

مبادئ علم السموم: تمت مراجعته [2011/29/12]

مبادئ علم السموم أو جرعة صغيرة من السموم

فصل من كتاب
جرعة صغيرة من السموم: الآثار الصحية السلبية للمواد الكيماوية الشائعة

تمت ترجمته من قبل

د. أنسام صوالحة

بواسطة

د. ستيفن غيلبرت (البورد الامريكي في علم السموم)

مدينة سياتل، ولاية واشنطن، الرمز البريدي 98115
الولايات المتحدة الامريكية

البريد الالكتروني

sgilbert@innnd.org

دعم المواقع على شبكة الإنترنت

www.asmalldoseof.org - "A Small Dose of Toxicology"

www.toxipedia.org - Connecting Science and People

المقدمة

هنالك ثلاثة مبادئ أساسية ومحبوكة لعلم السموم وهي:

1. الجرعة واستجابة الجسم لها، 2. الخطر × التعرض لمادة معينة = احتمالية حدوث الخطر، و 3. قابلية الفرد للتأثر.

في حين قد تشكل هذه المبادئ الثلاثة جزءاً كبيراً من البناء الأساسي لعلم السموم، إلا أنه عندما نتناول كل مادة على حده، سنجد أن هنالك اختلافات في الآراء حولها على الأرجح. وسبب هذه الاختلافات قد تكون ناجمة عن الأهمية النسبية لكل واحد من هذه المبادئ وتأثيره على الصحة العامة. إن استكشاف هذه المبادئ هي الخطوة المهمة الأولى قبل تطبيقها على أي مادة نريد دراستها. هذا الفصل سيستكشف بعض القضايا والتفاصيل المتعلقة بهذه المبادئ، وسيكون من المناسب في البداية أن نضعهم في قالب تاريخي.

المبادئ الرئيسية لعلم السموم

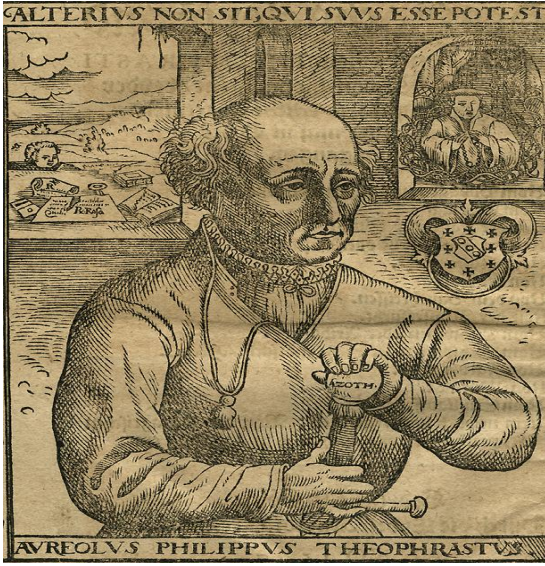
الجرعة-الاستجابة

احتمالية الخطر = المادة الضارة x التعرض لها

قابلية الفرد للتأثر

لقد كان اجدادنا القدماء قلقين حيال فكرة تعرضهم للتسميم، سواء أكان ذلك عمداً أو بالخطأ. لكن دراسة السموم بشكلها الحالي (وبالتالي علم السموم) بدأت قبل 500 سنة خلال فترة عصر النهضة التي شهدت تحول مهول وتحذ هائل في التفكير التقليدي. ولد فليبيس ايروليس في سويسرا (الشكل 2-1)، بعد سنة من رحلة البحارة كولومبس في عام 1493. وقد اتخذ اسماً مستعاراً هو "ثيوفراستوس بومباستوس فون هوهينيم"، ولاحقاً اختار لنفسه اسم "باراسيلسوس" (1493-1541). ولربما يبين هذا الاسم رغبة باراسيلسوس بأن يتقدم على الفيلسوف الروماني والكاتب الطبي "إيليس كونيليس سيلسوس" (3-64 بعد الميلاد)، وهو الذي عزز النظافة ونصح بغسل الجروح بالمواد المطهرة مثل الخل. واستحقاق باراسيلسوس ومطالبته بأن يكون مؤسس علم السموم هو بسبب أنه وصّح بطريقة رائعة مبدأ الجرعة والاستجابة في العبارة التالية: "جميع المواد هي عبارة عن سموم، ولا يوجد مادة غير سامة على الإطلاق. ولكن الجرعة الصحيحة هي التي تميز لنا ما بين السم والعلاج". إن هذا الاقتباس، يُؤرّ بشكّلٍ دقيقٍ أنّ الكمية الكبيرة جداً من أي مادة، حتى شرب كمية كبيرة من الماء، يكون ضاراً. (يرجى الانتباه إلى أنّ كميةً قليلةً من بعض المواد يمكن أن تكون ضارةً أيضاً).

ولكن ما لم يتمكن باراسيلسوس من تأكيده هو الاختلافات الفردية من حيث مدى قابلية الفرد للتأثر. فعلى سبيل المثال، لسعة نحلة أو اكل البندق قد يكون قاتلاً لبعض الأفراد في حين قد يكون مضيقاً أو حتى قد يكون طعم البندق لذيقاً للأغلبية. هنالك حالياً العديد من الأمثلة التي توضح أن الطفل النامي يكون حساساً جداً للآثار السامة لمادة معينة في حين لا يكون لنفس المادة أي تأثير على الكبار. على سبيل المثال شرب الكحول اثناء الحمل يمكن أن يسبب أذىً دائماً للجنين بدون التأثير على الحامل. كذلك يكون الدماغ عند الطفل حساساً لكميات صغيرة من مادة الرصاص وهذا لا ينطبق على الكبار. هناك طريقةً أخرى توضح مبدأ الجرعة والاستجابة يمكن أن تبدو كما يلي: قابلية الأفراد للتأثر بمادة ما هو الذي يفرق إذا كانت هذه المادة سامة أم دواء. والمبدأ المهم في علم السموم هو كيفية استجابة الفرد لجرعة ما. إذاً فمبدأ الجرعة والاستجابة يكون ذا فائدة فقط عندما يتم ربطه مع مبدأ مدى قابلية الأفراد للتأثر بمادة ما.



الشكل 1-2: باراسيلسوس محاط بالعديد من الرموز الفلسفية. -من باراسيلسوس: عدد من اللجمال باللغة الألمانية (كولن، 1567). مجموعة جامعة واشنطن (من الموقع http://www.nlm.nih.gov/exhibition/paracelsus/paracelsus_1.html)

قابلية الفرد للتأثر بمادة معينة تعتمد على النوع الاجتماعي والعمر والجينات والأمراض الحالية والسابقة وتعتمد أيضا على التغذية وعلى التعرض الحالي والسابق لمواد كيميائية. العمر هو عامل مهم للأشخاص الصغار جدا أو الكبار جداً وذلك لأسباب متنوعة. إن الجهاز العصبي النامي للجنين أو الطفل هو أكثر حساسية من الجهاز العصبي مكتمل النمو عند التعرض لمجموعة من المواد. قدرتنا على العمليات الأيضية للمواد تقل مع تقدم العمر وبالتالي تصبح أجسادنا أكثر تأثراً بالمواد من جديد. النوع الاجتماعي والجينات يتحكمان بالعمليات الأيضية التي قد يقوم بها جسمنا بشكل سريع أو أن لا يقوم بها على الإطلاق. فمثلا لدى بعض الناس عمليات أيضية بطيئة للكحول بسبب الجينات. كل هذه العوامل مهمة في حكمنا على مدى التأثير بماده ما.

هنالك العديد من الأخطار في حياتنا، وبعضها أسهل للتقييم من بعضها الآخر. بشكل عام، تكون المادة أو الوضع خطيراً عندما ينتج عنه تأثير عكسي أو تأثير غير مرغوب فيه. الخطر هو خاصية لمادة معينة أو وضع معين. عندما نكون في بداية حياتنا، فإن أول الأخطار التي نتعلمها هي أخطار قطع الشارع، أخطار الوقوع عن السلم والتدحرج عن الدرج. لكن نعلم الأخطار الناتجة عن مادة كيميائية ليس بنفس السهولة. التعرف على الخطر الذي قد تحدثه مادة كيميائية يتطلب خبرة حول حالات تعرض الأشخاص لها ويتطلب دراسات على حيوانات مخبرية. لكن من خلال التجربة الذاتية في الحياة فإننا نحصل على فهم لأخطار بعض المواد مثل الكحول والكافيين.

نحن نجمع معلوماتنا بشكل روتيني عن خطر مادة معينة، وعن خطر التعرض لها وعن مدى حساسية الفرد لها لنحكم على احتمالية وقوع الضرر. فعلى سبيل المثال: يقرر شاب ما ان يقطع الشارع بعد أن يُقدّر سرعة السيارة القادمة في حين يقرر شخص كهل أن ينتظر حتى يتغير ضوء إشارة المرور، وفي كلتا الحالتين فإن قرارهما مرتكز على تقديرهما لخطر الدهس من السيارة القادمة. ومثال آخر هو تقدير الخطر عند شخص متدرب على صعود الجبال وآخر لا يعرف ذلك، حيث إن تقديرهما لخطر حصول الضرر على مكان تسلق صعب سيكون مختلفا تماما. ولكن الحكم عند على خطر المواد الكيميائية يكون بالعادة اصعب لان التأثيرات السلبية قد لا تحدث مباشرة وكذلك قد تختلف التأثيرات من شخص لآخر حسب مدى قابلية تأثرهم.

قدرة المادة على إحداث ضرر بالجهاز العصبي أو على أحداث سرطان بعد سنوات من التعرض لهذه المادة غير واضحة تماما. الطرق الرسمية في تحديد احتمالية أحداث الضرر من مادة ما تسمى تقييم الخطر. إن عملية تقييم الخطر نفسها معقدة ومحط للخلافات بين العلماء لأنها قد تحتاج معلومات غير متوفرة أو انه لا يوجد اتفاق على المعلومات المتوفرة. "تقدير الخطر" هي عملية تتضمن جمع كل المعلومات المعروفة عن ضرر المادة وتحديد احتمالية الأذى الذي قد يحدث للإنسان وللحيوانات وللبيئة، ثم تليها مرحلة إدارة الخطر.

"ادارة الخطر" تجمع ما بين تقييم الخطر مع الآراء الاقتصادية والسياسية والعامة وغيرها من الاعتبارات الأخرى ليتم تحديد الخطوات الواجب اتخاذها. هذه الاحكام نادرا ما ترضي جميع الاطراف. إن مبادئ علم السموم تشكل الاساسات

لتقييم الخطر والذي بدوره يشكل الأساسات لإدارة الخطر. كما أن عملية اشراك الفرد والمجتمع في عملية صنع القرار عملية مهمة جدا لتقليل الاخطار على الافراد والبيئة.

الجرعة-الاستجابة

إن اهم كلمتين في علم السموم هما الجرعة والاستجابة، أو بعبارة أخرى ما هو التأثير أو الاستجابة الناتجة عن استخدام كمية معينة من مادة كيميائية. يكون التركيز في علم السموم على الاستجابات الضارة أو غير المرغوب فيها، لكن من المفيد أيضا الاخذ بعين الاعتبار المدى الكامل للاستجابات بدءاً بالمرغوبة وانتهاءً بغير المرغوبة. علمتنا التجربة كيف نعدل الجرعة حتى نحصل على التأثير المطلوب او حتى نتجنب التأثير غير المرغوب. فمثلا أكل حبة تفاح واحدة مفيد وصحي ولكن أكل خمسة حبات قد يسبب ألماً بالمعدة. كوب واحد من القهوة في الصباح الباكر شيء صحيح، بينما شرب ثلاثة أكواب بسرعة كبيرة ستتسبب باضرار. كذلك الحصول على السمرة للأشخاص أصحاب البشرة البيضاء بدون الإصابة بحرق الشمس يتطلب التنظيم الحذر للتعرض لأشعة الشمس. لذا يُعتبر ما قاله باراسيلسوس صحيحاً أنّ الجرعة هي التي تفرق السم عن الدواء، إلا أنه يجب أن يكون الشخص هو من ينتبه إلى الجرعة والاستجابة الخاصة به او بها.

تعريف الجرعة هو الخطوة الاولى الحرجة في محاولة التنبؤ بالاستجابة. الجرعة هي كمية التعرض لمادة معينة، وهي قياس كمي للتعرض مرتبط بالشخص او بالفرد. الجرعة للمواد الكيميائية او الادوية هي كمية المادة بالنسبة لوزن الجسم. عادة، الكمية للمادة تحسب بالغمات او بالملغرامات ووزن الجسم يحسب بالكيلوغرامات، وهو مساوٍ لـ 1000غم. إذن الجرعة هي كمية المادة المستهلكة مقسومة على وزن الجسم (ملغم/كغم)

حساب الجرعة

الجرعة المأخوذة عن طريق الفم = كمية المادة المستهلكة (ملغم) ÷ وزن الجسم (كغم)

من خلال معرفة بعض الحقائق يمكننا ان نحول تعرضنا اليومي لأي مادة الى جرعة. لنأخذ الكافيين على سبيل المثال، فإنه يوجد تقريبا 100ملغم من الكافيين في كل كوب قهوة. مع أنّ الكمية الحقيقية من الكافيين في كوب القهوة تعتمد على نوع حبوب القهوة وطريقة تحضيرها وحجم الكوب. فلشخص بالغ يزن 155 باوند (70 كغم تقريبا) ويستهلك كوباً واحداً من القهوة، تكون الجرعة التي يحصل عليها مساويةً لـ 100 ملغم مقسومةً على 70 كغم، أي 1.4 ملغم/كغم. إنّ اهمية اخذ الوزن بعين الاعتبار تبدو واضحةً عندما نقوم بحساب الجرعة لطفل صغير يزن 11 باوند (5كغم). إذا استهلك هذا الطفل نفس الكمية القهوة المذكورة سابقا ستكون الجرعة مساويةً لـ 100 ملغم/ 5 كغم، أي 20 ملغم/كغم، وهذا يعني أنّها أكثر من عشرة اضعاف الجرعة للشخص البالغ.

إنّ الجزء الصعب في حساب الجرعة هو في الغالب تحديد الكمية الدقيقة التي تم التعرض لها من المادة. فكمية الكافيين في كوب القهوة تختلف بناءً على نوع حبوب القهوة وعلى طريقة التحضير وحجم الكوب، وتتوفر حالياً أجهزة حساسة جداً للمحليلين الكيميائيين لتحديد كمية عنصر معين في مادة معينة بدقة. إذا كان هذا العنصر نقياً فإنه من السهل تحديد الكمية ثم حساب الجرعة. فبعض الاطعمة مثل ملح الطعام وسكر المائدة تكون نسبياً نقية وبالتالي يكون سهلاً علينا حساب الجرعة من خلال توزيعها. بطاقة البيانات على غلاف عبّ الادوية تشير الى كمية المادة الفعالة في كل حبة، وبالتالي يمكن حساب الجرعة بسهولة. في الادوية المخصصة للرضع فإن كمية الدواء في الحبة الواحدة أقلّ منها للشخص البالغ ولكن بسبب اختلاف الاوزان بين الرضيع والبالغ، فان الجرعة تكون نفسها.

حساب الجرعة الناتجة عن تعرض الناس للمواد في مكان عملهم او في البيئة، اصعب بكثير. فاذا كانت المادة الضارة في الهواء فان حساب الجرعة يجب ان يأخذ بعين الاعتبار تركيز المادة في الهواء ومدة التعرض ومعدل التنفس ووزن الجسم. كمية الهواء المستنشقة خلال مدة من الزمن تقدر عادةً من معلومات توفرها المختبرات، بعد توفر هذه المعلومات يصبح بالإمكان حساب الجرعة بناء على الصيغة التالية:

$$\text{الجرعة عن طريق الاستنشاق (ملغم/كغم)} = \text{تركيز المادة في الهواء (ملغم/ملم)} * \text{حجم الهواء المستنشق في الساعة (ملم/الساعة)} * \text{مدة التعرض (الساعة)} / \text{وزن الجسم (كغم)}$$

بالنسبة للتعرض لمادة غير كيميائية، نحتاج الى متغيرات اخرى ووحدات قياس مختلفة. على سبيل المثال، التعرض لاشعة الشمس يمكن قياسه بالساعات ولكن لتحديد الجرعة يجب معرفة كثافة الضوء بالاضافة الى مساحة سطح الجلد المتعرض للاشعة. اذن لحساب جرعة التعرض لاشعة الشمس يجب معرفة عدد ساعات التعرض وكثافة الضوء بالاضافة الى مساحة سطح الجلد المتعرض.

التعرض للمواد من خلال العمل او البيئة يكون في العادة متكرراً ومستمراً خلال فترة من الزمن. والتأثيرات الصحية للتعرض المتكرر والمستمر لفترات طويلة يمكن ان تكون مختلفة تماما عن التعرض لمرة واحدة ولفترة قصيرة من الزمن.

إن مدة التعرض وعدد مرات التعرض والفترة ما بين التعرض والاخر هي عوامل مهمة جدا لتحديد الجرعة والاستجابة. فاربعة علب من الجعة خلال ساعة واحدة لها تأثير مختلف عن نفس العدد خلال اربع ايام. وسنين عديدة من التعرض المتكرر للكحول بكميات كبيرة يمكن ان يؤدي الى تلف خطير في الكبد بالاضافة الى تأثيرات صحية معقدة اخرى والتي تختلف تماما عن التأثيرات الناجمة عن التعرض لفترة قصيرة ولمرة واحدة لجرعة عالية من الكحول.

"التعرض الحاد" هو تعرض لمرة واحدة أو لعدد محدود من المرات خلال فترة قصيرة من الزمن. أما "التعرض المزمن" فهو التعرض المتكرر على مدى فترة طويلة من الزمن. والاثار الناجمة عن التعرض تختلف اذا كان حادا او مزمنا، كما هو الحال في التعرض للكحول. حال التعرض للدوية، فنحن نبحث عن الاستجابة او التأثير الفوري. ونحن في العادة نستعمل بعض المسكنات رغبة لعلاج صداعنا بطريقة سريعة. الا أن الاستعمال الطويل والمتكرر يمكن ان يحمل معه عواقب غير مرغوبة للكبد او المعدة. والمدخنين يقوموا بالتدخين للحصول على التأثير الفوري للنيكوتين ولكن حتما سيعانون من التأثيرات الناجمة عن التدخين لفترة طويلة مثل سرطان الرئة وامراض القلب. ومن الممكن ايضا الحصول على تأثير متأخر لتعرض حصل لفترة قصيرة على سبيل المثال، توفيت باحثة في احد المختبرات بعد عدة اشهر من تعرض حاد لكمية قليلة من ايثيل الزئبق. اذن المعرفة التفصيلية للمخاطر التي تنتج عن مادة ما ضروري عند تقييم العلاقة بين التعرض والتأثير او العلاقة ما بين الجرعة والاستجابة. وهذا يتضمن المعلومات عن العواقب الناجمة عن التعرض الحاد والمزمن.

هناك عادة مدى للاستجابة بعد التعرض لاي مادة. والاستجابة التي تنتج تختلف باختلاف الجرعة ومدة التعرض والشخص. الاستجابة الفورية للمادة بعد جرعة واحدة هي في العادة الاسهل للوصف، لكن الاستجابة الناجمة عن التعرض المتكرر وفترات زمنية طويلة قد تكون هي الأهم. فعامل الطوارئ الذي تعرض لمادة في الهواء بشكل حاد وسريع سوف تتأثر قدرته على الحكم على الامور والذي قد يؤدي الى اخطاء فادحة. مع ذلك، فان هذا التعرض على المدى الطويل لن يكون له اية عواقب على اعتبار ان هذا العامل نجى بعد ان فقد قدرته على تقييم الامور لفترة قصيرة. في المقابل، التعرض لفترات طويلة لغبار الفحم ممكن ان يؤدي الى اسوداد الرئة واعاقة شديدة. لفترة طويلة كان من المعتقد ان المضاعفات الخطيرة الوحيدة الناجمة عن التعرض للرصاص خلال الطفولة هي الموت، ولكن الابحاث لاحقا كشفت انه حتى التعرض لكميات قليلة من الرصاص خلال الطفولة من الممكن ان يؤدي الى اضرار بالغة في الدماغ والتي قد تستمر طيلة العمر. إن تحديد أي التأثيرات هو الأهم يعد جانباً محورياً للعديد من المناظرات الخاصة بالسموم.

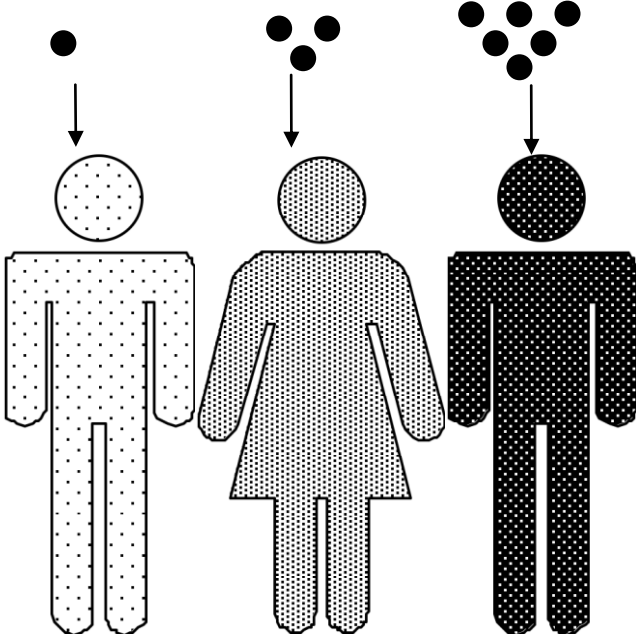
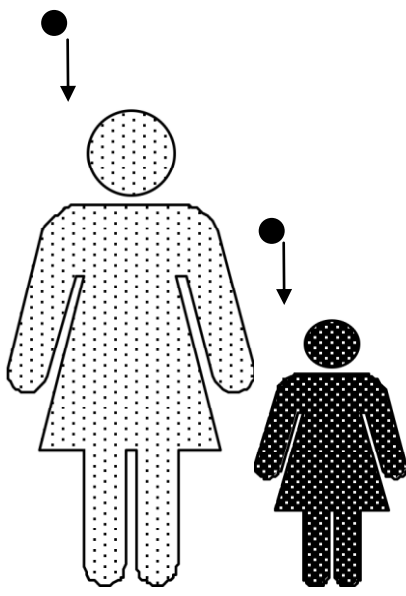
توضيح تأثير الجرعة/الاستجابة

بشكل عام ، كلما زادت الجرعة زادت الاستجابة لدى أي شخص. وهذا مبدأ من الممكن شرحه باستخدام عناصر بسيطة في البيت او المدرسة (انظر الى الفهرس:توضيح علاقة الجرعة والاستجابة). لنأخذ الكافيين، والذي يتوزع بشكل متساوي في سائل الجسم، هو مثال جيد لشرح العلاقة بين الجرعة-الاستجابة. من المهم معرفة اذا كانت المادة تتوزع في سائل

الجسم لان جسم الانسان مكون تقريبا من ٧٥٪ ماء. علبة من المشروب الغازي تحتوي تقريبا على ٥٠ ملغم من الكافيين (تقريبا ٤ملغم لكل اونصة من الكولا او المشروب الغازي). استهلاك اول علبة من الكولا يؤدي الى تعرض الجسم الى ٥٠ ملغم. بافتراض شخص وزنه ١٠٠ كغم، هذا يعني (١٠٠/٥٠) ملغم/كغم) او ما يساوي ٠,٥ ملغم/كغم. استهلاك ثلاث علب من الكولا سوف ينتج بجرعة مقدارها ١,٥ ملغم/كغم وست علب من الكولا سوف تنتج جرعة بمقدار ٣ملغم/كغم من الكافيين. لان توزيع الكافيين في سوائل الجسم يكون بشكل متساوي يستطيع الشخص منا تخيل التغير في الظل الموضح في شكل (٢-٢) و الذي هو تركيز الكافيين في الدم. استجابة الشخص للكافيين تختلف باختلاف الجرعة والكمية من الكافيين التي تتوزع في الجسم.

الجزء الايمن من الشكل (٢-٢) يشرح تأثير حجم الجسم على الجرعة. عندما يأخذ كل من الطفل والبالغ نفس الكمية من الكافيين فان التعرض لكليهما متساوٍ لكن الجرعة مختلفة بشكل كبير. طفل يبلغ وزنه ١٠ كغم يحصل على جرعة مقدارها ٥ ملغم/كغم بعد استهلاكه علبة واحدة من الكولا. في حين ان شخص بالغ يزن ١٠٠ كغم يجب ان يستهلك ١٠ علب ليحصل على جرعة مساوية. حجم الجسم عامل مهم في تحديد الجرعة فاذن، اي تأثير لاحق ناتج عند التعرض لجرعة متساوية من الرصاص او المبيد الحشري سيؤدي الى أن الطفل سيحصل على جرعة اكبر بكثير من نظيره البالغ. وكما سنكتشف، فان هناك عوامل فسيولوجية اخرى مهمة تجعل الاطفال حساسين اكثر من البالغين بعد التعرض لمادة ما.

الشكل 2-2

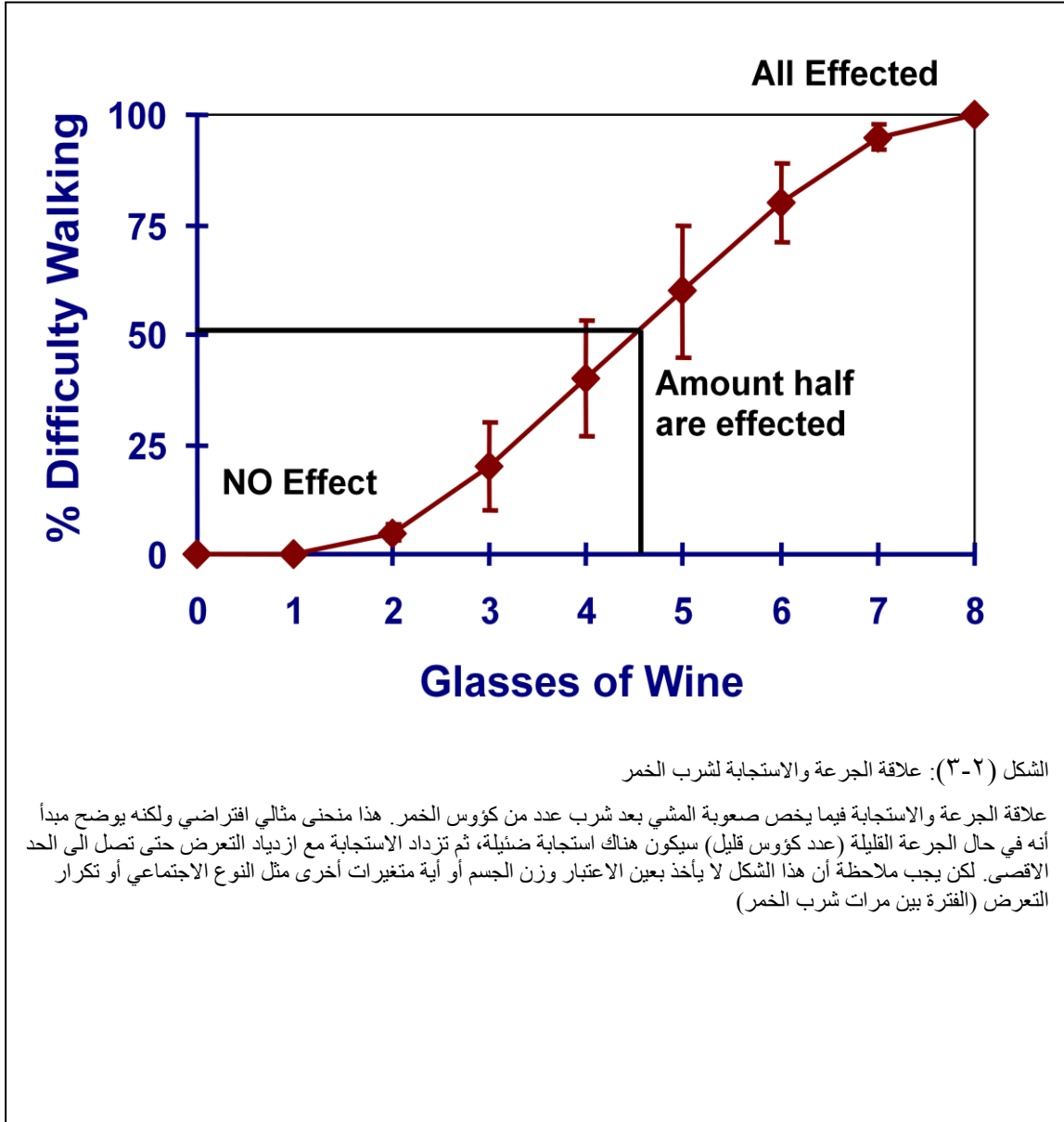
أهمية الجرعة	أهمية الحجم
	
كلما كبرت الجرعة، يزداد التأثير	كلما صغر الحجم، زاد التأثير

الشكل (٢-٢): تأثير الجرعة وحجم الجسم على الاستجابة

نلاحظ أن الجرعة الاكبر ينتج عنها تأثير اكبر في حال كانت احجام الاجسام متساوية (اليسار من الشكل)، ولكن في حال كانت الجرعة متساوية، فان الجسم الاصغر يتلقى تأثيرا أكبر حيث ان نسبة الجرعة لوزن الجسم لديه تكون أكبر (اليمن من الشكل)

الشكل التالي (٢-٣) يوضح بشكل بياني العلاقة بين الجرعة والاستجابة. في هذه الحالة، نعرف الاستجابة على انها الصعوبة في المشي وجرعة التعرض للكحول على انها شرب كاس من النبيذ. للتحول من التعرض الى الجرعة نحتاج ان

نعرف وزن الجسم وكمية الكحول في كأس النبيذ.



إذا

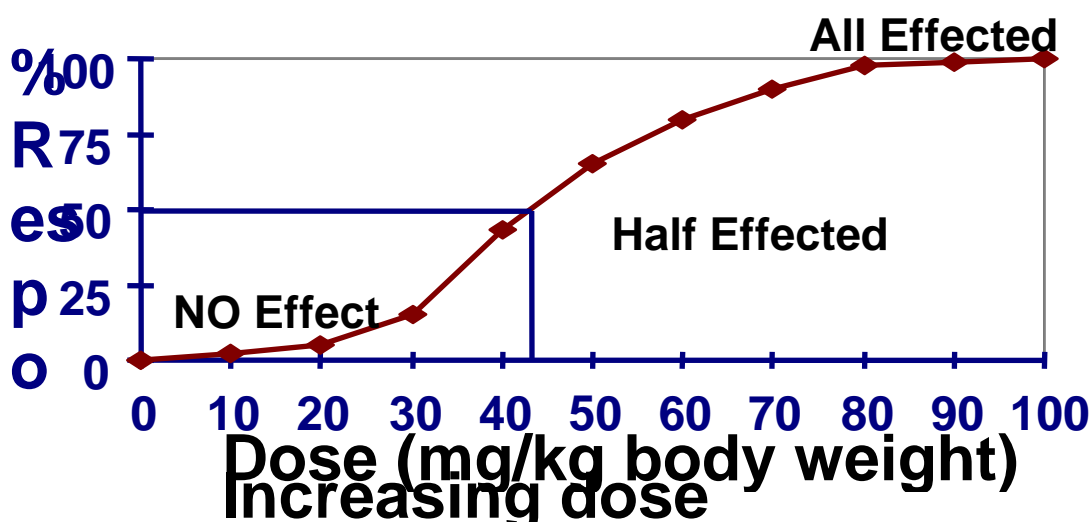
الشكل (٢-٣): علاقة الجرعة والاستجابة لشرب الخمر

علاقة الجرعة والاستجابة فيما يخص صعوبة المشي بعد شرب عدد من كؤوس الخمر. هذا منحنى مثالي افتراضي ولكنه يوضح مبدأ أنه في حال الجرعة القليلة (عدد كؤوس قليل) سيكون هناك استجابة ضئيلة، ثم تزداد الاستجابة مع ازدياد التعرض حتى تصل إلى الحد الأقصى. لكن يجب ملاحظة أن هذا الشكل لا يأخذ بعين الاعتبار وزن الجسم أو أية متغيرات أخرى مثل النوع الاجتماعي أو تكرار التعرض (الفترة بين مرات شرب الخمر)

اخترنا مجموعة من الناس بصورة عشوائية وقدمنا لهم النبيذ، لا احد منهم (على الأرجح) سيعاني من صعوبة في المشي بعد كأس واحد (بالطبع اعتمادا على حجم الكأس). عدد الناس المستجيبين، أو في هذه الحالة عدد الذين يعانون من صعوبة في المشي، هو نسبة من المجموع الكلي للأشخاص في دراستنا. فكلما زاد التعرض للنبيذ، فإن عدد أكبر و أكبر من الناس سيعانون من صعوبة في المشي حتى يعاني الجميع في النهاية من الصعوبة في المشي.

في علم السموم، يتم عادةً حساب الجرعة التي يتأثر عندها نصف أو ٥٠٪ من عدد السكان وتستخدم هذه الجرعة للمقارنة بين المواد. في هذا المثال، ٥٠٪ من السكان تأثروا بعد التعرض إلى 4.5 كؤوس من النبيذ. تمثل الاشرطة العمودية التغير عند كل مجموعة من مجموعات الاختبار. إذا كررنا هذه التجربة بأخذ مجموعة أخرى من السكان، فإن الأرقام سوف تختلف. ولكن يجب ان لا تتعد كثيرا عن سابقتها، أي أن تبقى في نفس المدى. هناك عدة أسباب لهذه الاختلافات، مثل وزن الجسم (والذي يغير الجرعة)، استهلاك الطعام قبيل شرب النبيذ، استهلاك الكحول من قبل، الوراثة، النوع الاجتماعي، بالإضافة إلى العديد من الأسباب الأخرى. تقنيا هذا الشكل هو العلاقة بين التعرض والاستجابة لأن الجرعة لم تحسب وأن عدد كؤوس النبيذ تمثل مقياس للتعرض وليس الجرعة.

شكل (٤-٢) يوضح الشكل المثالي للعلاقة بين الجرعة والاستجابة، بشكل حرف S بالانجليزية، ويمكن تطبيقه على معظم انواع التعرض، في هذا الشكل، رسمت العلاقة بين نسبة الاستجابة والجرعة (ممثلة بالملغم/كغم). هذا الشكل يوضح انه عندما تكون الجرعة قليلة فان الاستجابة شبه معدومة او قليلة، اما عندما تصيح الجرعة عالية فستحدث الاستجابة عند كل الافراد. الخط المرسوم مقابل الاستجابة ٥٠٪ يحدد الجرعة التي عندها يستجيب ٥٠٪ من السكان. وفي هذه الحالة، ٥٠٪ من السكان يستجيبون عند جرعة ٤٢ ملغم/كغم، في حين ان ٩٩٪ من السكان يستجيبون عند جرعة ٩٠ ملغم/كغم. من المهم التركيز انه في حالة كررنا التجربة فان النتائج ستكون مختلفة الى حد ما. حيث أن استجابة كل شخص تختلف من وقت لآخر وهناك أيضا اختلافات اكبر بين الافراد في المجتمع. التباين هو موضوع ثابت في علم الاحياء مما يجعل تحليل البيانات وتفسيرها أصعب. وهذه التباينات هي التي أدت الى الحاجة للتقييم الاحصائي للبيانات.



ال شكل (٤-٢): منحنى يمثل علاقة افتراضية مثالية بين الجرعة/ الاستجابة المحولر السيني يمثل الجرعة بالملغم/كغم من وزن الجسم، بينما المحولر الصادي هو النسبة المئوية للاستجابة. عندما تكون الجرعة قليلة جداً، يكون هناك عدم وجود استجابة أو قد تكون هناك استجابة متواضعة. وتزداد الاستجابة بزيادة الجرعة حتى تصل الى أقصى حد وعندها لا نشاهد ازدياد بالاستجابة حتى لو زادت الجرعة

الخطر و المجازفة

الاثار البيولوجية لمادة ما عادة تتراوح بين اثار مفيدة الى اثار ضارة، اعتماداً على الجرعة وقابلية الفرد للتأثر. تطورت مجالات علم السموم في محاولة لفهم ووصف الخصائص الضارة والخطرة للمواد. "المجازفة" هي احتمالية الإصابة أو المرض أو فقدان القدرة أو الموت للفرد أو للسكان المتعرضين للمادة أو الوضع الخطر. المادة أو الوضع الذي يمكن ان يسبب اذى هو ما نطلق عليه "الخطر". الخطر هو خاصية جوهرية للمادة وعادة ما يكون هناك مدى للخطورة للمادة الواحدة اعتماداً على حالة أو ظرف خاص. وتعرض يوميا للعديد من المواد الخطرة مثل النار التي نطبخ بها، الكهرباء التي نستخدمها في الاضاءة، مواد التنظيف، المواد الكيميائية المستعملة في السيارة، المواد الفعالة في الادوية التي نتناولها،

والقائمة طويلة. لكن نحن نستخدم هذه المواد بحذر شديد لتجنب اثارها الخطرة. وقود السيارات مثال جيد على مثل هذه المواد التي من الممكن ان تحمل آثار سئية، فنحن نعتمد على خاصيته في الاشتعال لتشغيل سياراتنا لكن نفس هذه الخاصية ممكن ان تكون السبب في اندلاع حريق غير مسيطر عليه. و"شم البنزين" هي عادة يمارسها البعض بسبب التأثيرات التي يرغبوا أن تحدث للجهاز العصبي، وهذه تمثل خطر من نوع اخر. غالبا ما تحدث المشاكل عندما لا نعي قدرة المواد على التسبب بالاذى وقد تحدث المشاكل أيضاً نتيجة لخلل أو سوء في التصنيع .

في الماضي، تم ربط الخطر المصاحب لمادة ما مع الاذى الفوري او الواضح الناتج من استعمالها. مع ازدياد تجاربنا ومعرفتنا، يزداد وعينا في تقدير الاخطار التي قد تنتج عن المواد. على سبيل المثال، المبيد الحشري المسمى "دي دي تي" هو مبيد فعال ومفيد للقضاء على البعوض. لكن وكما اوضحت رايتشيل كارسون، هذا المبيد كان له تأثير مدمر حيث أدى الى قتل جماعات من الطيور بطريقة غير مباشرة عن طريق التسبب في ضعف قشرة البيضة بالتالي قشلت هذه القشرة في اداء دورها الا وهو حماية الطير بداخل البيضة مما أدى الى القضاء على بعض الطيور. ولاحقا تم اكتشاف أن هذا المبيد ينتشر في دهون الجسم ولا يتحلل مما يجعل بقاءه في الجسم مستمرا. بهذا، يتراكم هذا المبيد أيضاً في السلسلة الغذائية ويصل الى الطيور والتي هي في مرتبة عالية في السلسلة الغذائية. والانسان ايضا في قمة السلسلة الغذائية، وبطرق متعددة يجد هذا المبيد طريقه الى غذاء الانسان ويتوزع في دهون جسمه. في حالة الام المرضعة، فان المبيد ينتقل مع دهون الجسم الى الحليب الذي هو غذاء للطفل الرضيع، ويمثل ذلك جرعة كبيرة بالنسبة لهذا الرضيع الصغير. ولغاية هذه اللحظة، لسنا متأكدين من تأثير هذا المبيد على تطور أعضاء الجنين عند تعرضه له. وخلال الحمل، هناك مواد كيميائية اخرى ذاتية في الدهون، مثل "ديوكسين" و "بي سي بي" قد تؤدي الى تلوث حليب الام. والرصاص هو مثال اخر لمادة أنتجت اثار كارثية متعددة نتيجة لعدم الوعي لمخاطر تعرض الجهاز العصبي لكميات قليلة منه.

التعرف على الاثار الخطرة للمواد مثل الادوية والمبيدات الحشرية ادى الى البدء في القيام بابحاث جديدة و تكوين العديد من المنظمات مهمتها تنظيم المواد الخطرة. منظمة "ادارة الغذاء والدواء" مسؤولة عن ضمان ان الادوية ومضافات الأغذية فعالة وأمنة. " منظمة السلامة والصحة المهنية" تضع القوانين لتحد من وتنظم التعرض للمواد الخطرة في مكان العمل بناء على معلومات دقيقة حول سمية تلك المواد. "وكالة حماية المستهلك" تعمل لتقليل الاضرار الناجمة عن استهلاك المنتجات. " الوكالة الامريكية لحماية البيئة" تراقب اطلاق المواد الكيميائية الى البيئة وذلك لحماية التربة والماء والهواء وأيضا تنظم عمليات تنظيف المواد الكيميائية الموجودة في البيئة.

بينما يلعب العلم دورا كبيرا في التعرف على الاثار الخطرة للمواد، يقوم المجتمع بوضع القوانين لتنظيم او للحد من التعرض. ان عمليات استهلاك الكحول والتبغ قانونية على الرغم من الاثار الكارثية لهذه المواد وتكلفتها على المجتمع. في الآونة الأخيرة فقط اجبرت الحكومة مصانع التبغ على الاعتراف بخاصية الادمان التي يتمتع بها النكوتين، وبدأت بتعويض خسائرها عن طريق رفع الدعاوي القضائية. على الرغم من ان الاثار الجانبية لتعاطي الكحول بكميات كبيرة معروفة منذ زمن طويل الا انه فقط وفي عام ١٩٧٠ تم ربط العلاقة بين شرب الام الحامل للكحول والعيوب الخلقية للجنين. في المقابل، أعلنت الحكومة الامريكية أن الماريجوانا وما يشابهها غير قانونية بناء على الاضرار المصاحبة لها. من الواضح ان هذا الموضوع موقع جدل، والعديد من الدول لها قوانين و آراء مختلفة فيه.

الخطر والمجازفة مرتبطان بالتعرض للمواد. تقليل التعرض له القدرة على تقليل الخطر أو المجازفة. اذا لم يكن هناك تعرض، فلن يوجد خطر أو احتمال للأذى أو مجازفة. التجربة والمعرفة تسمح للشخص بالحكم على الخطورة المترتبة على التعرض لمادة ما. وبهذه الطريقة نصبح كلنا خبراء سموم نوعا ما حيث نقوم دائما بالموازنة بين الاثار الايجابية مقابل السلبية الناتجة من التعرض للمواد. في العادة القول اسهل من الفعل، لكن المعرفة على الاقل ممكن ان توفر القدرة على تقليل هذه الاضرار الجانبية. بما ان الفرد لا يستطيع ان يتنبأ بجميع الاضرار التي قد تنجم عن التعرض لمادة خطيرة، فانه لمن الضروري اختيار مواد أقل خطرا من أجل تقليل التعرض للأذى.

الاستخدام النافع للأشعة مثال جيد على أهمية المعرفة الحذرة للمواد وكيفية استعمالها بشكل آمن ومفيد. يمكن نقل أو خزن أي مادة مشعة بطريقة امنة اذا تم احتواءها بالشكل الصحيح. اعتمادا على الخصائص العامة للمادة المشعة، يمكن التعامل

معها بطريقة آمنة وذلك بالوقاية واتخاذ احتياطات السلامة. العاملون بالمختبرات يلبسون في العادة شارات او لوحات صغيرة تقيس مدى تعرضهم للأشعة وذلك لتحديد اذا كان تعرضهم لم يتخطى المستوى الآمن للأشعة. ولكن لسوء الحظ، ورغم مرور عقود من الزمن، لم يستطع المجتمع لغاية الان ايجاد طريقة آمنة للتصرف بمخلفات المواد المشعة. الخصائص الخطرة للمواد المشعة سيتم وصفها بتفصيل اكثر في فصول قادمة.

تاريخياً، المواد التي قد تسبب التسمم تم تصنيفها بناءً على قدرتها على القتل، او مقدار المادة اللازمة لتحديد الموت. بناءً على هذا، فالخطر هنا معرف فقط على انه الموت والذي هو بالتأكيد أضعف تأثير لأي مادة. بسبب التباين بين الافراد في التأثير والاستجابة، تم استخدام مقياس موحد وهو الجرعة (محسوبة بوحدات ملغم من المادة/كغم من وزن الجسم) التي تسبب موت ٥٠٪ من الافراد، اي ٥٠٪ من الاستجابة. هذه الجرعة اطلق عليها (الجرعة القاتلة ٥٠٪). وهذه هي أحد المقاييس لسمية المواد، الا وهي قدرة المواد على التسبب بالمرض او الموت. ويتم تحديد الجرعة القاتلة ٥٠٪ عادة على مجموعة من حيوانات التجارب مثل الارانب او الفئران. ويتم تحديدها اعتماداً على تعرض واحد حاد وعلى استجابة واحدة وهي الموت. وعلى الرغم من اهمية الجرعة القاتلة في عمليات المقارنة للمواد وقدرتها على التسبب بالموت، الا انه ليس من الضرورة ان تكون مفيدة في حالة التعرض المزمن لكميات قليلة من المادة. على سبيل المثال، الجرعة القاتلة ٥٠٪ للرصاص ليس من الضرورة ان تكون مهمة نظراً لتأثير الرصاص البطيء على الجهاز العصبي، حتى مع كميات قليلة منه. حتى أن الجرعة القاتلة ٥٠٪ قد تكون مضللة اذا استخدمت كالاداة الوحيدة لتحديد سمية مادة ما. على سبيل المثال، "الاسبرين" هو دواء شائع الاستخدام ويتم تناوله بدون وصفة طبية، بينما المبيد الحشري "دي دي تي" تم منعه بسبب اثاره السامة وبقائه في البيئة لمدة طويلة. ومع ذلك يمتلك الاثنان نفس الجرعة القاتلة ٥٠٪.

جدول ١-٢ يعرض الجرعة القاتلة ٥٠٪ لعدد من المواد الشائعة. وحيث ان الجرعة القاتلة ٥٠٪ تعني كمية المادة التي تسبب الموت، فان القيمة الاعلى لها تعني ان السمية للمادة قليلة، و العكس بالعكس. لاحظ كيف ان الجرعة القاتلة ٥٠٪ عالية للكحول، و هذا يعد لحسن الحظ نظراً لاستهلاكه على نطاق واسع. و هذا ما يفسر لماذا فقط عدد قليل من الافراد يموتون بسبب الكحول. في معظم الحالات يغمى عليهم بعد ان يعلو مستوى الكحول في دمهم، ويموتون ليس بشكل مباشر بسبب الكحول وانما بسبب الاختناق بقيئهم في محاولة الجسم التخلص من هذه المادة السامة. لاحظوا أيضاً القيمة المنخفضة (بالتالي السمية العالية) للنيكوتين، المادة الاكثر فعاليةً وادماناً في السجائر.

جدول ١-٢: الجرعة القاتلة ٥٠٪ لبعض المواد الشائعة	
المادة	الجرعة القاتلة ٥٠٪ (ملغم/كغم)
ايثيل الكحول (الايثانول)	١٠٠٠٠
ملح الطعام (كلوريد الصوديوم)	٤٠٠٠
كبريتات الحديد	١٥٠٠
المورفين	٩٠٠
النفثالين	٥٠٠
الاسبرين	٢٥٠
المبيد الحشري "دي دي تي"	٢٥٠
السيانيد	١٠
النيكوتين	١
سم الاسماك "تترادوتوكسين"	٠,٠١
الديوكسين "تي سي دي دي"	٠٠٠١,٠

لحسن الحظ، لم تعد الجرعة القاتلة ٥٠٪ هي الأساس ولم تعد حتى اداة لتقدير الاذى الذي قد تسببه مادة ما. فلقد طور خبراء السموم مجموعة واسعة من المعايير لتحديد ما اذا كانت مادة ما تسبب اثار جانبية. وهناك تجارب عدة تتم لتقييم الاذى المحتمل لجميع اعضاء جسم الانسان. واذا لوحظت اية اثار جانبية، يتم اجراء فحوص أشمل وأعمق لهذه المادة و اجراء المزيد من التجارب في محاولة لفهم هذه الاثار. حيث أنه وفي نهاية الامر، يجب الحكم على خطورة المادة بناءً على قابلية الفرد للتأثر بها. مثلاً الاستهلاك المعتدل للكحول ممكن ان يكون له اخطار قليلة على الفرد، لكن نفس الكمية ممكن ان يكون لها اثار كارثية على الجنين. ومثال اخر هو الرصاص والذي له العديد من الاستخدامات المفيدة الا أنه يُعتبر خطراً منذ فترة طويلة، الا ان اثاره السيئة على الجهاز العصبي لم يتم التعرف عليها الا مؤخراً. وعند اي مستوى يصبح للكافيين اثار جانبية بحيث يصبح شرب كوب اخر من القهوة امر يجب تفاديه؟ ما مقدار ما يشكله الكافيين من خطر؟ لاجابة هذه الاسئلة، نحتاج أن نتعرف اكثر على كيفية أيض هذه المواد الكيميائية في الجسم.

طرق التعرض و الامتصاص

يظهر تأثير المادة عندما تدخل او تصبح على اتصال مع جسم الانسان، اي عندما يتعرض الفرد لها. وعلى الرغم من اهتمامنا بالتأثيرات على الانسان إلا ان المبادئ نفسها تطبق على كل الكائنات الحية وبالتأكيد على البيئة. التعرض كغيره من مصطلحات علم السموم له جوانب عديدة اهمها: ١- طرق التعرض ٢- عدد مرات التعرض ٣- مدة التعرض. والتعرض يتأثر ايضا بالامتصاص، فعند تعرضنا لمادة ما فإن التأثير سيكون قليلاً اذا امتص الجسم كمية قليلة منها. على سبيل المثال، إن تم ابتلاع الزئبق المعدني الموجود في ميزان حرارة مكسور، فإن الأمعاء لن تمتصه وسيخرج مع البراز لكن إذا سُمِحَ لنفس الكمية من الزئبق بالتبخّر وتم استنشاقها فإن العواقب ستكون وخيمة، هذا المثال يوضح ان العمليات الأيضية وعمليات الإخراج تؤدي الى تغييرات في الامتصاص. ما لا يتم امتصاصه (حتى بعض الذي يتم امتصاصه) يتم إخراج بطرق عدة مثل البول والبراز والعرق والزفير. فالإخراج يقلل من الأثار الضارة للمواد وذلك لأنه يقلل كمية السم بالجسم وبالتالي يقلل تعرض الأعضاء الحساسة له.

هناك ثلاثة طرق مهمة للتعرض: ١- الجلد ٢- الرئتين ٣- الفم. طريق رابع للتعرض هو الحقن والذي يستخدم لإدخال العقاقير أو الأدوية التي لا يمكن أخذها عن طريق الفم. والحقن يمكن ان يأخذ أشكال عدة، مثلاً الحقن المباشر في الأوعية الدموية يتخطى كل مراحل الامتصاص ويوصل الدواء المحقون بشكل كامل وفوري إلى معظم أعضاء الجسم. بعض الأدوية يتم حقنها بالعضلات، بالتالي فإن قدرة الجسم على الامتصاص ستكون بطيئة لأن الدواء سيتم أخذه بشكل بطيء من قِبل الأوعية الدموية التي تغذي العضلات. وأخيراً، من الممكن أن يكون الحقن تحت الجلد، وهذه الطريقة تستخدم في عدة اختبارات مثل اختبار الحساسية أو اختبار مرض السل.

الجلد هو أكبر عضو في الجسم و يلعب دوراً ممتازاً في حماية أجسامنا من معظم المواد. بنفس الوقت، فإن الجلد مكان مهم للتعرض للعديد من المواد الخطرة وهو أيضاً مركز للعديد من الأثار الجانبية. على سبيل المثال، الأثار الجانبية للتعرض لكميات كبيرة من الشمس معروفة جيداً. في الكثير من الحالات، الجلد هو حاجز ممتاز لدخول العديد من المواد الكيميائية لكن بعض المحاليل تقدر على اختراقه. وهناك محاليل مثل البنزين أو مواد التنظيف يمكن أن تزيل الزيوت الطبيعية عن الجلد وبالتالي تؤدي الى احداث أثار جانبية عديدة. ان تعليمات استخدام معظم المبيدات الحشرية توضح انه يجب ارتداء القفازات والوسائل الواقية للجلد للحماية من خطورة الامتصاص عبر الجلد أو ظهور الطفح الجلدي. بالامكان اعطاء العديد من الادوية عن طريق لصاقات على الجلد مثل لصاقات النيكوتين، وذلك لكبح الحاجة لتدخين السجائر، والفائدة التي تضيفها هذه اللصاقات هي أن امتصاص الدواء من قبل الاوعية الدموية يحصل بشكل متساو وبشكل بطيء وبالتالي يتم المحافظة على مستوى ثابت للدواء في الدم. هذا النظام يساعد المدخنين في المحافظة على مستوى ثابت ومرتفع للنيكوتين في دمهم وبالتالي كبح رغبتهم لتدخين السجائر.

الاستنشاق يعد طريقة ممتازة للتعرض للعديد من المواد، من ضمنها الاكسجين الذي هو عصب الحياة. الرئتان مليتان بالاوعية الدموية لتسهيل عملية امتصاص الاكسجين وبالتالي امتصاص العديد من المواد التي قد تظهر آثارها على الفور. اول اكسيد الكربون يعد غاز قاتل ومن الممكن ان ينتج في البيت من بعض انواع التدفئة سيئة التهوية او الافران او السيارات المركونة داخل الكراج. اول اكسيد الكربون يتم أخذه من قبل خلايا الدم بنفس الآلية التي يتم فيها أخذ الاكسجين. في الحقيقة، يرتبط اول اكسيد الكربون مع الهيموجلوبين الموجود في خلايا الدم بشكل اقوى من ارتباط الاكسجين. بالتالي التعرض له ممكن ان يؤدي الى اضرار عديدة قد تصل الى الموت بسبب قلة الاكسجين. إن مدخني السجائر يصبح لديهم ادمان على النيكوتين المتصاعد مع دخان السجائر والذي يتم امتصاصه عبر الاستنشاق. أما مدمني الماريجوانا فيحسبون أنفاسهم للسماح بامتصاص اكبر ما يمكن من المادة الفعالة الموجودة في الماريجوانا والتي تعرف باختصارات "تي أتش سي". والرئة قد تكون أيضاً طريق لخروج العديد من المواد، ولكن بكميات قليلة. فاختبارات فحص الكحول تعتمد على الكحول الخارج من الرئة وتتم بواسطة جهاز يقوم بتحليل هواء الزفير لتقييم كمية الكحول الموجودة في الجسم.

تناول المواد عن طريق الفم يتيح امتصاصها من المعدة والامعاء. هذا الطريق مهم للعديد من المواد مثل الكربوهيدرات والبروتينات والفيتامينات، وكذلك مواد غير مرغوب بها مثل المبيدات الحشرية والرماس. ومن المهم التنويه الى أن لا يتم امتصاص كل ما يتم بلعه، ويلعب عمر الانسان دور في تحديد الامتصاص. على سبيل المثال، يتم امتصاص ١٠٪ من الرصاص الذي يتم ابتلاعه لدى شخص بالغ، في حين يتم امتصاص ٥٠٪ لدى الرضع والحوامل. في هذه الحالة، الرصاص الذي لم يتم امتصاصه يمر عبر الامعاء ويتم اخراجه مع البراز. إن زيادة امتصاص بعض المواد في مراحل العمر المختلفة يرجع لحاجة الجسم لبعض العناصر الاساسية. وفي هذه الحالة، الامعاء قادرة على امتصاص كميات اكبر من الكالسيوم والحديد ولكنها تقوم بامتصاص الرصاص كبديل في حال عدم توفرهم (سيتم شرح هذا بمزيد من التفاصيل في الفصل المخصص للرصاص). الكحول والكافيين يتم امتصاصهم بسهولة من قبل المعدة، الامر الذي يجعلهم المشروبين الاكثر استهلاكاً في المجتمع. تعرضنا للمواد عن طريق الفم يحدث ايضا من خلال تناول الطعام والشراب، لهذا يجب توفر مياه غير ملوثة وطعام آمن. ومن الجيد ايضا غسل اليدين قبل تناول الطعام حتى لا ينتقل ما يوجد على اليدين الى الطعام الذي نأكله.

النقطتان المهمتان أيضاً في موضوع التعرض هما تكرار التعرض والمدة. التكرار لا يشير فقط الى عدد مرات التعرض بل ايضا الى الفترة التي تفصل بين كل تعرض والذي يليه. على سبيل المثال، شرب ٤ علب من الجعة خلال ١٥ دقيقة يختلف تماما عن شرب نفس الكمية خلال ٤ ايام. التعرض المتكرر وخلال فترات زمنية قليلة يؤدي الى رفع مستوى المادة في الدم بشكل سريع (على فرض انه تم امتصاصه بالفعل). شرب كوبين من القهوة في الصباح بسرعة وبدون فترة تفصل بينهم سيؤدي الى رفع مستوى الكافيين في الدم، بينما شرب نفس الكمية على مراحل وبشكل بطيء لن يؤدي الى التأثير المطلوب. تتطلب عملية امتصاص الكافيين الموجودة في كوب قهوة ووصولها الى المستوى العالي المطلوب في الدم تقريبا ٣٠ دقيقة. إذن الاثار السامة والخطرة لمادة ما تعتمد على تكرار التعرض والفترة ما بين التعرض والآخر.

مدة التعرض مرتبطة نوعاً ما بتكرار التعرض. وتقسّم مدة التعرض في علم السموم الى ثلاث مراحل: ١- التعرض الحاد (وهو التعرض للمادة مرة أو مرتين ولمدة لقصيرة فقط)؛ ٢- ما دون التعرض المزمن (هو التعرض لمادة ما عدة ايام او حتى اشهر) ٣- التعرض المزمن (هو تعرض للمادة لمدة طويلة أو حتى لمدى الحياة). وهذه المصطلحات تستخدم ايضا لتدل على الفترة ما بين التعرض وظهور الاعراض. التأثيرات الحادة السريعة هي التي تظهر مباشرة بعد التعرض وعادة يكون من السهل ربطها بالمادة المسببة. أما الاثار المزمنة او طويلة الامد لمادة ما فممكن ان تحدث بعد سنوات من التعرض وعادة يصعب ربطها بمادة معينة. مثلاً الاثار الحادة لتناول الكحول او استنشاق المادة الموجودة في الغراء معروفة جيداً وتظهر على شكل ترنحات. ولكن التأثيرات الناتجة عن التعرض المزمن لهذه المواد، كما في حالة المدمنين على الكحول، تكون مختلفة الا وهي تليف الكبد. كذلك الاثار بعيدة الامد لتعرض الاطفال للرصاص يمكن ان يتمثل في صعوبات في التعلم والتي بدورها تؤثر على حياة الفرد. ان الاثار البعيدة الامد للتعرض للمواد الحافظة المضافة للاغذية والمبيدات الحشرية يتم تقييمها بناءً على دراسات يتم اجراؤها على الحيوانات للنظر في امكانية ان تكون مواد مسرطنة.

لا بد ان نركز على نوعين من التعرض لاهميتهما وهما تعرض الجنين خلال فترة الحمل وتعرض الدماغ. كان يعتقد سابقاً

ان المشيمة توفر الحماية اللازمة للجنين في رحم امه من التعرض للمواد الضارة، ولكن اصبح من المعروف الآن أن معظم المواد تمتلك القدرة على اختراق المشيمة وبالتالي تعريض الجنين للمادة التي تعرضت لها الام. ان المواد التي تنتشر في سوائل الجسم مثل الكافيين يكون لها نفس المستوى في السائل المحيط بالجنين وكذلك في دم الام. وبالتالي يمكن القول ان الجنين يسبح في الكافيين والنواتج الايضية منه. وهناك مواد يصل مستواها في السائل المحيط بالجنين اكثر من ذلك في الام كما هو الحال في مادة ميثيل الزئبق، لان الجنين يشكل مخزوناً اضافياً بالنسبة للزئبق في جسم الام. وعلى الصعيد المقابل، فالدماغ في الشخص البالغ مدعم بوسائل اكثر للحماية مقارنة بدماغ الجنين. هذا العازل يسمى "الحاجز الدموي الدماغي" بسبب قدرته على ابقاء بعض المواد خارجاً وعدم السماح لها بدخول أنسجة الدماغ عبر الاوعية الدموية. يعمل هذا الحاجز بشكل اساسي ضد المواد كبيرة الحجم لكنه غير فعال ضد المواد الذائبة في الماء مثل الكافيين. على الرغم من الفوائد العديدة لهذا الحاجز، الا انه يشكل صعوبة لدخول العديد من الادوية المفيدة واللازمة لعلاج الامراض.

خلال التجارب العلمية، نقوم باختبار التأثير الناتج عن مادة واحدة بشكل اساسي لمعرفة تأثيرها على جسم الانسان، لكن في الحقيقة الامر ليس كذلك، حيث أننا في العادة نتعرض لخليط من المواد الكيميائية. المواد المتعددة يمكن ان تتفاعل معاً أو تؤثر على امتصاص الجسم لمادة معينة. يمتلك جسم الانسان نظاماً معقداً للتعامل مع المواد الكيميائية والتخلص منها؛ يلعب هذا النظام دوراً مهماً في حمايتنا من المواد الخطيرة.

العمليات الايضية للمواد وتوزيعها عبر الجسم والتخلص منها

لحسن الحظ، فإن الكائنات الحية تمتلك نظاماً دقيقاً لحماية اجسامها من المواد السامة. "العمليات الايضية" بشكل عام هي قدرة الكائن الحي على تحويل المادة الى نواتج أقل سمية. يقوم الجسم بأبيض الطعام الذي نستهلكه للحصول على الطاقة والعناصر الاساسية للصحة. ولكن في علم السموم، فالعمليات الايضية تشير الى قدرة الجسم على تحطيم المادة الى اجزاء أقل سمية او مواد يسهل التخلص منها، وهذه العملية تسمى ازالة السمية.

يعد البول اكثر الطرق الشائعة للتخلص من المواد، على الرغم من وجود طرق اخرى مثل البراز، العرق وحتى النفس. إن عمليات الايض مفيدة طالما نتحدث عن المواد السامة، ولكن عندما يتعلق الأمر بالادوية فانها تؤدي الى تقليل الفائدة منها.

"التوزيع" يشير الى المكان الذي تذهب اليه المادة في الجسم. بعض المواد مثل المبيدات الحشرية ومادة (بي سي بي) تتراكم في دهون الجسم. ولكن مواد اخرى مثل الرصاص تتراكم في العظام مكان الكالسيوم. والمواد التي تخزن في الجسم قد لا يتم التخلص منها بشكل كامل؛ وكلما تقدمنا في العمر يزداد تراكم المواد بحيث يصبح عبء على الجسم مثل مادة (بي سي بي) او الرصاص. إن عمليات الايض، التوزيع والتخلص هي جوانب مترابطة وهي اساسية للتنبيه بالآثار الجانبية للمواد وبالتالي تحديد الخطورة الممكن ان تصاحب التعرض لمادة ما.

على الرغم من قدرة معظم خلايا الجسم على القيام بعمليات الايض، الا ان العضو الاساسي لازالة السمية هو الكبد. ويمتلك الكبد العديد من الخلايا المتخصصة والتي تفرز انزيمات تساعد في هذه العمليات الايضية. هذه الانزيمات قادرة على تحطيم المواد السامة الى عناصر اصغر وأقل سمية. وفي بعض الحالات يتم تغيير المواد بحيث تصبح اسهل للإخراج من قبل الكلى ومن ثم يتم التخلص منها عن طريق البول.

على سبيل المثال، يتم الأيض للكحول وللكافيين في الكبد. الكبد عضو مهم جدا الا انه قد يتعرض الى ضرر دائم بسبب الامراض مثل التهاب الكبد او الاستهلاك المزمن للكحول. ومن الممكن اكتشاف تضرر الكبد عن طريق الدم وذلك بقياس مستوى بعض المركبات التي يفرزها الكبد، حيث يكون مستواها عالي في حالة وجود ضرر. وتستخدم شركات التأمين "فحص وظائف الكبد" لكشف اذا ما كان شخص ما يستهلك دواءً بشكل مزمن.

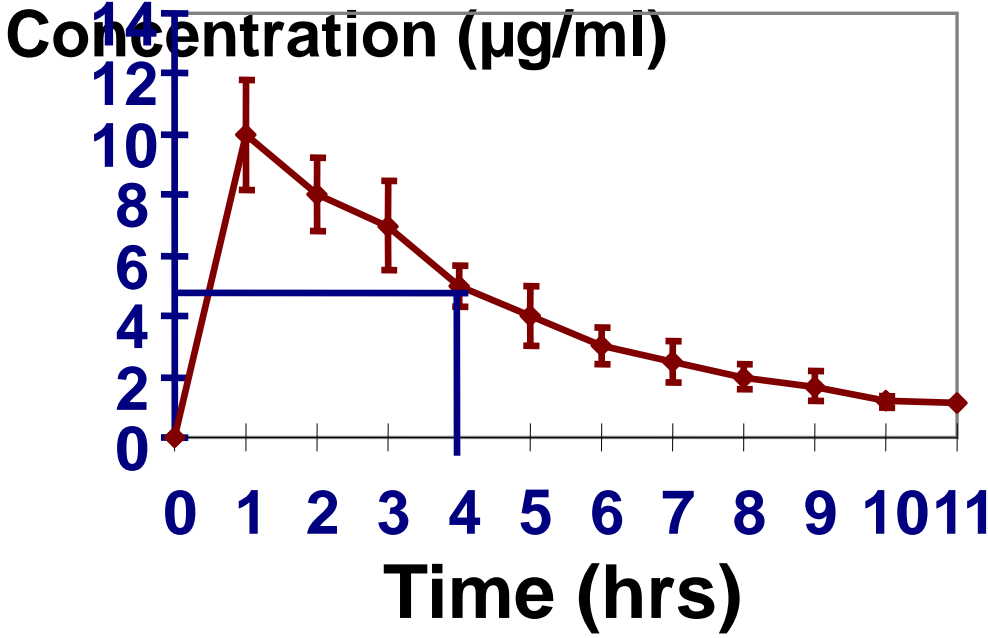
لا يحدث الأيض لجميع المواد بسهولة، فمثلا المعادن السامة مثل الرصاص والزرنيق لا يمكن تحطيمها كونها معادن ولكن بنفس الوقت يجب التخلص منها. وهناك طريقة اخرى لازالة السمية هي من خلال ربط المادة السامة بمواد طبيعية موجودة

في الجسم لتسهيل عملية الفاترة من قبل الكلى ومن ثم التخلص منها عن طريق البول. من الأهداف الأساسية للكلى هو تخليص الدم من المخلفات وطرحها في البول ليتم التخلص منها، ومثال على ذلك ما يحدث في حالة الزئبق. أما فيما يتعلق بالكافيين، فيتم التخلص منه عن طريق البول، ولكن لا تستطيع الكلى تركيزه في البول مما يجعل تركيزه في البول مساو تقريبا لذلك في الدم. وفي المقابل، يتم تركيز الفيتامينات بسهولة في البول بواسطة الكلى ومن ثم التخلص منها.

"المواد الخلابية" هي مواد موجودة بالجسم ترتبط بالمعادن لتسهيل عملية التخلص منها عن طريق البول. ولقد كانت المواد الخلابية توصف بشكل روتيني في الماضي للأشخاص الذين يعانون من ارتفاع مستوى الرصاص في الدم وذلك لتسريع عملية التخلص منه عن طريق البول ولكن ليس في الوقت الحاضر، إذ أنه ما لم يكن مستوى الرصاص في الدم عالي جدا فإن العلاج المستخدم هو اتخاذ إجراءات لتقليل التعرض للرصاص وعلاج الأعراض. المشكلة باستخدام المواد الخلابية هي انها غير متخصصة بالرصاص أو بالمواد الضارة، لذلك من الممكن ان ترتبط مع عناصر مفيدة مثل الكالسيوم وتؤدي الى إخراجها من الجسم.

"فترة نصف العمر" هي مقياس لطول المدة الزمنية التي تبقى خلالها المادة في الجسم قبل ان تتحطم ويتم التخلص منها. لنكن أكثر دقة، فإن فترة نصف العمر لمادة ما يشير الى الزمن الذي يحتاجه الجسم لتقليل مستوى تلك المادة بمقدار النصف. على سبيل المثال، اذا كانت كمية الكافيين في دمك تقريبا ١٢ وحدة، سيتطلب تقريبا خمس ساعات لتقليل هذه الكمية الى ٦ وحدات. في هذه الحالة، تكون الساعات الخمسة هي فترة نصف العمر لمادة الكافيين. خمس ساعات اخرى ستقلل كمية الكافيين المتبقي بمقدار النصف، أي يصبح تركيزه في الدم ثلاث وحدات، وهكذا حتى يقترب تركيزه من الصفر. فترة نصف العمر لمادة ما، سامة كانت ام مفيدة، هو جانب مهم لقدرتها على إحداث تأثير واستمراره. وحيث أنه قد يكون هناك تباينات بين الافراد في قدرتهم على تحطيم المواد، فإن هذا التباين ينعكس على فترة نصف العمر عند هذا الفرد. فرد يحطم الكافيين بسرعة (اي شخص لديه فترة نصف العمر للكافيين قليل، مثلا ثلاث ساعات) سيرغب بشرب المزيد من القهوة بسرعة حتى يرفع ويحافظ على مستوى عالي للكافيين في دمه للحصول على التأثير المطلوب. بينما قد يجد آخرون أن كوب واحد من القهوة كل ٣-٤ ساعات كافي لتحقيق النتيجة المطلوبة. هناك عدة عوامل، مثل امراض الكبد او حتى الحمل، ممكن لها ان تقلل عمليات الايض او التخلص من مادة ما وبالتالي تؤدي الى زيادة فترة نصف العمر. خلال الحمل، تزداد فترة نصف العمر للكافيين الى سبع ساعات تقريبا، وبالتالي يبقى مستوى الكافيين في الدم مرتفعاً لمدة أطول. رغم أننا نصنف فترة نصف العمر لمواد مثل الكافيين والكحول على أنها قصيرة، إلا ان معظم المواد السامة في البيئة لها فترة نصف عمر أطول. على سبيل المثال، فترة نصف العمر للرصاص هي تقريبا ٣٠ سنة. كذلك فترة نصف العمر للعديد من المبيدات الحشرية ولمادة (بي سي بي) طويلة مما يؤدي الى تخزينهم في الجسم. إن المعرفة الدقيقة لفترة نصف العمر لدواء معين هي جانب مهم خلال العلاج. والشكل ٢-٥ يوضح فترة نصف العمر لدواء افتراضي.

How Long It Takes To Go



الشكل ٢-٥: وصف لمبدأ فترة نصف العمر

إذا تم تناول مادة ما عند بداية المنحنى (كوب من القهوة على سبيل المثال، ثم قمنا بقياس مستوى الكافيين في الدم) و قمنا بجمع عينات من الدم كل ساعة. ثم تم رسم العلاقة بين تركيز مادة الكافيين مع الوقت. الخط المرسوم باللون الاسود يمثل فترة نصف العمر عندما ينخفض تركيز الكافيين في الدم الى النصف. لذلك، تكون فترة نصف العمر في هذا المثال هي أربع ساعات.

إن قدرة مادة ما على الوصول الى عضو معين في الجسم تحدد تأثير تلك المادة. على سبيل المثال، لن يشرب الناس الكافيين اذا لم يُظهر تأثيراً واضحاً على الدماغ. كما ذكرنا سابقاً، فإن الرصاص يمكن ان يحل محل الكالسيوم وبالتالي يتراكم في العظام، بينما مواد عديدة مثل المبيدات ومادة (بي سي بي) يتم تخزينها في الدهون. هذه النماذج للتخزين والتوزيع للمواد في الجسم قد تؤدي الى عواقب سامة. وفي حال فقدان السريع للوزن، فإن السموم المخزونة في الدهون يتم اعادة توزيعها في الجسم حين تتحلل تلك الدهون. أما بالنسبة للرصاص فيمكن انتقاله خارج العظم اذا اصبح هناك طلب قوي على الكالسيوم في الجسم، كما هو الحال في الحمل. وما يزيد الامر تعقيداً، ان فترة نصف العمر الخاص بمادة معينة قد تختلف حسب اختلاف مناطق الجسم، ففترة نصف العمر للرصاص في الدم قصيرة وتقاس بالايام، بينما هي في العظام طويلة وتقاس بالسنين.

الحساسية والقابلية للتأثر والتباين

"القابلية للتأثر" تشير الى الاختلافات في ردة الفعل أو الحساسية تجاه المادة السامة، الامر الذي يجعل بعض الافراد يعانون بشكل قوي بينما البعض الاخر يعاني بصورة اقل رغم تعرضهم لنفس المادة. وهذا المفهوم مهم جدا في علم السموم عند تحليل وادارة المخاطر. وترتبط القابلية للتأثر بعدة عوامل مثل العمر والنوع الاجتماعي والصحة العامة والوراثة (الجينات). "الحساسية" مرتبطة بالقابلية للتأثر وهي أيضا تشير بشكل اساسي الى الحالات التي تظهر تجاوبا بشكل كبير جدا لبعض المواد. فمثلاً، شخص لديه حساسية للدغات النحل قد يحدث له تأثير قاتل بعد التعرض للدغة واحدة فقط، بينما

لا تسبب لدغة واحدة تأثير خطر لمعظم الناس. الحساسية المفرطة ممكن ان تنتج من التعرض المتكرر لمادة ما او مواد مشابهة لها. فالحساسية للحيوانات مثل القطط والكلاب تنتج من الحساسية لوبر هذه الحيوانات. وهناك بعض الافراد قد يكون لديهم حساسية تجاه حشرات صغيرة في الغبار.

إن قابلية التأثر لدى الأطفال وكبار السن تكون أعلى من غيرهم بشكل عام، بالخاصة الاصغر عمرا، حيث يكون لديهم قابلية للتحمس أكثر من غيرهم لان أعضاءهم ما زالت تنمو وخلاياهم ما زالت تنقسم وبالتالي تكون هذه الخلايا اكثر عرضة للأذى مقارنة بالخلايا الناضجة. على سبيل المثال، يؤثر الرصاص على الجهاز العصبي الذي ينمو بشكل اكبر بكثير من تأثيره على الجهاز العصبي الكامل النمو. الدماغ ينمو بشكل سريع في مرحلة ما بعد الولادة، خصوصا خلال السنوات السبع الاولى. لكن لا يكتمل نموه الا قبيل العشرين من العمر. وخلال السنة الاولى من العمر، تكون العمليات الايضية للمواد عن طريق الكبد قليلة. لهذا نقيس فترة نصف العمر للكافيين عند الاطفال حديثي الولادة بالايام بينما يقاس بالساعات لشخص بالغ. أما بخصوص كبار السن فلديهم حساسية زائدة للمواد بسبب انخفاض قدرة الجسم على القيام بالعمليات الايضية لهذه المواد والتخلص منها نتيجة التقدم بالسن.

ويمكن أن يلعب النوع الاجتماعي دورا في تحديد القابلية للتأثر بالمواد وذلك بسبب اختلاف الهرمونات. وأوضح مثال هو حبوب منع الحمل الخاصة بالنساء. حيث أن تعرض النساء لكمية قليلة من هرمون معين يؤدي الى تأثير كبير على خصوبتهن. كذلك تؤثر مواد اخرى مثل (بي سي بي) على بعض الهرمونات الخاصة بالانثى. بعض الرياضيين يستخدمون هرمونات تسمى (الستيرويد) لزيادة كتلة العضلات. هذه المواد تمتلك اثار جانبية سلبية على كل من الذكر والانثى. والاناث لديهن متغير مهم بحياتهن هو الحمل حيث تحدث العديد من التغيرات الفسيولوجية، والتي من الممكن ان تؤثر على عمليات الامتصاص، التوزيع والعمليات الايضية لمادة ما وبالتالي كيفية تأثير هذه المادة على الجسم. فمثلا هناك انخفاض في قدرة الكبد على القيام بالعمليات الايضية خلال الحمل مما يؤدي الى زيادة فترة نصف العمر للمادة للكافيين. هذا يعني ان المرأة الحامل ستحتفظ بمستوى عالي من الكافيين لمدة اطول من الزمن بالمقارنة بالمرأة غير الحامل، وهذا يؤدي الى تعرض الجنين لكميات عالية من الكافيين. وفي فترة الرضاعة، يتم تحلل الدهون في الجسم مما قد يؤدي الى توزيع المواد الذائبة فيه الى الدم ثم الى حليب الأم الى الطفل الرضيع. تلك المواد قد تشمل المبيدات الحشرية ومادة (بي سي بي). كذلك قد يحصل أيضا إعادة توزيع الرصاص من العظام الى الدم في جسم المرأة الحامل عند حاجة جسمها للكاسيوم من العظام، هذا يحصل في حال كانت الحامل قد تعرضت مسبقا للرصاص.

صحة الفرد هي عامل اخر ممكن ان يؤثر في قابليته للتأثر. فإذا كان الكبد او جهاز المناعة ضعيفا، قد يؤدي ذلك الى عدم تحمل الجسم حتى لكميات قليلة من المواد. فشخص يعاني من السكري قد يجد السكر مادة سامة ويستبدلها بالمحليات الصناعية. ولكن في المقابل، شخص لا يستطيع تحطيم مادة "الفينيل الأنين" (وهي مادة تنتج من تناول المحليات الصناعية) سيدخل المحليات الصناعية الموجودة في بعض المشروبات الغازية سامة. شخص يعاني من الربو يجد الدخان الناتج من حرق الخشب سام جدا، بينما لا يعاني معظم الناس اي مشكلة من هذا الدخان اذا ما تعرضوا له لفترة قصيرة. (الدخان الناتج من حرق الخشب هو سام في كلا الموقفين والتعرض المزمن له ممكن ان يؤدي الى مشاكل صحية). إذن نستنتج أن التغيرات الفسيولوجية التي تحدث نتيجة للأمراض مهمة جدا لتقييم تأثير التعرض لمادة ما.

اخيرا، الاختلافات الجينية بين الافراد ممكن ان تجعل بعض الاشخاص اكثر او اقل عرضة للأمراض او لآثار المواد السامة. فمثلا، البعض قادر على احتمال الكافيين عند استهلاكه قبل النوم، بينما قد يؤدي هذا الى ليلة غير هنيئة للبعض الآخر. لذا من المهم دائما الاخذ بعين الاعتبار الفروقات بين الافراد عند التعامل مع موقف ما.

تطبيق المبادئ

التعرض لعدة مواد كيميائية في آن واحد

في العالم الحقيقي نحن لا نتعرض لمادة واحدة في الوقت الواحد. الهواء الذي نتنفسه يحتوي على العديد من المواد الكيميائية وكذلك الهواء الموجود داخل المنزل قد يحتوي على مواد كيميائية مثل الدخان، العفن، الصمغ المستخدم في

بعض انواع السجاد (الموكيت)، النفثالين ومواد التنظيف، والقائمة تطول. إن تحديد المخاطر الناجمة من التعرض لعدة مواد يكون أصعب من تحديد المخاطر الناجمة عن مادة لوحدها والسبب أن الجسم يختلف بطريقة استجابته لمادة واحدة بالمقارنة باستجابته لمواد متعددة. أحيانا قد تقوم مادة كيميائية بتحفيز استجابة الجسم لمادة اخرى متعرض لها الجسم وبالتالي يظهروا تأثير مقوي لبعضهم البعض. على سبيل المثال، من المعروف أن التعرض لدخان التبغ يزيد من احتمالية الإصابة بالسرطان الذي تسببه مادة الاسيست. هذه الزيادة ليست ناتجة عن عملية الاضافة، (اي انها لا تساوي احتمالية التعرض للسرطان نتيجة مادة الاسيست زائد الاحتمالية الناتجة عن التعرض لدخان التبغ) لكنها في الحقيقة اكبر كقيمة من القيمة الناتجة عن عملية الجمع.

هناك وبالمقابل حالات حيث التعرض لمادتين يقلل التأثيرات السامة لهما. مثال على ذلك مادة الميثانول (كحول الخشب) التي قد يؤدي شربها الى فقدان البصر، لكن التسمم بالميثانول يُعالج باعطاء الايثانول (الكحول الشائع) والذي ينافس الاول على العمليات الايضية في الجسم، بالتالي يبطئ عملية تكوين نواتج الأيض للميثانول والتي هي مركبات سامة ويبقي مستواها قليلاً بشكل كافي لتجنب الضرر للعين. هذا ما يشار اليه احيانا بالتأثير المعارض.

عندما يكون هناك تعرض لأكثر من مادتين، فإن عملية تحديد الخطر تصبح معقدة بشكل اكبر. والدراسات العلمية للمخاليط الكيميائية محدودة بسبب العدد الهائل من التركيبات والمخاليط التي يمكن تكوينها. حتى لو كانت التأثيرات الناتجة عن التعرض لمخلوط ما معروفة، فإن تقليل التعرض يبقى الخيار الافضل لتقليل الخطورة.

الاستجابة أو الحساسية لمواد كيميائية متعددة

الحساسية أو الاستجابة لمواد كيميائية متعددة تتميز بظهور عدة آثار جانبية في عدة اعضاء في الجسم وذلك بعد التعرض لمستوى معين من بعض انواع الطعام او الادوية او المواد الكيميائية والتي عادة لا تؤدي الى ظهور أعراض لدى معظم الاشخاص. تلك الاعراض قد تشمل الصداع، الضعف العام، قلة التركيز، فقدان الذاكرة، الربو وغيرها من الأعراض التي تعتمد على تقييم الشخص لشدها وتحصل عادة بعد عملية التعرض. لقد بقي موضوع الحساسية والاستجابة لعدة مواد كيميائية موقع جدل لأن الفحوصات التقليدية مثل فحص الدم أو الفحوص المخبرية الاخرى والتقييم الجسدي لا تُظهر قيم معينة تدل على إختلاف بين الشخص الذي يعاني من التحسس بالمقارنة بغيره، ولا يوجد أيضا أي إختلاف بنتائج الفحوصات لتدل على ظهور الأعراض.

الاستجابة أو الحساسية لمواد كيميائية متعددة قد تحدث بعد حصول التحسس لمادة واحدة ولكن يصبح لدى الشخص حساسية لجميع المواد من نفس المجموعة وقد تحصل هذه الحساسية عند التعرض لتراكيز أقل لاحقاً. يعمل الباحثون على إكتشاف آلية حصول هذه الاستجابات ويعتقدوا أنها متعلقة باستجابة جهاز المناعة. ومؤخراً هناك إعتقاد بوجود دور للجهاز العصبي. من ناحية أخرى، يعتقد بعض الباحثون أن الاستجابة قد تكون ناتجة عن أمراض نفسية رغم قناعتهم بوجود أعراض جسدية. إذن بغض النظر عن آلية حصول الحساسية أو الاستجابة، فمن المهم محاولة ربط السبب والنتيجة وتطبيق مبادئ علم السموم. إن تحديد المواد التي تؤدي الى حدوث الاعراض من شأنه أن يؤدي الى وضع خطط لتقليل التعرض لهذه المواد وبالتالي تقليل الاعراض وتحسين نوعية الحياة. بالإضافة الى ذلك، فإن تقليل التعرض للمواد الكيميائية السامة لجميع الناس يساعد في تقليل احتمالية حدوث الاستجابة أو الحساسية لديهم لتلك المواد.

تقييم و ادارة المخاطر

كما هو معروف فإن "المخاطر" مرتبطة بشكل كبير مع المواد الخطرة، ويمكن تعريف "إحتمالية الخطر" على انها امكانية حدوث نوع معين من الخطر. "تقييم المخاطر" هي العملية التي يتم من خلالها تحديد طبيعة ومقدار الخطر. بينما "ادارة المخاطر" هي العملية التي يتم من خلالها تحديد كيف يمكن تقليل المخاطر من خلال تصرفاتنا. إن تقييم الآثار الجانبية المحتملة للتعرض لمادة ما او القيام بنشاط ما (تقييم المخاطر) هو شئ يفعله الجميع كل يوم حتى ولو لم يكونوا مدركين لذلك. وقراراتنا هي جزء من ادارة المخاطر المستمرة التي نقوم بها. قد تكون قراراتنا هذه بسيطة كعبور الشارع عندما تكون الإشارة حمراء، او قد تكون معقدة كقرارنا إنفاق المزيد من المال لشراء الاغذية العضوية لتخفيف تعرضنا

للمبيدات الحشرية. إن العديد من المخاطر الناتجة عن التعرض للمواد الكيميائية تكون ذات آثار غير مباشرة أو غير ملحوظة على الصحة، بكلمات أخرى، هي مجموعة من الحالات أو المواقف أو التعرض لمواد ما والتي قد تؤثر على نوعية الحياة. ويعرض جدول ٢-٢ عدد من العوامل التي يمكن ان تؤثر على آراء الأشخاص وطريقة تقبلهم للمخاوف والمخاطر.

جدول ٢-٢: الاعتبارات التي تؤثر على قبول المخاطر	
المخاطر الأكثر تقبلاً	المخاطر الأقل تقبلاً
هناك فهم للفوائد	الفوائد غير واضحة
لا يوجد بدائل	يوجد بدائل
الخطري يؤثر على الجميع	الخطر يؤثر على قلة من الناس
تطوعي	غير تطوعي
خاضع لإرادة الشخص	غير خاضع لإرادة الشخص
متعارف عليه	غير متعارف عليه
لا يحدث خوف أو فزع كبير	يحدث خوف أو فزع كبير
يصيب الجميع	يصيب الأطفال فقط
يحدث بشكل طبيعي	يحدث نتيجة لأفعال الإنسان
إهتمام إعلامي قليل	إهتمام إعلامي كثير
مفهوم	غير مفهوم
درجة الثقة بالنتائج عالية	درجة الثقة بالنتائج قليلة

إن تقييم وإدارة المخاطر تلعب دوراً مهماً في السياسات العامة والنقاشات في هذا الموضوع تتراوح ما بين النقاشات على الأثر البيئي الناتج عن مواقع ابنية معينة الى نقاشات حول محاولة حصر الرصاص في البيوت أو ماهية المواد الكيميائية المسموح تواجدها في الاغذية. في العصر الحالي، فإن المسائل الخاصة بنوعية الحياة مثل الربو و/أو فقدان القدرة العقلية أصبحت جزءاً مهماً في عملية تقييم المخاطر. فمثلاً، التعرض للرصاص خلال الطفولة قد يؤدي الى انخفاض في معدل الذكاء والذي بدوره يؤثر على مختلف مراحل حياة الفرد. وفي نفس السياق فإن الإصابة بالربو خلال سنوات الطفولة قد يكون له تأثير قوي على قدرة الطفل على اللعب والانخراط مع الاطفال الآخرين.

كانت اهتمامات عمليات تقييم المخاطر في الماضي تعنى بتحديد احتمالية الإصابة بالسرطان والموت المترتب عليه ومن ثم تقرير إن كان الخطر مقبولاً. بالعادة، احتمالية موت شخص من بين ١٠٠,٠٠٠ أو شخص من بين مليون نتيجة لتعرضه لمادة ما يُعتبر تعرضاً "مقبولاً". ولأغراض المقارنة، فإن احتمالية الموت من حادث سيارة هي واحد لكل ٤٠٠٠ واحتمالية الموت من الصاعقة هي واحد لكل مليونين. مقارنات كهذه تستخدم احياناً للجدل في ان احتمالية الخطر نتيجة التعرض لمادة كيميائية صغيرة ويمكن إهمالها. لكن مثل هذه المقارنات ممكن ان تكون مضللة اذا كانت الظروف للخطرين مختلفة. على سبيل المثال، اذا كان التأثيرين على مجتمعين مختلفين وبشكل غير متساوي. مثلاً عندما يوجد تأثير كبير على فئة عرقية معينة، فان عملية الحكم على احتمالية الخطر ستكون خاطئة ويعتبر الخطر غير مقبول. كذلك إذا كان الخطر ناتج عن تعرض طوعي مثل شرب الكحول او مثل تناول طعام ملوث بالبكتيريا فلن تكون قابلية الشخص لاحتمال الخطر متساوية.

تقييم الخطر هي مجال معقد يحتاج الى تطبيق جميع مبادئ علم السموم. ويتم تقسيمه عادةً الى أربع جوانب متداخلة نوعاً ما وهي: ١- تحديد الخطر، ٢- تقييم العلاقة بين الجرعة والاستجابة ٣- تقييم التعرض ٤- تحديد مدى الخطر. "تحديد الخطر" هي عملية تجميع وتقييم للمعلومات حول تأثير مادة ما على صحة الانسان والحيوان. في معظم الحالات، هذا يتضمن تقييم حذر للآثار الجانبية وتحديد من هم الافراد الأكثر حساسية. تقييم العلاقة بين الجرعة والاستجابة يشمل تقييم العلاقة بين الجرعة والاثار الجانبية. وعادةً يتم بذل الجهد لتحديد كمية أقل جرعة قد تؤدي الى ظهور التأثير. هذا ويتم عادة المقارنة بين النتائج المأخوذة من دراسات على الحيوانات مع أي بيانات متوفرة حول التأثير على الانسان. من ثم يتم تقييم التعرض المحتمل لأي تجمع سكاني. العوامل المهمة هنا تشمل الجرعة، مدة التعرض، التكرار، طريقة التعرض. الخطوة النهائية هي تحديد مدى الخطر من التعرض، والتي يتم فيها تجميع كل المعلومات السابقة وتقرير درجة التعرض المقبولة للإنسان. بشكل مبسط، الخطر هو نتيجة لعاملين وهما وجود المادة والتعرض لها (المادة×التعرض= الخطر). في دراسات الخطر الحقيقية، قد لا يكون كل احتماليات الخطر معروفة ويصعب تحديد كمية التعرض بدقة. ونتيجة لذلك فإن الخطر المحسوب نظرياً قد لا يمثل مدى الخطر الحقيقي. إن دراسات تقييم الخطر تعتمد على دقة البيانات والفرضيات التي أنتجتها.

إدارة الخطر والتعامل معه هي قرارات سياسية واجتماعية نقوم باتخاذها بناءً على موازنة الفوائد مع المخاطر. إدارة الخطر تتعلق أيضاً بكيفية تقبل العامة للخطر وحكمهم واعتباراتهم الخاصة. كمثال على إدارة الخطر كان التوقف عن إضافة الرصاص الى الوقود. وبعد إجراء العديد من الدراسات تم التوصل الى أنه حتى التعرض لكميات قليلة من الرصاص مؤذي للجهاز العصبي الذي في طور النمو. وبالتالي فإن فوائد إزالة الرصاص من الوقود أكبر من المضار والتكاليف. وتم تطوير برنامج ليتم تدريجياً سحب الرصاص من الوقود وتطوير محركات السيارات الجديدة بحيث لا تحتاج للرصاص واستبدال السيارات القديمة.

الملخص

يمكن تلخيص أساسيات علم السموم فيما يأتي: الجرعة /الاستجابة، الخطر = احتمالية الخطر × التعرض، والاختلافات بالآثار الناتجة عن التعرض للخطر لدى الأشخاص. العديد منا يملك حس جيد بأساسيات السموم من خلال تجاربهم مع الكافيين والكحول و/أو أي دواء آخر. هذه التجارب تُشكل الاساس اللذي يبني عليه التفهم لعلم السموم والذي يمكن تطبيقه على العديد من المواقف. فنحن نتخذ العديد من القرارات الشخصية بناءً على العلاقة بين الجرعة والاستجابة واعتبارات الخطر. فمثلاً نحن نقرر نوع مواد التنظيف التي نود استعمالها وإذا كان من الواجب أن نستعمل مبيدات حشرية أم لا في حديقتنا. وكمواطنين يقع علينا واجب اتخاذ قرارات أهم فيما يخص البيئة. مثلاً كم نستثمر من الاموال للحد من انتشار ملوثات البيئة؟ وهل يجب على الشركات المنتجة للطاقة من الفحم أن تصرف أموالاً أكثر لتستعمل اجهزة تقوم بتنقية الزئبق من دخانها؟ علي اي اساس نتخذ هذا القرار؟ إن التقدم في الابحاث في مجال علم السموم بالإضافة الى التقدم في الابحاث في علوم أخرى مثل الأحياء تشكل القاعدة التي نتمكن من خلالها من اتخاذ هكذا قرارات. واخيراً، أتمنى عزيزي القارئ أن تقتنع أن علم السموم ممتع ومفيد بنفس الوقت.