فإن جزيئات أتربة الفحم الأقل من ٥ ميكرومتر تتراكم في الرئتين، ويمكن أن تسبب تليف أو نوع من التفاعل يشبه انتفاخ الرئة.

٤- أتربة المعادن Metal dusts – كثير من المعادن التي سبق الإشارة إليها، يمكن تصنيفها كمواد منتجة للغبارية حيث أنها قد تؤدي إلي أنواع من التليف الرئوي.