

### عوامل الأعصاب Nerve Agents

#### المقدمة

لعبت عوامل الأعصاب منذ الحرب العالمية الثانية دوراً رئيسياً في الحروب الكيميائية المخطط لها من قبل البارعين في التكتيك الحربي الإستراتيجي. إن عوامل الأعصاب عبارة عن مركبات شديدة السمية تحدث تشنجات وموتاً سريعاً. تصنف معظم عوامل الأعصاب على أنها مركبات الفوسفور العضوية الكيميائية، ورغم أن مركبات الكاربامات تعمل أيضاً بطريقة مشابهة. وعلى الرغم من أن كثيراً من مركبات الفوسفور العضوية سامة بشدة، فإن عدداً محدوداً منها يمتلك صفات فيزيائية تخولها للاستخدام الحربي. عموماً، تعد عوامل الأعصاب أشد سمية بـ ١٠٠ إلى ١٠٠٠ مرة من مبيدات الحشرات ذات التركيب الفوسفوري العضوي.<sup>١</sup> تطورت عوامل الأعصاب على أربعة أجيال: عوامل الجيل الأول- العوامل G، عوامل الجيل الثاني- العوامل V، عوامل الجيل الثالث- العوامل الثنائية والثلاثية (مثل GB-2)، وعوامل الجيل الرابع- عوامل نوفيتشوك ومن المحتمل مركبات الكاربامات. عوامل الأعصاب التي تم بحثها وإنتاجها سابقاً في الولايات المتحدة هي عوامل G وعوامل V.

## التاريخ

### عوامل G

إن المواد الثلاثة الأولى التي تدعى عوامل G، هي مركبات ذات سمية شديدة تم تطويرها بين الحرب العالمية الأولى والحرب العالمية الثانية. منذ عام ١٩٣٤م كان العالم جرهارد شرودر مسؤولاً عن برنامج إنتاج مبيدات حشرية جديدة، والذي قاد في النهاية إلى إنتاج مبيد التابون.<sup>٢</sup> في عام ١٩٣٧م كان شرودر أول من لاحظ تأثيرات عوامل الأعصاب على الكائنات البشرية عندما بدأ مع مساعده المخبري يعانيان من تقبض في الحديقة وصعوبة في التنفس نتيجة تعرضهما لبخار التابون في المختبر.<sup>٣</sup> في عام ١٩٣٥م وبناءً على القانون النازي، تم إرسال عينة من التابون إلى قسم الحرب الكيميائية في مركز الأسلحة العسكرية. في عام ١٩٣٧م، طُلب من شرودر أن يعطي شرحاً عن التابون في برلين. وبعد متابعة هذا الشرح، أمر العقيد (الكولونيل) رودرينغر رئيس قسم الأسلحة الكيميائية الحربية الألمانية ببناء مختبرات جديدة لاستقصاء أبعاد للتابون ومركبات الفوسفور العضوية ذات الصلة. في عام ١٩٣٨م تم إنتاج عامل أعصاب ثانٍ قوي من مركبات الفوسفور العضوية. سمي هذا العامل السارين نسبة للأحرف الأولى لمنتجيه الأربعة: *Schrader, Ambrose, Rüdinger, and van der Linde*. بدأ الألمان إنتاج التابون والساارين في مواقع عدة مثل ديرن فرث، سباندو وفالكن هاجين. وقد استغرق بناء المصانع المصممة لإنتاج هذه العوامل وقتاً طويلاً غير عادي وذلك من أجل البدء بالإنتاج بسبب أن التأثيرات الكيميائية كانت متلفة بشدة للمعدات. لقد تم تغليف الأوعية بالفضة أو الكوارتز وتمت مضاعفة جدران الأنابيب حيث يجري الهواء بين الجدارين. وتم تزويد العمال بمعدات تنفسية وملابس مصنعة من طبقات (المطاط / الأقمشة / المطاط) وكانت ترمى الألبسة بعد ١٠امرات من الاستعمال. ورغم تلك العوامل الوقائية المستخدمة، حصلت أكثر من ٣٠٠ حادثة

خلال المراحل الأولية للإنتاج، ومات ١٠ عمال على الأقل. في ١١ أيار ١٩٤٣م أسر البريطانيون كيميائياً ألمانياً كان قد عمل في مختبرات بحوث الأسلحة الكيميائية الحربية الرئيسية في سباندو. لقد أعطى هذا السجين معلومات مفصلة عن مبيد التابون بما فيه الاسم الرمزي له (تريلون ٨٣)، والتفاعلات الكيماوية المؤدية لإنتاجه، تأثيراته، والغاية الألمانية من استخدامه، وطرق الوقاية المعروفة ضده وتم جمع كل هذا في تقرير استخباراتي M19 في ٣ تموز ١٩٤٣م. في عام ١٩٤٤م قام الدكتور ريتشارد كون بصناعة مادة السومان للجيش الألماني. عموماً لم يكن السومان معروفاً بإنتاجه بكميات كبيرة من قبل الألمان. في أوائل عام ١٩٤٥م، ترك الألمان مدينة ديرن فروث عندما تقدم الروس، وخلال تراجع الألمان تم ببساطة سكب أطنان من مركبات الأعصاب السائلة في نهر أودر. وتم تمويه المصنع لتدميره، ولكن الروس أحاطوا بالمصنع قبل أن يتم تدميره. ثم أمر القائد لفت واف بتفجير المصنع، ولكنهم فشلوا في تفجيره أيضاً. يظن أن الروس استولوا على مصنع الدورة الكاملة للتابون وعلى مصنع طليعة السارين بحالة سليمة. ثم استولى الروس لاحقاً على مصنع الدورة الكاملة للسارين في مدينة فالكن هاغن.

### عوامل V

في عام ١٩٥٢م، قام الدكتور رانجت غوش الخبير الكيميائي في مختبرات مصنع الوقاية التابع للشركة البريطانية للصناعات الكيميائية الإمبراطورية في البحث عن مبيدات حشرية جديدة تحل مكان مبيد الـ د. د. ت. D.D.T. ومن هنا طور الدكتور غوش أول مركب من العوامل V. في عام ١٩٥٤م، وضعت الشركة أحد هذه العوامل في الأسواق كمبيد حشري يدعى أميتون. لكنه سحب فوراً من الأسواق كونه ساماً بشدة للبشر. هناك عامل أعصاب آخر ما زال موجوداً وهو VX وقد نتج هذا العامل من خلال هذه البحوث ومن بحوث السويدي الدكتور لارس اريك تاملين. حصل

الروس على المعادلة الكيميائية للعامل VX ولكن ليس على التركيب الجزيئي للعامل، وفيما بعد طور الروس عاملاً مشابهاً يدعى غاز V. تم التوصل إلى تطوير حربي للعوامل V من قبل الولايات المتحدة وبريطانيا العظمى والاتحاد السوفيتي (الشكل رقم ١-٣). حققت كل من هذه البلدان إنتاجاً واسعاً من العوامل V في الستينيات. وقد أنتج العراق في الثمانينيات والتسعينيات عوامل V بكميات متوسطة واستخدم VX (ومن المحتمل غاز V) ضد الإيرانيين.



الشكل رقم (١-٣). طائرة أمريكية تنشر غازاً مسيلاً للدموع في منطقة التدريب. تستطيع نفس المعدات تحرير العديد من المواد الأخرى.

## انتشار العوامل Deployment of the Agents

## العسكرية

رغم امتلاك النازيين لهذه العوامل قبل الحرب العالمية الثانية إلا أنها لم تستخدم أبداً من قبل الجيش الألماني. كان الاستخدام العسكري الوحيد لعوامل الأعصاب في الحرب العراقية الإيرانية في الثمانينات. لقد سبب استخدام العراق للأسلحة الكيميائية نسبة وفيات قليلة، لكنها أثارت الذعر عند القوات الإيرانية، كما أن التركيبات غير النظامية لهذه العوامل جعلت التغلب عليها صعباً وأرهقت القوات.

## الإرهابية

جذبت عوامل الأعصاب انتباه الناس لأول مرة عندما استخدمت طائفة أوم شينريكيو عام ١٩٩٤م و١٩٩٥م السارين كسلاح إرهابي أولاً في مدينة ماتسوموتو اليابانية ومن ثم في مترو أنفاق طوكيو. لقد وجد أن طائفة أوم شينريكيو لديها إمكانية إنتاج متطورة بحيث يمكنها توفير كميات كبيرة من غاز السارين. استخدمت طائفة أوم شينريكيو السارين للمرة الثانية من خلال وضع خمس عبوات بلاستيكية في ثلاثة مساري من مترو الأنفاق في طوكيو عام ١٩٩٥م. وتم انتشار المادة عن طريق التبخر. ومن بين ٥٠٠٠-٦٠٠٠ متعرض تم تقييم ٣٢٢٧ شخصاً في أقسام الطوارئ وتم تنويم ٤٥٣ مصاباً وتوفي ١٢ شخصاً أيضاً من جراء هذا التعرض الإرهابي. كان اثنان من نواب مدير المحطة من عداد المتوفين وقد حاولوا إزالة مادة السارين بمناشف ورقية وحقائب بلاستيكية رغم عدم وجود واقي تنفسي أو حتى قناع واقٍ. يمكن القول إن تضحيتهم هذه منعت موت الآخرين. كان تركيز غاز السارين عالياً داخل عربات السكة الحواوية على العبوات، لكن العامل لم ينتشر بشكل جيد في نظام المترو. ظهرت أعراض الإصابة عند ١٣٥ شخصاً من طاقم مقدمي الخدمات الإسعافية وقد تم تنويم ٣٣ شخصاً منهم. بينما تطلبت حالة معظم أعضاء الطاقم الطبي في المشفى تقديم

المعالجة لكن لم يتم تنويم أحد منهم. لم يكن لدى أعضاء طاقم المسعفين أو المشفى أية وسيلة حماية من الأسلحة الكيميائية. في عام ١٩٩٦م، أقرت حكومة الولايات المتحدة باحتمال تعرض القوات المحاربة في حرب الخليج عام ١٩٩١م إلى عوامل الأعصاب. وقد تكرر حصول هذا التعرض بعد تدمير مستودعات الأسلحة الكيميائية العراقية في الخمسية.<sup>٤</sup>

### آلية العمل Mechanism of Action

تعمل مركبات الفوسفور العضوية العصبية أولاً عن طريق الارتباط مع الأستيل كولين استراز ومن ثم تقوم بتثبيط هذا الأنزيم بشكل تام مما يسبب تراكمًا سميًا لمركب الأستيل كولين في النهايات العصبية الموسكارينية والنيكوتينية والجهاز العصبي المركزي.<sup>٥</sup> تمتلك مركبات الكاربامات نفس آلية العمل لكن الارتباط مع أنزيم الأستيل كولين استراز وتعطيله يكون معكوساً. توجد المستقبلات الموسكارينية في العضلات الملساء، والغدد ذات الإفراز الخارجي والجهاز العصبي المركزي. بينما توجد المستقبلات النيكوتينية في العضلات الهيكلية. يؤدي الأستيل كولين بشكل طبيعي إلى تنشيط هذه المستقبلات كنتيجة للتثبيط العصبي ليمت تحريبه من قبل الأستيل كولين استراز. وعندما يتم تثبيط أنزيم أستيل كولين استراز، يواصل الأستيل كولين مهمته في التفاعل مع المستقبلات ويحرضها بشكل غير مضبوط ودائم (اللوحة الملونة ٣-١ تظهر بشكل مبسط التشابك الكوليني. يتشكل ويتحرر الأستيل كولين من النهايات العصبية. في الطرف الآخر من المشبك، يتحد مع مستقبلات الخلايا العضلية لفترة وجيزة من الوقت. في هذه المرحلة، تنتقل الإشارة من الجهاز العصبي إلى العضلة المنفذة. يتخرب فيما بعد الأستيل كولين بواسطة أنزيم الكولين استراز. في حال وجود عامل الأعصاب، يتثبط أنزيم الكولين استراز، وبالتالي لا يتم تحرب الأستيل كولين، فهو

يستمر في إرسال الإشارة للمستقبلات العضلية مما يسبب توهن العضلة) مما يسبب وهن العضلات.

### طرق التعرض

عادة ما تكون عوامل الأعصاب في حالة سائلة. يمكن أن تبخر هذه السوائل أو أن تنشر بالرداذ أو بالقطيرات. اعتمد الروس قذائف سكود في إطلاق هذه العوامل بقوة تفجيرية ضئيلة. تختلف وسائل الانتشار الأخرى من كونها بسيطة إلى متطورة. من الأمثلة:

- تبخر السائل (هذه الطريقة التي استخدمت في مترو الأنفاق في طوكيو).
- وسيلة النفخ أو المروحة تساعد في عملية التبخر وتساعد في انتشار العامل المتبخر.

- الإدخال عن طريق أنظمة التهوية في الأبنية.
- الوسيلة المتفجرة (كلما كان الانفجار أكبر كان الانتشار أكبر للعامل. تستعمل الذخائر الحربية العسكرية وسائل تفجيرية محدودة لتفكيك حاويات العامل. تعتبر أسلحة المدفعية والهاون مناسبة في نشر الذخائر الكيميائية).

- انتشار الرذاذ المضغوط (يمكن تطبيق بخاخات رذاذية عديدة من أجل نشر عوامل الأعصاب) تعتمد طرق الانتشار على نوع الذخيرة الحربية، سعة العبوة الكيميائية، ونوعية الطقس. أما طرق الانتشار الداخلية فتعتمد على نوع الذخيرة الحربية وتدفق الهواء من مكيفات الهواء الباردة والساخنة. يمكن لعوامل الأعصاب أن تدخل الجسم عن طريق الاستنشاق، البلع (الفم)، أو الامتصاص. يتأثر طريق الدخول بقابلية تطاير العامل. تدخل العوامل المتبخرة كالمسارين الجسم عن طريق استنشاق أبخرته الغازية وعن طريق الامتصاص عبر الأغشية المخاطية.

يتعلق بدء ظهور تأثيرات العامل على طريقة دخوله الجسم، فالأعراض تظهر بطيئة أكثر عند حدوث الامتصاص عن طريق الجلد منه عندما يحدث التعرض عن طريق التنفس، هذا لأن الرئة تحتوي على مساحة كبيرة وأوعية دموية غزيرة تتيح عبوراً سريعاً للعامل إلى دوران المريض. يحدث الموت خلال ١-١٠ دقائق إذا استنشق العامل أو امتص عبر العين أو الأغشية المخاطية. في حالة التعرض الاستنشاقى، لا تدهور حالة المرضى المصابين إذا تم إخلاؤهم من منطقة التعرض للبخار. على الرغم من أن المقدار المميت الأولي المعطى عن طريق الامتصاص الجلدي قد يحدث الموت خلال ١-٢ دقيقة، فإن الموت قد يأخذ ١-٢ ساعة لكي يحدث. بعض عوامل الأعصاب (بشكل خاص VX) قد لا تحدث أعراضاً عند المريض لوقت طويل بعد التعرض عن طريق الجلد. أيضاً قد يستمر تدهور حالة المريض حتى بعد إزالة العامل عن الجلد. يعاني المريض عند ابتلاعه طعاماً أو ماءً ملوثاً بعامل الأعصاب من الأعراض خلال ٣٠ دقيقة تقريباً. هذا بالطبع يعتمد على تركيز وكمية ونوع العامل المتلغ. يعتمد التأثير السمي لعامل الأعصاب المستنشق على كل من تركيز العامل في الهواء ومدة التعرض (C.t). المقدار المميت لمعظم الأشخاص الحساسين هو حوالي ٧٠ مغ/دقيقة/م<sup>٣</sup>، وهو ضعف هذا المقدار بالنسبة للأشخاص المقاومين. في التراكيز المنخفضة لا تطبق قاعدة (التركيز X الوقت) لأن الجسم قادر بدرجة محدودة على إزالة سمية هذه العوامل.

### تأثيرات التعرض لعوامل الأعصاب

تظهر أعراض متشابهة عند الأشخاص المتسممين بعوامل الأعصاب بغض النظر عن طريق الدخول، غير أن شدة الأعراض وتوالي ظهورها يعتمد على طريق الامتصاص وحساسية الشخص. تأثيرات عوامل الأعصاب موجودة في الجدول رقم (٣-١).

### التأثيرات الموسكارينية Muscarinic Effects

تتضمن التأثيرات الموسكارينية لعوامل الأعصاب تحريض نهايات الأعصاب نظيرة الودية في العضلات الملساء للقزحيتين، والجسم الهدبي ciliary bodies، القصبات الهوائية، الجهاز الهضمي، المثانة، والأوعية الدموية.<sup>٨</sup> تحدث الأعراض العينية غالباً باستنشاق عامل الأعصاب أو التعرض العيني لبخار عامل الأعصاب. على كل حال، إن الأعراض العينية أقل حدوثاً في المرضى الذين حصل التعرض لديهم عن طريق التلامس الجلدي المباشر. هذا من المحتمل بسبب أن العين لم تتعرض مباشرة للعامل إلا في حالة البخار، رش العامل، أو التلوث عند فرك العينين.

الجدول رقم (٣-١). تأثيرات عوامل الأعصاب.

سيلان الأنف
مفرزات قصبية
الإحساس بثقل على الصدر
ألم عيني (في حالة البخار أو التعرض العيني) - ضعف في النظر
تقبض الحدقة
ضيق تنفس
سيلان اللعاب وتعرق غزير
غثيان
إقياء، ألآم عضلية، وتبول وتغوط لا إرادي
اختلاجات عضلية، واهتزازات وترنح المشية.
تقبض قسبي
صداع، تخليط ذهني، سبات وتشنجات
تثبط التنفس وتوقف التنفس

**العينية:** إن تعرض العين لعوامل الأعصاب قد يحدث تقبضاً في الحدقة، أما عينياً، وتعتم الرؤية كتأثيرات أولية. يبدو أن تقبض الحدقة علامة سريرية ملازمة مع التعرض لبخار عامل الأعصاب.<sup>٩-١١</sup> قد لا يظهر تقبض الحدقة أو يتأخر في حالة التعرض الجلدي لعامل غير متطاير وغالباً ما يتأخر تقبض الحدقة في حالة التعرض للعامل VX لأن عامل VX يمتص عموماً عن طريق الجلد. غالباً تسوء الرؤية القصيرة المدى بعد التعرض وقد يشعر المريض بألم عندما يحاول أن يركز على الأشياء القريبة.<sup>١٢</sup> التقبض الهدبي يمكن أيضاً أن يؤدي لألم بالعين. هذا من المحتمل كثيراً بسبب التأثير المباشر للعامل على العين. إن محاولة التركيز تثير تشنج العضلة الهدبية. قد يشكو المريض أيضاً من احتقان بالملتحمة العينية ودماع.

**التنفسية:** تتضمن التأثيرات التنفسية سيلان الأنف، الصفير، السعال، زيادة المفرزات القصصية، ضيق التنفس، وتوقف التنفس. تقترن هذه التأثيرات مع التأثيرات النيكوتينية (شلل العضلات التنفسية) والتأثيرات العصبية (تثبيط التنبيه التنفسي) التي تشكل الأسباب الرئيسية لتوقف القلب في ضحايا التسمم بعوامل الأعصاب. قد يشكو المرضى من ضيق في النفس أو تقبض بالصدر أو زلة تنفسية أو تنفس لهائي. قد يسبب تقبض القصبات وزيادة المفرزات داخل القصبات هذا الشعور. قد يحدث سعال وصفير مترافق مع تطاول زمن الزفير نتيجة تقبض القصبات. يكون المرضى المصابون بالربو أو داء انسداد الشعب الهوائية المزمن على خطورة عالية بسبب نقص الاحتياطي وزيادة الحساسية التنفسية.

**القلبية الوعائية:** قد يحدث عند المرضى المتسممين بعوامل الأعصاب ببطء أو تسرع في القلب. تتضمن التأثيرات القلبية الوعائية الأخرى تطاول وصلة PR وحصار أذيني بطيني. تعتمد سرعة القلب على درجة التعرض. تقسم التأثيرات السمية القلبية لثلاثة أطوار:

١- تسرع القلب وارتفاع الضغط الشرياني الذي قد يحدث بسبب النشاط الودي الشديد البدئي.<sup>١٣</sup>

٢- غالباً ما تظهر اضطرابات نظم بطيئة، تطاول في وصلة PR، حصار أذيني بطيني، وهبوط في الضغط.<sup>١٤-١٦</sup>

٣- يتضمن الطور الأخير تطاول زمن QT ومن المحتمل حدوث ظاهرة تورساد دي بونت<sup>١٧-١٩</sup> (لوحظت ظاهرة تورساد دي بونت في التسمم بالمبيدات الحشرية مركبات الفوسفور العضوية، ولم تشاهد بعد في عوامل الأعصاب (torsades de point) قد تكون اضطرابات النظم البطيئة الحاصلة نتيجة التسمم بعوامل الأعصاب مميتة وعليه يجب مراقبتها ومعالجتها تبعاً لذلك. قد تلاحظ حصرات القلب والضربات البطينية المبكرة بعد التسمم بعوامل الأعصاب وهي أيضاً تحدث في نقص الأكسجة.

**المعدية المعوية/ البولية التناسلية:** يحدث سيلان اللعاب، الدماغ، التبول والتغوط اللاإراديان من خلال تأثير عامل الأعصاب على الجهازين المعدي المعوي والبولي التناسلي. وقد يشكو المريض من مغص بطني حاد (زحير). الغثيان والإقياء شائعان. يتعلق وقت ظهور الأعراض وشدة الأعراض المعوية المعوية بالتركيز ومدة التعرض (C.t) وطريق التعرض.<sup>٢٠</sup>

**الجلدية:** يسبب التعرض لعامل الأعصاب حث ودي مما يؤدي لاحمرار الجلد والتعرق. قد يترافق التعرض الجلدي المباشر بتعرق موضعي في منطقة التعرض، بينما يترافق التعرق العام الشديد مع التسمم الجهازى.<sup>٢١</sup>

**المخاطية:** يعد سيلان الأنف أكثر شيوعاً بعد التعرض لبخار عامل الأعصاب. وقد يلاحظ أيضاً بعد التعرض للعامل بالطرق الأخرى. يعاني المريض مبكراً من زيادة الإفرازات واللعاب بعد التعرض لعامل الأعصاب. قد تعرقل زيادة الإفرازات معالجة الطريق الهوائي عند المريض.

**طرق التذكر Mnemonics :** هناك طريقتان شائعتان تساعدان على تذكر

التأثيرات الموسكارينية لعوامل الأعصاب وهي كالتالي :

الطريقة العسكرية : SLUD or SLUDGE

- Sweating ، Salivation (سيلان اللعاب) والتعرق
- Lacrimation (سيلان الدمع)
- Urination التبول
- Defecation, Drooling, Diarrhea (التغوط ، الترويل ، الإسهال)
- Gastric upset الانزعاج المعدي
- Emesis الإقياء

الطريقة البديلة : DUMBELS

- Diarrhea الإسهال
- Urination التبول
- Miosis تقبض الحدقة
- Bronchoconstriction ، Brochorrhea (السيلان القصبي وتقبض القصبات)
- Emesis الإقياء
- Lacrimation الدمع

▪ Salivation الإلعاب لسوء الحظ ، لا تغطي هاتان الطريقتان كل الأعراض

التي تحدثها عوامل الأعصاب ، وهي بشكل خاص تفتقر لتغطية التأثيرات النيكوتينية

التي تحدثها عوامل الأعصاب. أيضاً، توضح كلا الطريقتين الأعراض التي قد تظهر في

التسمم بالعوامل الغير مميتة المدروسة في الفصل السادس.

### التأثيرات النيكوتينية Nicotinic Effects

**الاستقلابية:** تتظاهر التأثيرات الاستقلابية لزيادة الأستيل كولين على المستقبلات النيكوتينية من خلال شذوذات استقلابية، فارتفاع سكر الدم، وزيادة الكيتون ketosis، والحماض الاستقلابي أمور شائعة. إضافة إلى نقص الأكسجين وتثبيط التنفس الذي يؤدي إلى حماض تنفسي.

**الرئوية:** إن التأثيرات التنفسية لعوامل الأعصاب هي بالنهاية مسؤولة عن معظم الوفيات التي تعزى إلى هذه المواد الكيميائية. تحدث عوامل الأعصاب فشلاً تنفسياً بثلاث طرق: زيادة مقاومة الطرق الهوائية، ضعف وشلل عضلات التنفس، وتثبيط مركز التنفس.<sup>٢٢،٢٣</sup> كان يظن أن الشلل التنفسي هو السبب الرئيسي لتوقف التنفس. نعم، يحدث ضعف الحجاب الحاجزي والعضلات الإضافية للتنفس، لكن غالباً ما يتوقف التنفس قبل حصول الحصار العصبي العضلي وهو ليس دائماً نتيجة الشلل العضلي.<sup>٢٤</sup> قد يحدث عند المريض ضعف في عضلات الطرق الهوائية العلوية مما يؤدي لانسداد البلعوم الفموي باللسان.<sup>٢٥</sup> يمكن أن يؤدي شلل عضلات الحنجرة إلى خلل في عمل الحبال الصوتية مما يحدث الصرير.<sup>٢٦</sup> وفي التسمم الشديد قد يحدث توقف التنفس فوراً.

**القلبية:** كما ذكر سابقاً، قد تشاهد التأثيرات القلبية الوعائية في المراحل المبكرة والأخيرة من التعرض. في المرحلة الأولى قد يحدث تطاول في زمن QT مما قد يسبب تسرعات بطينية.

**العضلية:** يؤدي تراكم الأستيل كولين في نهايات الأعصاب الحركية إلى ظهور أعراض وعلامات نيكوتينية شبيهة. بالنسبة للعضلات، يؤدي للأحداث المتعاقبة التالية:

١- تفعيل تلقائي للليف العضلي (الرجفانات العضلية - myofibrils fasciculations) طالما هناك تراكم للأستيل كولين. توصف الرجفانات بأنها تموجات أو ديدان تتحرك تحت الجلد. قد تحدث رجفانات موضعية في مكان تعرض الجلد لعامل الأعصاب.

٢- الرعاش والخلجان بسبب فقدان مجموعات عضلية كاملة.

٣- ضعف مطرد يترقى إلى شلل رخو. إن السمة الرئيسية للتعرض لعوامل الأعصاب هي الرجفان العضلي أو الخلجان.<sup>٢٧</sup> غالباً ما يحدث الرجفان المحدود في منطقة التعرض باكراً في سياق التسمم، ومن ثم ينتشر لكامل العضلات. قد يلاحظ الخلجان العضلي. وفي النهاية يحدث وهن عضلي يتبعه شلل رخو. يتضمن هذا الشلل عضلات التنفس (الحجاب الحاجز والعضلات ما بين الأضلاع). عندما يتعرض شخص لجرعة عالية من عامل الأعصاب فإن الأعراض العضلية تكون واضحة أكثر وسريعة. قد يعاني المصاب من اختلاجات وفقد الوعي. وقد تكون عملية التسمم سريعة جداً بحيث لا يكون هناك وقت للمريض لإظهار الأعراض الطفيفة قبل أن يحدث التوقف التنفسي.

**العينية:** على عكس التقبض الحدقي المشاهد في العلامات الموسكارينية، قد يبدي المريض توسعاً في الحدقة لكن بشكل نادر. ويجب التذكير أن معظم المرضى يبدوون تقبضاً في الحدقة.

**طرق التذكر:** إن طريقة الذكر MTWThF (أيام الأسبوع) يمكن استعمالها لتذكر التأثيرات النيكوتينية.

▪ Metabolic الاستقلابي (ارتفاع سكر الدم، حمض استقلابي)

▪ Twitching الخلجان و(الرجفان)

▪ Weakness الضعف

▪ Th Tachycardia-hypertention تسرع القلب وارتفاع الضغط

▪ Flaccid paralysis الشلل الرخو

تأثيرات الجهاز العصبي المركزي

نظراً لتوفر مستقبلات كولينية كثيرة جداً في الجهاز العصبي المركزي، تحدث أعراض وعلامات واسعة جداً عند التعرض لعامل الأعصاب. يعتقد أن تراكم الأستيل كولين في الدماغ والحبل الشوكي يحدث أعراضاً في الجهاز العصبي المركزي تتضمن الرمع العضلي، الاهتزاز العضلي، رنج المشية، اختلاجات، تثبيطاً تنفسياً، وسباتاً. قد تتضمن التظاهرات الأولية القلق، الهياج، الاختلاط العقلي، والرنج. وقد يؤدي التعرض الطفيف لعوامل الأعصاب إلى تغيرات سلوكية مثل القلق، همود نفسي، تدهور عقلي، وأحلام نادرة. كما يؤدي التعرض الكبير لعوامل الأعصاب إلى غياب وعي سريع وتشنجات. يحدث التعرض لمركبات الفوسفور العضوية أعراضاً وعلامات في الجهازين العصبيين المركزي والمحيطي إذا ما نجا المصاب من الفشل التنفسي والأحداث الأخرى المميتة فوراً. تتضمن هذه الأعراض ضعف الذاكرة، الهلوسة، الوهن، مشاكل بالتوازن، تشويشاً ذهنياً، وضعف التركيز.<sup>٢٨-٣٢</sup> وتضمن العلامات اعتلالات عصبية neuropathies مركزية ومحيطية وفي النهاية تشنجات. قد يبقى المرضى المتسممون بشدة غائبين عن الوعي لساعات أو أيام. تتضمن التأثيرات والمضاعفات الأخرى نقص الأكسجة، نقص التروية، الحماض، ارتفاع الحرارة، انخفاض الحرارة، اعتلال أعصاب محيطي peripheral neuropathy. ووذمة دماغية. وقد لوحظت هذه العلامات في المرضى المعرضين لجرعات تشنجية من عوامل الأعصاب.<sup>٣٣</sup> من الواضح أن كثيراً من التأثيرات الطويلة الأمد ذات صلة مباشرة مع المشاكل التي تتعلق بتقديم التهوية الكافية للمصاب المتشنج، المصاب بالتلوث والذي لديه إفرازات غزيرة في الطرق الهوائية.

### التظاهرات السريرية المتأخرة

تسبب عوامل الأعصاب أيضاً حالات تسمم متأخرة. إن تشييط أنزيمات الكولين استراز غير عكوس بمجرد حدوث الهرم aging، ولهذا قد تكون هذه التأثيرات مديدة. وبينما تعود أنزيمات الكولين استراز إلى مستوياتها الطبيعية في الأنسجة، فإنه في هذه الفترة تزداد القابلية إلى حدوث تعرض آخر من عوامل الأعصاب. إن توليد مستويات جديدة من الأنزيم يأخذ وقتاً ٢-٣ أشهر. وخلال هذه الفترة من إعادة الإنتاج تتراكم تأثيرات التعرض المتكرر. من بين التأثيرات المتأخرة لعامل الأعصاب حصول فشل قلب مفاجئ في المرضى الذين يحدث لديهم شفاء ظاهري من تأثيرات التعرض لعوامل الأعصاب.<sup>٣٤</sup> يلخص الجدول رقم (٣-٢) تأثيرات عوامل الأعصاب.

الجدول رقم (٣-٢). تأثيرات عوامل الأعصاب.

مكان التأثير	الأعراض والعلامات
التأثيرات الموسكارينية	
الحدقتان	تقبض الحدقة، عادة مثل رأس الدبوس، وأحياناً غير متساويتين
الجسم الهدبي	صداع، صعوبة تركيز العينين، عتمة الرؤية، ألم العين
الأغشية المخاطية	زيادة التوعية، سيلان الأنف، التهاب الملتحمة، الإلحاح والدماع
الشجرة القصبية	انقباض في الصدر، صفير، تقبض القصبات، زيادة المفرزات، ألم بالصدر، زلة تنفسية، سعال، وذمة رئوية
الجهاز الهضمي	الغثيان، الإقياء، آلام بطنية، إسهال، زحير
الغدد العرقية	زيادة التعرق
القلبية	تسرع القلب
التأثيرات النيكوتينية	
العضلات المخططة	الوهن، الضعف، الخللجان، الرجفان، آلام عضلية، الشلل
العقد الودية	الشحوب، أحياناً ارتفاع الضغط الشرياني، أحياناً بطء القلب

تابع الجدول رقم (٣-٢).

مكان التأثير	الأعراض والعلامات
تأثيرات الجهاز العصبي المركزي	التوتر، القلق، عدم الارتياح، صعوبة التركيز، الارتباك، تلثم الكلام، الرنج، الضعف، غياب المنعكسات
	تنفس شايين ستوكس، توقف التنفس
	التشنجات، السبات
	تنشيط مراكز الدوران، الوفاة

مأخوذ من كتاب مارس ت سي مينارد وسيدل العوامل الحربية الكيميائية، التسمم والمعالجة. اكتر جون ويلي وأبناءه ١٩٩٦.

### الموجودات المخبرية

لا تتوفر فحوص مخبرية تساعد في التمييز بين التسمم بعوامل الأعصاب والأشكال الأخرى من التسمم الكولييني.

### عوامل G: عوامل الأعصاب من الجيل الأول

#### G Agents: First-Generation Nerve Agents

#### التابون Tabun

التابون (GA) أول منتج عامل أعصاب مضاد للكولين استراز وهو أقلها سمية في مجموعة عوامل الأعصاب. المقدار السمي الوسطي حوالي ٢٠٠ مغ / دقيقة/م<sup>٣</sup> عبر الاستنشاق وهو حوالي ٢٠٠٠٠-٤٠٠٠٠ مغ / دقيقة/م<sup>٣</sup> عبر الامتصاص الجلدي. التابون سائل صافٍ مائل للبيني، له رائحة فواكه ضعيفة، لكن المقدار المكتشف عن طريق الرائحة هو مطابق تقريباً للمقدار المميت. ينتج التابون بخاراً عديم اللون. للتابون قابلية تطاير قليلة (٦١٠ مغ/م<sup>٣</sup> بدرجة حرارة ٢٥ درجة مئوية) وهو يتبخر فعلاً من الجلد. يتوقع أن يحدث التابون في الشخص المتعرض له كلا الطورين من التلوث

البخاري والسائلي. على الرغم من أن التابون عفا عليه الزمان وقليل الاستعمال من قبل السلطات العسكرية، لكنه يبقى أسهل عامل أعصاب يمكن تصنيعه. ومن المحتمل أن يستخدم كعامل إرهابي. لسوء الحظ، وبسبب أنه لم يستكشف بشكل واسع من قبل المؤسسة العسكرية الأمريكية، تبقى المعلومات المتوفرة في التقارير مفتوحة المصادر حول صفات التسمم بالتابون قليلة. للتابون عمر وسطي في البيئة حوالي ١-١.٥ يوم. ينحل التابون في الماء ومعظم المذيبات العضوية. يتم إزالة سميته بسهولة من البشر بواسطة المبيضات أو ماء الصابون. يمكن إزالة سميته من المعدات باستخدام محلول قلوي مخفف، بالبخار والأمونيا، أو محلول مبيض. يجب على المسعفين أن يتبعوا مستوى الوقاية "أ" عندما يتعاملون مع مصابين ملوثين بشكل كبير. أما المستويات "ب" أو "ج" فهي كافية عند التقييم وفرز الإصابات فقط.

### الساارين Sarin

الساارين (GB) هو سائل عديم اللون لا رائحة له عندما يكون نقياً. يصنف على أنه عامل فوسفور عضوي مضاد للكولين استراز. المقدار الوسطي المميت بين ٧٠-١٠٠ مغ/دقيقة/م<sup>٣</sup> عن طريق الاستنشاق وحوالي ١٢٠٠٠-١٥٠٠٠ مغ/دقيقة/م<sup>٣</sup> عن طريق الامتصاص الجلدي.

### طرق التعرض

يعتبر الساارين متطايراً بشدة (٢٢٠٠٠ مغ/م<sup>٣</sup> في درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية) وهو يمتص بشكل رئيسي عن طريق الاستنشاق. ونظراً لتطايره العالي، يتم حفظه بالشكل السائلي لحين استخدامه (الشكل رقم ٣-٢). وكما شوهد في حادثة أوم شينريكيو في طوكيو، فإن أي وعاء عادي يمكن أن يحمل هذا العامل. يبقى الرذاذ هو طريقة الانتشار التي بوسعها إحداث أكبر عدد ممكن من الإصابات. إن الضغط البخاري للساارين يجعل منه مشكلة استنشاقية هامة في المناخات الحارة أو في رذاذ

القطيرات. في الواقع، إن السارين لديه قابلية تطاير قريبة من الماء وهو أكثر عوامل الأعصاب تطايراً. يتبخر السارين بسرعة من الجلد مما يحد من التعرض الجلدي. إن البخار أثقل من الهواء ولذلك يهبط للمناطق السفلية. إن هذه الصفات التطايرية للسارين تجعله غاز أعصاب حقيقي. يمكن للسارين أن يستمر لمدة خمسة أيام في الظروف المناسبة. لكنه لا يعتبر عاملاً مستمراً. بما أن السارين يتبخر بسرعة، فهو يحتاج لتنظيف قليل. وهذا يجعله مناسباً للاستعمال الحربي الذي يهدف إلى قتل القوات المعادية ومن ثم التقدم عبر الدمار الحادث. يُحدث أي عمل إرهابي يستخدم السارين أضراراً طفيفة أو لا يحدث شيئاً بالملكات، كما تكون تكاليف التنظيف ضئيلة أيضاً. إن قابلية تطاير السارين تجعله ينتشر بسهولة في المناطق المغلقة عبر فتحات التهوية، المكيفات الهوائية، أو أنابيب التدفئة، مما يزيد الرغبة في استخدامه كسلاح إرهابي. بالرغم من أن الامتصاص الجلدي يتطلب توفير مقدار كبير من السارين لكن ذلك يبقى مقيداً بسبب الضغط البخاري المنخفض للسارين. ولو منع التبخر فإن المقدار الوسطي القاتل للسارين يماثل تماماً مثيله في عامل الأعصاب VX. بما أن السارين ينحل بسهولة في الماء (ومعظم المذيبات الأخرى)، لذلك تكون طريقة إزالة تلوثه عبر الغسل بالماء فعالة جداً. كما لاحظنا سابقاً، فإن تبخر السارين وقابلية انحلاله في الماء تجعل عملية التنظيف منه سهلة جداً. كذلك يمكن إزالة التلوث السمي من الشخص بسهولة بواسطة المواد المبيضة أو بواسطة الماء والصابون. كما يمكن إزالة التلوث السمي في المعدات بسهولة باستعمال محلول قلوي، الأمونيا والبخار، أو محلول مواد مبيضة. إن تطاير السارين يضع مقدمي الخدمات الإسعافية الطبية في خطر التعرض البخاري للسارين وذلك خلال قيامهم بعملية إزالة التلوث السمي، لكن بنفس الوقت تقل إمكانية نشر المريض للتلوث السائل. يجب على مقدم الخدمة الطبية خلال عملية إزالة التلوث لمريض متعرض للسارين أن يمتلك وسيلة حماية تنفسية مناسبة مع وسيلة

حماية من الرش<sup>٣٥</sup>. يمكن للمستوى " ج " من الملابس الوقائية الشخصية مع وسيلة حماية من الرش أن يفي بالغرض من أجل إزالة التلوث عند معظم المرضى المسعفين. وينصح بالمستوى " ب " من أجل إجراءات إزالة التلوث الكبيرة. يجب على المنقذ أن يتذكر أن لباس المريض قد يصدر غاز العامل حتى ٣٠ دقيقة بعد التعرض.



الشكل رقم (٣-٢). أجهزة نشر السارين والخرذل ومدفع قاذف عيار ١٠٥ مم (جهاز نشر أحادي).

### السومان Soman

السومان (GD) هو سائل عديم اللون، له رائحة الفواكه أو الكافور. آلية عمله مشابهة للسارين ويصنع بنفس الطريقة، وبنفس المعدات. فقط الكحول المستخدم يستبدل كحول الأيزوبروبيل بكحول البيناكوليل *pinacolyl alcohol*. وبينما اختارت الولايات المتحدة السارين العامل الطيار، قام الروس بتطوير واسع للسومان. المقدار الوسطي المميت من ٥٠-٧٠ مغ/دقيقة/م<sup>٣</sup> عن طريق الاستنشاق فقط ١٠٠

مغ/دقيقة/م<sup>٣</sup> عن طريق التعرض الجلدي لشخص وزنه ٧٠ كغ. وقت ظهور الأعراض مثل السارين تقريباً. يعتبر السومان العامل الثاني الأكثر تطايراً من عوامل الأعصاب، بقابلية تطاير ٣٩٠٠ مغ/م<sup>٣</sup> في درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية. يعتبر السومان عاملاً ثابتاً نسبياً يتوسط بين التابون والسارين. على كل حال هو أقل استقراراً من كل من التابون أو السارين. يعتقد أن الطريق الرئيسي للدخول هو التماس الجلدي، وليس بالاستنشاق، بالرغم من وجود إنتاج بخار هام، بشكل خاص بدرجات الحرارة العالية. المظهر الرئيسي للسومان أنه من الصعب معالجته بمضادات السم الموجودة. عمر السومان قصير جداً (٢ دقيقة) عندما يتحد مع جزيء الكولين استراز. إن ظاهرة العمر القصير للسومان تجعل المعالجة بـ ٢-بام (يستعمل الآن من قبل الجيش الأمريكي وسيناقش في فقرة المعالجة) غير فعالة في السومان. بسبب هذا الشيء، يعتبر السومان من أصعب عوامل الأعصاب معالجة بالترياق المضاد. تعتمد الطريقة الأمريكية لهذه المشكلة على البدء المسبق بالبيريدوستغمين، كما هو مناقش في بحث العلاج التمهيدي. من الصعب دعم هذه الطريقة في البيئة المدنية. باعتبار أن السارين والسومان يمكن إنتاجهما بنفس المعدات والطرق، فإنه من السهل نظرياً خلط الحولين الاثنين المطلوبين وصنع مزيج من السارين والسومان. وسيكون لهذا المركب قابلية تطاير السارين وصعوبة معالجة السومان.

### إزالة التلوث Decontamination

يتم نزع سمية السومان بسهولة في البشر باستخدام المبيضات أو ماء الصابون. أما المعدات فيمكن إزالة السمية منها باستخدام محلول قلوي ممدد، البخار والأمونيا، أو محلول مبيض. بشكل خاص لا ينحل السومان في الماء (٢,١ غ/١٠٠ غ) في درجة حرارة ٦٨ فهرنهايت) بينما ينحل بشكل معتدل في المحاليل الأخرى. إن القابلية

الانحلالية المنخفضة للسومان، والثباتية، والقابلية التطايرية المنخفضة للسومان تجعل إزالة التلوث أكثر صعوبة، بشكل خاص عندما يستخدم الماء لوحده لإزالة التلوث.

### ساكلو هكسيل السارين Cyclohexyl Sarin

سيكلو هكسيل السارين (GF) عامل أعصاب ذو تطاير قليل ينتج بنفس آلية السومان (باستخدام سيكلوهكسيل الكحول بدلاً من أيزوبروبيل الكحول). لقد تم تقييم سيكلوهكسيل السارين من قبل الولايات المتحدة وتم تركه. اشتهر السيكلو هكسيل السارين باستخدامه كعامل متنكر في تضليل مفاعل من قبل الاستخبارات الأمريكية من أجل خداع خبراء الحرب الكيميائية الروس. أشارت تقارير المصادر المفتوحة إلى إنتاج كميات غير معروفة من سيكلوهكسيل السارين من قبل الاتحاد السوفيتي والعراق من الأسلحة الأحادية والثنائية معاً.<sup>٣٦</sup> توجد معلومات قليلة من التقارير مفتوحة المصادر عن هذا العامل عدا عن الصفات الكيميائية الفيزيائية له. يمتص عن طريق الجلد أو يستنشق كغاز أو رذاذ. العلامات والأعراض السريرية هي ببساطة مشابهة للسارين.

### عوامل G الأخرى

توجد عوامل G أخرى، لكن لا تتوفر معطيات عن هذه العوامل من تقارير المصادر المفتوحة. يلخص الجدول رقم (٣-٣) عوامل G الأخرى.

الجدول رقم (٣-٣). ملخص عوامل الأعصاب من الفئة G .

طريق التعرض	الرائحة	المظهر	رقم CAS	الرمز	الاسم
الاستنشاق، الامتصاص	رائحة فاكهة خفيفة وبدون رائحة عند يكون نقياً	سائل عديم اللون أو مائل للبنّي، وبخار عديم اللون	٦-٨١-٧٧	GA	التابون
الاستنشاق	عديم الرائحة عندما يكون نقياً	سائل عديم اللون وبخار عديم اللون	٨-٤٤-١٠٧	GB	السايرين
الاستنشاق، الامتصاص	الفاكهة، الكافور	سائل عديم اللون وبخار عديم اللون	٠-٦٤-٩٦	GD	السومان
لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	٣-٨٧-١١٨٩	GE	—
الاستنشاق	عديم الرائحة	سائل صافٍ بخار عديم اللون	٧-٩٩-٣٢٩	GF	سيكلوهكسيل السايرين
لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	-١٤١١٠٢ ١-٧٤	GV	—

### عوامل V: عوامل الأعصاب من الجيل الثاني

#### VX Agents: Second-Generation Nerve Agents

VX

إن أكثر عوامل الأعصاب الكلاسيكية سمية هو العامل VX. انه سائل عديم الرائحة، ذو لون مائل للصفار. ويعد أكثر استقراراً وأقل تطايراً وأكثر قوة في نفوذه للجلد السليم من العامل G. يعتبر العامل VX الاستنشاق، أكثر سمية من السايرين بضعفين ولكن بما أنه لا يتطاير كثيراً فإن الاستنشاق لا يعتبر خطراً رئيسياً لهذا

العامل. المقدار الوسطي المميت عن طريق الاستنشاق هو ٣٠ مغ/دقيقة/م<sup>٣</sup>. تتحد العوامل V مع الأستيل كولين استراز بشكل أقوى من مركبات المبيدات الحشرية الفوسفورية العضوية والكاربامات. كذلك إن عامل VX أبطأ العوامل هرماً في الوجود.

### التأثيرات

يحدث عامل VX الأعراض والعلامات الكلاسيكية لعامل الأعصاب. على كل حال، قد لا يظهر المرضى المعرضون للعامل VX تقبض الحدقة. ربما يعود هذا غالباً لعدم تعرض العين مباشرة للعامل، على عكس بخار عوامل G. تقبض الحدقة قد تكون علامة متأخرة للتعرض للعامل VX وهي دلالة على التسمم الجهازى. إن سهولة الامتصاص الجلدي تجعل المقدار الوسطي المميت عن طريق الجلد بمقدار ضئيل يصل لحدود ٦ مغ.دقيقة/م<sup>٣</sup>. وهذا يعتبر أكثر سمية من السارين بـ ١٠ أضعاف بالطريق الجلدي. (معظم الامتصاص الجلدي للسارين يضيع بسبب التبخر السريع) التأثير الفيزيولوجي وبداية الأعراض مماثلة للسارين. يعتقد أن العامل VX يسبب أعراضاً متأخرة يتلوها تدهور سريع جداً بعد التعرض. يموت معظم الضحايا خلال ١٥ دقيقة من إعطائهم مقداراً مميتاً. وقد يكون هذا نتيجة كمية العامل VX المطلوبة لاختراق الجلد والدوران في الجسم. قد يكون أيضاً بسبب بقايا العامل VX الذي اخترق الجلد لكنه لم يؤثر على الجهاز العصبي.

### طرق التعرض

العامل VX سائل زيتي يستمر في مكانه لأسابيع أو أكثر. ورغم أنه غير قابل للتبخر بشكل كافٍ ليشكل خطراً استنشاقياً رئيسياً، لكنه يتمتع بسهولة عن طريق الجلد. يعتبر العامل VX عامل أعصاب ثابت ويمكن أن تستمر سميته لأسابيع. وعلى الرغم من أن العامل VX تعتبر قابلية تطايره ضئيلة فإنه في درجات الحرارة الأعلى من ١٠٠ درجة فهرنهايت يكون من الممكن التعرض للبخار.

## عوامل v الأخرى

العوامل الأخرى من سلسلة العوامل V هي أقل معرفة، والمعلومات المتوفرة عنها عموماً سرية. العوامل الأخرى لها أيضاً رموز مثل VE, VG, VM. إن عوامل V هذه هي أكثر سمية بـ ١٠ أضعاف تقريباً من السارين. أنتج الاتحاد السوفيتي مركبات نظيرة several analogues عديدة للعامل VX. كان أولها المادة ٣٣ وهي مادة شبيهة بعامل الأعصاب VX الثابتة، حيث تم إنتاج ١٥٠٠٠ طن في أوائل الثمانينيات. يدعى هذا العامل غالباً غاز V من قبل الأمريكان. يعتقد أن عامل الأعصاب هذا مشابه في التأثير والثبات لعوامل V. هناك عاملان آخران مشابهان تم إنتاجهما: A-٢٣٠ واللذان تم الموافقة عليهما رسمياً من قبل الجيش السوفيتي عام ١٩٨٨م، وA-٢٣٢ (عامل مشابه للعامل A-٢٣٠) والذي لم تتم أبداً الموافقة عليه رسمياً. إن قوام هذه المواد مشابه للزيت، ولذا فهي تشكل خطراً استنشاقياً أقل من العوامل G. هذا القوام يجعلها سامة عن طريق التعرض الجلدي. بما أن المعلومات حول الكثير من هذه العوامل بقيت سرية، فإن هذا الفصل يناقش العامل VX كطليعة لهذه السلسلة، وعلى القارئ أن يدرك أن هذه العوامل الروسية قد لا يكون لها نفس الصفات المميزة للعامل VX.

## إزالة التلوث والوقاية الشخصية

إن الذي يهم مقدمي الخدمات الطبية هو أن العامل VX أكثر صعوبة من العوامل G في إزالة التلوث. هناك سببان لذلك:

■ بما أن العامل VX له قابلية تطاير ضئيلة فإن قطرات السائل العديمة اللون أو المائلة للصفار على الجلد لا تتبخر وهي تمتص بسهولة أكثر. إنه عامل ثابت نسبياً ويدوم بين ٢-٦ أيام في التربة ويمكن أكثر من ذلك. أي بقايا من العامل ذات قوام سائلي صعبة الإزالة.

■ ينحل العامل VX بالماء ببطء فقط ، وإن نواتج الانحلال المائي hydrolysis منها المادة EA2192 ، والتي هي سامة تقريباً بنفس سمية العامل VX نفسه وتدوم أطول منه. ولهذا فإن إزالة السمية بالاعتماد على الماء ليست فعالة بشكل خاص ضد العامل VX. توفر المواد المبيضة الشائعة تنظيفاً جيداً.<sup>٣٧-٣٩</sup>

### التهديد

قد يكون العامل VX جذاباً أكثر من السارين للإرهابيين لعدة أسباب: فهو أكثر العوامل سمية من عوامل الأعصاب ، وعندما يعثر العامل VX فإنه يبقى من أسابيع إلى أشهر حيث المناخ المناسب. وأن أحد نواتج انحلاله يدوم فترة أطول وذو سمية مماثلة ، ومنه فهو أكثر صعوبة ومكلف أكثر في عملية تنظيفه من بقية العوامل. كما تقدم من ذكر أنتج الاتحاد السوفيتي كميات كبيرة من غاز V ، هذا العامل (أو العلماء الذين يعرفون كيف يتم تصنيعه) قد يكون متوفراً للإرهابي بسبب سعره المناسب. يلخص الجدول رقم (٣-٤) عوامل V.

الجدول رقم (٣-٤). ملخص عوامل الأعصاب من الفئة v\* .

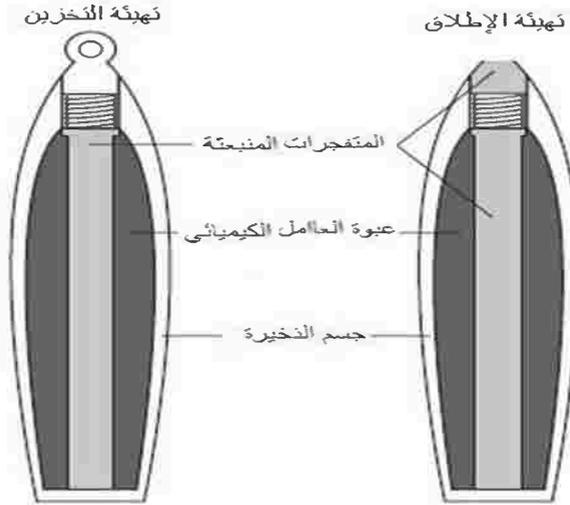
الرمز	الاسم	رقم CAS	المظهر	الرائحة	طريق التعرض
VX	-	٦٩-٥٠٧٨٢-	سائل مائل	عديم	الامتصاص، الاستنشاق
		٩	للصغار أو	الرائحة	فقط في درجة حرارة
			عديم اللون	أعلى من ١٠٠	فهرنهايت
VE	SN٩١٨	٢٥-٢١٧٣٨-	سائل مائل	عديم	الامتصاص، الاستنشاق
		٠	للصغار أو	الرائحة	فقط في درجة حرارة
			عديم اللون	أعلى من ١٠٠	فهرنهايت
VG	تم بيعه كمبيد حشري	٥-٥٣-٧٨	سائل مائل	عديم	الامتصاص، الاستنشاق
			للصغار أو	الرائحة	فقط في درجة حرارة
			عديم اللون	أعلى من ١٠٠	فهرنهايت
			مركب		أعلى من ١٠٠
			الأوكزالات		أعلى من ١٠٠
			يكون		أعلى من ١٠٠
			بودرة		أعلى من ١٠٠
V-GAS	أيضاً مصمم على شكل VR, V أو RVX ، Vsbx VX الروسي	١٥٩٩٣٩-	سائل مائل	عديم	الامتصاص، الاستنشاق
		٤-٨٧	للصغار	الرائحة	فقط في درجة حرارة
			أو عديم اللون	أعلى	فقط في درجة حرارة
				أعلى من ١٠٠	فهرنهايت
VM	-	٨٦-٢١٧٧٠-	لا يوجد	لا	لا يوجد
		٥	لا يوجد	لا	لا يوجد
VS	-	١٧-٧٣٨٣٥-	لا يوجد	لا	لا يوجد
		٣	لا يوجد	لا	لا يوجد

\* هناك عوامل v أخرى عديدة تم استقصاؤها، لكن المعطيات حول هذه العوامل ليست متوفرة في مطبوعات المصادر المفتوحة.

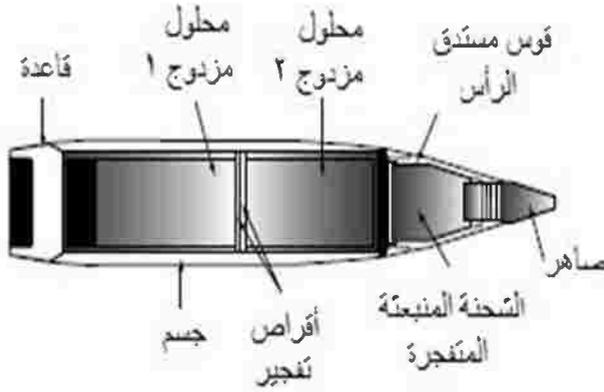
### العوامل الثنائية: عوامل الأعصاب من الجيل الثالث

#### Binary Agents: Third-Generation Nerve Agents

في عام ١٩٤٨م، اقترحت الولايات المتحدة إنتاج نموذج جديد من عامل الأعصاب- الذخائر الثنائية binary munitions (الشكل رقم ٣-٣). الفكرة كانت استعمال مادتين كيميائيتين غير خطيرتين حتى يتم مزجهما معا ويتم حملهما بشكل منفصل إلى حقل المعركة، ومن ثم وضعهما في القاذف مباشرة قبل الاستعمال. وعندما يتم تفجير المقذوف أو القنبلة فإن المركبين يتمزقان ويتحدان. والنتيجة النهائية للتفاعل الكيميائي هو عامل الأعصاب. طورت الولايات المتحدة الذخيرة الثنائية M687 عام ١٩٨٧م. صممت هذه الذخيرة بجاويتين منفصلتين محشوتين في القذيفة (الشكل رقم ٣-٤).



الشكل رقم (٣-٣). تركيب نموذجي لقذيفة عامل أعصاب كيميائية من فئة الذخيرة الثنائية.



الشكل رقم (٣-٤). سلاح انشطاري أولي لمدفعية ١٥٥ مم (م ٦٨٧).

تضاف الحاوية الثانية تماماً قبل إطلاق السلاح الكيميائي. يتميز الحجاب بين الحاويتين عند يتم إطلاق السلاح. ويتم مزج المادتين بتدوير القذيفة والتفاعل في الضوء. يتم قذف الذخيرة الثنائية بالطريقة التقليدية بواسطة الهاون الطائرة، أو بسلاح المدفعية. الفائدة هي السلامة في النقل والتخزين، لا توجد فائدة في الانتشار أو إزالة التلوث. استخدم العراق طريقة مختلفة قليلاً. كانت التقنية للسلاح الكيميائي الثنائي تحوي أسطوانة مفردة ومركباً واحداً. يقوم الجندي الذي يرتدي بدلة واقية بإضافة المادة الكيميائية الثانية في الذخيرة مباشرة قبل حملها لوحدة المدفعية. لا داعي للقول، كانت هذه الطريقة خطيرة نوعاً ما على الجندي الذي يقوم بالمزج.

استخدم العراقيون مزيجاً من كحول البيناكوليل وأيزوبروبيل الكحول لإنتاج مزيج السارين والسومان في أسلحتهم الثنائية. قام الروس بتجارب واسعة للعوامل الثنائية وسيناقش ذلك في الفصل القادم.

## التقنية الجديدة والبديلة: عوامل الأعصاب من الجيل الرابع

## New and Alternative Technology: fourth-Generation Nerve Agents

## نوفيتشوك Novichok

في أواخر الثمانينيات وأوائل التسعينيات أنتج الروس عوامل جديدة عديدة تم صنعها من مواد كيميائية لم تطبق اتفاقية الأسلحة الكيميائية. في عام ١٩٩٢م صرح الكيميائي الروسي فيل ميرزانوف أن مؤسسة الأبحاث العسكرية في موسكو قد طورت عاملاً ثنائياً جديداً أقوى من العامل VX يدعى نوفيتشوك (بالروسية يدعى الوافد) وفيما بعد تم إلقاء القبض عليه من قبل دائرة الأمن الروسي لإفشائه أسرار الدولة.<sup>٤١</sup> لم يعرف مصير هذا الباحث فيما بعد. كان أول عامل ثنائي روسي، نوفيتشوك-٥، قد اشتق من غاز V. تم إنتاج الدفعة الأولى بمقدار ٥-١٠ طن في مدينة فولكوراد وتم اختبار المادة الكيميائية الحربية على الأرض في نكوس Nukus. طور معهد الأبحاث الحكومي ومركز علوم الاتحاد الروسي للكيمياء العضوية والتقنية (GosNIIOKhT) شكلاً ثنائياً ثانياً من المادة ٣٣ بدون اسم مؤكد لكن ميرزايفانوف أطلق عليه نوفيتشوك #. كذلك تم اختباره في نكوس وتم اعتماده كسلاح كيميائي حربي عام ١٩٩٠م. صرح أيضاً ميرزايفانوف أن المؤسسة طورت عاملاً ثنائياً ثالثاً سمي نوفيتشوك ٧ له قابلية تطاير السومان لكنه فعال أكثر بـ ١٠ أضعاف. تم إنتاجه بكميات تجريبية (عشرات الأطنان) منطقة الشبخاني، كذلك في فلكوغراد. هناك أيضاً عاملان ثنائيان آخران كانا تحت التطوير ولكن لم يتم إنتاجهما أبداً. تم تسمية البرنامج الذي طور عوامل النوفيتشوك من قبل الروس بالفولينت Foliant. أظهرت معطيات بعض التقارير مفتوحة المصادر من حول النوفيتشوك التالي:

■ هذه العوامل المنسوبة بأسماء رموز مثل المواد A-230, A-232, A34,33،

نوفيتشوك-٥، ونوفيتشوك-٧ مصممة للاستعمال كذخائر ثنائية.

■ هذه المواد الكيميائية هي على الأقل سامة وثابتة مثل أكثر عوامل الأعصاب سمية ألا وهو العامل VX وبعضها أقوى من ذلك بـ ١٠ أضعاف.

■ عوامل نوفيتشوك لا تبدو ظاهرياً أن سميتها تعود لكونها مشبطة لأنزيم أستيل كولين استراز على الأقل لقول ميرزا يانوف. قد يتم تثبيط الأنزيم ولكن ذلك قد يكون التأثير الخفيف أو الثانوي. (هذا يعني أن مضادات السم التقليدية قد تكون غير فعالة).

■ عوامل نوفيتشوك من الصعب كثيراً الكشف عنها أثناء تصنيعها وهي من السهل كثيراً تصنيعها خفية، لأنها يمكن تصنيعها من مواد كيميائية شائعة في مصانع المبيدات الحشرية البسيطة نسبياً. وبكلمات ما قاله فيل ميرزا يانوف بخصوص العامل: أصالة هذا السلاح تكمن في بساطة مكوناته التي تستخدم في الصناعات المدنية ومنه لا يمكن ضبطها من قبل الخبراء الدوليين.

■ قد يكون النوفيتشوك قد أعطي للعراق من مصادر روسية. وقد يكون هذا العامل مسؤولاً عن القراء الغريبة من قبل كاشفات الأسلحة الكيميائية الأمريكية التي وسمت بأنها قراءات كاذبة أو مزيفة. وهذا يؤكد أن معدات الكشف الحالية قد لا تكون قادرة على كشف عوامل نوفيتشوك على نحو موثوق.

■ قد تتضمن التأثيرات الإعاقية لعوامل نوفيتشوك، كما وصفت من قبل العلماء الروس، اعتلالاً عصبياً دائماً. أخيراً، ليس كالعامل VX، الذي يمكن التغلب عليه بسرعة بمضاد سم قابل للحقن، فإن النوفيتشوك على الأقل مقاوم للعلاج مثل السومان. عند انهيار الاتحاد السوفيتي أصبحت عوامل نوفيتشوك، مثلها مثل غاز V (أو العلماء الذين يعرفون كيفية تصنيعها) متوفرة للإرهابي بالسعر المناسب. باعتبار أن الكشف والمعالجة بالنسبة لعوامل النوفيتشوك لم يحدد بعد، فإن عوامل تشكل نوفيتشوك معضلة تماماً إذا استخدمت كسلاح إرهابي. إن قابلية صنعها بدون رقابة

تجعلها جذابة تماماً للإرهابيين. الجدول رقم (٣-٥) يبين المعلومات من تقارير المصادر المفتوحة حول هذه العوامل.

الجدول رقم (٣-٥). عوامل النوفيتشوك.

الاسم/الرمز	طرق التعرض	المقدار المميت	سرعة لعمل	التأثيرات	المضادات، طرق المعالجة
عوامل نوفيتشوك*	يظن أنها عن طريق السائل والبخار	نوفيتشوك-٥ : يظن أنه يتجاوز العمل VX	سريع جداً	من المفترض أنها مشابهة لتأثيرات عوامل الأعصاب الأخرى (هذا الافتراض لم يتم بعد التحقق من صحته)	من المفترض أنها مشابهة لطرق المعالجة لعوامل الأعصاب الأخرى (هذا الافتراض لم يتم بعد التحقق من صحته)
		ب ٥-٨ مرات نوفيتشوك-٧ :		عوامل الأعصاب الأخرى (هذا الافتراض لم يتم بعد التحقق من صحته)	
		يظن أنه يتجاوز بفعاليته السومان ب ١٠ مرات		الافتراض لم يتم بعد التحقق من صحته	

\* من أجل معلومات أكثر حول عوامل النوفي تشوك، ارجع إلى ميرزا يانوف ف: تفكيك مركبات الأسلحة الكيميائية للاتحاد السوفيتي/الروسي.

## الكاربامات Carbamates

الكاربامات هي صنف من المبيدات الحشرية السامة تشبه في عملها عوامل الأعصاب من مركبات الفوسفور العضوية. تستخدم الكاربامات في الصناعة، الزراعة، والأدوات المنزلية. مثلها مثل مركبات الفوسفور العضوية تمتص بسهولة من خلال جميع الطرق بما فيها الجلد. لكن التأثيرات الاستنشاقية غير شائعة، لأن الكاربامات مركبات صلبة في درجات الحرارة العادية، إلا أنه ليس من الصعب أن نتوقع ملاحظة تطاير لبودرة الكاربامات الناعمة ومنه حدوث تأثيرات استنشاقية. حتى الآن لا تعتبر الكاربامات عوامل كيميائية حربية لأن لها العديد من العيوب التشغيلية.

على كل حال ، إذا حصلت إصابات هائلة من هجمة إرهابية بهذا العامل فإن وسائل المعالجة الطبية سوف تقهر على الرغم من توفر المضاد. قد تكون الكاربامات أساس بعض عوامل النوفيتشوك.

### الشكل السريرية

الشكل السريرية عند المريض المتسمم بالكاربامات هي تماماً مثل المريض المصاب بالتسمم بمركبات الفوسفور العضوية. متلازمة SLUDGE واضحة ويجب أن تنوه الفاحص لوجود أزمة كولينية. المتلازمة السريرية للانسمام بالكاربامات قصيرة وأخف من تلك التي في مركبات الفوسفور العضوية. لا تدخل الكاربامات الجهاز العصبي المركزي جيداً ، وهي تحدث تأثيرات أقل في الجهاز العصبي المركزي. يظن أن التشنجات نادرة تماماً بالتسمم بالكاربامات. إن مستويات الكولين استراز في المصل والكريات الحمراء كدليل على التسمم بالكاربامات غير موثوق بها. يعود نشاط الأنزيم إلى وضعه الطبيعي خلال عدة ساعات ولا ترتبط مستوياته جيداً مع أعراض المريض.

### العوامل السميكة والمغبرة Thickened and Dusty Agents

#### العوامل السميكة

قام الخبراء العسكريون بالتحري عن طرق تغيير الصفات الفيزيائية لعوامل الحرب الكيميائية من أجل تسهيل توزيع العامل. قام الخبراء بضبط توتر السطح ، الكثافة ، مقاييس الحفظ ، ونسبة انشطار تشكيل القطيرات مستخدمين البوليمرات والمضافات الكيميائية الأخرى. كما يمكن لهذه المركبات الجديدة أيضاً أن تجعل إزالة التلوث صعبة. وقد استخدمت أيضاً عدة مركبات لجعل العوامل أسمك ومنه أكثر ثباتاً. هذه الإضافات تجعل العوامل تتشبث بالأشخاص والمواد بدون أن تتبخر وأيضاً تصبح العوامل أقل عرضة للتنظيف. في عام ١٩٦٩م ، تقدم الجيش الأمريكي ببراءة اختراع لتسميك عدة عوامل حربية كيميائية ، منها الليوزيت ، الخردل ، التابون ،

الساارين والعامل VX. صممت هذه التحضيرات لتقييد وإطالة مستوى التلوث في المناطق المعالجة.<sup>٤٢</sup> كذلك قام الروس بتسميك السومان، والنسخة المعدلة للعامل VX، والليوزيت.

### العوامل المغبرة

تستخدم العوامل المغبرة مواد صلبة تسهل من تشكل الرذاذ. يشير مصطلح الغبار إلى استخدام جزيء حامل مثل التالك أو تراب المشطورات diatomaceous earth من أجل تشكيل جسيمات رذاذ جوي من العامل السائل.<sup>٤٣</sup> تزيد العوامل المغبرة من فعالية المادة الكيميائية الأساسية الحربية بثلاث طرق: زيادة المنطقة المغطاة، زيادة الأذية الاستنشاقية، وزيادة نفوذ المادة الكيميائية الحربية للبدلات الواقية. إن استخدام العامل المغبر يمكن الإرهابي أو المختص بالمواد الكيميائية الحربية من زيادة المنطقة المغطاة بالعامل الأساسي. يتشتت العامل في سحبات مركزة كبيرة تجعل من الممكن لجسيمات عديدة أن تصل الجنود والمدنيين وتلوثهم، وتصل ألبستهم، ومعداتهم. يزيد المركب العامل المغبر من قابلية حدوث أعراض استنشاقية للعامل VX. إن الجسيمات الدقيقة الحاوية على العامل VX هي أكثر سهولة للانتشار عبر منطقة ما، فإن العوامل المغبرة تهلك VX. بالإضافة لزيادة كمية العامل في الانتشار عبر منطقة ما، فإن العوامل المغبرة تهلك آليات الوقاية الكيميائية. تُحدث الجزيئات الصغيرة جداً خللاً في البدلة الواقية للمواد الكيميائية حيث تشق طريقها عبر فجوات وفراغات الألبسة بغض النظر عن حجمها. ويتضمن ذلك اللباس الواقى من المستوى " أ " للوقاية. ومع الأخذ بالاعتبار ثبات العامل VX متماسياً مع قدرته على إحداث أعراض بالتعرض الجلدي، فإن هذا الغبار الناعم يشكل تهديداً كيميائياً خطيراً.<sup>٤٤</sup> ينصح الجيش الأمريكي باستخدام معطف فوق بدلة وضعية الحماية الموجهة المنبعثة (MOPP mission oriented protective posture) عندما يتعرض الجندي لهذه العوامل المغبرة. بينما يجب التأكيد أنه لا يوجد دليل على

تطوير العراق لعوامل v المغبرة، فإن نسبة الحالات المميّنة المتوقعة تتراوح من ٣ إلى ٣٨ بالمائة بين القوات وهي باللباس الكامل MOPP إذا ما استخدم هذا العامل بنفس التراكيز المعطاة سابقاً. ومع استخدام المعطف فوق بدلة MOPP يتوقع أن تهبط نسبة الوفيات إلى الصفر حتى في حال وجود عامل الأعصاب المغبر.<sup>٤٥</sup> أعطيت هذه التوصية في مواجهة الخيارات القليلة الأخرى، باعتبار أن المعطف المفتوح قد لا يستطيع إيقاف الجسيمات الصغيرة جداً من العامل المغبر وقد تم تطوير وسيلة وقائية أخرى (SERPACWA) بسرعة ستبحث لاحقاً.

### المعالجة العامة لعوامل الأعصاب

تمتلك عوامل الأعصاب تأثيراً سريعاً جداً - خصوصاً عندما تستنشق. يجب أن تبدأ المعالجة بسرعة بعد حدوث الأعراض الأولية، أو سيتطلب الأمر دعم الحياة مع حدوث توقف التنفس. إذا كان هناك عدة أشخاص لديهم تعرض شديد لعامل الأعصاب فإنه من المحتمل تماماً أن يموت بعضهم. المبادئ الرئيسية لمعالجة التسمم بعامل الأعصاب موجودة في الجدول رقم (٦-٣). يجب فرز المرضى بالاعتماد على الإمكانيات المتوفرة، طريقة التعرض (سائل أو بخار)، وحاجة التنظيف قبل بدء محاولة العلاج الجدول رقم (٣-٧). بالاعتماد على خبرة اليابان فإن المرضى المتعرضين لبخار عامل الأعصاب والذين ما زالوا يقظين فإنه من المحتمل أن لا تتدهور حالتهم بعد وصولهم إلى المشفى.<sup>٤٦</sup> يجب أن تتضمن إزالة التلوث البسيط إزالة جميع الألبسة وغسل الشعر لإزالة البخار المتبقي.<sup>٤٧</sup> وهذا لا ينطبق في حال تعرض المريض لعامل الأعصاب السائلي. بعد التعرض لعامل الأعصاب السائلي، فإن التنظيف الرسمي يكون أولوياً. حيث تشكل بقايا عامل الأعصاب تهديداً مستمراً للمريض وللطاقم الطبي الذي يعتني بالمريض. تبدأ عملية إزالة التلوث الرسمي بإزالة جميع الألبسة

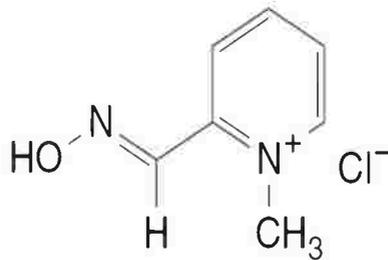
والغسل بالماء. يجب أن يقص شعر المريض بالمقص وتغسل الفروة بالماء والصابون. لا تستخدم أمواس حلاقة حيث هذا يسبب سحجات وسهولة دخول بقايا عامل الأعصاب. بعد التشذيب والغسل بالماء يجب أن يغسل المريض بالماء والصابون أو المواد المبيضة. يجب أن يتجنب المسعف شفرات الحلاقة والفراشي القاسية والماء الساخن أو الفرك حيث إن كل هذه تسحج الجلد وتزيد من امتصاص عامل الأعصاب.<sup>٤٨،٤٩</sup> لا يحتاج إعطاء مضادات السموم للمرضى اللاعرضيين.

#### الجدول رقم (٣-٦). مبادئ معالجة التسمم بعوامل الأعصاب.

- ١- احم نفسك.
- يجب أن يلبس مقدم الخدمة الطبية معدات وقائية كاملة.
- إذا أمكن، يجب أن يعالج مسبقاً بواسطة برومايد بيريدوستغمين pyridostigmine bromide.
- ٢- إنهاء التعرض عن طريق سحب الشخص من المنطقة الملوثة.
- ٣- تقييم التنفس (لا تقم بإنعاش تنفسي فم لفم).
- ٤- إعطاء الأتروبين. ويعتمد المقدار على الأعراض. المعالجة الأولية للأعراض الخفيفة إلى المتوسطة تتطلب على الأقل ٢ مغ بالعضل أو الوريد وقد يتطلب ذلك حتى عدة ملغ خلال فترة من الوقت.
- ٥- إزالة تلوث المريض.
- ٦- تنشيط الأنزيمات باستخدام أحد الأكسيمات. أعطي ٢-PAM بجرعة أولية ٥٠٠-١٠٠٠ مغ بالوريد. يمكن تكرار ذلك كل ٤-٦ ساعات عند الضرورة.
- ٧- تأكيد التشخيص بواسطة معايرة أستيل كولين استراز في الكرية الحمراء و / أو أستيل كولين استراز في المصل.

الجدول رقم (٣-٧). فرز الأشخاص المعرضين لعوامل الأعصاب.

الفئة	التعريف	الوصف
الفورية	المريض الذي يتطلب عناية منقذة للحياة فورية عندما تتوفر تلك العناية ولفترة قصيرة.	الدوران الدموي سليم، يتكلم، غير قادر على المشي. الدوران الدموي سليم، غير قادر على الكلام أو المشي. الدوران الدموي سليم، غير قادر على الكلام أو المشي. يعتمد تصنيف هؤلاء المرضى على التسهيلات المتوفرة. إذا لم تتوفر التسهيلات المناسبة لجميع المرضى، فيجب تصنيف هؤلاء المرضى على أنهم فئة متوقعة.
التأخرة	المريض الذي يتطلب عناية مركزة مطولة، لكن تأخير العناية لا يؤثر سلباً على حصيلة الإصابة.	تم إعطاؤه أو استخدم المضاد (مثال، الحاقن الأوتوماتيكي) المريض بيدي علامات الشفاء.
الطفيفة	المريض الذي لديه إصابات صغيرة والتي يمكن العناية بها من قبل أشخاص غير أطباء.	قادر على المشي، قادر على الكلام، قادر على العناية الذاتية.
المتوقعة	المريض الذي لديه إصابات شديدة والذي لا يمكن إنقاذه حتى لو أعطي العناية المثلى ضمن الإمكانات المتوفرة.	لا يتكلم، لا يوجد دوران دموي. (يمكن تصنيف هؤلاء المرضى على أنهم من الفئة الفورية إذا كانت الموارد العلاجية كافية لجميع المرضى المتورطين في هذا الحادث)



الشكل رقم (٣-٥). تركيب جزيء كلور البراليدوكسيم (PAM-2). حقوق النشر ١٩٩٦-٢٠٠٢ تم

استخدامه بإذن.

ملاحظة: تستند الفئات أعلاه على الفرز العسكري للفئات من كتاب الطب العسكري، الجزء الأول، الجوانب الطبية للحرب الكيميائية والبيولوجية. مكتب الجراح العام، قسم الجيش، ١٩٩٧م

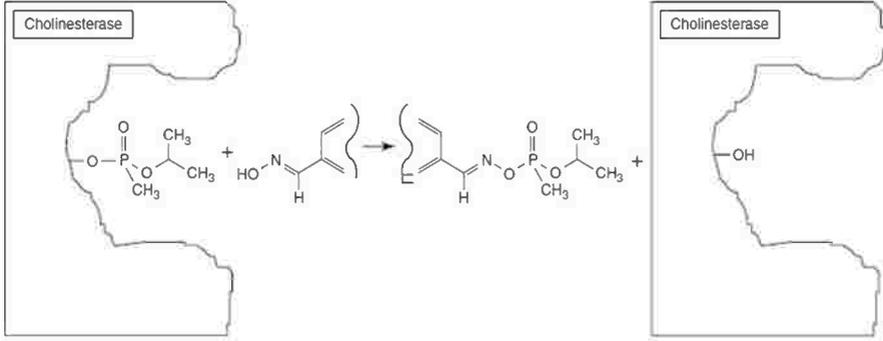
### الأترابين Atropin

لقد كان سلفات الأترابين atropine sulphate لأكثر من ٤٠ سنة العلاج الإسعافي الرئيسي للتسمم بالعوامل المضادة للكولين استراز. يزيل الأترابين الأعراض لكنه لا يؤثر على سبب السمية. يعمل الأترابين في أجزاء معينة فقط من الجهاز العصبي الكوليني. يعاكس الأترابين التأثيرات الموسكارينية للتسمم بعامل الأعصاب مثل تقبض القصبات، زيادة الإفرازات التنفسية، وزيادة الحركات المعوية hypermotility. لا يقدم الأترابين الوقاية من تأثيرات مركبات الفوسفور العضوية على المستقبلات النيكوتينية عند التوصيلات العضلية. قد يحتاج إلى مقادير كبيرة من الأترابين لمعاكسة التأثيرات الموسكارينية لعوامل الأعصاب. على الرغم من الإجراءات العسكرية من إعطاء ثلاث حقن تلقائية من ٢ مغ من الأترابين لكل واحدة منها فقد يكون هذا مقداراً غير كافٍ للمعالجة في الحقل. تحتاج التعرضات المؤكدة من ٢٠ - ٤٠ مغ من الأترابين ولا يعد هذا استثناء عند التعرض لعوامل الأعصاب. وقد يحتاج الأمر لجرعات تتجاوز ٢٠٠٠ مغ / باليوم في حالات التسمم بمبيدات الحشرات الفوسفورية العضوية.<sup>٥٠</sup> في حادثة انبعاث السارين في مترو أنفاق طوكيو كان هناك استعمال أقل من المتوقع للأترابين.<sup>٥١</sup> لقد علل ذلك أن معظم المرضى المصابين في مترو أنفاق طوكيو لديهم تعرض بسيط لعدم كفاءة جهاز توزيع السارين. وتم الإشارة إلى أن ٨٢٪ من المرضى لديهم تعرض ضئيل لرداذ العامل ولذلك كان استخدام الأترابين قليلاً نتيجة للتعرض القليل. قليل من سيارات الإسعاف التي تجهز بأكثر من ١٠-١٥ مغ من الأترابين في جميع صناديق الأدوية، ومثل ذلك، لا تمتلك أقسام الطوارئ الكمية

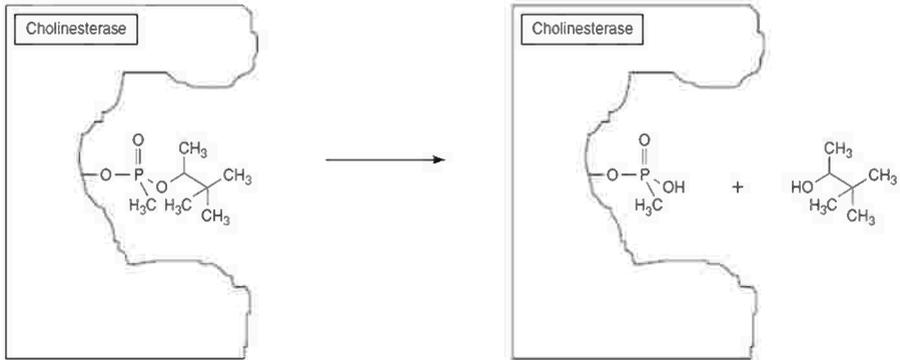
الكافية من الأتروبين لمعالجة الأعداد الهائلة من المصابين. إن الحل المنطقي هو نقل المصابين لأماكن تجهيزات الأتروبين ولكن ذلك ليس متوفراً وغير عملي. من المصادر الأخرى للأتروبين غرف العمليات حيث يمكن أن يتوفر مخزون منها هناك. مصادر الأتروبين الأخرى المناسبة تتضمن الأتروبين العيني والأتروبين البيطري.<sup>٥٢</sup>

### البراليدوكسيم Pralidoxime

في عام ١٩٥١م اقترحت مركبات الأكسيم oximes (التي منها كلور براليدوكسيم PAM-2 والذي هو متعلق بالبحث هنا) لأول مرة في معالجة تسمم عوامل الأعصاب. (الشكل رقم ٣-٥). تستعمل هذه الأدوية لتفعيل أنزيم الأستيل كولين استراز المتحد مع عامل الأعصاب (الشكل رقم ٣-٦). تعتمد فعالية الأكسيم على الأنزيم والأكسيم المستخدم وعامل الأعصاب المتسمم به. لا يوجد هناك أكسيم واحد فعال لكل عوامل الأعصاب. يستخدم الجيش الأمريكي PAM-2 لمعالجة التعرض لعامل الأعصاب. هناك أكسيم آخر، أوبيدوكسيم obidoxime (Toxognin) تم اختياره بنجاح في معالجة التسمم بالتابون والساارين. يجب اعتبار الأتروبين والأكسيم مكملين لبعضهما البعض ويبدو أن كلا المضادين لديهما تأثيرات تضافرية. بعد فترة الهرم، لا يمكن تنشيط الكولين استراز بالأكسيمات التقليدية. تأخذ عملية الشيوخوخة ساعات عند التعرض للساارين والعامل VX، وتحدث خلال دقيقتين تقريباً بالنسبة للسومان، مما يجعل معالجة التعرض للسومان بشكل خاص صعبة (الشكل رقم ٣-٧). لهذا السبب يعتبر العامل VX والساارين من أسهل عوامل الأعصاب معالجة، وتزيد جميع الأكسيمات من فرص الحياة عند التسمم بهذه العوامل. بالنسبة لمركبات الفوسفور العضوية التجارية يحدث تحرب الأنزيم (الهرم) بعد ٢٤ إلى ٤٨ ساعة.



الشكل رقم (٣-٦). إعادة توليد أنزيم الكولين استراز بواسطة PAM-2.

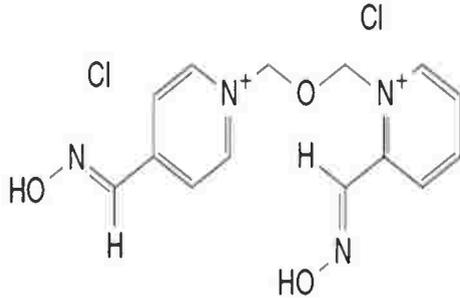


الشكل رقم (٣-٧). تأهرم أنزيم الكولين استراز المصاحب لتأثير السومان.

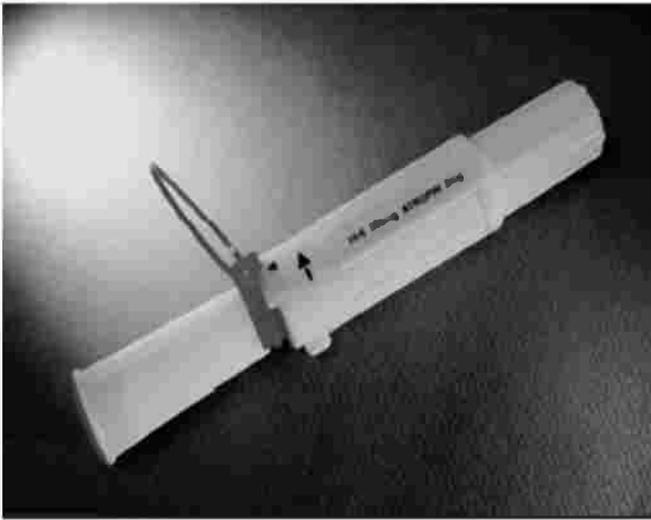
### الأكسيمات H Oximes

فصيلة من الأكسيمات التقليدية تدعى أكسيمات H. وتتضمن عوامل مثل HI-6، HGG-12، و HGG-42. تمت دراسة الأكسيمات من الناحية العسكرية ولكنها غير متوفرة للاستعمال في الولايات المتحدة. (الشكل رقم ٣-٨) مصرح به للعمل

في بلدان أخرى (الشكل رقم ٣-٩). أظهرت أكسيمات H وعود على تفعيل الأنزيم المتخرب بعد التعرض لعامل السومان<sup>٥٣</sup>. يبدو أن عامل HI-6 أكثر مضاد فعال للتسمم بالتابون. من الممكن أن يكون لعامل HI-6 بعض التأثيرات الإضافية الإيجابية بالإضافة لتفعيل الأنزيم المتأهرم.<sup>٥٤</sup>



الشكل رقم (٣-٨). التركيب الجزيئي للعامل HI-6.



الشكل رقم (٣-٩). الحاقن الذاتي السويدي للدواء HI-6.

استخدام البراليدوكسيم

تهدف المعالجة إلى إزالة السيلان القضيبي bronchorrhea (بواسطة الأتروبين) وتحسين قوة العضلات (بواسطة الأكسيم). حالياً يستخدم الجيش الأمريكي كلور براليدوأكسيم (2-PAM) لإعادة تنشيط أنزيم الكولين استراز. وكما ذكر سابقاً، فهو غير فعال بشكل تام، وهو أقل فعالية ضد السومان. من جهة أخرى يحتاج العامل VX فترة زمنية تمتد إلى عدة ساعات لتخريب الأنزيم ولذلك من المفيد استخدام 2-PAM في معالجة هذا العامل. تحتوي مجموعة NAAK للجيش الأمريكي (مجموعة مضادات عامل الأعصاب) علامة ١ (الشكل رقم ٣-١٠) على حقتين عضليتين ذاتية الحقن، واحدة من الأتروبين ٢مغ والحقنة الأخرى ٦٠٠مغ من البراليدوأكسيم تعطى هذه في آن واحد في حالة التعرض لغاز الأعصاب. يحمل جنود الولايات المتحدة الأمريكية ثلاث مجموعات من العلامة واحد. وهم مدربون على إعطاء مركب واحد من خلال اللباس الواقي ومن تحت البدلة إذا حصلت أعراض التعرض للغاز (الشكل رقم ٣-١١).



الشكل رقم (٣-١٠). عدة مضادات عامل الأعصاب الأمريكي مارك ١ (NAAK).



الشكل رقم (٣-١١). استخدام الحقن الذاتي.

يعتمد العدد المطلوب من مجموعة الشكل واحد المعطى للمصاب على طريق التعرض، شدة التأثيرات السريرية، والوقت المستقطع بعد التعرض. حديثاً تم تطوير إبرة مفردة ذاتية الحقن تحوي كلا من: 2-PAM والأترابين وتم تسميتها المعالجة المتقدمة بمضاد عامل الأعصاب أو ATNAA (الشكل رقم ٣-١٢). تبين أن الإعطاء الوريدي المستمر لـ 2-PAM في حالة التسمم بمبيدات الحشرات الفوسفور العضوية تبين أنه آمن وفعال. خطوات المعالجة الحالية تقترح إعطاء ١ غ من 2-PAM كل ٤ - ٦ ساعات في حالة التسمم بمركبات الفوسفور العضوية. إن الإعطاء الوريدي المستمر (٠,٥ مغ/ ساعة) يؤدي إلى مستويات حوالي ١٥ مايكروغرام/مل في حالة محاكاة ثابتة في الكهول. ويمكن أن يقدم علاج أفضل في المرضى المصابين بمركبات الفوسفور العضوية.<sup>٥٥</sup> أظهرت بعض تقارير حوادث التسمم بعوامل الأعصاب أن التأثيرات السمية غالباً ما

تدوم عدة ساعات فقط إذا تم تنظيف المريض بشكل تام وأعطيت المعالجة بالأثروبين و2-PAM بشكل مبكر. على عكس التسمم بمبيدات الحشرات الفوسفور العضوية ليس من الضروري تكرار جرعة البراليدوكسيم في حالة التسمم بعامل الأعصاب. يتم طرح البراليدوكسيم بسرعة في البول ويجب إعطاء السوائل الكافية خلال المعالجة. المرضى المصابون بالفشل الكلوي يحتاجون إلى مقادير أقل في المعالجة. إذا كان الحصول على مدخل وريدي صعب فإنه يمكن إعطاء المحلول عن طريق العضل بخلط محتويات زجاجة ١ غ مع ٣ مل من المحلول الملحي المعقم. يحدث الإعطاء العضلي للمريض الذي لديه ضغط دموي مناسب تركيز بلازما ٤ مغ/ل خلال ١٠ دقائق<sup>٥٦</sup>. في حال عدم معرفة المنقذ الطبي لطبيعة العامل فإن استخدام 2-PAM لا يؤدي لأذى وسوف يقي المريض من التسمم بمركبات الفوسفور العضوية.



الشكل رقم (٣-١٢). الحواقرن الذاتية (من اليسار إلى اليمين): NAAK Mark1, ATTNA, CANA

### معالجة التسمم بالكاربامات

إن الدواء المفضل لمعالجة التسمم بالكاربامات هو الأتروبين بمقدار أولي ٠.٥ - ٢ مغ عن طريق الوريد يمكن تكرار هذا المقدار كل ١٥ الى ٣٠ دقيقة. لا يحتاج عادة لجرعات كبيرة من الأتروبين في المرضى المتسممين بالكاربامات. إن الهدف من وراء المعالجة بالأتروبين في التسمم بالكاربامات هو نفسه تماماً الهدف في حالات التسمم بمركبات الفوسفور العضوية الموصوفة سابقاً. لا يستطب البراليدوكسيم في معالجة التسمم بالكاربامات، لأن مركب الأستيل كولين قابل للعودة. يمكن استخدام البراليدوكسيم في المرضى الذين يكون تشخيصهم مشكوك فيه أو عندما يتعرض المريض لكلا النوعين من مثبطات الأستيل كولين استراز. هناك بعض الخلاف حول ما إذا أعطي المريض المتسمم بالكاربامات دواء البراليدوكسيم أن يتحسن أو تسوء حالته نتيجة لذلك. وقد حل هذا الخلاف نحو إعطاء البراليدوكسيم. ويكون الشفاء عادة بدون عقابيل في المرضى الناجين.

### الديازيبام والمركبات الأخرى للبنزوديازيبين

إذا حدث للمريض اختلاجات أو علامات تسمم شديد فإنه يجب إعطاء الديازيبام في المقادير الاعتيادية للاختلاج. إن إضافة الديازيبام لنظام المعالجة أمر مطلوب لأن الديازيبام يساعد في الوقاية من الاختلاجات الموجودة عادة في التسمم بعامل الأعصاب. إن المعالجة السريعة للتشنجات ضرورية لحماية الخلايا العصبية. إضافة لذلك، لقد حسن إعطاء الديازيبام من إصابات ووفيات التسمم بالسومان.<sup>٧</sup> لقد وجد أن الديازيبام يقدم بعض الوقاية ضد التخريب الدائم الذي قد يحدث في التعرض الشديد لعوامل الأعصاب.<sup>٨</sup> من المتوقع أن جميع مركبات البنزوديازيبين التي تستخدم كمضادات للتشنجات الاعتيادية (مثل لورازيبام وميدازولام) مفيدة تماماً في سياق معالجة التسمم بعوامل الأعصاب. يحمل الجيش الأمريكي الديازيبام في محفنة ذاتية

الحقن أسماها CANA (مضاد التشنج، عامل الأعصاب) (Convulsant Antidote, Nerve Agent). يعتبر الديازيبام عاملاً من المجموعة D في مؤسسة الغذاء والدواء (FDA) وهو قد يضر الجنين بشدة لكن على المنقذ أن يعلم أن التشنجات المصاحبة للتسمم بعامل الأعصاب داء مهدد للحياة بشدة ويجب أن يتبع التوصيات. لا يترافق الأتيفان بإصابات جنينية ويمكن أن يكون الخيار الأفضل في الحامل إذا كان متوفراً.

### مقادير مضادات السموم عند الأطفال

باعتبار جميع الأطفال دون ٣٢ كيلوغرام، فإن مجموعة مضاد عامل الأعصاب الشكل واحد تشكل خطر انسمام بالأتروبين و 2-PAM. يجب اعتبار المخاطر مقابل الفوائد والحذر تماماً عند استخدام هذا المضاد. إن أهداف المعالجة في الأطفال هي نفسها بالنسبة للكبار: إزالة السيلان القصبي (بواسطة الأتروبين) وتحسين قوة العضلات (بواسطة الأكسيم).

### المقادير المقترحة للأتروبين عند الأطفال

لا يوجد هناك دليل متوفر على استخدام الأتروبين في معالجة التسمم بعامل الأعصاب عند الأطفال. هناك تقارير طبية وافرة حول استخدام الأتروبين والعوامل المماثلة كأدوية قبل العمليات في معالجة المرضى الأطفال. هناك أيضاً بعض الخبرة بالجرعات الزائدة عند الأطفال المصابين بمركبات الفوسفور العضوية التجارية لكن ليس هناك خبرة فيما يتعلق عند التسمم بعامل الأعصاب. لقد تم وضع المقادير الدوائية للأطفال بناء على الوزن لكن لا يوجد هناك معطيات جيدة تثبت هذه القراءات الموجودة في الجدول رقم (٣-٨). المقدار الأدنى المستخدم هو ٠,١ مغ.

الجدول رقم (٣-٨). مقادير جرعات الأتروبين المقترحة عند الأطفال: مقدار ٠,٠٢ مغ/كغ (تركيز ٢ مغ/مل)

المقدار بميليلتر (الإعطاء: حقن عضلي)				
شدة التعرض				
العمر المقدر	الوزن المقدر	الخفيف	المتوسط	الشديد
٣ أشهر	٥ كغ (١١ رطل)	٠,١	٠,١	٠,٢
١٢ شهراً	١٠ كغ (٢٢ رطل)	٠,١	٠,٢	٠,٣
٣ سنوات	١٥ كغ (٣٣ رطل)	٠,٢	٠,٣	٠,٥
٦ سنوات	٢٠ كغ (٤٤ رطل)	٠,٢	٠,٤	٠,٦
٨ سنوات	٢٥ كغ (٥٥ رطل)	٠,٣	٠,٥	٠,٨
١٠ سنوات	٣٠ كغ (٦٦ رطل)	٠,٣	٠,٦	٠,٩
١١ سنة	٣٥ كغ (٧٧ رطل)	٠,٤	٠,٧	١,١
١٢ سنة	٤٠ كغ (٨٨ رطل)	٠,٤	٠,٨	١,١
١٣ سنة	٤٥ كغ (٩٩ رطل)	٠,٥	٠,٩	١,٤
١٤ سنة إلى البالغ	٥٠+ كغ (١١٠ رطل)	١,٠	٢,٠	٣,٠

مأخوذ من هولستيغ الحرب الكيميائية، التسمم بعوامل الأعصاب

### المقادير المقترحة لدواء ٢-PAM

يظهر الجدول رقم (٣-٩) المقادير المقترحة للأطفال من 2-PAM. قد يحتاج الأمر إلى مقادير كبيرة في حالات التسممات الشديدة. تتوفر خبرة محدودة في استخدام الأكسيمات في معالجة التسمم بمركبات الفوسفور العضوية التجارية في الأطفال. بينما لا توجد هناك خبرة تجريبية في استخدام هذا الدواء في الأطفال عند التعرض لعامل لأعصاب.

الجدول رقم (٣-٩). مقادير جرعات كلور ٢-PAM المقترحة عند الأطفال: مقدار ١٠ إلى ٢٥ مغ/كغ (تركيز ٣٠٠ مغ).

المقدار بميليلتر (الإعطاء: حقن عضلي)				
شدة التعرض				
العمر المقدر	الوزن المقدر	الخفيف	المتوسط	الشديد
٣ أشهر	٥ كغ (١١ رطل)	٠.٥	١.٠	١.٢٥
١٢ شهراً	١٠ كغ (٢٢ رطل)	١.٠	٢.٠	٢.٥
٢-٥ سنوات	١٥-٢٠ كغ (٣٣-٤٤ رطل)	١.٥	٣.٠	٣.٧٥
٦ سنوات إلى البالغ	٢٠-٥٠ كغ (٤٤-١١٠ رطل)	٢.٠	٤.٠	٤.٥

مأخوذ من هولستيغ الحرب الكيميائية، التسمم بعوامل الأعصاب

### المقادير المقترحة للديازيام عند الأطفال

تتوفر معلومات هائلة من التقارير الطبية حول استخدام الديازيام والمواد الشبيهة له في معالجة مرضى الأطفال المصابين بالتشنجات الجدول رقم (٣-١٠). بينما تتوفر خبرة محدودة حول استخدام الديازيام والعوامل الشبيهة له في معالجة التشنجات الناتجة عن التسمم بمركبات الفوسفور العضوية التجارية. ولا توجد هناك خبرة تجريبية حول استخدام الديازيام في الأطفال المتسممين بعوامل الأعصاب.

### مقادير مضادات التسمم عند المسنين

كما هو الحال في المرضى الأطفال فإنه لا يوجد هناك دليل يدعم (يرفض) مقداراً مختلفاً من الأتروبيين بالنسبة للمسنين. على كل حال، فإن أي مضاد استطباب للأتروبيين يعد نسبياً في وجه التعرض المميت المؤكد لعامل الأعصاب.

الجدول رقم (٣-١٠). مقادير جرعات الديازيبام المقترحة عند الأطفال: مقدار ٠,٢ مغ/كغ (تركيز ٥ مغ/مل).

العمر المقدر	الوزن المقدر	الجرعة بالميليلتر (عن طريق العضل)
٣ أشهر	٥ كغ (١١ رطل)	٠,٢
١٢ شهراً	١٠ كغ (٢٢ رطل)	٠,٤
٣ سنوات	١٥ كغ (٣٣ رطل)	٠,٦
٦ سنوات	٢٠ كغ (٢٥ رطل)	٠,٨
٨ سنوات	٢٥ كغ (٥٥ رطل)	١,٠
١٠ سنوات	٣٠ كغ (٦٦ رطل)	١,٢
١١ سنة	٣٥ كغ (٧٧ رطل)	١,٤
١٢ سنة	٤٠ كغ (٨٨ رطل)	١,٦
١٣ سنة	٤٥ كغ (٩٩ رطل)	١,٨
١٤ سنة إلى البالغ	٥٠ كغ (+١١٠ رطل)	٢,٠

مأخوذ من هولستيغ الحرب الكيميائية، التسمم بعوامل الأعصاب

## الحمل

إن مقادير الأدوية المذكورة أعلاه هي نفسها بالنسبة للمريضة الحامل كما هي عند غير الحامل. وبالرغم من أن 2-PAM دواء من الصنف C (يعني استخدام بحذر - التأثيرات غير معروفة في الحمل) فإنه ببساطة ليس هناك مجال للاختيار بين استخدام مضادات السم والموت والتي ترسو بشكل كبير باتجاه استخدام 2-PAM. لقد تم بنجاح معالجة النساء الحوامل من التسمم بمركبات الفوسفور العضوية التجارية باستخدام الأتروبين والبراليدوكسيم في الثلث الثاني والثلث الثالث من الحمل وقد تم إنجاب ولدان أصحاء.

### ما قبل المعالجة (المعالجة الاستباقية) Pretreatment

بما أن المعالجة بالأثروبين ومضاد السم الأكسيم لها قيود، توجد طريقة أخرى للعلاج تقوم على تثبيط عامل الأعصاب بشكل تنافسي بدواء مسبق. يجب أن يكون هذا الدواء غير سام نسبياً ويسهل تحمله، كما يجب أن ينافس عوامل الأعصاب على الأستيل كولين استراز. قد يثبط المقدار الكبير من عامل الأعصاب نهائياً كل أنزيمات الأستيل كولين استراز الباقية ويسبب الموت. قد يؤدي إعطاء مقدار قليل، لكنه مميت، إلى تثبيطه بمركب متحد مع الكاربامات والأستيل كولين استراز المعكوس. الكاربامات المفضل حالياً هو البيريدوستيغمين pyridostigmine. له هامش علاجي وأمان واسعاً ويبدو أنه لا يمتلك تأثيراً سميّاً طويلاً الأمد على البشر. لقد استخدم البيريدوستيغمين في الولايات المتحدة لعدة سنوات كعلاج للوهن العضلي الوخيم وهو متوفر بأقراص ٣٠ مغ للحبة. إن المقدار العلاج المسبق العادي هو ٣٠ مغ عن طريق الفم كل ٨ ساعات، تبدأ كل ٦ إلى ٨ ساعات قبل التعرض.<sup>٥٩</sup> لقد أظهرت المعطيات أن استخدام الأثروبين و2-PAM سوف تقي الحيوان لمدة ١.٦ أضعاف المقدار المميت الوسطي. بالإضافة للمعالجة الاستباقية فإن نسبة الوقاية ستزداد لأكثر من ٢٠ مرة من مقدار المميت الوسطي. على كل حال، الشخص الذي ينجو من تعرض عديد باستخدام المعالجة المركبة قد يحتاج لأسابيع حتى يشفى وظيفياً بشكل نهائي. إن المعالجة الاستباقية بمثبطات الكولين استراز قد تحسن الحياة عندما تعطى قبل التعرض للتابون، السومان، والكلورهكسيل السارين. ليس هناك دليل على فعالية المعالجة الاستباقية للتعرض للساارين أو العامل VX. المشكلة الكبرى للمعالجة الاستباقية أنها لا تحمي الشخص من الاختلاجات المحدثة بعامل الأعصاب. كذلك وجدت أنها قد لا تقي من الإفرازات الغزيرة ونقص الجهد التنفسي. يحمي البنزوديازيبين من هذه الاختلاجات لكنه لا يمكن إعطاؤه بفعالية كمعالجة استباقية.

### الكريمات الواقية Barrier Creamas

طورت المؤسسة العسكرية الأمريكية كريماً واقياً يطبق قبل دخول المناطق الملوثة بغبار الخردل وعوامل كيميائية أخرى.<sup>٦٠</sup> يطلق على هذا الكريم اسم سيرباكوا SERPACWA، وهو يحمي الجلد من التعرض للعوامل الحربية الكيميائية (اللوحة الملوثة ٣-٢ تظهر طريقة تطبيق مرهم السيرباكوا).<sup>٦١</sup> لقد اختبر هذا الكريم ضد غبار الخردل والعوامل الكيميائية عند الحيوانات. لم يختبر كعامل وقائي من العوامل الكيميائية عند الإنسان. يبدو أنه فعال في الوقاية من الخردل، لكن الفعالية الوقائية للسيرباكوا ضد العامل VX غير معروفة. أعطت منظمة الأغذية والدواء (FDA) الموافقة النهائية لهذا الكريم في شباط عام ٢٠٠٠م.<sup>٦٢</sup> لقد تم اختبار كريم السيرباكوا عند البشر فقط ضد البدائل غير الخطرة من العوامل الكيميائية الحربية (مثل يوري شول) urishiol.<sup>٦٣</sup> يبدو أن هذا المركب يقدم وقاية مديدة ضد التعرض لكل من الخردل ومركبات الفوسفور العضوية (حوالي ٤ ساعات). قد يستخدم هذا العامل الواقى في حماية القوات من العوامل الكيميائية الحربية. وهو متوفر في علب بلاستيكية من أجل الاستخدام المفرد. وقد تمت الموافقة على هذا الكريم الواقى من قبل الإمدادات الطبية الإسعافية EMS ووكالة الشراء. إن أجرة السيرباكوا ضارة ويمكن أن تسبب حمى أذخنة البوليمير polymer-fume fever. تنطلق هذه الأبخرة خلال الحريق ولذلك يجب أن لا تحرق الألبسة والأجهزة المعرضة للسيرباكوا. قد تطلق السجائر الملوثة بالسيرباكوا هذه الأبخرة ولذلك يعد التدخين خلال استعمال هذا الكريم خطيراً. إن كريم السيرباكوا مصمم ليدعم الوقاية المقدمة بالرداء MOPP. وليس للاستخدام بمفرده. إن قدرة السيرباكوا على إنقاص أو تأخير امتصاص العوامل الكيميائية الحربية بعد ٥ ساعات من تطبيقها غير معروف. إن دهانات DEET وبعض الدهانات المموهة الأخرى معروف أنها تنقص فعالية كريم السيرباكوا. كذلك تقلل بعض مواد التجميل من فعالية

السيرباكو. هناك جيل ثانٍ من السيرباكو يعرف بالواقى الجلدي الموضوعي الفعال (aTSP) قيد التطوير. إن المادة الفعالة مصممة لتثبيط العوامل الكيميائية الحربية قبل أن تنفذ حاجز الكريم. وجد أن الكلورأميد (-S 330) يقدم حماية أخرى ضد الخردل عندما يضاف للكريم الواقى.<sup>٦٤</sup> يزيد هذا المركب من فعالية السيرباكو بإضافة جزء يعدل أي عامل كيميائي حربي قد يخرق الكريم الأساسي. إن توفر المركب المحسن هذا غير معروف. كذلك تعمل المؤسسة العسكرية الأمريكية على إنتاج عامل جلدي واقٍ آخر يمكن أن يعدل أي عامل حربي كيميائي ويقي الشخص من تأثيرات هذا العامل (الكريم الجلدي الواقى المطهر (decontaminating protective skin cream)). تدعم هذه الكريمات الواقية الحاجة الواجبة الواقية المقدمة من الألبسة الواقية أو تنقص الحاجة لهذه الألبسة في حالات التعرض البسيط. تم وصف هذه الكريمات في بحوث علم الجلد الحربي لكن لا تتوفر التفاصيل.

### إزالة التلوث Decontamination

إن الحماية الشخصية هي جزء رئيسي عند العناية بهؤلاء المصابين. وكما ظهر بوضوح في تجربة طوكيو، فإن أعداداً كبيرة من المصابين تجاوز إمكانات طاقم الفرق الإسعافية.<sup>٦٥</sup> كما يمكن للمرضى الملوّثين أن يجعلوا قسم الطوارئ أو حتى أجزاء كبيرة من المشفى غير مستقرة. وأكثر من ذلك، فإنه يتوجب على مقدمي الخدمة الطبية أن لا يجزموا أن طاقم الإطفاء أو الطاقم المسؤول عن المواد الخطرة سوف يسيطر على المشهد ويظهر جميع المرضى قبل نقلهم للعناية في قسم طب الطوارئ. من المحتمل أن الشرطة السلمية، أو المارة، أو الأصدقاء، أو العائلات أن تحضر بعض المصابين مباشرة إلى قسم الطوارئ. هؤلاء المصابون قد يكون لديهم تلوث بالبخار والسائل معاً على الجلد، الشعر، واللباس مما قد يسبب إصابات بين أفراد طاقم الإسعاف. يجب على جميع مقدمي العناية أن يرتدوا البدلات الوقائية الكاملة في جميع الأوقات خلال

عنايتهم لهؤلاء المرضى حتى يصل الأخصائي الصحي البيئي المدرب على كشف هذه العوامل وتطهير المرضى. بما أن هذه العوامل مميتة، يتوجب إجراء إزالة التلوث بارتداء اللباس الواقي الكامل والأجهزة التنفسية الواقية إذا كانت متوفرة. وعلى الرغم من كون ذلك إجراءً نظامياً، فإن معظم المشافي ببساطة ليس لديها الميزانية الكبيرة الكافية لتقديم الأجهزة التنفسية والأجهزة الوقائية لمعظم طاقم الإسعاف. بالإضافة إلى ذلك، يجب ألا يعتمد مقدم الخدمة الإسعافية على مساعدة الولاية على هذه الأحداث. حيث إن أعداداً كبيرة من المصابين سوف يتم فحصهم وفرزهم وإعطاؤهم العناية أو يتم فقدانهم وذلك خلال زمن انتظار استدعاء مساعدة الولاية وتوجيهها وارتداء العتاد الواقي. يمكن الاستفادة من هذه المساعدة بطريقة منظمة عندما يكون هناك عمل إرهابي متوقع في حادث مشهور مثل الألعاب الأولمبية. يجب على المسعف في معظم الحوادث أن يفترض أنه لا يوجد هناك مساعدة هامة متوفرة على الأقل من انتظار ٢ إلى ٤ ساعات بعد وقوع الحادثة. إن الحد الأدنى للوقاية عند إزالة تلوث مريض متسمم بعامل الأعصاب هو الوقاية على المستوى "ج" الذي يتألف من البدلة والقناع الواقي الملائم (قناع الغاز). الأقمعة الواقية ذات المداخل المتعددة الأغراض لديها عمر زمني محدود فقط ويجب أن تفحص بعناية وتستبدل حالاً. تقدم القفازات من نوع تيفيك ذات الطبقة المزدوجة من اللاتكس وقاية قليلة من غازات الأعصاب ويجب ألا تستخدم حتى في التدريب. أما قفازات مطاط النتريل أو مطاط البوتيل والبدلات المعطية فهي تقدم الوقاية المثلى من التعرض الجلدي. تعتمد الحاجة إلى إزالة تلوث المرضى القادمين إلى قسم الطوارئ جزئياً على طبيعة التعرض، فإذا كان المريض معرضاً للبخار فقط، فإن تلوث العاملين السريريين ستكون خفيفة.<sup>٦٦</sup> قد تكون إزالة التلوث عن طريق إزالة ملابس المريض وغسلها بالماء العادي. يشكل التلوث السائلي للمصاب خطراً على الطاقم الطبي ينجم عن خطر البخار والتماس الجلدي معاً. يمكن أن يتحقق التطهير

الموضعي لعوامل G عن طريق الماء والصابون. وكما ذكر سابقاً فإن العامل VX لا ينحل بالماء ويجب أن يجري التعامل معه عن طريق المواد المبيضة.

### التهديد الناجم عن عوامل الأعصاب

#### Threat of the Nerve Agents

ليس من الصعب تركيب العوامل الحربية الكيميائية، وطرق التركيب متوفرة بسهولة في التقارير العلمية. يمكن تصنيع عوامل الأعصاب باستخدام تقنية كيميائية بسيطة جداً. المواد الأساسية ليست باهظة الثمن وهي متوفرة عبر المصادر الشائعة. يجب أخذ الحذر الكبير، لكن الملم بهذه المواد يستطيع إنتاج عامل الأعصاب. كما سبق ذكره، فإن مجموعة إرهابية، مثل مجموعة أوم شينريكيو، أنتجت واستخدمت عامل الأعصاب كسلاح إرهابي. وبالنظر للتأثيرات النفسية الكبيرة لعوامل الأعصاب هذه عندما تستخدم في حملة إرهابية والتهديد المتزايد ضد مواطني الولايات المتحدة، فإنه لا مجال للشك في أن مقدمي الخدمات الإسعافية في الولايات المتحدة سوف يشاهدون استخدام هذه العوامل. إن التقنيات المطلوبة لإنتاج عوامل الأعصاب معروفة منذ ٤٠ سنة وهي سهلة الصنع من قبل أي شخص لديه ماجستير كيمياء أو ما يعادلها. بالإضافة إلى ذلك، يمكن صنع الأسلحة الكيميائية الحربية بواسطة المعدات التجارية المتوفرة بشكل عام في أية دولة. يمكن أن تصنف معظم عوامل الأعصاب الشائعة في ثلاث مجموعات إنتاجية: تابون، سارين/سومان، العامل VX. هناك طرق إنتاجية بديلة متنوعة عديدة ضمن كل مجموعة. لقد نشرت تقنيات الإنتاج بشكل واسع في تقارير المصادر المفتوحة لعلوم الكيمياء وتتضمن المعلومات التفاعلات الحركية والحفاظات الكيميائية ومعايير التشغيل. بنفس الوقت، إن الآلاف من الخبراء في الكيمياء العضوية التطبيقية والمهندسين الكيميائيين من البلدان النامية تم تدريبهم على

التقنيات المتعلقة بإنتاج المواد الكيميائية في جامعات الولايات المتحدة وأوروبا والاتحاد السوفيتي السابق.

الصعوبات التقنية المرافقة لإنتاج كميات قليلة من عوامل الأعصاب ليست مختلفة كثيراً عن تلك الموجودة في إنتاج المواد الكيميائية التجارية مثل المبيدات الحشرية الفوسفورية العضوية. هذه الصعوبات موصوفة جيداً في كتب علوم المصادر المفتوحة. تتضمن صعوبات إنتاج عوامل الأعصاب ما يلي:

- التفاعل السيانيدي للتابون، يتورط في إنتاج غاز ثانوي عالي السمية.
- خطوة الألكلة للساارين، السومان، والعامل VX والتي تتطلب استخدام درجات حرارة عالية وعمليات تفاعلات تآكلية وخطرة، مثل إنتاج حمض كلور الماء الحار وفلوريد الهيدروجين.
- السيطرة الحذرة على درجة الحرارة، بما يتضمن ذلك تبريد الأوعية المتفاعلة خلال التفاعلات الحرارية الشديدة.
- التعامل السليم مع المركبات الوسطية التي قد تتفاعل مع الماء بشكل انفجاري.

■ خطوة التقطير، إذا كان يتطلب ذلك إنتاج عوامل نقية (ليست ضرورية للإرهاب). على الرغم من أن بعض الخطوات في إنتاج عوامل الأعصاب تكون صعبة وخطيرة، فهي تمثل إزعاجاً أكثر منه صعوبة لمجموعة إرهابية محددة. لقد ظهر ذلك واضحاً في إنتاج عوامل الأعصاب من قبل مجموعة أوم شينريكيو. لقد أنتج الألمان أطناناً من التابون بشكل فعال جداً باستخدام تقنية الأربعينيات من القرن الماضي وبدون استخدام المقاييس البيئية والأمان الصارمة المطلوبة اليوم. وفي محاولة لإخفاء إنتاج عوامل الأعصاب، قد تلجأ المنظمة الإرهابية لعمليات إنتاج موصوفة من قبل العسكريين لأنها تكلف كثيراً، أو أنها غير مجددة، أو أنها تحتاج لطلائع أو حافرات

كيميائية غير عادية. لقد كان التابون أول عامل أعصاب مستخدم عسكرياً والأسهل إنتاجاً. يتكون التابون من أربعة طلائع كيميائية هي: أوكسي كلور الفوسفور ( $POCl_3$ )، سيانيد الصوديوم، ثنائي متيل الأمين، والكحول الإيثيلي. اثنان من هذه المواد (ثنائي إيتيل الأمين وأوكسي كلور الفوسفور) عبارة عن مواد كيميائية محظورة لكنها ما تزال متوفرة في كميات صغيرة وتنتج في عدة بلدان من أجل تطبيقات تجارية في إنتاج منتجات دوائية أو مبيدات حشرية ومضافات للغازولين. لقد تم تطوير طريقة الخلطة الأساسية للتابون من قبل الألمان خلال الحرب العالمية الثانية كما استخدمها صدام حسين في العراق. لا يتطلب تركيب التابون استخدام مواد تآكلية ولا يتطلب إنتاج مواد وسيطة متفاعلة. إنه يتم بطريقة ذات خطوتين تحتاج لإضافة المواد الكيميائية بالترتيب الصحيح والابتعاد عن الحرارة ولا يحتاج الأمر إلى تقطير آخر للمواد السامة الناتجة. لقد أنتج العراقيون ٤٠٪ من التابون بكميات كبيرة بهذه الطريقة. ببساطة لا يوجد سبب يفسر عدم إمكانية إنتاج الكميات الصغيرة المستخدمة في عمليات إرهابية في مختبرات صغيرة مع وجود الأجهزة المناسبة والمعدات الواقية. يصنع السارين والسومان بعملية أساسية واحدة وبنفس الخطوات التفاعلية والأجهزة. كما لوحظ سابقاً، فإنهما يختلفان فقط في الكحول المستخدم في التفاعل: كحول الأيزوبروبيل يستخدم في السارين وكحول بيناكوليل يستخدم في السومان. أما ثلاثي كلور الفوسفور ( $PCL_3$ ) فهو المادة الأساسية البدئية لتركيب كلا العاملين. اعتماداً على أي طريقة من الطرق البديلة العديدة المختارة للتركيب، فإن هناك اثنتين إلى خمس خطوات مطلوبة لإنتاج عامل الأعصاب. هناك ثلاث صعوبات رئيسية لتركيب عوامل G من قبل الإرهابيين:

■ يتطلب تركيب عوامل G حمض الكلور الماء الساخن وفلوريد الهيدروجين وكلاهما مواد مخرشة بشدة. فإذا لم تستخدم أنابيب ومفاعلات مقاومة للتآكل، فإن هناك فرصة لحدوث تسربات كبيرة وبالتالي يزداد الأذى للصانع بشدة.

■ يتطلب تصنيع عامل G أيضاً تفاعل ألكلي، الذي لا يستخدم في إنتاج مبيدات الحشرات التجارية وهو صعب تقنياً.

■ إن تقطير المنتج النهائي قد يكون ضرورياً وهي عملية خطيرة بشدة. وإذا لم يقطر العامل فإن نوعيته تكون رديئة ويخرب بسرعة. ولو صنعت المجموعة الإرهابية العوامل G بغير هذه الطريقة (التقطير) فإن السارين والسومان يجب تبريدهما واستخدامهما في وقت قصير. هناك على الأقل ٣ طرق تركيبية لعملية لإنتاج عوامل V التي قد تستخدم من قبل الإرهابي. كما هو الحال في عوامل G فإن إنتاج عوامل VX يتطلب التفاعل الألكلي والذي يعتبر صعباً تقنياً. على كل حال، بما أنه لا يتم استخدام الفلورين في هذه العملية فإنه من غير المطلوب استخدام معدات وأوعية مضادة للتآكل. بعد الانتهاء من مرحلة الأكللة فإن الخطوات الباقية للتركيب تكون سهلة نسبياً. بعيداً عن الإنتاج، فإن الانتشار الفعال يطرح مأزقاً لغير العسكريين. إن المشكلة الرئيسية في استخدام هذه العوامل يكمن في نقلها وتبيدها. لقد استخدم المخططون العسكريون بشل تقليدي الذخائر، الألغام، والبخاخات الهوائية من أجل نشر هذه العوامل. أشار هؤلاء الخبراء العسكريون إلى أن تصميم هذه الذخائر الحربية حتى تكون ذات انتشار فعال فإن الأمر يحتاج إلى معرفة كبيرة. على كل حال، يجب اعتبار أن كلمة فعال هي مصطلح نسبي. وخلال تجربة طوكيو بالسارين ظهر أن عدد الإصابات الناتجة عن الهجمة الإرهابية كانت أكبر بكثير من الكمية المستخدمة من عامل الأعصاب، هذا نتيجة للخوف والارتباك الحاصل بعد الإصابات القليلة الأولى.<sup>٦٧</sup> هذا لا ينطبق بالضرورة على الجنود المدربين والمزودين بالمعدات المناسبة. ما

هو هدف الإرهابي من وراء استخدام عامل الأعصاب ؟ يكون العامل أكثر فعالية في المناطق المغلقة، مثل المسارح، الأنفاق، المطارات، مراكز التسوق، والأبنية التجارية. لقد أشار العالم سيدل بحسابات بسيطة أنه بالنسبة لبناء ١٠٠ متر عرض وارتفاع ٥٠ متراً (بناء مكاتب كبيرة، وميدان رياضي نموذجي، وقاعة محاضرات أو قاعة مؤتمرات)، إن تركيز ١٠ مغ/م<sup>٣</sup> يمكن إحداثه باستخدام ٥ كيلوغرام من العامل أو ٧,٥ لتر.<sup>٦٨</sup> إذا تم نشر هذه الكمية من العامل بشكل متساوٍ، فإن معظم الأشخاص داخل البناء سيتسممون بشدة. بما أن السارين يتبخر بسرعة فإنه يمكن تشتيته عبر فتحات التهوية أو أجهزة التكييف الهوائية. إن استخدام مفجرات بسيطة لإغلاق الأبواب سيزيد من شدة التأثيرات المميتة والنفسية. أما إذا استخدم العامل في الأماكن المفتوحة فإنه يتطلب في هذه الحال استخدام كميات كبيرة بشكل أساسي. قد تلعب قابلية السارين التطايرية دوراً ضد الإرهابي ذاته وبينما تكون العوامل الثابتة مثل العامل VX مناسبة جداً له، لأن العامل سيتبخر وسوف يكون البخار عرضة للتيارات الهوائية. قد تستخدم معدات إنتاج للرذاذ أو بخاخات في تشكيل ضباب كثيف من عامل الأعصاب فوق منطقة كبيرة مكتظة مثل حدث رياضي. ورغم الأخذ بالاعتبار إمكانية نشر العامل بالطائرة، تبقى مثل هذه الوسائل للانتشار ضرورية. كما أظهرت الأحداث المستجدة، أن الإرهابيين ربما لا يعتبر استمرار حياتهم ضرورة من أجل هدف الإرهاب، مما يجعل التخطيط لهذا العمل أسهل.

### المراجع

1. Pittaway AR: *The Difficulty of Converting Pesticide Plants to CW Nerve Agent Manufacture*. Task IV, Technical Report No. 7, Kansas City, MO, Midwest Research Institute, February 20, 1970.
2. Paxman J, Harris R: *A Higher Form of Killing: The Secret Story of Chemical and Biological Warfare*. New York, NY, Hill and Wang, 1982, pp 53-67, 138-139.

3. Compton JAF: *Military Chemical and Biological Agents*. Caldwell, NJ, Teleford Press, 1987, p 135.
4. Pine A: Pentagon Reports 15,000 Troops Possibly Exposed to Iraqi Toxins. *Los Angeles Times*, October 2, 1996, on page 2. Found at <http://www-tech.mit.edu/V116/N47/pentagon.47w.html> (accessed March 22, 2004).
5. Harris LW, Heyl WC, Sticher DL, et al: Effects of 1.1'-oxydimethylene bis-(4-tertbutylpyridinium chloride) (SAD-128) and decamethonium on reactivation of soman and sarin-inhibited cholinesterase by oximes. *Biochem Pharmacol* 1978;27:757-761.
6. Brown JH, Taylor P: Muscarinic receptor agonists and antagonists, in Hardman JG, Kimberl LE (eds): *Goodman and Gilman's The Pharmacologic Basis of Therapeutics*. New York, NY, McGraw-Hill, 1996, vol 9, p 141.
7. Taylor P, Brown JH: Acetylcholine, in Seigel GJ, Agranoff BW, Albers RW, et al (eds): *Basic Neurochemistry*. New York, NY, Raven Press, 1994, vol 5, p 231.
8. Rengstroff RH: Accidental exposure to sarin: Vision effects. *Arch Toxicol* 1985;56:201-203.
9. Kato T, Hamanaka T: Ocular signs and symptoms caused by exposure to sarin gas. *Am J Ophthalmol* 1996;121:209.
10. Morito H, Yanagisawa N, Nakajima T, et al: Sarin poisoning in Matsumoto, Japan. *Lancet* 1995;346:290.
11. Yokoyama K, Yamada A, Mimura N: Clinical profiles with sarin poisoning after the Tokyo subway attack. *Am J Med* 1996;100:586.
12. Anonymous: Nerve agents: A FOA briefing book on chemical weapons. FOA, S-172 90 Stockholm, Sweden  
<http://www.opcw.nl/chemhaz/nerve.htm> (accessed October 29, 2001).
13. Ludomirsky A, Klein HO, Sarelli P, et al: Q-T prolongation and polymorphous ("torsades de pointes") ventricular arrhythmias associated with organophosphorus insecticide poisoning. *Am J Cardiol* 1982;49:1654.
14. Anzueto A, Berdine G, Moore G, et al: Pathophysiology of soman intoxication in primates. *Toxicol Applied Pharmacol* 1986;86:56.
15. Ludomirsky A, Klein HO, Sarelli P, et al: Q-T prolongation and polymorphous ("torsades de pointes") ventricular arrhythmias associated with organophosphorus insecticide poisoning. *Am J Cardiol* 1982;49:1654.
16. Robineau P, Guittin P: Effects of an organophosphorus compound on cardiac rhythm and haemodynamics in anaesthetized and conscious beagle dogs. *Toxicol Lett* 1987;37:95.
17. Ludomirsky A, Klein HO, Sarelli P, et al: Q-T prolongation and polymorphous ("torsades de pointes") ventricular

- arrhythmias associated with organophosphorus insecticide poisoning. *Am J Cardiol* 1982;49:1654.
18. Kiss Z, Fazekas T: Arrhythmias in organophosphate poisonings. *Acta Cardiol* 1979;34:323.
  19. Robineau P, Guittin P: Effects of an organophosphorus compound on cardiac rhythm and haemodynamics in anaesthetized and conscious beagle dogs. *Toxicol Lett* 1987;37:95.
  20. Grob D: The manifestations and treatment of poisoning due to nerve gas and other organic phosphate anticholinesterase compounds. *Arch Intern Med* 1956;98:221.
  21. Grob D, Harvey JC: Effects in man of the anticholinesterase compound sarin (isopropyl methyl phosphonofluoridate). *J Clin Invest* 1958;37:358.
  22. Johnson RP, Gold AJ, Freeman G: Comparative lung-airway resistance and cardiovascular effects in dogs and monkeys following parathion and sarin intoxication. *Am J Physiol* 1958;192:581.
  23. Wright PG: Analysis of the central and peripheral components of respiratory failure produced by anticholinesterase poisoning in the rabbit. *J Physiol* 1954;126:52.
  24. Holstege CP, Kirk M, Sidell FR: Chemical warfare: Nerve agent poisoning. *Crit Care Clin* 1997;13:923.
  25. Grob D: The manifestations and treatment of poisoning due to nerve gas and other organic phosphate anticholinesterase compounds. *Arch Intern Med* 1956;98:221.
  26. Anzueto A, Berdine G, Moor G, et al: Pathophysiology of soman intoxication in primates. *Toxicol Applied Pharmacol* 1986;86:56.
  27. Grob D, Harvey JC: Effects in man of the anticholinesterase compound sarin (isopropyl methyl phosphonofluoridate). *J Clin Invest* 1958;37:358.
  28. Abou-Donia M: Organophosphorus ester-induced delayed neurotoxicity. *Ann Rev Pharmacol Toxicol* 1981;21:511-548.
  29. Laskowski MB, Olson WH, Dettbarn WD: Ultrastructural changes at the motor end-plate produced by an irreversible cholinesterase inhibitor. *Exp Neurol* 1976;47:290-306.
  30. Nishiwaki Y, Maekawa K, Ogawa Y, et al: Effects of sarin on the nervous system in rescue team staff members and police officers 3 years after the Tokyo subway sarin attack. *Environ Health Persp* 2001;109:A542.
  31. Yokoyama K, Araki S, Murata K, et al: A preliminary study on delayed vestibulo-cerebellar effects of Tokyo
- 24254\_CH03\_Stewart\_017\_036 8/14/05 5:33 PM Page 35 **36** | C H A P T E R 3:  
Nerve Agents subway sarin poisoning in relation to gender difference: Frequency analysis of postural sway. *J Occ Environ Med* 1998;40:17.
32. Nakajima T: Sequelae of sarin toxicity at one and three years after exposure in Matsumoto, Japan. *J Epidemiol*

- 1999;9:337-343.
33. McLeod CG: Pathology of nerve agents: Perspective on medical management. *Fund Appl Toxicol*1985;5:S10-S16.
  34. Ludomirsky A, Hlein HO, Sarelli P, et al: Q-T prolongation and polymorphous ("torsade de pointes") ventricular arrhythmias associated with organophorus insecticide poisoning. *Am J Cardiol* 1982;49:1654-1658.
  35. Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, et al: Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. *Ann Emerg Med* 1996;28:129-135.
  36. Anonymous: FAS nerve agents briefing. [http://www.fas.org/irp/gulf/oia/970825/970613\\_dim37\\_91d\\_txt\\_0001.html](http://www.fas.org/irp/gulf/oia/970825/970613_dim37_91d_txt_0001.html) (accessed April 19, 2003).
  37. Yang YC, Baker JA, Ward JR: Decontamination of chemical warfare agents. *Chem Rev*1992;92:1729-1743.
  38. Yang YC, Szfraniec LL, Beaudry WT, Rohrbaugh DK: Oxidative detoxification of phosphonothiolates. *Am Chem Soc* 1990;112(18):6621-6627.
  39. Anonymous: Chemistry of VX. Mitretek, [http://www.mitretek.org/offcr/energy/cw\\_page/vx.htm](http://www.mitretek.org/offcr/energy/cw_page/vx.htm) (accessed January 3, 1999).
  40. Anonymous: Nerve agents: FOA briefing book on chemical weapons. FOA, S-172 90 Stockholm, Sweden. <http://www.opcw.nl/chemhaz/nerve.htm> (accessed March 22, 2002).
  41. Englund W: Ex-Soviet scientist says Gorbachev's regime created new nerve gas in '91. *Baltimore Sun*, September 16, 1992:3.
  42. The United States of America as represented by the secretary of the Army. US patent application number 855078, September 2, 1969.
  43. Hassall, KA: *The Chemistry of Pesticides*. Deerfield Beach, FL, Verlag Chemie, 1982, p 31.
  44. Iraq-Kuwait: Chemical warfare dusty agent threat. US Defense Intelligence Agency (Filename:73349033), October 10, 1990, <http://www.desert-storm.com/Gulflink/950719dl.txt> (accessed December 10, 2002).
  45. Iraq-Kuwait: Chemical warfare dusty agent threat. US Defense Intelligence Agency (Filename:73349033), October 10, 1990, <http://www.desert-storm.com/Gulflink/950719dl.txt> (accessed December 10, 2002).
  46. Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, et al: Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. *Ann Emerg Med* 1996;28:129-135.

47. Holstege CP, Kirk T, Sidell FR: Chemical warfare: Nerve agent poisoning. *Crit Care Med* 1997;13:923.
48. Weber LW, Zesch A, Rozman K: Decontamination of human skin exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) in vitro. *Arch Environ Health* 1992;47:302.
49. Wester RC, Maibach HI: In vivo percutaneous absorption and decontamination of pesticides in humans. *J Toxicol Environ Health* 1985;16:25.
50. DuToit P, Muller F, Van Tonder W, et al: Experience with the intensive care management of organophosphate insecticide poisoning. *S African Med J* 1981;60:227-229.
51. Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, et al: Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. *Ann Emerg Med* 1996;28:129-135.
52. Holstege CP, Kirk T, Sidell FR: Chemical warfare: Nerve agent poisoning. *Crit Care Med* 1997;13:923.
53. Exner O, Benn MH, Willis F: *Can J Chem* 1968;46:1873.
54. Anonymous: Nerve agents: FOA briefing book on chemical weapons. FOA, S-172 90 Stockholm, Sweden, <http://opcw.nl/chemhaz/nerve.htm> (accessed March 22, 2002).
55. Hoidal CR, Hall Kulig KW, et al: Pralidoxime chloride continuous infusions. Letter. *Ann Emerg Med* 1987;16:831.
56. Holstege CP, Kirk T, Sidell FR: Chemical warfare: Nerve agent poisoning. *Crit Care Med* 1997;13:923.
57. Kusic R, Jovanovic D, Randjeovic D, et al: HI-6 in man: Efficacy of oxime in poisoning by organophosphorus insecticides. *Hum Exp Toxicol* 1991;10:113-118.
58. Anonymous: Nerve agents: FOA briefing book on chemical weapons. FOA, S-172 90 Stockholm, Sweden, <http://opcw.nl/chemhaz/nerve.htm> (accessed March 22, 2002).
59. *Pyridostigmine Pretreatment for Nerve Agents*. US Army Academy of Health Sciences (Field Circular No 8-48), March 26, 1987.
60. Smith KJ, Hurst CG, Moeller RB, et al: Sulfur mustard: Its continuing threat as a chemical warfare agent, the cutaneous lesions induced, progress in understanding its mechanism of action, its long term health effects, and new developments for protection and therapy. *J Am Acad Derm* 1995;32:765-776.
61. Smith KJ, Hurst CG, Moeller RB, et al: Sulfur mustard: Its continuing threat as a chemical warfare agent, the cutaneous lesions induced, progress in understanding its mechanism of action, its long term health effects, and new developments for protection and therapy. *J Am Acad Derm* 1995;32:765-776.

62. Drugs approved by the FDA: Drug name: Skin exposure reduction paste against chemical warfare agents (SERPACWA). Centerwatch, <http://www.centerwatch.com/patient/drugs/dru606.html> (accessed April 20, 2002).
63. Liu DK: Efficacy of the topical skin protectant in advanced development. *J Appl Toxicol* December 1, 1999;19(suppl 1): S40-S45.
64. Braue EH Jr: Development of a reactive topical skin protectant. *J Appl Toxicol* December 1, 1999;19(suppl 1):S47-S53.
65. Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, et al: Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. *Ann Emerg Med* 1996;28:129-135.
66. Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, et al: Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. *Ann Emerg Med* 1996;28:129-135.
67. Romano JA Jr: Psychological casualties resulting from chemical and biological weapons. *Mil Med* 2001;166 (suppl 12):21-22.
68. Sidell FR: Chemical agent terrorism. *Ann Emerg Med* 1996;28:223-224.