

جرعة صغيرة من المعادن أو مقدمة الى الآثار الصحية السلبية للمعادن

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@innd.org

دعم المواقع على شبكة الإنترنت

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

www.toxipedia.org - Connecting Science and People

"الرجل الممتاز، كالمعدن النادر، ثابت بكل الطرق. بينما الشخص الوغد، فهو مثل أشعة التوازن، متغيرة طوال الوقت، إلى الأعلى وإلى الأسفل.

القائل جون لوكي

مقدمة

تحتل المعادن جزءاً كبيراً من الجدول الدوري وهي بالعادة موصلة جيدة للحرارة والكهرباء. تقوم المعادن بتشكيل روابط موجبة أو سالبة مع غير المعادن، الأمر الذي يجعل العديد من المعادن ضرورية للإنسان ولكن هذا يجعل بعضاً منها سام جداً. بدأ الإنسان باستعمال المعادن لبناء وتشكيل المجتمع منذ أكثر من 4000 سنة. كان الإغريق والرومان أول من وثق كلاً من الآثار السامة وكذلك القوة الشفائية للمعادن. فمثلاً الزرنيخ كان معروفاً جيداً كمادة سامة وكذلك كعلاج للأمراض.

إن استعمال المعادن في مجتمعنا الصناعي أدى إلى الإخلال بشكل ملحوظ بالتوزيع الطبيعي للمعادن في البيئة. تقدمنا الحضاري وعدم إدراكنا لمخاطر ما نستعمله موثقان في الجليد بمنطقة غرينلاند. فمثلاً الرصاص في الجليد الموجود في غرينلاند بدأ يتزايد بحلول العام 800 قبل الميلاد، مما يشير ويوثق استعماله وإعادة توزيعه مع ازدهار الحضارة وخبوها. حصلت زيادة هائلة في مستوى الرصاص في الجليد عندما تم إضافة الرصاص إلى الوقود في فترة العشرينيات (1920). بشكل عام، هناك زيادة بمقدار مئتي ضعف في مستوى الرصاص داخل الجليد بمنطقة غرينلاند بسبب استعمال البشر للرصاص.

المعادن لا تفنى ولا تُستحدث، ولكن تتغير من شكل لآخر، مما يؤدي إلى تغيير في خصائصها البيولوجية وكذلك سُميتها. الزئبق الفلزي يتبخر ويتم إعادة توزيعه من الغلاف الجوي عبر العالم. عندما يعود الزئبق إلى الأرض أو المياه، تُنتج البكتيريا منه مادة ميثيل الزئبق (الصيغة الكيميائية $Hg-CH_3$)، والذي يتم تناوله من قبل الكائنات الحية الأكبر والأكبر حتى تصل في النهاية إلى أسماك مثل التونا، والذي يستهلكه الإنسان وغيره من الحيوانات.

إن مبادئ علم السموم والتي تشمل "الجرعة-الاستجابة" وكذلك "القابلية الفردية للتأثر"، واضحة تماماً فيما يتعلق بالمعادن. تاريخياً، كان الاهتمام في مجال المعادن منصباً على التأثيرات الواضحة للمعادن مثل المغص بسبب الرصاص أو أعراض "جنون صانعي القبعات" من الزئبق. أما في وقتنا الحاضر فقد تغير الاهتمام وأصبح منصباً على التأثيرات الدقيقة والتي تحتاج إلى وقت طويل وكذلك الاهتمام بالأشخاص الذين يملكون قابلية للتأثر أكثر من غيرهم. إنه من المؤكد حالياً بأن الأطفال المعرضين حتى لتراكيز قليلة من الرصاص سوف ينخفض لديهم مستوى الذكاء وكذلك القدرة على التعلم. معرفة حقائق مثل هذه أدى إلى تغييرات جذرية في استعمالنا للمعادن.

في هذا الفصل، تم تقسيم المعادن إلى ثلاثة أقسام: (1) معادن مهمة للتغذية وضرورية ولا يستطيع الإنسان الاستغناء عنها (2) معادن سامة مهمة و (3) معادن مهمة من ناحية طبية. هناك جزء مختصر عن العوامل الخلابة أو الرابطة والتي تستعمل في حالة التعرض الزائد عن المحتمل للمعادن. لقد تم مناقشة ومراجعة عدد محدود ومختار من المعادن، وحتى هذه المناقشة كانت مختصرة، وتتطرق فقط إلى النقاط الرئيسية حول الخواص البيولوجية والتأثيرات السامة. مادة العرض المرفقة تحتوي شريحة لكل معدن بحيث تُبرز الحقائق المهمة حوله. تم تغطية ثلاثة عناصر بتفصيل أكثر وهم الزرنيخ والرصاص والزئبق في فصول مستقلة منفصلة عن هذا الفصل. هذه المعادن الثلاثة لا تتحلل وتبقى في البيئة مُسببةً لتلوثها، وهي أيضاً مهمة من منظور علم السموم.

المعادن ذات الأهمية الغذائية

مقدمة

يعتمد وجودنا على عدد من المعادن، ومن أبرزها الحديد. بعض من المعادن المهمة موضح أدناه. ولأنها معادن ضرورية، فقد تمت دراسة الفوائد والمضار لها بحرص وبالتالي تم تطوير التوصيات فيما يتعلق بالاستهلاك اليومي. هذه التوصيات تكون في الغالب عامة جداً ويمكن أن تتغير بناءً على العمر (طفل أو بالغ) (كبير بالسن أو صغير بالسن) وكذلك خلال الحمل. الاستهلاك اليومي الذي يُوصى به أدناه هو للكبار. هذه التوصيات هي لتناول هذه المواد عن طريق الفم ويكون الامتصاص من الأمعاء متفاوتاً ويعتمد على المعدن وعلى عوامل أخرى. نظرة سريعة إلى علبة حبوب الإفطار تثبت الأهمية الملقاة على هذه العناصر.

حيث أن هذه المعادن ضرورية للحياة، فإن السمية المتعلقة بها قد تنشأ من نقصها في الغذاء أو من تناولها بمقدار أكثر من اللازم وهذه الأخيرة ستكون محط تركيز هذا الفصل. لكن نقص الحديد يستحق الذكر، حيث أنه مشكلة في الولايات المتحدة وفي غيرها من أنحاء العالم، ونقص الحديد قد يؤدي إلى التسمم بالرصاص. قد يكون التسمم بالمعادن مختلفاً جداً اعتماداً على طريقة دخول المعدن للجسم. فمعادن مثل الخارصين والمنغنيز قد تكون سامة جداً عن طريق الشم. وكما هو الحال مع العديد من المواد التي استعرضناها سابقاً، هناك جانب مفيد وآخر ضار للمعدن اعتماداً على طريقة دخوله والكمية التي حصل التعرض لها.

جدول ملخص – المعادن ذات الأهمية الغذائية

جدول 1-11 ملخص للمعادن ذات الأهمية الغذائية

المعدن	الوظيفة	المصدر	السمية (في حال زيادته)	معدل الاستهلاك الموصى به
الكروم (Cr)	له علاقة بالأنسولين	الطعام	تلف أو فشل كلوي. سرطان الرئة	200-50 مايكروغرام (Cr ³⁺)
النحاس (Cu)	تصنيع الهيموغلوبين	مصادر غذائية	التسمم به نادر جداً نقصه: فقر الدم زيادته: تلف الكبد والكلية	3-1.5 ملغم
الحديد (Fe)	الهيموغلوبين	مصادر غذائية	تلف الأمعاء والكبد	15-10 ملغم
مغنيسيوم (Mg)	له علاقة مع العديد من الأنزيمات	مصادر غذائية وبقول ومكسرات	نقصه: ضعف الرابط العصبي والعضلي، تشنجات	350-280 ملغم
منغنيز (Mn)	له علاقة مع العديد من الأنزيمات	مصادر غذائية ويتم استنشاقه خلال اللحم	أعراض تشبه مرض باركنسون	5-2 ملغم
سيلينيوم (Se)	مضاد للسرطان	مصادر غذائية	القلب	70-55 مايكروغرام
الخارصين (Zn)	له علاقة مع العديد من الأنزيمات	مصادر غذائية	نقصه: مشاكل في النمو	15-12 ملغم

الكروم (Cr)

الكروم هو عنصر أساسي متوفر بكثرة ويتواجد في حالات أكسدة تمتد بين Cr^{+2} إلى Cr^{+6} ، ومن بينهما فإن Cr^{+3} هو الأهم من الناحية البيولوجية و Cr^{+6} هو الأهم من الناحية الصناعية. هناك علاقة بين الكروم وبين الأنسولين وتنظيم مستوى السكر في الدم. الجرعة اليومية الموصى بها هي 50-200 مايكروغرام. الكروم في حالة الأكسدة العالية (Cr^{+6}) له العديد من الاستعمالات في الصناعة بما في ذلك استعماله عن خلط المعادن في صناعة الستينلس ستيل وفي دباغة الجلود، ولكنه في الوقت عينه سام جداً. أكثر حالات التعرض خطورة تلك التي تحصل عن طريق الاستنشاق وهي واضحة جداً في صناعة الكروم وفي صناعة طلاء المعادن. التسمم الحاد بالكروم يؤدي إلى تلف الكلى، بينما التعرض له خلال الجلد يُسبب التهاب الجلد التماسي، وعند استنشاقه يُسبب تهيج بطانة الأنف. يجب أن يتم اعتباره مسرطن للرئة.

النحاس (Cu)

يلعب النحاس دوراً في تصنيع هيموغلوبين الدم و حدوث التسمم بسببه نادر جداً سواءً زيادته أو نقصانه. الجرعة اليومية الموصى بها هي 1.5 – 3.0 ملغم. يتم استعماله في العديد من المنتجات مثل التمديدات الصحية والسمكرة والأسلاك الكهربائية وهو متوفر بسهولة في المصادر الغذائية. نقص النحاس مرتبط بالإصابة بفقر الدم (الأنيميا) ولكنه في العادة مرتبط بمشاكل غذائية أوسع مدى. الحيوانات التي ترعى العشب، كالماشية، قد تتناول الكثير من النحاس مما يؤثر على عمل الكلى والكبد. يمتلك النحاس القدرة على إحداث تسمم شديد للحياة البرية أكبر بكثير مما يسببه للتديتات، وهو ملوث بيئي مهم بالذات في المياه. أما في البشر، فقد يصابون بمرض يسمى ويلسون، وهو مرض محمول على الشيفرة الوراثية يفقد فيه المصاب القدرة على أيض النحاس. ويمكن علاج هذا المرض بالعناصر الخالية مثل البينيسلامين.

الحديد (Fe)

يوجد 3-5 غرام من الحديد في الجسم وتلثي تلك الكمية مرتبطة بالهيموغلوبين الذي يحمل الأكسجين داخل كريات الدم الحمراء. الجرعة اليومية الموصى بها هي 10-15 ملغم، وهذا يرتفع إلى 30 ملغم خلال الحمل. يعتبر نقص أو عوز الحديد أكثر مشكلة صحية في العالم أجمع ناتجة عن نقصان مادة غذائية، وهو يصيب كلاً من الكبار والصغار. نقص الحديد يؤدي إلى الأنيميا أو نقص في قدرة الدم على حمل الأكسجين. تقوم القناة الهضمية بنقل الحديد بطريقة تتطلب طاقة، وفي حال انخفاض معدل الحديد في الطعام، ستمتص القناة الهضمية أي معادن أخرى بدلاً منه مثل الرصاص، مما يساهم في زيادة التسمم بالرصاص. قبل أن يتم اختراع غطاء الأمان للأدوية. كان يتم علاج الأطفال من الآثار الحادة الناتجة عن التسمم بالرصاص بعد ابتلاع حبوب الحديد، حيث كانوا يعانون من التقيؤ وتلف الكبد والصدمة وفشل كلوي وقد تحصل الوفاة أحياناً. أما التعرض المزمن للحديد فقد يؤدي إلى تقرحات في القناة الهضمية والتي تؤدي بدورها إلى قيء مصحوب بالدماء وبراز أسود.

المغنيسيوم (Mg)

معدن المغنيسيوم، الذي هو معدن أساسي للتغذية، موجود في الحبوب والطعام البحري والمكسرات واللحوم ومياه الشرب. الجرعة اليومية الموصى بها تتراوح بين 280 إلى 350 ملغم باليوم للكبار من الذكور والإناث، على التوالي. ويستعمل كذلك في عدد من مضادات الحموضة والمسهلات. ويستعمل حليب المغنيسيا أو هيدروكسيد المغنيسيوم كعامل مساعد للعديد من الأنزيمات الأساسية ويدخل في عديد من التفاعلات الأيضية المهمة. يتم الامتصاص الرئيسي للمغنيسيوم في الأمعاء الدقيقة ومن ثم يُطرح خارج الجسم من خلال البول بمعدل 12 ملغم/يوم. مستوى المغنيسيوم في الدم ثابت ويقوم الجسم بالمحافظة عليها بهذا الشكل باستمرار.

يؤدي نقص المغنيسيوم إلى ضعف في مناطق اتصال العضلات بالأعصاب وقد يؤدي لاحقاً للتشنجات. ويحدث النقص بسبب تقليل الامتصاص أو زيادة الإخراج. أما نقصه في الماشية فيعرف بترنج العشب. سُمية المغنيسيوم الناتجة عن نقص في إخراجها أو زيادة في استهلاكه عبر الحبوب المضادة للحموضة قد تؤدي إلى الغثيان والتقيؤ وانخفاض الضغط وتأثيرات على الجهاز العصبي المركزي.

منغنيز (Mn)

المغنيز عنصر مهم وله دور في العديد من التفاعلات المحفزة بالأنزيمات، بالذات تلك التي تتضمن أحماض دهنية. امتصاصه من القناة الهضمية ضعيف (أقل من 5%) ولكنه موجود بوفرة في الطعام مثل الحبوب والمكسرات والشاي. الجرعة اليومية الموصى بها هي 2-5 ملغم. ويتزايد الاهتمام بسُممية المغنيز لأنه أصبح من المضافات البترولية، على شكل م.م.ت (ميثيل سايكلو بنتادينيل منغنيز تراكاربونيل)، والذي يؤدي إلى انتشار أملاح المغنيسيوم في البيئة من عوادم السيارات. يعتبر المغنيز من مكونات خلطات المعادن المستعملة في صناعة الفولاذ. أما استنشاق غبار المغنيز خلال العمل في المناجم أو إنتاج الفولاذ فيؤدي إلى أمراض تنفسية. وقد يؤدي التعرض للمغنيز إلى أمراض شديدة تصيب الجهاز العصبي والتي تشبه المشاكل الحركية المصاحبة بمرض الباركنسون والتي يعاني خلالها المريض من صعوبة في المشي وغضب وتهيج وكذلك صعوبة في الكلام. هناك أبحاث جارية حول المخاطر المحتملة لاستعمال المضافات البترولية.

السلينيوم (Se)

السلينيوم متاح بسهولة في العديد من الأطعمة بما فيها الجمبري واللحوم ومشتقات الألبان والحبوب. ويبلغ مقدار الجرعة اليومية الموصى بها منه ما بين 55-70 مايكروغرام. يتواجد السلينيوم في عدة أشكال، من بينها يعتبر شكل تأكسده السداسي (Se+6) الأكثر أهمية من ناحية بيولوجية. يتم امتصاص السلينيوم بسهولة من قبل الأمعاء ومن ثم يتم توزيعه عبر العديد من انسجة الجسم، ويصل أعلى تركيز للسلينيوم في الكبد والكلية. يلعب السلينيوم دوراً فعالاً في العديد من الوظائف الخلوية ويتفاعل مع فيتامين ي. يبدو أن السلينيوم يقلل التأثيرات السامة لبعض المعادن مثل الكادميوم والزنك وهو يمتلك خصائص مضادة للسرطان. يؤدي السلينيوم إلى أعراض سلبية واضحة في حال حدوث نقصان أو زيادة. لذلك فإن الجرعة اليومية الموصى بها للكبار هي تقريباً 70 مايكروغرام/يوم ويجب أن لا تتجاوز 200 مايكروغرام/يوم.

قد يحصل زيادة في معدل تناول السلينيوم في كل من الإنسان والحيوان الذين يعيشون في مناطق بها مستوى سلينيوم في التراب. معظم الأعشاب والحبوب لا تقوم بتجميع السلينيوم، ولكن عندما يأكل الحيوان نباتات من تلك التي تراكم بها السلينيوم (مستويات تصل إلى 10,000 ملغم/كغم) يعاني من حالة تسمى "ترنح العمياء". تشمل الأعراض نقص الشهية وخلل في الرؤية والترنح في حركات دائرية ويؤدي بالنهاية إلى الشلل والوفاة. وقد يصاب البشر بهذه الأعراض بالإضافة إلى تأثيرات عصبية. نقص السلينيوم يؤدي إلى اضطرابات في القلب والعضلات الهيكلية وتلف الكبد.

الزئبق (Zn)

يلعب الزئبق عدد من الأدوار المهمة في الجسم ونقصه يؤدي إلى آثار سلبية خطيرة. الجرعة اليومية الموصى بها هي من 12 إلى 15 ملغم. ويتواجد الزئبق بشكل غزير في البيئة وهو متوفر بسهولة في العديد من الأطعمة مثل الحبوب والمكسرات والبقوليات واللحوم والطعام البحري ومشتقات الألبان. تتطلب العديد من الأنزيمات وجود الزئبق، وكذلك الحال مع البروتينات التي تُنظم الخصائص الجينية. يلعب الزئبق دوراً في جهاز المناعة وهو مهم أيضاً لتطور وعمل الجهاز العصبي.

نقص الزئبق خلال نمو الجنين أو الرضيع قد تؤدي إلى إعاقة النمو وزيادة الإصابة بالأمراض وضعف أو بطء الشفاء وفقدان الشعر واضطرابات في الجهاز العصبي المركزي. ربطت بعض الدراسات بين نقص الزئبق والاضطرابات العصبية مثل مرض الألزهايمر. الأمراض ذات الصلة بنقص الزئبق يتم ربطها بأمراض الكبد من إدمان الكحول. هناك أدوية تؤثر على توازن الزئبق في الجسم، هذه الأدوية تشمل العناصر الخالية (الخلاصة) وبعض المضادات الحيوية. والتعرض للزئبق وغيره من المعادن خلال عمليات اللحام قد يُسبب "حمى دخان المعادن" والتي تتميز بالإصابة بالقتشعيرة والحمى والضعف والتعرق.

المعادن ذات الأهمية من الناحية السمية

مقدمة

في الوقت الذي تعتبر فيه بعض المعادن ذات أهمية غذائية، هناك مجموعة أخرى بدون فائدة بيولوجية وقد تمتلك تأثيرات سمية شديدة في بعض الأحيان. إن علاقتنا المعقدة مع المعادن واضحة جداً مع الرصاص، والذي استخدمناه للعديد من الغايات منذ العصور القديمة. خلال المائة سنة الأخيرة، استُخدم الرصاص بشكل كبير في الطلاء وكذلك كمادة مضافة للوقود. ولكن في السنوات الثلاثين الأخيرة، تم معرفة أن الأطفال المعرضين للرصاص (حتى ولو لكميات قليلة) قد يعانون من تلف دائم في الدماغ وانخفاض الذكاء. هذا الاستخدام والانتشار للرصاص حول العالم كان له آثار ظاهرة على الأفراد وكذلك المجتمعات ككل. هناك أيضاً قصة شبيهة بالنسبة للزئبق. إن مثالي الرصاص والزئبق تفسر بوضوح المبادئ الجوهرية في علم السموم ألا وهم مبدأ "الجرعة/الاستجابة" ومبدأ "قابلية الفرد للتأثر".

جدول موجز – المعادن السامة

جدول 11-2: ملخص المعادن السامة

المعدن	الآثار السامة	المصدر
الألمنيوم (Al)	الخرف المرتبط بغسيل الكلى	خلال غسل الكلى، الطعام مياه الشرب
الزرنيخ (As) (قد يتواجد بعدة أشكال)	سرطان (الجلد والرتنين)، سام للأعصاب (الآثار الحسية)، الكبد والأوعية الدموية	مياه الشرب، صهر الخام، يستخدم في المبيدات، الخشب المُعالج
برليوم (Be)	الرئة، زيادة الاستجابة أو فرط الحساسية، آثار متأخرة وتصاعدية (برليوسس)، التهاب الجلد التماسي	محطات الطاقة النووية، خليط المعادن، حرق الفحم الحجري
الكاديوم (Cd)	أمراض وانتفاخ الرئة، أمراض كلية، أيض الكالسيوم، قد يكون مسرطن للرئة	المحار، دخان السجائر، يتجمع في النباتات، خليط المعادن واللحام
كوبالت (Co)	التهاب "تغير الرئة" الناتج من استنشاق "المعادن الصلبة"	خليط المعادن، كذلك متعلق بفيتامين B12
الرصاص (Pb)	تقليل القدرة على التعلم والذاكرة (الأطفال معرضون بشكل كبير)	الطلاء القديم، الطعام، كان يستخدم مع الوقود، بطاريات السيارات
الزئبق اللاعضوي (Hg)	رعشة، تهيج، فقدان ذاكرة، أعراض مثل "جنون صانعي القبعات"	موازين الحرارة، مفاتيح الكهرباء، المصابيح الفلورية، بعض بطاريات الزر
الزئبق العضوي (Hg-CH3)	رعشة، يؤثر على تطور الجهاز العصبي	الأسماك
النيكل	مسرطن للرئة، التهاب الجلد التماسي	الحلي، أواني الطبخ، أشياء أخرى تحتوي النيكل
القصدير (Sn)	اللاعضوي – قليل السمية، الرتئين	اللاعضوي – أغلفة المواد الغذائية، الغبار

الألمنيوم (Al)

تم عزل الألمنيوم لأول مرة عام 1825 وهو الآن معروف بكونه أكثر معدن متوافر في البيئة. تاريخياً، لم يتم ترجمة هذه الكثرة إلى توافر بيولوجي لأنه شديد التفاعل ويبقى محاطاً أو مرتبطاً بالعديد من العناصر. غير أن المطر الحمضي زاد من التوافر البيولوجي للألمنيوم في البيئة. يُستعمل الألمنيوم في العديد من المنتجات من الطائرات إلى علب التتكة المستعملة للبيرة والصودا وكذلك أواني الطبخ. يتعرض الإنسان للألمنيوم من خلال مياه الشرب والطعام وبعض الأدوية. متوسط تناوله يبلغ من 1 إلى 10 ملغم يومياً، لكن امتصاصه ضعيف في الأمعاء. ولا يبدو أن للألمنيوم أي دور بيولوجي مهم.

تمت ملاحظة الآثار العصبية السامة لأول مرة عند الأشخاص الذين يضطرون إلى غسيل الكلى في حال كان لديهم فشل كلوي. هذه المتلازمة تسمى "الخرف المتعلق بغسيل الكلى" وتبدأ بخلل في الحديث ومن ثم تشند إلى الخرف والتشنجات. تتناسب الأعراض مع الارتفاع في مستوى الألمنيوم والذي يتواجد عادةً في العظام والدماغ والعضلات بعد 3-7 سنوات من العلاج. تم إيجاد مستويات مرتفعة من الألمنيوم في أدمغة الأشخاص المصابين بمرض الألزهايمر. رغم الكم الكبير من الأبحاث، إلا أنه لا يزال غير واضح فيما إذا كان تراكم الألمنيوم هو الذي يسبب مرض الألزهايمر أم أنه نتيجة للتغيرات التي تطرأ على الدماغ بعد إصابته بهذا المرض.

الزرنخ (As)

يمتلك الزرنخ تاريخاً نابضاً بالحيوية، حيث تم استخدامه لتأثيره العظيم كسم. وأيضاً في علاج العديد من الأمراض بما فيها السرطان. تم دراسة صفاته منذ أكثر من ألفي سنة وساهمت في وضع النظريات الأولى في علم السموم. وبالرغم من سُميته، استمر استعمال الزرنخ في مواد التجميل في القرن العشرين. قبل التعرف على الخصائص السامة للزرنخ، كان يُستعمل بشكل واسع كمبيد حشري في البساتين مما أدى إلى تلوث التربة. الغالبية العظمى من الخشب المُعالج في شرفات المنازل وغيرها من الأجزاء تحتوي على الزرنخ. يحدث التعرض خلال العمل عند صهر المعدن الخام، وكذلك يستعمل الزرنخ بكثرة في صناعة الإلكترونيات. من الأمور المهمة التي أثارت اهتمام الشعب نتجت عن دراسات عديدة قامت بها الحكومة ألا وهي وجود الزرنخ في مياه الشرب. بعض المياه التي تصل المواطنين من البلديات وكذلك بعض المياه من الآبار تحتوي على مستوى عالٍ من الزرنخ.

من ناحية كيميائية، يُعتبر الزرنخ معقداً بسبب أنه يتواجد في عدة أشكال من التكافؤ وتشمل ثلاثي التكافؤ وخماسي التكافؤ أو على شكل ثلاثي أكسيد الزرنخ (صناعة رقائق الكمبيوتر) وحامض الزرنخ. يتم طرح الزرنخ من خلايا الجلد والعرق والشعر والأظافر، والتي تظهر بشكل خطوط بيضاء مستعرضة. التعرض الحاد للزرنخ يؤدي إلى ألم في القناة الهضمية وفقدان الإحساس وهبوط في الجهاز الدوري والقلب ومن ثم الوفاة. أما التعرض المزمن أو من يبقى على قيد الحياة بعد التسمم الحاد فقد يعانون من فقدان الإحساس في الأطراف وفقدان وظائف الجهاز العصبي المركزي. كذلك يؤدي التعرض المزمن للزرنخ إلى حدوث سرطان في الرئتين والجلد.

البرليوم (Be)

يُعتبر البرليوم من المعادن المهمة التي تُستعمل في مصانع توليد الطاقة النووية، مع مجموعة أخرى من المعادن. وجوده في الفحم الحجري والبتروول يؤدي إلى انبعاث 1250 طن منه إلى البيئة سنوياً من حرق الوقود في محطات توليد الطاقة. التعرض يحصل عادةً من خلال الاستنشاق، ولكن التعرض من خلال الجلد قد يؤدي إلى التهاب تحسسي. يستنشق مدخنوا السجائر القليل من البرليوم أيضاً. ينتشر البرليوم في البداية إلى الكبد ولكن مصيره النهائي هو العظام التي تقوم بامتصاصه.

التهاب الجلد التحسسي وزيادة التحسس للبرليوم هي الأكثر شيوعاً بين أحداث التسمم. استنشاق البرليوم خلال العمل قد يكون خطيراً جداً. التعرض الحاد قد يؤدي إلى التهابات لا جرثومية في القناة التنفسية بكاملها. مرض البرليوم المزمن أو "البرليوسس" قد يحصل من التعرض المزمن له خلال العمل، يعتبر هذا المرض خطيراً ويحصل فيه تلف (تدمير) مستمر حيث تصبح الرئتين مليئتان بالتليف وغير قادرتان على القيام بوظيفتهما. كذلك التعرض للبرليوم لفترة طويلة قد يؤدي إلى سرطان الرئة، حيث تم تصنيف البرليوم كعنصر مسرطن من قِبل منظمات القوانين الدولية. فحص الجينات لقابلية الإصابة بمرض البرليوم المزمن متوفر لكنه يثير الكثير من المواضيع الأخلاقية.

الكاديوم (Cd)

عنصر الكاديوم واسع الانتشار ويُستعمل في الصناعة وموجود في عدد من المنتجات التي يستعملها المستهلكون. التعرض لكاديوم من خلال الغذاء ممكن في حال تناول المحار أو نباتات زُرعت في تراب ملوث بالكاديوم. يزيد امتصاص الجسم للكاديوم عندما يتزامن ذلك مع نقص في الحديد أو الكالسيوم في الغذاء. بعض النباتات مثل التبغ تستطيع تركيز الكاديوم فيها حتى لو كان مستواه في التربة قليلاً. أما الرئتين فتمتصان الكاديوم بسهولة ويوجد مستوى مرتفع من الكاديوم في دم المُدخنين. كذلك يستعمل الكاديوم في خليط المعادن للصناعة وفي الطلاء وأيضاً البطاريات المسماة بطاريات النيكل-كاديوم. قد يحصل تعرض في مكان العمل خلال اللحام أو صناعة البطاريات.

تناول الكاديوم عن طريق الفم يؤدي إلى امتصاص أقل من 10% منه، ولكن التعرض عن طريق الاستنشاق يؤدي إلى امتصاص أكثر بكثير وذلك من خلال الرئة. يتراكم الكاديوم في الكبد والكلية، وتمتلك الأخيرة أهمية خاصة حيث أنها تساهم في ربط الكاديوم وتقليل سميته. تناول كميات كبيرة من الكاديوم عبر الفم بعد التعرض الحاد له قد يؤدي إلى ألم في البطن وغثيان وتقيؤ، بينما التعرض له خلال التنفس يؤدي إلى تعطيل التنفس (سوائل في الرئتين). التعرض المزمن له قد يؤدي إلى مرض الرئة الانسدادي ومرض انتفاخ الرئة وكذلك أمراض بالكلية. قد يكون الكاديوم متعلقاً بزيادة ضغط الدم وقد يكون مسرطن للرئة. يؤثر الكاديوم أيضاً على أيض الكالسيوم وقد يؤدي إلى خسارة في نسيج العظم. هذه الحالة يُشار إليها باسم "إيتاي إيتاي"، والذي يعني "أخ أخ" بالغة اليابانية والتي تعكس الألم في العظام المرافق لتأثير الكاديوم على الكالسيوم.

كوبالت (Co)

كميات قليلة من الكوبالت ضرورية وهو عنصر ذو ارتباط مع فيتامين ب 12 ولكنه يصبح ساماً بكميات كبيرة. لا يوجد جرعة يومية يُوصى بها من الكوبالت لإنتاج الكوبالامين، والذي بدوره مكون أساسي لفيتامين ب 12. أما في الصناعة فيُستعمل الكوبالت في الأصباغ والمغناطيس الدائمة وخليط معدني هدفه إكساب (إعطاء) صلابة للمعادن كما هو الحال في حفارات وشفرات كربيد التنجستون.

استعملت الجرعات العالية والمزمنة من الكوبالت لعلاج فقر الدم (الأنيميا) ولكنها تسبب تضخم الغدة الدرقية. تناول كميات كبيرة من الكوبالت خلال فترة قصيرة قد يؤدي إلى التقيؤ والإسهال والإحساس بالدفء وهبوط في القلب. تم ملاحظة حصول هبوط القلب في الفترة التي أُضيف في الكوبالت إلى البيرة لزيادة الرغوة الناتجة منها. عند استنشاقه (عند طحن المعادن خلال شحذها)، قد يُسبب "تغير الرئة المتعلق بالمعدن الصلب"، وهو مرض في الرئة يتجه نحو الأسوأ دائماً.

الرصاص (Pb)

كان للرصاص أهمية لدى الإمبراطورية الرومانية بنفس قدر الأهمية التي امتلكها في القرن العشرين واستعماله في كلا الحقيقتين كان مأساوياً بنفس الدرجة تقريباً. لعبت قدرة الرصاص على التشكيل ودرجة انصهاره المنخفضة دوراً في أيام الإمبراطورية الرومانية وجعلت منه العنصر الأمثل لأعمال السباكة، وهي ليست مختلفة عن استعماله في الأنابيب الخاصة بالمياه والصرف الصحي التي حصلت بعد ذلك بقرون والتي كانت جزءاً من أغلب البيوت. قام الرومان كذلك بإضافة الرصاص للخمر كمادة مُحلية وحافظة. وفي القرن العشرين، كان الرصاص يُضاف إلى الطلاء بنسب تبلغ 50% في بعض الأحيان، والذي في الحقيقة أدى إلى إنتاج طلاء ممتاز قادر على البقاء لفترة طويلة. لكن المذاق الحلو للرصاص جذب الأطفال الذين استهلكوا رقائق طلاء الرصاص بكل سهولة، وهي عادة يُشار إليها بمصطلح "بيكا". نظراً إلى درجة انصهاره المنخفضة، فقد استعمل الرصاص في لحام تنك القصدير الذي يُستعمل في الصناعة الغذائية أو السمكرة. أما ما يُسميه البعض

"أعظم كارثة للصحة العامة في القرن العشرين" فقد تم إضافة الرصاص إلى الوقود لتحسين صمود وتحمل محرك السيارات. ينبعث الرصاص من نهاية عادم السيارة وينتج عن ذلك تلوث في البيئة القريبة والبعيدة. يمتص الأطفال ما نسبته 50% من الرصاص الذي يتلغونه عبر الفم، حيث أن جسمهم يمتصه لتعويض ذاته عن الكالسيوم الذي يلزم بشدة. في المقابل، يقوم البالغين بامتصاص حوالي 10% من الرصاص الذي يتم بلعه. لا يزال الرصاص مشكلة خطيرة في المناطق القريبة من المصاهر وفي البيوت التي تحتوي على طلاء به رصاص. لكن حينما تم التعرف على سُمية الرصاص على المستويات المنخفضة، تم منع استعماله في الطلاء وكذلك في الوقود.

عرف العالم الإغريقي "دايوسكريدوس" المخاطر الصحية للرصاص في القرن الثاني قبل الميلاد عندما قال "الرصاص يُذهب العقل". وفي فترة 1700 لاحظ بنجامين فرانكلين بأن التعرض للرصاص يُسبب "المغص الجاف" أو اضطراب المعدة. الرسامون الذين استعملوا طلاءً يحتوي على الرصاص عانوا من "ارتخاء المعصم" والذي نتج بسبب تأثير الرصاص على الجهاز العصبي الطرفي. وأصبح معروفاً عند بداية القرن العشرين أن الأطفال لديهم تأثير شديد بالمستويات العالية للرصاص وأدى ذلك إلى انتفاخ بالدماغ وأمراض بالكلية وتأثير على هيموغلوبين الدم وقد يؤدي إلى الوفاة. أما في فترة 1970، فقد أشارت الدراسات إلى أن التعرض حتى لمستويات قليلة من الرصاص قد تؤدي الجهاز العصبي في مرحلة النمو. وفي الفترة الحالية، إنه من المعروف أن الرصاص هو سم قوي للأعصاب. منعت استراليا استخدام الرصاص في الطلاء عام 1920 ولكن هذه الخطوة لم يتم اتخاذها في الولايات المتحدة إلا بعد مرور خمسين عاماً. في المتوسط، حصل أشد انخفاض في معدل الرصاص في الدم بعد المنع التدريجي لاستعمال الرصاص في الوقود في فترة 1980. قرر مركز مراقبة مكافحة الأمراض الأمريكي أن معدل الرصاص في الدم البالغ 10 مايكروغرام/ديسيلتر أو أكثر يستدعي اتخاذ إجراء. لا يوجد أي عامل سلامة مرتبط بهذا الرقم وهناك حالياً ما يكفي من البيانات التي تدل على أن الجهاز العصبي للأطفال يتلف على مستويات رصاص في الدم تبلغ 10 مايكروغرام/ديسيلتر ولذلك يجب خفض المستوى الذي يجب عنده البدء باتخاذ اجراءات (انظر فصل الرصاص).

الزئبق – اللاعضوي (Hg)

يتواجد الزئبق اللاعضوي على شكل سائل فضي في درجة حرارة الغرفة. لقد تسنى للكثير من الناس فرصة "اللعاب" بالزئبق، حيث يستعملونه لطلاء البنسات أو يدفعونه على سطح أملس. يعرف الآن أن الزئبق يتبخر وأن استنشاق ابخرته تؤدي إلى مشاكل صحية خطيرة. نظراً إلى خاصيته في سرعة التفاعل وقدرته على الانضمام الى المعادن الأخرى، فقد استعمل الزئبق اللاعضوي في مرافق الأسلحة النووية وفي تعدين الذهب. في عملية تعدين الذهب، يتم خلط خام الذهب مع الزئبق ومن ثم يتم تسخين المزيج المعدني ليتبخر الزئبق تاركاً خلفه الذهب. هذه العملية تؤدي إلى انبعاث كمية وفيرة من الزئبق إلى الغلاف الجوي. قدرة الزئبق على التنقل في الغلاف الجوي جعلت منه أحد الملوثات المهمة للبيئة. عندما يعود إلى الأرض أو الماء، يتحول الزئبق اللاعضوي إلى مركبات الزئبق العضوي (انظر أدناه). على الرغم من الجهود المتنامية للتوقف التدريجي عن استعمال الزئبق في السلع الخاصة بالمستهلكين، إلا أنه منتشر بشكل واسع في موازين الحرارة والمفاتيح (مثل مفاتيح منظم الحرارة ومفاتيح إنارة مصابيح السيارات) والمصابيح الفلورية والأدوات العلمية مثل تلك المستعملة لقياس ضغط الدم. العديد منا لديهم الزئبق في أفواههم على شكل حشوات "الأمالغم" المحتوية أيضاً على الفضة. هذه الحشوات تحتوي تقريباً على 50% زئبق. هذا الاستعمال للزئبق جعل من أفران حرق الجثث مصعداً مهماً لانبعاث الزئبق إلى البيئة. وتعتبر عيادات ومكاتب علاج الأسنان مصدراً مهماً لدخول الزئبق إلى شبكة الصرف الصحي ومن ثم البيئة. استعمل الزئبق كذلك في علاج العديد من الأمراض مثل الزهري. يحتوي الفحم الحجري على الزئبق وبالتالي فإن الفحم في مصانع توليد الطاقة هو مصدر مهم للزئبق في الغلاف الجوي. ورغم أن أنشطة الإنسان ساهمت بشكل كبير في انبعاث الزئبق، إلا أن بعض الإنبعاثات حصلت بشكل طبيعي من التراب الذي يحتوي على الزئبق أو من الأنشطة البركانية.

تم توثيق الأضرار الصحية لأبخرة الزئبق بشكل جيد جداً وتم تسجيلها في الأدب كصانع القبعات المجنون في رواية لويس كارول "أليس في بلاد العجائب". استعمل الزئبق لعلاج اللباد الذي يُستعمل في صناعة القبعات وبالتالي أصيب العمال بأعراض مميزة خاصة بسمية بخار الزئبق. التعرض الحاد لتراكيز عالية من أبخرة الزئبق يُسبب مشاكل تنفسية قد تؤدي إلى الوفاة. أما أعراض التسمم المزمن ببخار الزئبق فيؤدي إلى تغييرات بالشخصية مثل التهيج والاكتئاب وفقدان الذاكرة ورعشة بالعضلات المسؤولة عن الحركات الصغيرة كتلك في الأصابع، وهذه الرعشة تصبح أسوأ مع الوقت. أيضاً من الممكن أن تؤدي إلى التهاب اللثة والهلوسة. هناك تعرض لبخار الزئبق أيضاً من خلال حشوات الأسنان من نوع "الأمالغم"، لكنها لا

تسبب أي آثار على الصحة عند أغلب الناس. من ناحية أخرى، فإن امتصاص الزئبق الفلزي ضعيف في الأمعاء، وبالتالي فإن ابتلاع الزئبق من ميزان الحرارة يُعتبر أقل خطورة من استنشاقه (انظر الفصل عن الزئبق).

الزئبق – العضوي (بالتحديد ميثيل الزئبق Hg-CH₃)

هناك العديد من أنواع الزئبق العضوي، لكن أكثرها أهمية من حيث تأثيراتها الصحية هو ميثيل الزئبق. عندما يترسب الزئبق من الجو إلى الأرض أو في المياه. يتحول إلى ميثيل الزئبق بواسطة البكتيريا. مركبات الزئبق سامة جداً وتحويل الزئبق اللاعضوي إلى ميثيل الزئبق هي طريقة البكتيريا لتقليل سُمية الزئبق. بعد ذلك تقوم الحيوانات الصغيرة بالتغذي على البكتيريا وبالتالي على ميثيل الزئبق الموجود فيها. ثم تتغذى الحيوانات الأكبر بدورها على الحيوانات الأصغر، مما يؤدي إلى زيادة تركيز ميثيل الزئبق. يتراكم ميثيل الزئبق في الحيوانات الأكبر أكلة اللحوم، وأهمها أسماك التونا وأسماك الرمح والقرش. يتراكم الزئبق في عضلات الأسماك مما يجعل من المستحيل تقادي تناول ميثيل الزئبق في حال تناولنا الاسماك. يتم امتصاص ميثيل الزئبق بسهولة في الأمعاء، ويستطيع العبور خلال الحاجز الموجود حول الدماغ وكذلك المشيمة.

الأضرار الصحية الكارثية للزئبق تم توثيقها لأول مرة في خليج مينيماتا في اليابان أواخر الخمسينيات بالذات بين الصيادين وعائلاتهم. حادثة أخرى لاحقة للتسمم بالزئبق حصلت في العراق عندما استهلك الناس البذور المعالجة بمبيد فطري من مركبات ميثيل الزئبق. كلٌ من هاتين الحادثتين وغيرهما أثرتا على الآلاف من الناس وبرهنت بوضوح أشد التأثيرات السلبية على النمو الناتجة عن التعرض للزئبق. المراحل الأولى للتعرض للزئبق تؤدي إلى تنميل وخدر حول الفم والشفيتين وقد تمتد إلى أصابع اليدين والقدمين. أما التعرض المستمر فقد يؤدي إلى صعوبة في المشي وإرهاق وعدم القدرة على التركيز وفقدان البصر ورعشة وقد تُؤدي الى الموت في النهاية. يُعتبر الجنين النامي والأطفال الصغار في أكثر تأثراً من غيرهم للتأثيرات الناتجة عن التعرض للزئبق. الأضرار السلبية على الصحة الناتجة عن الزئبق، جنباً إلى جنب مع انتشاره الواسع، أدت إلى إصدار العديد من التحذيرات والنصائح الصحية والقيود على استهلاك الأسماك. الأطفال وكذلك النساء في عمر الإنجاب يُنصحون عادةً بحديد تناولهم لفئات الأسماك المعروفة بقدرتها على تراكم الزئبق في اجسامها. منظمة الأغذية والأدوية الأمريكية حددت كمية الزئبق في التونا بأن لا يزيد عن جزء من المليون (انظر الفصل حول الزئبق).

النيكل (Ni)

يُستعمل النيكل بشكل واسع كعنصر في السبيكة المعدنية لصناعة الستينيليس ستيل، حيث أنه يزيد صلابته ومقاومته للتآكل. يُستعمل النيكل أيضاً في البطاريات من النوع الذي يحتوي هجيناً من النيكل مع معدن آخر والموجودة في بعض السيارات الكهربائية أو الإلكترونية. وهو عادةً موجود في البيئة ويبدو أنه عنصر ضروري لحياة بعض أنواع النباتات والبكتيريا. متوفر عادةً بتركيز قليلة في المصادر الغذائية. يحصل التعرض له في أماكن العمل خلال الاستنشاق. تعرض عامة الناس للنيكل يحصل من خلال الحلبي وأواني الطبخ وغيرها من المعادن التي تحتوي عليه.

بالنسبة لعامة الشعب، فإن الاهتمام الصحي الرئيسي هو حصول الحساسية بعد تلامس الجلد مع النيكل. في أماكن العمل، استنشاق مركبات النيكل قد يؤدي إلى سرطان في المجاري التنفسية، بالذات في الرئتين وسرطان الأنف. النيكل هو واحد من مجموعة كيمواويات تم إثبات قدرتها على تسبب السرطان للإنسان. تحسس الجلد التلامسي هو أحد المخاطر الأخرى لأماكن العمل التي تحتوي النيكل.

القصدير (Sn)

القصدير أو الصفيح هو معدن قديم آخر وله العديد من الاستعمالات واسعة المدى. الشكل اللاعضوي يُستخدم في تغليف الطعام واللحام والصفائح المعدنية النحاسية وفي الخليط المعدني مع غيره من المعادن. أما الشكل العضوي منه (مثل تراي إيثيل تن أو تراي ميثيل تن) فتستعمل للقضاء على الفطريات والبكتيريا والأوساخ في القوارب.

امتصاص القصدير اللاعضوي ضعيف من الأمعاء وبالتالي فإن حدوث السُميّة نادر. الاستنشاق طويل الأمد لغبار القصدير قد يؤدي إلى أمراض بالرئة. أما امتصاص القصدير العضوي فهو سهل ويتم بسرعة في الأمعاء وهو سام بدرجة أكبر. التعرض للقصدير العضوي قد يؤدي إلى تورم في الدماغ وموت خلايا الجهاز العصبي.

المعادن ذات الأهمية الطبية

مقدمة

تتناقص الاستعمال الطبي للمعادن بالتزامن مع اختراع علاجات يتم توجيهها للهدف بشكل أفضل. لكن تاريخياً استعملت المعادن لعلاج مجموعة من أمراض الإنسان من الإسهال إلى الزهري والملاريا. أما في العصر الحديث فيتم استعمالها لعلاج عدد محدود من الأمراض مثل سرطان المبيض والروماتيزم، وحتى هذا الاستعمال فهو في تناقص. الاستثناء لذلك هو الفلور (الفلورايد)، والذي هو بالرغم من كونه من الهالوجينات، إلا أنه تم التطرق إليه في هذا الفصل بسبب الانتشار الواسع لاستعماله في المياه التي تزودنا بها البلديات وذلك لمنع تسوس الأسنان. الاستعمال العلاجي للمعادن عادةً محدود بسبب سميته. توضح المعادن بشكل جلي الموازنة بين فوائد العلاج والأعراض الجانبية الناتجة عنها.

جدول مُلخص – المعادن ذات الأهمية الطبية (والفلورايد)

جدول 11-3 ملخص للمعادن ذات الأهمية الطبية

المعدن	الوظيفة	المصدر	السُمية (في حال الزيادة)
البيزموث	مضاد للحموضة (القرحة)	طبي، منتجات للمستهلكين	تلف الكلى
الفلور (الفلورايد)	يُقوي مينا الأسنان	موجود في الطبيعة	تبقع مينا السن، زيادة كثافة العظام، غيرها
الغاليوم	امكانية رؤية الأنسجة اللينة بأشعة إكس	المناجم، الحقن الطبية	تلف الكلى
الذهب	علاج إلتهاب المفاصل	المصادر الغذائية	إلتهاب الجلد، تلف الكلى
الليثيوم	علاج الأمراض النفسية	الأدوية المضادة للسرطان، التنجيم	ارتعاش، تشنجات، أمراض بالقلب، غثيان
بلاتين	أدوية لعلاج السرطان (مثل سيس بلاتين)، منشط ومحفز	الأدوية المضادة للسرطان والتنجيم	يؤثر سلباً على الكلى، السمع والجهاز العصبي

البيزموث (Bi)

تم اكتشاف البيزموث عام 1753، وله تاريخ طويل من الاستعمال الطبي ويشمل ذلك علاج الأمراض ابتداءً من الزهري والملاريا إلى الإسهال. ومؤخراً تم استعمال مضادات الحموضة التي تحتوي البيزموث من أجل خاصيتها المضادة للبكتيريا وذلك لعلاج قرحة المعدة. انخفض استعمال البيزموث بشكل عام وذلك بسبب توفر أدوية أفضل مؤخراً.

التسمم الحاد بعد التعرض لمستويات عالية من البيزموث يؤدي إلى تلف الكلى. أما التعرض المزمن لكميات قليلة من البيزموث فقد يؤدي إلى ضعف وألم في المفاصل وحرارة وارتباك عقلي وصعوبة في المشي. تختفي هذه الأعراض عادةً عندما يتوقف التعرض، ولكن إذا استمر التعرض فقد يؤدي للوفاة.

(F) الفلورايد

ينتشر الفلورايد بشكل كبير في التربة وموجود بشكل طبيعي في مياه الشرب. الفلورايد هو الملح (كما هو الحال في فلورايد الصوديوم) من عنصر الفلور. يتم امتصاصه بسهولة من الأمعاء ويدخل في بناء العظام والأسنان. يتم إضافة الفلورايد عادةً إلى مياه الشرب التي تقوم البلديات بتزويدها للسكان في مناطق عديدة في الولايات المتحدة بناءً على بيانات وأدلة داعمة إلى دوره في تقليل تسوس الأسنان. المستوى الذي يُنصح به حالياً من الفلورايد في مياه الشرب هو جزء من مليون. وهذه الممارسة مدعومة من مركز مكافحة الأمراض الأمريكي. بالإضافة إلى مياه الشرب، يتواجد الفلورايد أيضاً في العديد من المنتجات التي يستهلكها الناس، وقد يكون مستوى الفلورايد مرتفع في بعضها مثل معاجين الأسنان (1000-1500 جزء من المليون) وغسول الفم وحبوب الفلورايد. وهو أيضاً موجود في الأطعمة التي يتم تحضيرها باستعمال ماء يحتوي على الفلورايد. معظم فوائد الفلورايد يتم الحصول عليها من استعماله الموضعي على الأسنان وليس من ابتلاعه.

أما التعرض الزائد عن اللزوم للفلورايد فيؤدي إلى صبغ أو تتفع الأسنان، وهو حالة يُشار إليها بأنها "تفلور الأسنان". هذه الحالة شائعة في الأماكن التي يزيد مستوى الفلورايد في الماء عن 4 أجزاء من المليون. التعرض المزمن لمستويات عالية من الفلورايد يؤدي إلى زيادة كثافة العظام. أما تعرض الأطفال للفلورايد فيؤدي إلى آثار سلبية. حجم الأطفال الصغير يعني أنه (وبناءً على الوزن) فإنهم سيحصلون على جرعة أعلى من الفلورايد بالمقارنة مع وزنهم. مركز مكافحة الأمراض يقدر أنه حوالي 33% من الأطفال قد يكونون مصابين بتفلور الأسنان بسبب زيادة تناولهم الفلورايد من خلال مياه الشرب أو من خلال منتجات تحتوي على الفلورايد. هذا الاهتمام أدى إلى إصدار توصيات من مركز مكافحة الأمراض الأمريكي للحد من تعرض الأطفال للفلورايد خاصة أولئك الأصغر من عمر ثمان سنوات وباستعمال مياه خالية من الفلورايد عند تحضير الحليب للرضع.

حددت منظمة حماية البيئة معدل تلوث مياه الشرب بالفلورايد بأن لا يتجاوز أربع أجزاء من المليون. وفي عام 2006، أصدر مجلس الأبحاث الوطني التابع للأكاديمية الوطنية تقريراً لفحص ملائمة توصيات وكالة حماية البيئة الأمريكية بتحديد مستوى أربع أجزاء من المليون كحد أعلى لتلوث مياه الشرب بالفلورايد وذلك في ضوء الأدلة الجديدة حول مخاطر المستويات القليلة من الفلورايد. لم يتم الطلب من مجلس الأبحاث الوطني أن يقوم بعمل تقييم لمخاطر المستويات المتدنية من الفلورايد ولا القيام بتحليل المصادر الأخرى للتعرض للفلورايد. واعتماداً على دراسات على الإنسان والحيوان حول التأثيرات على الأعصاب والتصرفات، فإن تقرير الأكاديمية الوطنية للعلوم ينص على "إن تناغم النتائج يبدو ذا أهمية كافية لتبرير المزيد من الأبحاث على تأثير الفلورايد على الذكاء". اقترح المعهد القومي للأبحاث أن مستوى جزئين من المليون قد يكون أكثر من اللازم كحد أقصى للتلوث بالفلورايد. والسؤال الأساسي يبقى، هل أن التعرض للفلورايد من عدة مصادر (من مياه الشرب والطعام ومستحضرات العناية بالفم) قد يؤدي إلى تراكمه لمستوى عالي كفاية بحيث يؤثر على النمو والتطور؟

(Ga) غالسيوم

هناك تشابه بين الغاليوم والزنك في كون كليهما سائل على درجة حرارة الغرفة، ولكن يختلفان في كون الغاليوم أقل خطورة من الزنك. الاستخدام الأكثر آثاره للانتباه هو أنه عندما يتم ابتلاعه، فإنه يتحول إلى أداة للرؤية إلى داخل الأنسجة اللينة وأفات العظام خلال استعمال الأشعة السينية. أما استعماله الصناعي فيشمل موازين الحرارة المخصصة للحرارة العالية وخطاط المعادن وبديل عن الزنك في مصابيح القوس.

السُمية القليلة للغاليوم ووجوده بحالة السيولة على درجة حرارة الغرفة جعلت منه أداة ممتازة للتشخيص. فترة نصف العمر للغاليوم في الجسم تبلغ 4-5 أيام. التعرض لمستويات أعلى من ذلك قد يؤدي إلى تلف الكلى بالإضافة إلى الغثيان والتقيؤ وفقر الدم.

الذهب (Au)

الخصائص الجمالية والكهربائية للذهب تجعله مرغوباً جداً ومستعملاً بشكل واسع في عدد من التطبيقات الصناعية. أما طبيياً، فيستعمل الذهب ومركباته لعلاج التهابات المفاصل، ولكن نظراً لسُميته فإن استعماله في تناقص خاصة أن علاجات جديدة أفضل أصبحت متوفرة. للذهب فترة نصف عمر طويلة في الجسم.

كما هو الحال مع العديد من المعادن فإن الذهب قد يؤدي إلى تلف الكلى. ويعاني المرضى من تقرحات في الفم وعلى الجلد بعد استعمالهم علاجات الذهب لمرض التهاب المفاصل.

الليثيوم (Li)

استُعمل الليثيوم لأول مرة لعلاج الهوس الإكتئابي في عام 1949 ولكن لم يتم استعماله في الولايات المتحدة إلا عام 1970 وذلك بسبب مخاوف من سُميته. عندما يستخدم كعلاج، يجب إبقاء مستوياته في الدم ضمن مدى ضيق حيث أنه له مؤشر أمان ضيق. يبدو أن الليثيوم غير أساسي للحياة ولكن يتم امتصاصه بسهولة من الأمعاء وهو موجود في النباتات واللحوم. معدل الاستهلاك اليومي يبلغ حوالي 2 ملغم. يُستعمل الليثيوم في بعض الصناعات وكذلك كمادة تزييت (أو تشحيم)، وفي خلطات المعادن، ومؤخراً في صناعة البطاريات.

بجانب تأثيراته الطبية، يمتلك الليثيوم مدى واسع من الآثار الجانبية. تأثيراته على الجهاز العصبي تشمل الرعشة وصعوبة في المشي ونوبات تشنجية وتلغم في الكلام وارتباك عقلي، بالإضافة إلى أعراض أخرى. كذلك يؤدي الليثيوم إلى أعراض سلبية على الجهاز الدوراني ويؤدي إلى الغثيان والتقيؤ وكذلك تلف الكلى.

البلاتين (Pt)

يعتبر البلاتين عنصر نادر نسبياً من معادن الأرض ويتواجد عادةً مع معادن أخرى مثل الأوزميوم والأيريديوم. ومع أن له العديد من الاستعمالات في الصناعة، إلا أن استعماله الرئيسي من وجهة نظر المستهلكين هو المحول المسرع في السيارات. هذا الاستعمال حقيقة زاد من تركيز البلاتين في الغبار على جانب الطرق. أما قدرة البلاتين ومشتقاته على قتل الخلايا أو تثبيط انقسام الخلايا فقد تم اكتشافها عام 1965. الأدوية المشتقة من البلاتين (مثل عقار سيس بلاتين) فُتستعمل لعلاج سرطانات المبيض والخصية، وكذلك سرطان الرقبة والعنق بالإضافة إلى غيرها. لسوء الحظ، فإن الأعراض السلبية لهذه المواد حدثت من فوائدها.

في المجال الصناعي، فإن معدن البلاتين غير ضار بالمقارنة بغيره لكن بعض الناس قد يكونوا معرضين لحصول ردة فعل مثل حساسية الجلد (التهاب الجلد التماسي) وكذلك من الممكن حصول ردة فعل في الجهاز التنفسي. عند استعماله كعقار لعلاج السرطان فعادةً يتم اعطاؤه في الأوردة. له القدرة على قتل الخلايا وتثبيط الانقسام من خلال تداخله مع تصنيع المادة الوراثية DNA. أكثر الآثار السلبية شيوعاً هو تلف الكلى، لكن فقدان السمع وضعف العضلات وتلف الأعصاب الطرفية أيضاً ممكن. إن البلاتين مثال جيد للفوائد والمخاطر الناتجة عن استعمال دواء ذي سمية مرتفعة لعلاج انقسام الخلايا الخارجة عن التحكم.

العناصر المخيلية

أكثر علاج واضح للتسمم الناتج عن التعرض الزائد للمعادن الثقيلة هو إزالة المعدن من الجسم، وهذا أصبح ممكناً بفضل وجود العناصر المخيلية. رغم أن العلاج قد يكون ضرورياً، إلا أنه من المستحسن الوقاية ومنع التعرض. في الواقع إن أفضل علاج للتعرض لمستويات منخفضة هو عادةً تحديد مصدر التعرض ومنع التماس أو الاحتكاك مع المعدن. والمثال الممتاز لذلك هو ما يتعلق بالرصاص، حيث أن أهم عمل يمكن اتخاذه هو تقليل أو منع التعرض أو تقليله.

رغم أن كلمة "مخلبية" تأتي من الكلمة اليونانية التي تعني "مخلب"، إلا أن تطور العناصر المخلبية ليس قديماً لهذه الدرجة. أول عنصر من العناصر المخلبية والذي يرمز له "بي إيه أل" وهو مادة طورها البريطانيون ضد مادة اللويسايت التي اخترعها الألمان، وقد تم تطويرها خلال الحرب العالمية الثانية كعلاج محتمل لغازات الحرب التي تحتوي على الزرنيخ. العنصر الخلابي الأمثل هو ذلك الذي يتفاعل بسرعة مع المعدن المستهدف مكوناً مركباً جديداً غير سام ومن ثم يتم إخراجها بسهولة من الجسم. للأسف قول هذا الكلام أسهل من تطبيقه. فمثلاً، "بي إيه أل" يرتبط مع عدد من المعادن لكنه يُعزز سُمية الكاديوم.

من الآثار التي تحدث مع جميع العناصر المخلبية هو أنها ترتبط مع المعادن الضرورية للجسم وتزيد من إخراجها من الجسم. أكثر معدنان ضروريان واللذان يتأثران بشكل سلبي بالعناصر المخلبية هما الكالسيوم والزنك. يتم علاج التعرض الزائد للرصاص باستعمال مادة الكالسيوم -إيه دي تي إيه، وليس ملح الصوديوم الخاص به لأن هذا سيزيد من طرح الكالسيوم وبالتالي سينتج أعراض سلبية سُمية. يتناقض مستوى الرصاص في الدم عندما يحل الرصاص محل الكالسيوم وبالتالي يرتبط مع "إيه دي تي إيه" و يتم إخراجها مع البول. هذا يؤدي إلى تحرك الرصاص من الأنسجة اللينة مثل العضلات إلى الدم، الأمر الذي قد يؤدي إلى ارتفاع حاد في مستوى الرصاص في الدم وبالتالي مستواه في الدماغ مما قد يُسبب مشاكل عصبية. أما الرصاص المخزون في العظام فهو لا يتأثر وسيبقى حتى حصول حدث ما يؤدي إلى تغير توزيع الكالسيوم من العظام. وأثبتت دراسة حديثة أن استعمال العناصر المخلبية للارتباط بالرصاص يُقلل مستوى الرصاص في الدم، ولكن لا يحمي من المشاكل الناتجة والانخفاض في الأداء العقلي والإدراكي (بحث روغان وزملاؤه، 2001).

ملخص ذلك أنه رغم أن العناصر المخلبية قد تكون علاجاً فعالاً في بعض الحالات، إلا أنه يجب استعمالهم بحذر. الخطوة المهمة جداً هي تحديد مصدر التعرض للرصاص ومن ثم تقليله أو منعه. كذلك من المهم الأخذ بعين الاعتبار ما هي المعادن الضرورية الأخرى التي قد ترتبط أو تخرج من الجسم بسبب هذه العناصر المخلبية. يقوم الجسم بتنظيم المعادن الضرورية بشكل دقيق، ولذلك فإن حدوث خلل في مستوياتها قد يكون له تأثيرات خطيرة غير مرغوب فيها أو تأثيرات سُمية.

Additional Resources

Slide Presentation and Online Material

- A Small Dose of Metals [presentation material and references](#). Website contains presentation material related to the health effects of metals.

European, Asian, and International Agencies

- World Health Organization (WHO). [Nutrition](#). WHO information on nutrition. [accessed April 10, 2009]

North American Agencies

- Health Canada. [Food and Nutrition](#). Health Canada provides information on nutritional issues. [accessed April 9, 2009]
- [US Agency for Toxic Substance Disease Registry \(ATSDR\)](#). See fact sheets and case studies in many metals and other agents. [accessed April 10, 2009]

Non-Government Organizations

- [Dartmouth Toxic Metals Research Program](#). The site has general information on toxic metals. [accessed April 10, 2009]

References

Liu, J., Goyer, R.A. and M. P. Waalkes. "Toxic Effects of Metals" in *Casarett & Doull's Toxicology 7th edition*. Edited by Curtis D. Klaassen, 931-980. New York: McGraw Hill, 2008.

Klaassen, Curtis D. Heavy Metals and Heavy-Metal Antagonists. Chapter in Hardman, J.G., et al. (eds)

Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics. 9th edition. New York: McGraw-Hill, 1996.

National Academy of Sciences. *Measuring lead exposure in infants, children, and other sensitive populations*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993.

Rogan, W. J., et al. "The Effect of Chelation Therapy with Succimer on Neuropsychological Development in Children Exposed to Lead". *N Engl J Med*, 344 (2001): 1421-1426.

National Research Council. "[Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards](#)". *National Research Council of the National Academies*.