الفصل الخامس

العوامل المنفطة
Vesicant Agents

المقدمة

العوامل المنفطة (المحدثة للبثور) عبارة عن مواد كيميائية تؤدي لحدوث فقاعات أوحويصلات Vesicles على الأنسجة المكشوفة. تعتبر هذه العوامل الكيميائية سامة للجلد، الرئتين، العينين، والأغشية المخاطية. وإذا ما تم امتصاص كمية جيدة من أي من هذه المواد الكيميائية فقد يحدث مرض جهازي. وقد يتأخرظهور التأثيرات في كثير من هذه العوامل (الجدول رقم ٥-١). ورغم أن هذه السموم التماسية قد تسبب أذيات جلدية وعينية خطيرة، إلا أن الإصابة الرئوية تبقى أهم سبب للوفاة [١،٢] توجد ثلاث تصنيفات فرعية للعوامل المنفطة: الخردل، الزرنيخ، والأكسيمات المهلجنة. وتختلف تأثيرات ومواصفات الأكسيمات المهلجنة تماماً عن بقية العوامل المنفطة. تعد هذه المواد الكيميائية أقل إماتة بكثير من عوامل الأعصاب ضمن الظروف المماثلة للتعرض. وعلى الرغم من أن العوامل المنفطة تمتلك قابلية إماتة منخفضة نسبياً، إلا أنها فعالة تماماً في إحداث الأذية. تسبب العوامل المنفطة حتى بالمقادير القليلة حروقاً مؤلمة وفقاعات تتطلب عناية طبية. تعد العوامل المنفطة عوامل إرهابية مثالية، لأنها سهلة الإنتاج وتتوفر في الصناعات وتوقع أذىً جوهرياً على الناس غير المحميين. تجبر

openkandil.com

العوامل الفقاعية الشرطة والعاملين في الاستجابة الإسعافية على ارتداء معدات وقائية كاملة للحد من تأثير وفعالية هذه العوامل. يمكن إضافة العوامل المنفطة باعتبارها عوامل ذات تأثير ثانوي أو ثالثي من حيث الخطورة على العاملين في الاستجابة الإسعافية بعد الهجوم الأولي.

الجدول رقم (٥–١). العوامل المحدثة للبثور (المنفطة) وبداية الأعراض.

العامل	الرمز	بداية الأعراض
الخردل (عوامل الكبريت والخردل الآزوتي)	HD,HN,HT,Q الخردل المغبر	متأخرة
الليويزيت	L	مباشرة
أكسيم الفوسجين	CX	مباشرة، تسبب الغثيان أيضاً

الخردل والعوامل المشابهة Mustard and Similar Agents

عوامل الخردل عبارة عن مجموعة مواد أساسها الكبريت، والنيتروجين، والأكسجين ذات تأثيرات حيوية وكيميائية متشابهة. ويعد كبريت الخردل النموذج البدئي الحربي لهذا الصنف من المواد الكيميائية ويسمى أيضاً خردل الليفنشتاين Levinstein mustard، وقد سمي بذلك نسبة لمخترع عملية التصنيع الرئيسية لكبريت الخردل. هناك نوعان من كبريت الخردل: كبريت الخردل المقطر (HD) والخردل القذر(H). تتضمن العوامل المشابهة الأخرى العامل Q، العامل T، والخردل الآزوتي.

التاريخ

كان كبريت الخردل أكثر الأسلحة الحربية الكيميائية خطورة في الحرب العالمية الأولى. وقد تم تركيب كبريت الخردل لأول مرة من قبل الدكتور غوثري عام ١٨٥٩م. واستخدم غاز الخردل لأول مرة في ابرس، بلجيكا، عام ١٩١٧م خلال الحرب العالمية

الأولى. اختار الألمان نفس ساحة المعركة حيث استخدم الكلور قبل سنتين ليظهر لأول مرة هذا العامل الجديد. ما زال الخردل يعتبر تهديداً حربياً كيميائياً رئيسياً. على الرغم من دخول الخردل متأخراً في الحرب العالمية الأولى فقد تسبب في إصابات كيميائية أكثر من جميع العوامل الأخرى مشتركة. على الرغم من أن هذا العامل له نسبة إماتة منخفضة إلا أن الإصابات به شائعة وعديدة. غالباً ما يطلق اسم ملك العوامل الكيميائية على كبريت الخردل، لأنه ينتج بسهولة ورخيص الثمن وله استمراريته وذو خواص متوقعة ويسبب إصابات تلتهم الموارد أكثر من الوفيات[٣]. ما زال العسكريون يعتبرون كبريت الخردل عامل حرب كيميائية حديثاً بسبب قوة اختراقه الهائلة، واستمراريته وصعوبة كشفه. يخترق الخردل الثياب العادية والجلد ومعظم المواد البلاستيكية الشائعة بدون إحراقها ويفتك فقط بالأنسجة الحية[٤]. أكثر من ذلك، فإن المتعرضين له غالباً ما يكونوا بدون أعراض لمدة من الوقت (عادة ساعات). مجموعة الصفات هذه تجعل الوقاية الشخصية منه صعبة جداً. لا يُحدث الخردل على الجلد إحساس مباشر ولا تظهر الأعراض عادة إلا بعد عدة ساعات من التعرض. في المقادير التعجيزية للخردل فإن الأعراض قد لا تكون واضحة لمدة ١٢ ساعة. وليس الهواء فقط يصبح ساماً بعد الهجوم بالخردل لكن كل شيء يلامسه الخردل يصبح ساماً بشدة.

الصفات الفيزيائية

كبريت الخردل (H) هو سائل زيتي صافٍ أصفر أو مائل للصفرة برائحة الخردل السكرية الخفيفة أو برائحة الثوم. يتبخر الخردل ببطء في المناطق المعتدلة ويمكن أن ينتشر بالرذاذ أو بالانفجارات الناسفة. بخاره أثقل من الهواء ويستقر ببطء في المناطق المنخفضة. نظرا لقابلية تطايره الضعيفة في درجات الحرارة الأخفض، فإن الخردل يعتبر عاملاً ثابتاً في المناطق المعتدلة، ويبقى حتى أسبوع بعد النشر. قليل الذوبان في الماء، لكنه يذوب بشدة في المذيبات العضوية وفي زيوت الجلد. يتحلل الخردل ببطء في الماء

ليشكل حمض كلور الماء. يتجمد الخردل في درجة حرارة ١٣,٩ مئوية (٥٧ فهرنهايت) ولذلك من الصعب استخدامه في فصل الشتاء أو نقله بالهواء في المناخات الباردة. إن نقطة تجمد الخردل العالية تجعله خطراً جداً خلال بعض أوقات السنة عندما تهبط درجات الحرارة دون ١٠ درجة مئوية. يتجمد الخردل في الأجزاء المنخفضة من الأرض في الليل ومن ثم يذوب بالشمس خلال النهار ويتبخر، محدثاً هجوماً ثانوياً بعد عدة ساعات من الفجر..

الانتشار

يمكن إيصال الخردل بواسطة القنابل، المدفعية، أو قذائف الهاون، أو تحريره من أسطوانات. وقد تم تكييف القذائف على حمل هذا العامل بكميات كبيرة. كما يمكن نشر الخردل المكثف بأجزاء صغيرة (الخردل المغبر). وسوف يدرس تحضير الخردل بهذه الطريقة بالتفصيل في هذا الفصل فيما بعد. الخردل عامل كيميائي يحتمل استخدامه في ساحة المعركة الحديثة، فقد استخدم من قبل العراق حديثاً. يمكن بسهولة إنتاج الخردل من المواد المتوفرة الشائعة باستخدام آليات مشروحة جيداً في تقارير المصادر المفتوحة. يعتبر الخردل جذاباً إستراتيجياً للاستخدام كسلاح تدمير شامل للأسباب التالية:

- قوي.
- يوقع إصابات رغم الاستعمال المناسب للأجهزة الوقائية التنفسية.
- يسبب إعاقة مطولة.
- يحدث تأثيرات متأخرة.
- فعال مباشرة رغم التظاهر المتأخر.
- صعوبة كشفه.
- سهل ورخيص الصنع.

- تصعب إزالة تلوثه.
- مستمر.
- يخترق عدة أنواع من الألبسة الواقية.
- يُنشر بسهولة بواسطة أجهزة التفجير.
- فعال في حالة الغاز (البخار)، السائل، والرذاذ.

آلية العمل في الأنسجة

يعتبر الخردل بشكل رئيسي عاملاً مهيجاً للأنسجة. يخترق الخردل الجلد بسرعة. لقد قدر أن بين ١٢٪ إلى ٥٠٪ من الخردل الممتص يتفاعل مع الجلد ومكونات الجلد. إن الآليات الجزيئية التي تسبب السمية بالخردل غير واضحة[٥]. وتفاعلات الألكلة alkylation reactions الخاصة بكبريت الخردل سريعة وغير عكوسة. يكمن أهم تأثير استقلابي للخردل، على الأقل في التسمم الحاد، في تثبيط انحلال الغلوكوز الخلوي. إن تعطيل هذا الطريق الاستقلابي موجود بعد التعرض تقريباً لكل العوامل الكيميائية المحدثة للبثور[٦]. يتحد غاز الخردل مع مركب DNA مشكلاً روابط تقاطعية تمنع من توالد الخلايا لاحقاً. تأخذ العملية حوالي ساعة وتقود إلى تثبيط تحلل الغلوكوز ثم تحرر أنزيمات البروتينات النسيجية ووفاة الخلية. يخرب الخردل أيضاً مركب RNA والبروتينات. وعلى الرغم من أن الخردل يستطيع التفاعل مع أشكال واسعة من الجزيئات، فإن جرعة الخردل المصادفة عند معظم المصابين لن تثبط استقلاب الطاقة الخلوية، أو تركيب البروتينات، أو تركيب RNA، أو النشاطات الأنزيمية الأخرى إلى أي درجة هامة. توجد في خلايا الثدييات طرق عديدة لترميم DNA مما يقلل من التخريب الدائم للخلية الناجم عن الخردل. الخردل **محدث** للطفرة mutagenic، مسرطن carcinogenic، وماسخ teratogenic. وتعتبر الخلايا في طور الانقسام أكثر الخلايا حساسية للخردل، لكن الخردل بالتراكيز العالية يقتل أي خلية. وتعد الخلايا

ذات التكاثر العالي مثل نقي العظم، خلايا المخاطية المعوية، وعناصر الجلد حساسة للخردل بشكل خاص. إن تأثيرات التعرض للخردل متراكمة إذا حصلت التعرضات خلال ١٢ ساعة[٧]. أما في الفترات الزمنية الأطول بين التعرضات، فقد تكون التأثيرات أقل تراكماً.[٨]

التأثيرات

يخترق الخردل بسهولة الجلد والأغشية المخاطية. وتعتبر الأجزاء الرطبة من الجسم مثل العينين، الفم، الطريق التنفسي، الصفن، والشرج، أكثر تأثراً بكافة أنواع عوامل الخردل (الجدول رقم ٥-٢).

الجدول رقم (٥-٢). أجزاء الجسم الأكثر تأثراً بالخردل.

جزء الجسم	المرضى المتعرضون
العينان	٨٦٪
الطريق التنفسي	٧٥٪
الصفن	٤٢٪
الوجه	٢٧٪
الشرج	٢٤٪

ملاحظة: إضافة النسب المئوية لأكثر من ١٠٠٪ لأن إصابة عدة مناطق هو شائع.

تعتمد تأثيرات الخردل على مدة التعرض وتركيز العامل (الجدول رقم ٥-٣). هناك فترة كمون مميزة من ٤-١٢ ساعة قبل بدء الأعراض بعد التعرض. وتعتمد سرعة البدء على مقدار العامل الممتص، فالتراكيز العالية والتعرضات المديدة تؤدي لحدوث الأعراض بشكل أسرع. كما يوجد أيضاً اختلاف هام في الحساسية للخردل بين الأشخاص.

obeikandl.com

الجدول رقم (٥–٣) تأثيرات الخردل على الإنسان.

التركيز (أجزاء بالمليون)	المدة (بالدقائق)	التأثيرات
٠,١	١٠	تخرب العين والجلد
١,٠	٦٠	تخرب رئوي خطير
١٠,٠	٦٠	خطير على الحياة
١٠٠,٠	١٠	قاتل (خلال عدة ساعات)

لقد قدرت تراكيز الخردل في ساحة المعركة خلال الحرب العالمية الأولى بين ١٩ إلى ٣٣ مغ/م^{٣}.[٩] عند هذه التراكيز، يسبب التعرض لعدة دقائق أذية جلدية وعينية، ويسبب التعرض لمدة ٣٠ إلى ٦٠ دقيقة أذية تنفسية، تسمماً جهازياً، وربما الموت. عموماً يكون لدى المتسممين بالخردل آفات في أماكن متعددة. في معظم المرضى، تكون الآفات جلدية cutaneous بشكل رئيسي، لكن الأذيات التنفسية، العينية، والمعدية المعوية شائعة أيضاً. إذا كان المريض يلبس القناع الواقي عند التعرض، تبقى المظاهر الجلدية فقط المرجحة.

التأثيرات الجلدية

لا يسبب الخردل أذيات جلدية متماثلة. كما لوحظ سابقاً، فإن مناطق الوجه، والصفن، والشرج غالباً ما تصاب، بينما يتم تجنب إصابة الجلد السميك على الأيدي. ويكون الجلد الرطب خاصة، مثل الذي عند المناطق الإربية والإبطية، معرضاً للإصابة.[١٠] لا تتوفر معلومات حول إصابة منطقة ما حول الشرج والمهبل عند النساء، ولكن يتوقع أن تتوازى هذه الإصابات مع تلك التي عند الذكور. إذا تعرض الجلد مباشرة إلى سائل الخردل، تظهر التقرحات والتنخرات الجلدية بعد فترة كمون قصيرة جداً فقط (اللوحة الملونة ٥–١ التي تظهر جندياً من الحرب العالمية الأولى مصاباً بفقاعات ناجمة عن حروق الخردل على السطوح المكشوفة والإبطين). وتزداد السمية

الجلدية عندما تزداد درجة حرارة المحيط.[١١] توجد اختلافات كبيرة بين الأشخاص في التفاعل مع كبريت الخردل، فقد يتطلب الأمر توفير ١٠٠ ضعف من العامل الذي يسبب الأذية في الشخص الحساس لإحداث نفس الأذية عند الشخص المقاوم.[١٢] قد يحدث عند المريض بعد فترة كمون تتراوح بين ٤ إلى ١٢ساعة احمرار جلدي erythema قد يتطور إلى تشكل نفاطات وفقاعات bullae منتشرة.[١٣]وقد تتحول المناطق المصابة إلى اللون الأسود. قد تُحدث التعرضات الخفيفة فقط احمراراً جلدياً مشابهاً لحروق الشمس. ويحتمل أن تُحدث التعرضات الشديدة للخردل تأثيرات جهازية، فقد يعاني المرضى المعرضون بشدة من ضياع سوائل شديد، نقص حجم الدم، وفشل كلوي. يبدو أن الآفات الجلدية عند الأطفال أكثر شدة من البالغين. ووقت ظهور الأعراض عند الأطفال أقصر مقارنة مع البالغين. يمكن أن تعزى كلتا الظاهرتين إلى رقة الجلد عند المرضى الصغار.[١٤] تأخذ الأذيات الجلدية شكل الحروق الكيميائية التي تشفى في غضون ٤ إلى ٦ أسابيع ما لم يحدث الإنتان. بعد أن يهدأ الالتهاب يترك غالباً بقايا سوداء إلى بنية اللون بسبب حدوث تصبغات منقطة حول الأجربة الشعرية punctuate perifollicular pigmentation.[١٥] قد تتكرر الآفات الجلدية المحدثة بالخردل في مواضع الإصابة السابقة. لقد ظهر عند عمال الخردل الألمان واليابانيين أورام جلدية متعددة مثل ورم الخلايا القاعدية، سرطان بوين، وسرطان الجلد التوسفي.[١٦] هذه الآفات حدثت فقط بعد التعرضات المتكررة.

التأثيرات العينية

لاحظ الأطباء الأمريكيون في الحرب العالمية الأولى أن العين كانت أكثر الأعضاء إصابة في الهجوم بالخردل.[١٧] لقد تأكد ذلك مجدداً بالمعطيات المتوفرة عن المصابين الإيرانيين بالخردل.[١٨] تتأثر العين بتراكيز بخار منخفضة أكثر من أي عضو آخر، وتكون فترة الكمون أقصر في الأذيات العينية. زيادة جرعات الخردل تحدث أذية متزايدة

تدريجياً من التهاب الملتحمة، عدم تحمل الضياء (الخوف من الضياء photophobia)، تشنج الأجفان blepharospasm، ألم، وأذية قرنية. قد يلاحظ عند المرضى التهاب الملتحمة الشديد، تشنج الأجفان، وذمة الأجفان، ووذمة الملتحمة قد تأخذ ٢ إلى ٥ أسابيع لكي تتبدد. قد تلاحظ الأذية القرنية المتوسطة على شكل تآكل قرني يتلون بصبغة الفلوروسين. قد يلي ذلك ندبة قرنية سطحية، زيادة التوعية الدموية vascularization، والتهاب القزحية iritis. تتطلب هذه الأذيات ٢ إلى ٣ أشهر لكي تتبدد. إذا وجد تأذي قرنية شديد قد يحدث عند المريض عتامة opacification قرنية كثيفة وتشكل قرحة عميقة. يحتاج هؤلاء المرضى لتدخل أخصائي العيون وقد يتطلب الأمر دخول المشفى. يصاب بعض المرضى بالعمى كنتيجة للتخرب العيني. قد تحدث القرحات القرنية المتكررة لعدة سنوات بعد التعرض. وقد يحدث التهاب ملتحمة مزمن عند المرضى بعد التعرض الشديد للخردل أيضاً.

التأثيرات التنفسية

يؤدي استنشاق رذاذ أو بخار الخردل إلى تهيج خطير في الطرق الهوائية العلوية وقد يقود ذلك إلى فشل تنفسي وموت. في الحرب العالمية الأولى كانت نسبة الوفيات بين المصابين بغاز الخردل حوالي ٢,٥٪ وكانت كل الوفيات تقريباً بسبب استنشاق العامل. تؤثر الأذيات التنفسية بعد استنشاق بخار الخردل (ومن المحتمل الخردل المغبر) بشكل رئيسي على المخاطية الحنجرية laryngeal mucosa وعلى المخاطية القصبية الرغامية tracheal bronchial mucosa. يعاني المريض بعد عدة ساعات من التعرض من التهاب الرغامى والقصبات tracheobronchitis مع أعراض مثل ألم الصدر، وسعال متقطع، وألم بالحلق، وبحة. يظهر التهاب الجيوب، ألم في الجيوب، زيادة السعال، وزياد سرعة التنفس عندما تتقدم الأعراض خلال الـ ١٢ ساعة التالية. يستجيب السعال الشديد بشكل ضعيف لمثبطات السعال، البخار، موسعات القصبات،

والستيروئيدات. وتظهر خلال عدة أيام الأذية في الشجرة الرئوية على شكل التهاب شديد في المخاطية الرئوية والطرق الهوائية. وقد يتلو ذلك تنخر المخاطية والبنية العضلية للطرق الهوائية. وقد تنسلخ المخاطية الرغامية والقصبية وتنسد القصبات. يبدو أن الوذمة الرئوية أقل شيوعاً في غاز الخردل منه في العوامل الخانقة. على كل حال، تؤدي التعرضات الشديدة للخردل إلى وذمة رئوية نزفية، والتهاب رئوي ثانوي، وفشل تنفسي بعد ٢٤–٤٨ ساعة من التعرض. يعد الالتهاب القصبي الرئوي اختلاطاً شائعاً في الأذيات الاستنشاقية الناجمة عن الخردل والليويزيت. تتماشى الصور الشعاعية مع متلازمة الشدة التنفسية. وتأخذ الأذيات عدة أسابيع للشفاء وقد تؤدي لحدوث مشاكل مزمنة في الطرق التنفسية.

التأثيرات المعدية المعوية

تحدث الأذية المعدية المعوية بسبب السمية الجهازية الحادثة بعد تعرضات كبيرة (أكثر من ١٠٠٠ مغ/د/م٣) أو عند تناول الطعام عن طريق الفم أو ماء أو لعاب ملوث. الغثيان والإقياء شائعان بعد التعرض، بينما الإسهال والنزيف المعدي المعوي غير شائعين.[١٩] يمكن لكل من الشكل السائلي والبخاري أن يلوث الطعام محدثاً أمراضاً معدية معوية. عندما تحدث الأعراض المعدية المعوية خلال ساعات بعد التعرض تكون أهميتها قليلة من ناحية الإنذار. بينما الأعراض المعدية المعوية التي تحدث بعد ٤–٥ أيام من التعرض تدل على تأثير جهازي للخردل وتكون ذات إنذار سيئ.

التأثيرات الدموية

إن التعرضات ذات الجرعات العالية (أكثر من ١٠٠٠ مغ.د/م^{٣}) التي تحدث سمية جهازية تؤدي إلى تثبيط نقي العظم. قد يبدي المريض زيادة بدئية في الكريات البيضاء leukocytosis تستمر عدة أيام. يلي ذلك نضوب الكريات البيضاء leukopenia يظهر بعد ٣ إلى ٥ أيام بعد التعرض. يحصل أقل عدد كريات الدم البيضاء بعد حوالي

١٠ أيام من التعرض.[٢٠] في ذلك الوقت يكون المريض على درجة خطورة عالية من الإصابة بإنتان الدم، غالباً من بؤرة رئوية. قد يترافق نقص الصفيحات thrombocytopenia مع نقص الكريات البيضاء. بينما يشاهد فقر الدم بشكل أقل على الرغم من تثبيط جميع عناصر نقي العظم.

التأثيرات القلبية الوعائية

قد تؤدي التعرضات الكبيرة للخردل إلى إحداث وهط قلبي دوراني والصدمة والوفاة. ولا تستجيب حالة المريض المتردية لمعيضات السوائل. يعاني المرضى المصابون بحروق واسعة من نقص في حجم الدم وتركيز الهيماتوكريت والوذمة المحيطية وبطء القلب يتلوه تسرع القلب.

التأثيرات على الجهاز المناعي

يسبب كبريت الخردل بعد ٧ إلى ١٠ أيام من التعرض خللاً في الوظائف المناعية. مما يزيد قابلية الإصابة بالعدوى الجرثومية واختلاطات إنتانية أخرى.

الإبادة

تتراوح نسبة الوفيات بعد التعرض للخردل في ساحة المعركة بين ١٪–٣٪. وقد يكون سبب الوفاة الحروق، تخرب الطريق التنفسي، تثبيط نقي العظم، أو الإنتان.[٢١] يعتبر ظهور التأثيرات الدموية haematological effects الناجمة عن التعرض للخردل علامة إنذار سيئة لكنها موجودات متأخرة. تحدث زيادات كبيرة في احتمال الموت بسبب الهجوم بالخردل إذا استمر المصاب في ارتداء اللباس المشبع بالخردل واستنشاق الأبخرة المنبعثة. بسبب الآثار السريعة الحدوث متضامنة مع الفترة الكمونية الطويلة للخردل، فإن المرضى المتعرضين لمقدار مميت حقاً من الخردل قد يبقوا قادرين على الحركة بعد التعرض مباشرة. هؤلاء المرضى ملوثون جداً وخطرون على الآخرين.

الخردل المغبر

كما درس في الفصل الثالث يتم تركيب العوامل المغبرة باستخدام مواد قاسية تدعم من تشكل الرذاذ. قد ينقص الخردل المغبر من فترة الكمون قبل أن يبدأ الخردل في إحداث الأذيات الجلدية الظاهرة. يسهل نشر الخردل المغبر على شكل سحابة رذاذية مركزة كبيرة، حيث يزيد هذا الرذاذ من تغطية المنطقة بالعامل الكيميائي. يزداد تلوث الألبسة والأدوات بهذا العامل بشدة عن الطرق العادية المصحوبة بالانفجار أو رذاذ البخار. يبدو أن تركيز العامل المغبر يزيد من الأعراض الاستنشاقية للخردل. إن الجزيئات الصغيرة الحاوية على الخردل تبدو ظاهرياً أسهل بكثير على الاستنشاق من مجرد الخردل المتبخر. بالإضافة إلى زيادة كمية العامل الذي يمكن نشره في المنطقة، فإن العوامل المغبرة تنهك وتتعب إجراءات الوقاية الكيميائية. تستغل الجزيئات الصغيرة جداً الضعف في المعدات الدفاعية الكيميائية عن طريق إحداث فجوات وفراغات في الألبسة بغض النظر عن كيفية تجهيز الألبسة. إذا أخذنا بعين الاعتبار قدرة الخردل على إحداث الأعراض عند التعرض الجلدي فإن هذا الغبار الناعم يشكل تهديداً كيميائياً خطيراً.[٢٢] كما هو الحال في العوامل المغبرة الأخرى تنصح المؤسسة العسكرية الأمريكية باستخدام المعطف فوق الأمتعة MOPP للوقاية من هذا العامل. على كل حال، قد تقدم الكريمات الواقية مثل السيرباكوا SERPACWA وTSP وقاية أفضل. ويبقى مدى فعالية الكشف والتطهير عن العامل المغبر غير معروف، وكما هو مفهوم ضمنياً في التصريح التالي لوكالة استخبارات الدفاع الأمريكية:

يقدم القناع الواقي الحماية الكاملة من جميع أخطار العوامل الكيميائية المهددة، بما فيها العوامل المغبرة. إن الكشف عن الخردل المغبر بالأجهزة الحالية بشكل خاص أمر صعب، وإن تأكيد استخدام الخردل المغبر قد يكون صعباً أيضاً ومضيعة للوقت. إن الاستخدام الأولي للعامل المغبر في ساحة المعركة يتم كشفه على الأغلب

عند بداية حدوث الأعراض بين أفراد الطاقم المتعرضين، حيث يتوقع أن يبدأ حدوث الأعراض الجلدية خلال ١٥ – ١٩ دقيقة بعد التعرض. إن التأثيرات الناجمة عن استنشاق الخردل المغبر قد تكون أسرع بكثير.[٢٣]

العوامل المشابهة:

العوامل T وQ

إن العامل T هو منتج ثانوي لإحدى عمليات تصنيع غاز الخردل. تتوفر معلومات قليلة جداً حول سمية العامل T الطويلة المدى، والذي له قابلية تقلب أقل من الخردل. لقد ظن أن العامل T أكثر قوة كعامل محدث للبثور من عامل كبريت الخردل. العامل T أيضاً أكثر استقراراً من كبريت الخردل وله درجة تجمد أقل. على كل حال، فإن العامل T له ضغط بخار أكثر انخفاضاً من كبريت الخردل مما يجعله غير كفء كعامل مؤثر تنفسياً. يمكن خلط العامل T مع الخردل لزيادة قوة الأذية الاستنشاقية للعامل T (قد يشار إلى هذا العامل HT). يضيف العامل T استقرارية للخليط وبالتالي استمرارية أكثر. يظن أن هذا المركب أكثر سمية بمرتين أو ثلاث مرات من كبريت الخردل.[٢٤] إن هذا الخليط سائل صافٍ أو مائل للصفرة وبرائحة مشابهة لرائحة كبريت الخردل المقطر. إنه يملك تأثيراً قوياً في إحداث الفقاعات وله فترة فعالية أطول. العامل Q عامل قوي محدث للبثور وعامل رئوي. يعتبر أكثر سمية بكثير من كبريت الخردل. له ضغط بخار منخفض جداً وبالتالي لا يشكل تهديداً تنفسياً هاماً إلا إذا تم إرذاذه. تشابه التأثيرات الشاملة لكل من العامل Q وT تماماً تأثيرات الخردل وتتطلب نفس الوقاية بالنسبة لمقدمي الخدمات الإسعافية. يجب القيام بالمعالجة وإزالة التلوث وكأن المريض قد تعرض للخردل.

الخردل الآزوتي (النيتروجيني) Mustard Nitrogen

الخردل الآزوتي (HN) سائل زيتي أصفر فاتح أو عديم اللون ينحل بسهولة في المذيبات العضوية لكنه لا ينحل في الماء. هناك ثلاثة أنواع من الخردل الآزوتي: HN-1، HN-2، وHN-3. جميع هذه الأنواع قد تتشكل أثناء تصنيع هذا العامل. لم يستخدم أبداً الخردل الآزوتي في الحروب الكيميائية، وبالتالي لا توجد معلومات كثيرة حول تأثيرات هذا العامل. أنتج الجيش الأمريكي كميات كبيرة من الخردل الآزوتي في نهاية الحرب العالمية الثانية لكن يبدو أنه تم التخلص منها برميها في البحر. يجد الإرهابي في الخردل الآزوتي عاملاً جذاباً مثل كبريت الخردل لأنهما يتشاركان في كثير من الصفات ولا يوجد مضاد سم لأي منهما. المقدار المميت لاستنشاق HN-1 هو أقل بكثير من مثيله في حالة كبريت الخردل ولذلك يتوقع حدوث وفيات أكثر إذا ما استخدم هذا العامل.

التأثيرات

العينية: في التعرضات الخفيفة للخردل الآزوتي يحدث تأذٍ عيني أكثر أهمية من الأذية الجلدية والتنفسية. يبدو أن التهيج يظهر أسرع من ذلك الموجود في كبريت الخردل. التأثير الخفيف يحدث وذمة واحمرار الملتحمة وضبابية في القرنية. قد يعاني المريض من ألم في العين، تقبض الحدقة، خوف من الضياء، والدماع lacrimation الغزير. بعد التعرض الشديد أكثر قد يبدي المريض تلوناً نزفياً في القزحية. يمكن أن يؤدي التنخر الموضعي في القرنية إلى انثقاب مقلة العين.

الجلدية: في التعرضات الخفيفة للخردل الآزوتي قد لا تظهر آفات جلدية عند المريض. تشابه الآفات الجلدية التي تحدث لتلك التي تحدث في حالة كبريت الخردل. عندما يكون التعرض شديداً قد تظهر أعراض المريض بشكل مبكر من تلك التي

تحدث عند التعرض لكبريت الخردل. إن سرعة امتصاص الخردل الآزوتي أقل من كبريت الخردل.

التنفسية: التأثيرات التنفسية للخردل الآزوتي مشابهة لتلك المحدثة بكبريت الخردل.

الجهازية: يبدو أن أكثر التأثيرات النوعية للخردل الآزوتي تكون على أنسجة تكوين الدم والأنسجة اللمفاوية hematopoietic and lymphoid tissues. ويمكن كشف التغيرات التنكسية ضمن نقي العظم خلال ١٢ ساعة بعد تعرض هام للعامل. قد يظهر عند المريض عدم تصنع الدم aplasia. ويتم كشف ذلك بزيادة الكريات البيضاء العابر يتلوه نضوب لمفاوي lymphopenia شديد. كما تختلف الأشكال المختلفة من الخردل الآزوتي في قدرتها على إحداث هذه التغيرات. يعتبر وجود النقص الشديد في الكريات البيضاء، والصفيحات الدموية، والنزف علامات مشؤومة تماماً. كما أن احتمال حدوث الإنتانات الشديدة المصاحب لنقص الكريات البيضاء أمر خطير، ويجب معالجة أي إنتان يظهر بسرعة.

إزالة التلوث (التطهير)

يجب على المنقذين أن يتبعوا مستوى الوقاية من الدرجة " أ " عندما يقومون بعمليات الاحتواء أو التطهير الكبير للمرضى المعرضين لأي شكل من غاز الخردل. يجب استخدام مستوى الوقاية " ب " مع استخدام قفازات مطاط البوتيل أو النيتريل والمئزر عند التماس مع مصابين ملوثين. ولا يوصى بالمستويات المنخفضة من الوقاية بها في أي وقت بسبب خطر البخار والرش لهذا العامل (تذكر أنه قد يحصل للمريض تعرض جلدي وجهازي مميت شديد ويبقى قادراً على الحركة بسبب التأثيرات المتأخرة للخردل). إن إزالة التلوث خلال ١ إلى ٢ دقيقة بعد التعرض هي الوسيلة الفعالة الوحيدة المعروفة للوقاية أو لإنقاص تخرب الأنسجة الناجم عن التعرض للخردل وإذا

ما أجريت عملية إزالة التلوث عند ظهور الأعراض فإنها تكون ذات فائدة محدودة فقط للمريض. على كل حال، قد تحمي إزالة التلوث الطاقم الطبي والآخرين من التلوث وقد تمنع انتشار التلوث لأجزاء أخرى من جسم المريض. يجب القيام بتطهير كل مريض معرض بشدة للخردل والانتهاء منه قبل أن يسمح له الذهاب إلى مرافق المعالجة الطبية. يجب أن تبقى الفضلات والبطانيات والمعدات الملوثة في الخارج لكي لا ينبعث البخار في الداخل. لا يمكن تطهير هذه المواد المذكورة ويجب إتلافها بأمان. يجب ألا تُقوِّض الأعراض جهود إزالة التلوث. لا يسبب الخردل على الجلد أعراضاً فورية وقد لا تظهر الأعراض إلا بعد عدة ساعات من التعرض. كل مريض (إضافة إلى أفراد فريق الإسعاف الطبي وطواقم الحريق والمسؤولين عن تطبيق القانون المدني) يجب كشف الخردل عندهم وتطهيره إن وجد. يجب إزالة القطيرات الزيتية للعامل المتواجدة على الجلد بالنشاف ومن ثم التنظيف بالماء والصابون أو المحلول المطهر. يعتبر الغسيل بمحلول ناقص الكلور٠,٥٪ (المحلول المبيض المنزلي الممدد بنسبة ١٠ : ١) تقنية التطهير الموصى بها كثيراً.[٢٥] لا يزيل هذا المحلول الخردل من الجلد فقط، لكنه يخرب الخردل أيضاً. يجب إزالة جميع الألبسة والمجوهرات والجلود ويجب غسل الجلد تحتها. يجب أن يشمل الغسل المناطق الإربية والإبطية والمنطقة حول الشرج، لأن هذه المناطق هي غالباً ما تصاب. كما يجب تجنب إجراء الفرك واستعمال الماء الساخن لأن كليهما يعززان امتصاص العامل. محلول الكلورامين chloramine solution تم التوصية بالغسل بهذا المحلول من قبل بعض المؤلفين ولكنه عموماً غير متوفر. حالياً يستخدم الجيش الأمريكي مجموعة M258A1 لتطهير الجلد من الخردل وهي تتكون من ثلاث قطع من مناشف مزدوجة الطبقة. تحوي كل منشفة مادة الفينول والهيدروكسيد في إحدى الطبقتين وتحتوي الطبقة الأخرى على الكلورامين. إذا كانت مصادر المياه محدودة فإنه يمكن إجراء تطهير جلدي محدود باستخدام مساحيق ممتصة مثل مسحوق الطحين أو

مسحوق التالك.[٢٦] يجب نثر المسحوق بحرية فوق المناطق المعرضة الملوثة من الجلد ليتمكن من امتصاص الخردل الموجود في الجلد وبعده يمسح عن الجلد بمنشفة أو ورقة رطبة. ينقص هذا الإجراء التلوث بشكل كبير وبالتالي ينقص تعرض كل من المريض والمنقذ لعامل الخردل. ينفذ عامل الخردل بشكل سريع عبر مسامات المواد مثل الخشب والأقمشة والمطاط مما يجعل تطهير هذه المواد صعباً جداً وعموماً يجب رمي هذه المواد نهائياً. يمكن تطهير الأدوات عديمة المسام فقط بأمان. جميع الألبسة الملوثة والأشياء الشخصية غير المعدنية يجب إتلافها بطريقة آمنة. لا تعتبر الأسطح الصلبة عديمة المسام صعبة التطهير حيث إنها لا تمتص الخردل. تتضمن طرق التطهير الممكنة استخدام بخار ذي ضغطٍ عالٍ، رذاذ الماء الحار، أو DS2 (DS2 هو خليط من ٧٠٪ من ثنائي الإيتيل إنترايمينت، ٢٪ من هيدروكسيد الصوديوم و٢٨٪ من إيتر أحادي الميتيل الكحول الإيتيليني). إن مادةDS2 عبارة عن مادة مهيجة للعينين والجلد وخطيرة على التنفس ويجب عدم استخدامها في تطهير المرضى.

المعالجة

بعد حوالي ٧٥ سنة من كشف هذا العامل، فإنه لا يوجد بعد مضاد فعال للخردل. المعالجة داعمة، وإن معظم المرضى المعرضين لغاز الخردل يشفون بشكل كامل.[٢٧] يبين الجدول رقم (٥-٤) بعض الطرق العلاجية النموذجية لإصابات الخردل المنفطة.

obeikandl.com

الجدول رقم (٥-٤). المعالجة الإسعافية لإصابات الخردل المنفطة.

الأعراض	المعالجة النموذجية	المعالجة المتقدمة
جميع الأعراض- المعالجة الفورية	الري وإزالة التلوث	النظرفي استخدام ري محلول ثيوسلفات الصوديوم ٢٪خلال ٣ ساعات من التعرض.
تهيج جلدي بسيط	وقاية الجلد من رض آخر	تأكد من عدم وجود رض أو تعرض آخر لهذه المنطقة.
آفات جلدية شديدة، حويصلات	تنظيف البشرة الحذر	تطبيق ضماد سلفاديازين. النظر في استخدام محلول ٢٪ ثيوسلفات الصوديوم وإعطاء ٢٠ غرام من ثيوسلفات الصوديوم وريدياً. قد يكون ضرورياً إعطاء السوائل الوريدية.
آفات عينية	الري الغزير، تغطية العين	النظر في استخدام الستيروئيدات والمضادات الحيوية.
ألم شديد	مورفين بالوريد	إعطاء المورفين وريدياً.
شدة تنفسية	الأكسجين	النظر في التنبيب الرغامي.
		النظر في إعطاء الموسعات القصبية.
		النظر في إعطاء المضادات الحيوية.

في بداية الاستخدام الكبير الأخير للخردل (الحرب العراقية الإيرانية)، اختلفت المعالجة بشكل كبير. لقد تم استشارة الأوربيين حول هذه الإصابات وأخيرا تم ظهور برتوكول موحد نسبياً. تضمن هذا البروتوكول كلاً من المعالجة العينية، تطهير الجلد، المعالجة الرئوية، معالجة أذية نقي العظم عند المرضى المصابين بتسمم شديد، والإجراءات العامة من أجل راحة المريض. تتضمن التأثيرات الأولية للهجوم بكبريت الخردل تهيجات مؤلمة للجلد والعين وأذيات رئوية. إن أذيات الخردل بطيئة الشفاء وغالباً ما تحتاج إلى أكثر من ٦ أسابيع للنقاهة convalescence. يعاني جزء قليل فقط من المرضى من تأذٍ رئوي أو عيني طويل الأمد. لسوء الحظ، لا توجد هناك دراسات حول

نسبة حدوث السرطان أو التشوهات الولادية التي تتلو التعرض للخردل. يمكن تصنيف المرضى الذين تعرضوا لغاز الخردل إلى ثلاث مجموعات: شديدة (أولئك الذين إصاباتهم مهددة للحياة)، متوسطة (أولئك الذين سيحتاجون لعناية طبية مستمرة)، وخفيفة. وسيكون هناك مرضى كثيرون مصابون بأذيات طفيفة، وسيتطلب الغالبية الاستشفاء. نسبة بسيطة جداً فقط سيكون لديهم أذيات مهددة للحياة. يجب على المنقذ أن يتذكر أنه لا يوجد هناك مضاد للخردل.

الشديدة: المرضى الذين يصبحون في حالة صحية حرجة بسبب التعرض للخردل هم الذين لديهم مساحات واسعة من الحروق، وتخرب رئوي كبير، وتثبيط مناعي لاحق. المرضى الذين يبدون أعراضاً تنفسية مبكرة متوسطة الشدة إلى شديدة أو حروقاً واسعة جراء سائل الخردل، يحتمل أن يكون لديهم أذيات مهددة للحياة. يدل ضيق التنفس الذي يحدث بعد ٤ إلى ٦ ساعات من استنشاق الخردل على أن المريض قد استنشق كمية مميتة من العامل. حدثت في الحرب العراقية الإيرانية الكثير من الوفيات بسبب استمرار الجنود الإيرانيين في ارتداء الألبسة الملوثة بالخردل واستنشقوا أبخرته المنبعثة من اللباس. وقد يكون سبب الوفيات من التعرض للخردل الحروق الواسعة أو تخرب الطريق التنفسي أو تثبط نقي العظم أو العدوى الإنتانية.[٢٨]

المتوسطة: يتطلب المرضى الذين لديهم منطقة كبيرة من الفقاعات أو احمرار جلدي الدخول إلى المشفى. ويتطلب المرضى الذين لديهم إصابات عينية تحجب الرؤية أو أنها مؤلمة جداً أيضاً عناية المشفى. كما يتطلب المرضى الذين لديهم أعراض تنفسية بما فيها الزلة التنفسية أو السعال المقشع عناية تنفسية في المشفى على الغالب. وقد يتطور عند بعض هؤلاء المرضى الأمر إلى أعراض مهددة للحياة. تشكل الإصابات متوسطة الشدة المجموعة الأكبر من المرضى وتتضمن أولئك الذين سيستفيدون كثيراً من العناية الطبية.

الخفيفة: وهم المصابون فقط بمنطقة صغيرة من الحويصلات أو باحمرار الجلد والمرضى الذين يحضرون بأعراض طرق تنفسية علوية خفيفة متأخرة ولا يتطلب الأمر دخولهم المشفى.

العامة

غالباً ما يتطلب المرضى المتعرضون للخردل إلى مسكنات الألم. يجب على المنقذين أن ينتبهوا بشدة إلى تعويض السوائل والشوارد. وغالباً ما يحتاج هؤلاء المرضى للمعالجة بالسوائل عن طريق الوريد. قد يحتاج بعض المرضى إعطاء التغذية الوريدية العلاجية في حال استمرار الغثيان والإقياء وفي حال الإسهال المصاحب للتعرض لكميات كبيرة من الخردل. كما يحتاج المرضى المصابون بآفات تناسلية واسعة قثطرة بولية.

الجهازية

إن الأعراض الجهازية غير شائعة في التعرض الحربي لكبريت الخردل. يتعامل الأطباء الذين يعرفون تأثيرات العوامل الألكلية الأخرى المستخدمة في الطب السريري بشكل رئيسي مع السمية الجهازية للعامل على خلايا نقي العظم، الأنسجة اللمفاوية، والمخاطية المعوية. يشمل التعرض إلى كبريت الخردل في حالات الحرب والإرهاب الأسطح الظهارية الخارجية بدلاً من الامتصاص الجهازي الأولي. وقد يفسر هذا الشيء قلة الآثار الجهازية المشاهدة في الحرب العالمية الأولى. لقد تمت معالجة الأعراض الجهازية بمقادير كبيرة من ثيوسلفات الصوديوم والفيتامين E. واستخدم ن- أستيل سيستين n-acetylcysteine في بعض المرضى الذين يشكون من أعراض جهازية وكان له بعض التأثير في التطهير الداخلي.[٢٩] تم في دراسة واحدة استخدام السيستين.٥٪ وريديا ١٠مغ أربع مرات يومياً في ١٠مرضى عراقيين.[٣٠] وفي نفس الدراسة، استخدم النضح الدموي بالفحم في المرضى المصابين بالتعرضات الأكثر شدة.

التنفسية

ينجم الموت عادة في حالات التعرض للخردل من المضاعفات الرئوية مثل التهاب الرئة الكيميائي chemical pneumonitis أو ذات الرئة.[٣١] إن العناية التنفسية المناسبة هي المساهم الرئيسي في البقاء. ويبقى تدبير الألم الهدف الرئيسي عند معالجة مريض متعرض للخردل مع حدوث حروق جلدية وأعراض تنفسية خفيفة. وقد يستفيد المرضى مع إصابات طرق هوائية علوية خفيفة من أدوية مثبطات السعال وترطيب الهواء المستنشق. إن اعطاء موسعات القصبات والأكسجين الإضافي مطلوب في جميع الحالات إلا في حالات التعرضات الخفيفة جداً. يجب التفكير بالستيروئيدات في المرضى ذوي سوابق ربوية أو انسداد الطرق الهوائية المزمن أو مرضى فرط حساسية الطرق الهوائية. يجب إعطاء الدعم التنفسي للمرضى ذوي التعرض التنفسي الشديد. قد يبدي المريض الذي يعاني من إصابة كبيرة في الطرق الهوائية السفلية ارتفاعاً في درجة الحرارة وارتفاع الكريات البيضاء وقد يظهر ارتشاح رئوي في صورة الصدر الشعاعية خلال اليومين الأولين بعد التعرض. ويكون سبب هذا دائماً التهاب رئة كيميائي وليس إنتان الرئة، لذلك يجب منع المضادات الحيوية. قد يحدث لاحقاً سعال قيحي. يجب فحص القشع قبل إيقاف المضادات الحيوية للمريض. قد تظهر اختبارات وظائف الرئة انسداد تدفق الهواء وفرط تهوية الرئة، إضافة إلى ظاهرة تحديدية restrictive phenomena وتدهور مُترقٍ للتبادل الغازي.[٣٢] يجب إجراء التنبيب الرغامي مبكراً للمريض المصاب بعلامات تنفسية شديدة. قد يجعل التشنج الحنجري اللاحق التنبيب معضلة فيما بعد. وقد نحتاج إلى تنظير القصبات bronchoscopy لإزالة المفرزات والانسدادات المخاطية. من المفيد الاستخدام المبكر للتهوية بالضغط الإيجابي في نهاية الزفير أو ضغط نهاية الزفير المستمر. إن الحاجة لدعم وسيلة التهوية شيء مشؤوم. لقد

توفي ٨٠٪ من الإيرانيين الذين عولجوا في المشافي الأوربية الغربية والذين تطلبت حالتهم استخدام تهوية مساعدة.[٣٣]

العينية

التطهير السريع عنصر أساسي، لأن الأذية العينية تحدث خلال لحظات من التعرض لغاز الخردل. قد تعالج التعرضات العينية بالري الغزير للعين بمحلول ثيوسلفات الصوديوم ٢,٥٪. وقد تعالج الأذيات العينية الخفيفة بالمحاليل العينية المهدئة، مثل القطرات العينية المتوفرة للعموم. يجب معالجة الأذيات العينية الأكثر شدة بالمضادات العينية الموضعية والأتروبين والأدوية الموضعية الأخرى الشالة للعضلة الهدبية cycloplegic. يجب القيام بالغسولات المتكررة لإزالة بقايا التنخرات والالتهابات. قد تستخدم الستيروئيدات العينية الموضعية في الأيام القليلة الأولى ولكن لا توجد معطيات تدعم استمرار استعمالها. يجب استخدام المخدرات الموضعية فقط من أجل الفحص العيني لتجنب الأذية الذاتية للعيون الملتهبة بشدة. كما يجب تغطية حواف الأجفان الملتهبة بالفازلين لضمان عدم التصاق الأجفان مع بعضها. تعتبر النظارات الطبية والتطمين ضروريان جداً، لأن الأذيات العينية تسبب خوفاً شديداً من الضياء ومن الممكن حدوث العمى لاحقاً.[٣٤] لذلك يجب معالجة المريض بأسرع ما يمكن من قبل أخصائي العيون لمنع حدوث الاختلاطات.

الجلدية

تكون الحروق الجلدية الناجمة عن الخردل سطحية ومضللة في الظهور الأولي. قد تكون جرعة التعرض القاتل من الخردل المقطر ١٠٠مغ/كغ أو ٥-٧ مل، ويمكن لتلك الكمية من الخردل أن تغطي ٢٥٪ من مساحة الجسم. بداية يتظاهر المرضى الذين تعرضوا لمقدار قاتل من كبريت الخردل بحروق واسعة من الدرجة الأولى أو الثانية (اللوحة الملونة ٥-٢ و٥-٣ تظهر فقاعات حروق الخردل على الأسطح

المكشوفة والأخرى تظهر تخرب الجلد بحروق الخردل). يوصف سائل الفقاعة على أنه غير سام، لكن قد يحوي الجلد فعلياً بقايا من عامل الخردل. يجب تطهير الحويصلات والجلد المحيط بها بعناية لإزالة بقايا العامل.[٣٥] يكمن الهدف الرئيسي من معالجة الجلد في الوقاية من الإنتان. يمكن تحقيق ذلك بالغسيل المتكرر للمناطق المحروقة والاستخدام السخي للإجراءات الموضعية، بما فيها التنظيف بمحلول اليود وتطبيق كريم كبريتات الفضة ١٪. يجب غسل المنطقة المصابة يومياً بماء الصنبور والمحاليل الملحية الفيزيولوجية. تتطلب المناطق الجلدية المعراة الكبيرة (الجلد الذي تجرد من الطبقة الخارجية الواقية) نفس المعالجة التي تقدم في حالات الحروق الخطيرة. حتى في الظروف المثلى فإن الأذيات الناجمة عن التعرض للخردل تشفى ببطء، بسبب تكرر تشكل الحويصلات والتقرحات. وقد تشارك السمية الجهازية من الخردل في الحدوث العالي للإنتانات الثانوية. ومثل بقية الحروق الرئيسية، تتطلب أذيات الخردل أشهر من العناية الطبية.

الوقاية

العوائق الجلدية والواقيات الجلدية النشطة بما أن الخردل يمتص ويتفاعل مع الجلد خلال دقائق بعد التعرض، فقد كان تطوير أي مرهم أو غسول واقٍ صعباً للغاية. لقد طورت ألبسة وأقنعة واقية لكنها تحدد بشدة الرشاقة ويصعب تحملها، وبذلك تعيق من رعاية المريض وتقييمه. الأهم من ذلك بالنسبة للطاقم الإسعافي، أنها ببساطة لن تكون متوفرة عند الحاجة الملحة لها. يبدو أن كريم السيرباكوا الذي بحث في الفصل الثالث يقدم الوقاية المديدة من التعرض لكل من الخردل ومركبات الفوسفور العضوية.

الليويزيت والعوامل الزرنيخية المشابهة
Lewisite and Similar Arsenical Agents

التاريخ

لقد تم تطوير الليويزيت (L) قرب نهاية الحرب العالمية الأولى من قبل فريق أمريكي يرأسه القبطان لي لويس.[٣٦-٣٧] لم يستخدم الليويزيت أبداً في الحرب العالمية الأولى لأن القتال توقف قبل توزيع هذا العامل. لقد أنتجت كل من الولايات المتحدة، بريطانيا العظمى، فرنسا، إيطاليا، الاتحاد السوفيتي، واليابان كميات كبيرة من الليويزيت في السنوات التالية للحرب العالمية الأولى مباشرة. لقد تم هجر الليويزيت بعد الحرب العالمية الثانية من قبل العسكريين في معظم البلدان. إن إنتاج البريطانيين مضاد الليويزيت (BAL) الرخيص الثمن والمضاد الفعال عند التعرض لليويزيت جعل هذه القوى تعتبر أن الليويزيت عفا عليه الزمن. على كل حال الليويزيت سهل الإنتاج ورخيص مما يجعله جذاباً للأنشطة الإرهابية. يعتبر الليويزيت والمواد الزرنيخية المشابهة خطرة بشدة في الحالة السائلة أكثر من البخارية.

الوصف

الليويزيت سائل زيتي، عديم اللون عندما يكون صافياً. أما الليويزيت غير الصافي فإن له لون بني غامق أو لون كهرمان الأصفر. وله رائحة وصفت برائحة نبات إبرة الراعي. يعتبر الليويزيت أكثر تطايراً من الخردل وأكثر استمرارية في المناطق الباردة. ويتفكك بسرعة في الظروف الرطبة. يمزج الليويزيت بسهولة مع عوامل كيميائية أخرى لدعم صفات سمية معينة. يمكن مزج الليويزيت مع الخردل ليشكل خليط خردل الليويزيت (HL). الخليط الناتج له نقطة تجمد أقل من الخردل لوحده ولذلك من المحتمل أن يتجمد عندما يلقى من الارتفاعات العالية. قد يصبح الليويزيت فعالاً جداً عندما يمزج مع عوامل الأعصاب. يُحدث الليويزيت إقياءً مما يجعل استخدام الأقنعة

الواقية أقل عملية. تمكن الحروق الناتجة عن الليويزيت من الامتصاص السريع لعوامل الأعصاب. عندما يتم تصنيع الليويزيت تتشكل مركبات معقدة كثيرة تدعى المواد L1 وL2 وL3. فعندما يصنع الليويزيت من أجل الأسلحة الحربية فإن L1 عموماً يسيطر كمادة سامة رئيسية. إن L1 عامل حربي كيميائي محدث للبثور. أول ما يتشكل هو L1 لكنه يتفاعل خلال التصنيع مع إضافة الأستيلين ليشكل L2، والذي بدوره يتفاعل ليشكل L3. المركبان L2 وL3 سامان أيضاً لكنهما أقل سمية من L1.

آلية العمل

مثلما هو الحال في الخردل، فإن الآلية الكاملة لسمية الليويزيت على خلايا الجسم ليست معروفة بشكل كامل ومثل المركبات الزرنيخية الأخرى يثبط الليويزيت أنزيمات كثيرة. يؤثر الليويزيت بشكل خاص على أنظمة الأنزيم الخلوي ويخرب الأغشية المخاطية، الكبد، المرارة، الكلى، والجلد. يتوزع الليويزيت بشكل واسع في الجسم وبتراكيز عالية في الكبد والرئتين والكليتين. يطرح الليويزيت ومستقلباته عبر الكليتين وبدرجة أقل من الطريق الصفراوي.

التأثيرات

مثل كبريت الخردل، يحدث الليويزيت تخرب الجلد، العينين، والطرق الهوائية بسمية التلامس المباشر (اللوحة الملونة ٥-٤ تظهر الآفات الناجمة عن التعرض لليويزيت). كما يسبب الليويزيت أيضاً تأثيرات جهازية.

الجلدية

مثل الخردل، فإن العوامل المنفطة الزرنيخية مصممة لإحداث تهيج جلدي. يتساوى الليويزيت والخردل في السمية الاستنشاقية ولكن الليويزيت أسرع تصرفاً وأكثر سمية على الجلد. يحدث الليويزيت ألماً وتهيجاً خلال ثوان إلى دقائق بعد تلامسه للجلد. على الرغم من حدوث احمرار الجلد والحرقان والألم مباشرة بعد التعرض،

فإن تشكل الحويصلة يأخذ من ٢-٤ ساعات. يحدث التلامس الجلدي لفترة ٥ دقائق فقط حرقاً كيميائياً مؤدياً إلى قرحة عميقة. يزداد هذا سوءاً خلال ٣ إلى ٤ أيام مع تضخم الحويصلات المؤلم. وغالباً ما يتناقص الألم بعد تشكل الحويصلات تدريجياً وتتشكل القشور (اللوحة الملونة ٥-٥ تظهر حروق الليويزيت). يُظهر الجلد المصاب تغيرات تنخرية تنكسية بما في ذلك النزف، الوذمة، والالتهاب المعمم. ومثل الخردل، فإن منطقة الصفن، والإبطين، والعنق تعد أكثر المناطق حساسية للعوامل الزرنيخية بشكل خاص.

يعتقد أن فقاعات الليويزيت تبدأ في مركز المنطقة المعرضة وتمتد لتعم كل المنطقة. أما فقاعات الخردل فتبدأ بحلقة لؤلؤية في حواف المنطقة المعرضة ثم تنمو لتندمج معاً.[٣٨] تشفى الآفات الناجمة عن الليويزيت بشكل أسرع من الآفات الناجمة عن الخردل. الإنتانات الثانوية في هذه الآفات أقل كثيراً، لأن الليويزيت لا يثبط الوظائف المناعية. كذلك إن نقص التصبغ في الآفات الشافية أيضاً أقل شيوعاً في التعرض للخردل.

العينية

مع حدوث تعرض عيني متوسط الشدة بالليويزيت يحصل ألم فوري بالعين وتشنج بالأجفان وتشكل سريع لوذمة الأجفان eyelid edema، فخلال ساعة من التعرض تصبح أجفان المريض منتفخة ومغلقة ويعاني المريض من خوف من الضياء (من المعتقد أنه بسبب التشنج الهدبي) والصداع. وبعد عدة ساعات يتلاشى الانتفاخ لكن قد توجد هناك مناطق ضبابية في القرنية (تشكل الساد) والتهاب القزحية. هذا يشبه تماماً الحروق العينية بالحموض. قد يظهر في التعرض البسيط لمستويات منخفضة جداً من الليويزيت لدى المصاب فقط التهاب أجفان. أما في التعرضات الشديدة فقد يحدث تنخر في القرنية وزوال التصبغ من القزحية وتشكل القيح في البيت الأمامي من

العين (hypopyon). لم تشاهد متلازمة النكس في الليويزيت. وعلى عكس الخردل لا يوجد هناك فترة كامنة لتخرب العين. وبما أن الليويزيت يبدأ بالتأثير فوراً فإنه يجب أن يجري غسل العين بسرعة لكي نمنع تخرب العينين. وطالما يشكو المريض من ألم فوري في العين فإن المعالجة تكون فورية أكثر من الخردل.

التنفسية

يسبب استنشاق أبخرة الليويزيت العطاس وتهيج الطريق التنفسي العلوي. قد يشبه التعرض التنفسي البسيط مرضاً تنفسياً علوياً من سعال والتهاب الغشاء المخاطي للأنف (التهاب الأنف rhinitis) واحمرار الغشاء المخاطي. مع تواجد كمية كبيرة من المخاط واللعاب. وقد يشكو بعض المرضى من ألم خلف القص retrosternal pain. قد يسمع الفاحص خراخر فوق الرئتين. إنه من غير المحتمل أن يؤدي تكثف البخار في الرئتين لأذية تنفسية هامة أكثر. قد يسبب الليويزيت تهيجاً أنفياً أكثر من الخردل. وقد يحدث السعال المزمن بعد التعرض لليويزيت. كما لوحظ حدوث مرض الطريق الهوائي الارتكاسي بعد التعرض لليويزيت.

الجهازية

إن التأثيرات الجهازية للمركبات الزرنيخية تنجم عن زيادة النفوذية الوعائية. هذه الظاهرة قد تحدث فقداناً شديداً للسوائل الخلالية interstitial fluid loses تسمح بنضح كمية كبيرة من السوائل من التيار الدموي (الانتقال إلى الفراغ الثالث) مما يؤدي لتكثف دموي hemoconcentration وصدمة وحتى الموت. هذه التأثيرات تدعى صدمة الليويزيت وقد لوحظت في التعرض للمقادير العالية. إذا كان لدى المريض انخفاض في الضغط فإنه يجب توقع نقص حجم الدم ويجب تصحيح ذلك النقص قبل استخدام الأدوية المقلدة للودي sympathomimetics. قد يحدث التسمم الجهازي الحاد بالعوامل الزرنيخية المحدثة للبثور عن طريق الامتصاص عبر الحروق الجلدية الواسعة. يؤدي هذا

عند الحيوانات إلى وذمة رئوية، إسهال، وصدمة نقص حجم الدم. يجب اعتبار الحروق الواسعة سبب حدوث تسمم جهازي عند الإنسان على أنها مهددة للحياة. لم يتم بعد تقييم التأثيرات الناتجة عن تناول الليويزيت عن طريق الفم. يحدث الغثيان والإقياء في التعرض التنفسي أو الجلدي الواسع. (هذا التأثير ظاهر جداً حتى أن محللي الأسلحة الكيميائية الحربية الصينيين صنفوا الليويزيت على أنه عامل مقيئ).[٣٩]

الإبادة والسمية Lethality and Toxicity

يمتلك الليويزيت تأثيراً أسرع وأكثر سمية للجلد من غاز الخردل. إن تطبيق مقدار ٢مل من الليويزيت (حوالي ٣٠ مغ/كيلوغرام) على الجلد مميت للبالغ. توجد التعرضات القاتلة لليويزيت في الجدول رقم (٥-٥). تظهر الحويصلات عند التعرض بمقدار ١٥مغ تقريباً من الليويزيت المطبق على الجلد. يسبب وضع مقدار صغير جداً من السائل على العين (٠,١مل) العمى عند الأرانب. يسبب الانحلال الدموي داخل الأوعية فقر الدم الانحلالي مما قد يضاعف الصورة السريرية. وفي الحالات الشديدة قد تؤدي هذه التظاهرات الانحلالية الدموية إلى فشل كلوي.

الجدول رقم (٥-٥). طرق التعرضات القاتلة لعامل الليويزيت.

الطريق	التعرض المميت (مغ/دقيقة/م^3)
العين	١٥٠
الاستنشاق	٥٠٠
الجلد	١٥٠٠

العوامل المشابهة

إن خليط الخردل والليويزيت مركب مؤلف من الخردل والليويزيت معا، يتصف بالتأثيرات السريعة لليويزيت والتأثيرات المتأخرة للخردل. لهذا الخليط رائحة

الثوم بسبب مركب الخردل. وكما لوحظ سابقاً، فإن لهذا الخليط نقطة تجمد أكثر انخفاضاً من مثيلتها في الخردل لوحده. لا يحدث هذا الخليط أذيات شديدة أكثر من مركبيه، لكنه قد يربك التشخيص مما يجعل المعالجة أكثر صعوبة لمقدم الخدمات الطبية. من وجهة نظر حربية، لا يحدث الخردل إصابات سريعة. ولكي يزداد عدد الإصابات المبكرة فإن كثيراً من البلدان أنتجت خليطاً من الخردل والليويزيت. إن معظم المخزونات من العوامل المحدثة للبثور (المنفطة) في الاتحاد السوفيتي السابق كانت عبارة عن خليط من الليويزيت وكبريت الخردل. إن عملية التطهير والكشف هي مشابهة لمثيلتها في حالة الخردل. يتطلب من مقدمي الخدمة الطبية أن يرتدوا الأقنعة الواقية والألبسة الواقية الكاملة الملائمة لتدبير الإصابات، يعتبر المستوى الوقائي " أ " و" ب " مناسباً أكثر.

PD

إن فينيل ثنائي كلورو الزرنيخ (PD) شكل مختلف من الليويزيت ويتصف بأنه مهيج بشدة للعينين والأغشية المخاطية. ويسبب تشكللاً سريعاً للحويصلات على الجلد المتعرض (٠,٥ إلى ١ ساعة). يسبب التعرض لهذا العامل الغثيان والإقياء (هذا سيجعل المصاب ينزع القناع الواقي وبالتالي قد يتعرض المصاب لعوامل سامة أخرى). تتطلب معالجة الإصابات استخدام القناع الواقي المزود بالفحم وارتداء الألبسة الوقائية كحد أدنى، على الرغم من أن مستويات الوقاية "أ" و"ب" مناسبة أكثر. يمكن أن يتم تطهير المناطق المغلقة والأفراد باستخدام المحاليل المبيضة أو ثنائي الكربونات. ويعد تطهير المناطق المكشوفة ليس ضرورياً.

ED

إن مركب أتيل ثنائي كلوروالزرنيخ (ED) عامل زرنيخي ينتج بخاراً مؤذياً فقط بعد التعرض المديد. يسبب الشكل السائلي حويصلات بعد التعرض لمدة أقل من دقيقة. يحدث التهيج الفوري مع التشكل المتأخر للفقاعات. إذا استنشقت القطيرات

السائلة فإنه قد تحدث وذمة رئوية وتخرب تنفسي. وقد تحدث الأذية العينية نتيجة التعرض للبخار أو السائل، على كل حال، فإن السائل يسبب أذية أسرع من البخار، والأذية من التعرض للسائل أشد بكثير. يجب على مقدمي الخدمة الطبية أن يرتدوا الأقنعة الواقية المزودة للهواء والألبسة الكاتمة معاً (مستوى الوقاية " أ " أو " ب "). يمكن إجراء تطهير المناطق المغلقة باستخدام المواد المبيضة. أما تطهير المناطق المكشوفة فهو غير ضروري، حيث إن المركب يتفكك بسرعة.

MD

ميتيل ثنائي كلور الزرنيخ (MD) عامل آخر من العوامل الزرنيخية السريعة المنفطة مع تأثيرات وإجراءات إزالة تلوث تشابه مثيلتها للعامل ED والليويزيت. كذلك يحتاج تطبيق المستوى " أ " أو " ب " من الوقاية.

إزالة التلوث (التطهير)

يجب على المنقذين أن يتبعوا المستوى الوقائي "أ" عند القيام بعمليات الاحتواء أو التطهير الواسع للإصابات المقعدة. أما المستوى "ب" من الوقاية مع استخدام قفازات النتريل أو مطاط البوتيل فإنه يشكل الحد الأدنى من الوقاية لأولئك الأشخاص الذين هم على تماس مع المرضى الملوثين. وبسبب خطورة البخار والرش بهذا العامل فإنه لا ينصح باتخاذ إجراءات وقائية أقل من هذه المستويات. قد يتم تطهير الجلد المعرض بالشطف بالماء البارد، وعلى الرغم من أن هذه الطريقة مختلف عليها وأن المواد المبيضة هي أسرع وأكثر فعالية. يؤدي الماء إلى تفكيك الليويزيت إلى تحت حمض كلور الماء وأكسيد الزرنيخ كلورفينيل. إن المركب الأخير غير متطاير صلب محدث للفقاعات ولا يمكن غسله بسهولة في الماء. يمكن تعطيل هذا المركب بمادة مبيضة تركيز ٠,٥٪. حيث تخرب المواد المبيضة بسرعة الصفات المحدثة للبثور(المنفطة) لليويزيت. يجب تجنب الفرك أو استخدام الماء الحار، لأنهما يزيدان الامتصاص والسمية. كما يجب فتح الحويصلات

وتجفيفها من السائل. وعلى الرغم من أن سائل الحويصل لا يحوي الليويزيت لكنه يحتوي على مركبات زرنيخية.

المعالجة

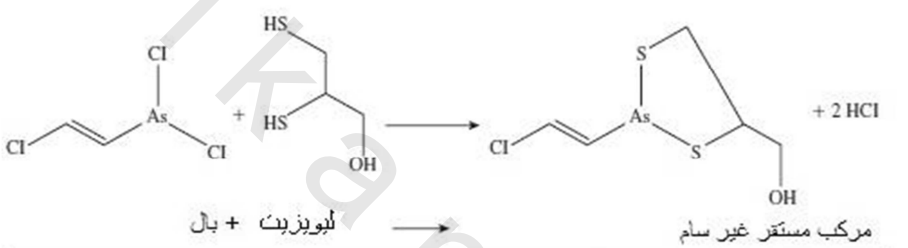
يجب أن ترتكز العناية الإسعافية للإصابات الناجمة عن التعرض لليويزيت على العناية الداعمة الجدول رقم (٥-٦). فور الانتهاء من تطهير المريض بشكل مناسب، يجب تقييم الطرق الهوائية للمريض والتنفس، والدوران وذلك بشكل مستمر وتقديم الدعم عند الحاجة. ومثلما هو الحال مع بقية العوامل المحدثة للبثور فإن الإجراءات المبكرة (عدا التطهير) عادة ليست ضرورية بسبب التظاهر المتأخر للأعراض.

الجدول رقم (٥-٦). المعالجة الإسعافية لإصابات الليويزيت المحدث للبثور.

الأعراض	المعالجة النظامية	المعالجة المتقدمة
جميع الأعراض- معالجة فورية	ري غزير وتطهير بمحلول مواد مبيضة	
تهيج جلدي خفيف	تنظيف حذر	وقاية الجلد من رض آخر. النظر في استخدام كريم البال.
إصابات جلدية شديدة، حويصلات	تنظيف حذر	تغطية حرة بكريم البال.
إصابات عينية شديدة	ري غزير، غطاء عيني	النظر في استخدام الستيروئيدات والمضادات الحيوية. يمكن استخدام كريم البال في العين. لكن قد يحدث تهيج عيني.
ألم شديد	مورفين بالوريد	إعطاء المورفين وريدياً
عسرة تنفسية	أكسجين	النظر في التنبيب. النظر في استخدام الموسعات القصبية.

مضاد الليويزيت البريطاني British Anti-Lewisite (BAL)

طور البريطانيون مضاد سم فعال، يدعى BAL، يقلب التأثيرات السمية لليويزيت. يتوفر BAL على شكل مادة قابلة للحقن أو على شكل مرهم واقٍ يطبق فوق الجلد. يقوم البال بسحب الليويزيت غير المتحد وينشط استقلابياً الأنزيمات الحرجة التي تم تعطيلها بالليويزيت (الشكل رقم ٥-١).[٤٠] يتفاعل BAL مع الليويزيت ليشكل منتجاً مستقراً غير سام.



الشكل رقم (٥-١). تفاعل BAL الكيميائي مع الليويزيت ليشكل مركباً غير سام.

هناك طريقتان رئيسيتان للمعالجة بمادة BAL عند التسمم بالليويزيت:

-المعادلة الموضعية باستخدام مرهم BAL.

-الإعطاء العضلي لمادة BAL. تقدم المعادلة الموضعية لمرهم البال بعض الوقاية المحدودة من تأثيرات الليويزيت وهي مفيدة بشكل أكثر للمرضى المصابين بأذيات صغيرة. يجب تطهير الجلد المصاب بشكل تام ومن ثم يغطى بطبقة حرة من مرهم BAL. يجب إزالة أي مرهم واقٍ آخر قبل المعالجة بمرهم BAL. يمكن استخدام BAL في العين لكن التراكيز الأكثر من ٢٠٪ تؤدي إلى التهاب الملتحمة في العين. يقدم الإعطاء العضلي لمادة BAL الشفاء من التعرض لمقادير كبيرة من الليويزيت والأعراض الجهازية الناجمة عنه. وبما أن العامل يستمر في إحداث الحرق حتى يتم إزالته أو إبطال سميته

فإن المقدار الأولي يجب أن يعطى بأسرع ما يمكن، في نفس الوقت مع نزع السمية. يجب ضبط المقدار طبقاً لوزن المريض (٠,٥ مل من محلول زيتي لـBAL ١٠٪ لكل ١١,٢٥ كغ لجرعة قصوى ٤ مل).[٤١] يجب تكرار الجرعة في أماكن مختلفة من الإليتين كل ٤، و٨، و١٢ ساعة بعد حقن المقدار الأولي ليصل لمقدار إجمالي ٤ جرعات. الجرعة البديلة من BAL هي ٤ مغ لكل كيلو غرام حقن عضلي كل ٤ ساعات لمدة ٣ – ٤ أيام. تشمل العلامات الجهازية التي تتطلب المعالجة بمركب BAL:[٤٢]

-علامات الوذمة الرئوية.

-هبوط الضغط الشرياني.

-أي حرق جلدي أكبر من ١٪ من مساحة الجسم الكلية (أكبر من مساحة راحة يد المريض) والتي لم يتم تطهيرها خلال الـ ١٥دقيقة الأولى.

-التلوث الجلدي أكبر من ٥٪ من مساحة الجلد الكلية مع احمرار وتخرب جلدي فوري. إذا كان لدى المريض أعراض أو علامات رئوية لتسمم زرنيخي شديد فقد تقصر الفترة الزمنية بين الجرعة الأولى والجرعة الثانية إلى ٢ ساعة. في هذه الحالات الشديدة قد تعطى جرعات إضافية من ٠,٢٥ مل لكل ٢٥ ليبرة (١١,٢٥ كيلو غرام) بشكل يومي لمدة ٣ إلى ٤ أيام أخرى. قد يحدث مرهم BAL إحساساً لاذعاً، حكة، وحطاطات شروية في منطقة التطبيق. تتلاشى الأذيات الجلدية الناجمة عن مركب BAL عادة بعد ساعة تقريباً ويجب عدم معالجتها. وقد يحدث التهاب الجلد البسيط إذا استخدم مرهم BAL بشكل متكرر. إن استعمال مرهم BAL كحاجز وقائي غير مناسب بسبب حدوث التهاب جلد. لا يعتبر مركب BAL دواء غير ضار.إنه محضر في زيت الفول السوداني والمرضى الذين لديهم حساسية شديدة لمركبات الفول السوداني سيظهرون حساسية شديدة لهذا المركب. التأثيرات الثانوية كثيرة نسبياً ولكن باستخدام

المقدار العلاجي فإنها نادراً ما تكون شديدة لدرجة تتطلب إيقاف المعالجة وهي عكوسة في كل الحالات تقريباً. لقد ظهر أن مركب BAL في الزيت يحدث الأعراض التالية :

-شعور انقباض في الحلق والإحساس بثقل في الصدر.

-تعرق الجبهة واليدين.

-القلق، الهياج والعصبية.

-حرقان في الشفتين وجفاف الفم والحلق.

-الدماع واحمرار العيون.

-آلام وتشنجات عضلية معممة.

-غثيان وإقياء وآلام البطن.

-مضض متوسط في منطقة الحقن.

-ارتفاع الضغط الشرياني (عابر) يترافق مع تسرع القلب.

-ألم موضعي (قد يحدث هذا في مكان الحقن وقد صودف حصول خراجات الإلية).

-الحرارة (خصوصاً عند الأطفال وتحدث بعد الحقنة الثانية أو الثالثة وتستمر حتى انتهاء المعالجة).

-قصور كلوي حاد (يجب استعمال BAL بحذر عند المرضى المصابين بارتفاع الضغط أو أذية الوظيفة الكلوية. ويجب إيقافه أو الاستمرار به بحذر شديد إذا ما حصل قصور كلوي حاد خلال المعالجة. وقد لا يكون BAL فعالاً في حالات الفشل الكلوي المرافق). هناك بعض الأدلة على أن إعطاء ٣٠ – ٦٠ مغ من كبريت الإيفيدرين عن طريق الفم قبل ٠,٥ ساعة من كل جرعة من BAL سوف يقلل من هذه التفاعلات. كما يبدو أيضاً أن الفترة الزمنية الدنيا المقدرة بالساعات بين الجرعات تنقص التأثيرات الثانوية. وقد أعيد البحث في استخدام السيرباكوا SERPACWA كطريقة وقائية من

obeikandl.com

التعرض لليويزيت في الولايات المتحدة لكن النتائج غير متوفرة في تقارير المصادر المفتوحة. ويعتقد أن السيرباكوا يقدم بعض الوقاية من الليويزيت بالإضافة إلى الخردل.

الأكسيمات المهلجنة Halogenated Oxime

أكسيم الفوسجين Phosgen Oime أكسيم الفوسجين (CX) مثال على صنف العوامل الكيميائية التي تدعى بالغازات اللاسعة أو الشروية. تولد هذه العوامل شعوراً فورياً بالألم يختلف من ألم ناخز متوسط إلى ألم شديد. يحدث الفوسجين احمراراً جلدياً، لطخات، وشرى. هذه الأذيات مشابهة لتلك الحاصلة بنبات القرَاص اللاذع. مركب أكسيم الفوسجين عبارة عن مسحوق بلوري أبيض يذوب في درجة حرارة ٣٩ – ٤٠ ويغلي في درجة حرارة ١٢٩ مئوية (لكنه يتفكك بسرعة عند درجة الحرارة هذه). ينحل بسهولة في الماء والمذيبات العضوية. له ضغط بخار عالٍ ورائحة مزعجة ومهيجة جداً. حتى في الشكل الصلب الجاف فإن أكسيم الفوسجين يتفكك عفوياً وبالتالي يجب حفظه في درجات حرارة منخفضة. إن إضافة مركبات كيميائية أخرى له تمكن من تمييع أكسيم الفوسجين في درجة حرارة الغرفة. كما يمكن نشر الشكل السائلي بسهولة. مركب أكسيم الفوسجين فريد من نوعه، لأنه يخترق الألبسة والمطاط وهو أسرع بكثير من بقية العوامل الكيميائية. وهو أيضاً عامل سريع الفعالية على الجلد. يمكن خلطه بعوامل كيميائية أخرى مثل (VX) وبالتالي فإن التخريب الجلدي الحاصل من قبل أوكسي الفوسجين سوف يسمح للعامل الثاني أن يخترق الجلد بسهولة أكثر. لحسن الحظ، يتطلب الأمر تركيزاً عالياً نسبياً من أكسيم الفوسجين لإحداث التأثيرات السمية.

آلية العمل

آلية عمل أكسيم الفوسجين غير معروفة. يبدو أن هذا العامل يحدث التأثيرات الجهازية الأكبر في أول سرير وعائي يصادفه. تطبيق أكسيم الفوسجين على الجلد أو الحقن الوريدي له يسبب الوذمة الرئوية. يسبب حقنه في وريد الباب تنخر كبدي، لكنه لا يسبب وذمة رئوية.[٤٣] يسبب أكسيم الفوسجين تخرباً نسيجياً أكثر بالتركيز المعطى من بقية العوامل المحدثة للبثور الأخرى. المقدار المميت في البشرغير معروف، لكنه يقدر بحوالي ٣٠ مغ/كيلوغرام أو ما يقارب ٣٢٠٠ $LC.t_{50}$. يتظاهر التهيج الجلدي في التركيز١ – ٣ مغ/م^3. ويعتقد أن المقدار التنفسي الفعال الأدنى ٣٠٠ مغ/م^3.

التأثيرات

أكسيم الفوسجين عامل مهيج قوي يحدث تأثيرات مباشرة تتراوح من تهيج بسيط إلى ألم موضعي شديد. يؤثر أكسيم الفوسجين على الجلد والعينين والرئتين. يحدث الألم مباشرة بالتماس سواء بالسائل أو بالشكل الصلب لأكسيم الفوسجين. الميزة التشخيصية لأكسيم الفوسجين هي البداية السريعة للألم والتهيج. قليلة هي تلك العوامل الكيميائية التي تحدث مثل هذا الألم الفوري الذي يتبعه تنخر نسيجي سريع.

الجلدية

عندما يلامس أكسيم الفوسجين الجلد تصبح منطقة التلامس مبيضة خلال ٣٠ دقيقة تحاط هذه المنطقة المبيضة باحمرار جلدي. وقد تتطور عند المريض فيما بعد حكة شديدة وطفح جلدي وحويصلات مؤلمة تشبه لسعات نبات القراص. تتشكل قراصات خلال ٣٠ دقيقة وتتحول المنطقة المبيضة إلى لون أسمر خلال ٢٤ ساعة. تتشكل ندبة سوداء بعد أسبوع لتسقط عموماً خلال ثلاثة أسابيع تقريباً لكن الشفاء قد يكون ناقصاً لفترة تتراوح من ٤ إلى ٦ أشهر من التعرض. وقد يكون هناك حكة طيلة عملية الشفاء. تمتد الآفات الجلدية لأكسيم الفوسجين إلى النسيج تحت الجلد، النسيج

الدهني، والعضلات. يشاهد الاحتقان والنزيف مع التخثرات في كل من الأوردة والشرايين الصغيرة.

العينية

تشابه الأذيات المحدثة بأكسيم الفوسجين تلك التي تحدث في الليويزيت. يعاني المصاب من ألم فوري في العين والتهاب ملتحمة.

التنفسية

يسبب استنشاق أكسيم الفوسجين وذمة رئوية سريعة. قد تترافق الوذمة الرئوية مع التهاب قصيبات تنخري وتخثرات للأوعية الرئوية. تحدث أيضاً الوذمة الرئوية بعد الامتصاص الجهازي بكميات كبيرة من أكسيم الفوسجين عبر الجلد. لا توجد هناك معطيات على الأذية التنفسية طويلة الأمد.

المعالجة

لا يوجد هناك مضاد لأكسيم الفوسجين. ولا يوجد هناك أدوية نوعية لمعالجة التعرض لأكسيم الفوسجين. تعتبر المسكنات مناسبة بسبب الألم الشديد الناجم عن هذا العامل. تشبه معالجة الأذيات الجلدية مثيلتها المسببة للتنخر الجلدي الأخرى من حيث الانتباه الجاد للنظافة وتجنب الإنتان الثانوي. يجب معالجة الأذيات العينية مثل بقية أذيات العين الأخرى الناجمة عن المواد المهيجة. توجد طرق المعالجة الأخرى في الجدول رقم (٥– ٧).

إزالة التلوث (التطهير)

بما أن أكسيم الفوسجين يخترق الألبسة والمطاط بشكل أسرع من العوامل الكيميائية الأخرى فإنه يجب على المنقذين استخدام مستوى الوقاية " أ " عندما يقومون بعمليات الاحتواء أو التطهير الواسع للمرضى العاجزين. قد يستخدم المنقذون الذين هم على اتصال قريب من مرضى ملوثين مستوى الوقاية " ب " مع استعمال قفازات

النيتريل أو مطاط البوتيل والمئزر. يجب إجراء التطهير خلال ثوان بعد التعرض ليكون فعالاً. توصي المؤسسة العسكرية الأمريكية باستعمال مجموعة تطهير M291 واستخدام مناشف مشربة. كما توصي أيضاً المؤسسة العسكرية الأمريكية بغسل الجلد بكميات كبيرة من الماء بشكل أسرع ما يمكن لإزالة أي بقايا من أكسيم الفوسجين التي لم تتفاعل بعد مع الأنسجة. ينحل أكسيم الفوسجين بسهولة في الماء كما أنه قابل للانحلال بشدة في المذيبات العضوية. يعتبر أكسيم الفوسجين عاملاً شديد التفاعل ولا يستمر في البيئة. إن آلة الكشف M256A1 تستطيع أن تكتشف أكسيم الفوسجين وتستجيب لمستويات تتراوح من ٣ – ٥ مغ/م^{٣}. كذلك يمكن أيضاً برمجة الكاشفة MMI في المركبة الكاشفة الكيميائية الحربية FOX لكشف أكسيم الفوسجين. (تعد كلا الآليتين آليات كشف حربية، منها ما هو متوفر في الحياة المدنية).

الجدول رقم (٥–٧). المعالجة الإسعافية لإصابات أكسيم الفوسجين المنفط.

الأعراض	المعالجة النظامية	المعالجة المتقدمة
جميع الأعراض– معالجة فورية	غسيل غزير وتطهير	إعطاء مسكنات الألم.
تهيج جلدي خفيف	وقاية الجلد من رض آخر	التأكد من عدم وجود رض آخر أو تعرض لهذه المنطقة.
إصابات جلدية شديدة، حويصلات	تنظيف حذر	النظر في استخدام الستيروئيدات والمضادات الحيوية.
إصابات عينية شديدة	غسيل غزير، غطاء عيني	إعطاء المورفين وريديا أو مسكنات بديلة للألم.
ألم شديد	مورفين بالوريد	النظر في التنبيب.
عسرة تنفسية	أكسجين	النظر في موسعات القصبات.

تحليل التهديد Threat Analysis

الخردل عامل كيميائي يمكن أن يستخدم في المعارك الحديثة. وكما ذكر سابقاً يسهل إنتاج الخردل من المواد المتوفرة الشائعة بطرق موصوفة في تقارير المصادر المفتوحة. يجب أن نفترض أن الإرهابيين قد يكونون قادرين على الحصول على غاز الخردل بكميات قليلة وترتبط إمكانية توظيفه في أماكن محددة أو في الأحداث بوجود حضور كبير. وتبقى الحاجة لوسائل وقائية للتعامل ونشر هذا العامل العقبة الرئيسية للاستخدام الإرهابي للخردل ومثيلاته. يجب أن تقبل المنظمة الإرهابية بحدوث إصابات في الفريق العامل وتستخدم ذخائر ذات صواعق متأخرة الانفجار أو نقل العامل مع ارتداء اللباس الواقي. على كل حال، إذا كان الشخص الناقل لهذه الذخيرة يمكن التضحية به فإن طرق النقل المحتملة ستكون محيرة.

سرية الإنتاج

تقريباً قام معظم المنتجين للأسلحة الكيميائية منذ الحرب العالمية الأولى بصناعة العوامل المحدثة للبثور، وبشكل رئيسي كبريت الخردل. إن الآليات الكيميائية المستخدمة لإنتاج هذه العوامل موجودة في الكتب الكيميائية ومتوفرة بسهولة في تقارير المصادر المفتوحة. وفي الحقيقة، تتضمن هذه التقارير معلومات حول التفاعلات الحركية والمحفزات الضرورية ومعايير التشغيل المناسبة للتفاعلات. يمكن صنع هذه المواد الكيميائية بواسطة معدات بدائية إذا كان المنتجون لا يهتمون بشكل صريح بصحة العمال وسلامة البيئة. توجد على الأقل تسع طرق كيميائية منفصلة لصنع الخردل ولا يتطلب أي منها تقنية متطورة أو مواد خاصة. ويمكن للإرهابيين أن يستخدموا ثلاثة منها على الأقل لإنتاج كميات قليلة من غاز الخردل (يمكن بشكل خاص تحضير كميات قليلة من كبريت الخردل بتدفق الإيتيلين عبر كبريت الكلور أو باستخدام كلور الهيدروجين وثيودي غليكول). خلال الحرب العالمية الأولى تم إنتاج آلاف الأطنان من

غاز الخردل انطلاقاً من الكحول، ومسحوق المواد المبيضة، وكبريت الصوديوم. وهذه المواد الكيميائية المتوفرة شائعة عادة. لقد استعملت أكثر التقنية شيوعاً لإنتاج الخردل في الحرب العالمية الثانية وهي طريقة ليفينشتاين، وتتألف هذه الطريقة من تدفق الإيتيلين الجاف عبر كبريت وحيد الكلور. يتطلب الأمر فقط مادتين للإنتاج وكلا المادتين عبارة عن مواد كيميائية صناعية شائعة. ينطوي معظم الإنتاج الحديث على كلورة ثيودي غليكول، وهذه المادة الشائعة ذات الاستخدام المزدوج كعنصر في بعض المواد البلاستكية ومكون لأحبار الأقلام الناشفة. تعرف طريقة الكلورة هذه الطريقة بطريقة فيكتور ماير كلارك وكانت قد طورت من قبل الألمان خلال الحرب العالمية الأولى واستخدمت بشكل واسع من قبل العراق في الثمانينيات. لقد تم إنتاج براميل عديدة من مادة الثيودي غليكول في الولايات المتحدة وتم تحويلها عن وجهة نظر المستفيدين المقصودين ليتم كشفها من قبل المفتشين العالميين في العراق بعد حرب الخليج الأولى. إن إنتاج الخردل بهذه الطريقة ذو خطوة واحدة ويمكن إنجازها في مختبر أساسي. إن طرق إنتاج الليويزيت والخردل الآزوتي بسيطة على قدر المساواة. تكمن المشكلة الرئيسية بالنسبة للإرهابي الذي انشغل بالإنتاج الخفي للخردل والعوامل المشابهة في الإصابات المحتملة من التعرض العرضي للعامل. وإذا ما تم اعتبار الأشخاص المبتدئين في فريق الإنتاج أشخاصاً يمكن التضحية بهم، فإن هذا الأمر يعد مشكلة كبيرة.

المراجع

1. Prakash UBS: Chemical warfare and bronchoscopy. *Chest* 1991;100:1486-1487.
2. Frietag L, Firusian N, Stamatis G, Greshuchna D: The role of bronchoscopy in pulmonary complications due to mustard gas inhalation. *Chest* 1991;100:1436-1441.
3. Borak J, Sidell FR: Agents of chemical warfare: Sulfur mustard. *Ann Emerg Med* 1992;21:303-308.

4. Heully F, Gruninger M, et al: Collective intoxication caused by the explosion of a mustard gas shell. (Trans US Army) *Annales d Medicine Legale* 1956;36:195-204.
5. Papirmeister B, Gross CL, Meier HL, Petrali JP, Johnson JB: Molecular basis for mustard-induced vesication. *Fund Appl Toxicol* 1985;5:S134-S149.
6. Borak J, Sidell FR: Agents of chemical warfare: Sulfur mustard. *Ann Emerg Med* 1992;21:303-308.
7. Papirmeister B, Feister AJ, Robinson SI, et al: *Medical Defense Against Mustard Gas: Toxic Mechanisms and Pharmacological Implications.* Boca Raton, FL, CRC Press, 1991.
8. Papirmeister B, Feister AJ, Robinson SI, et al: *Medical Defense Against Mustard Gas: Toxic Mechanisms and Pharmacological Implications.* Boca Raton, FL, CRC Press, 1991.
9. Borak J, Sidell FR: Agents of chemical warfare: Sulfur mustard. *Ann Emerg Med* 1992;21:303-308.
10. Haber L: *The Poisonous Cloud.* Oxford, England, Clarendon Press, 1986.
11. Ruhl CM, Park SH, Danisa O, et al: A serious skin sulfur mustard burn from an artillery shell. *J Emerg Med* 1994; 12(2) 159-166.
12. Watson AP, Griffin GD: Toxicity of vesicant agents scheduled for destruction by the chemical stockpile disposal program. *Environ Health Persp* 1992;98:259-280.
13. Requena L, Requena C, Sanches M, et al: Chemical warfare: Cutaneous lesions from mustard gas. *J Am Acad Dermatol* 1988;19:529-536.
14. Momeni AZ, Aminjavaheri M: Skin manifestations of mustard gas in a group of 14 children and teenagers: A clinical study. *Int J Dermatol* 1994;33(3):184-187.
15. Barranco V: Mustard gas and the dermatologist. *Int J Dermatol* 1991;30:684.
16. Augerson, WS.: Rand report on war gas exposure in the Gulf War. http://www.rand.org/publications/MR/MR1018.5/ MR1018.5.chap3.html (accessed November 11, 2001).
17. Eisenmenger W, Drasch G, von Clarmann M, Kretschmer E, Roider G: Clinical and morphological findings on mustard gas [bis(2-chloroethyl)sulfide] poisoning. *J Forensic Sci* 1991;36:1688-1698.
18. Momeni AZ, Enshaeih S, Meghdadi M, Aminjavaheri M: Skin manifestations of mustard gas: A clinical study of 535 patients exposed to mustard gas. *Arch Dermatol* 1992:128:775-780.
19. Willems JL: Clinical management of mustard gas casualties. *Ann Med Milit Belg* 1989;3S:1-61.
20. Willems JL: Clinical management of mustard gas casualties. *Ann Med Milit Belg* 1989;3S:1-61.
21. Murray VSG, Volans GN: Management of injuries due to chemical weapons. *BMJ* 1991;302:129-130.
22. Anonymous: 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).
23. Anonymous: 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).
24. Augerson, WS.: Rand report on war gas exposure in the Gulf War. http://www.rand.org/publications/MR/MR1018.5/MR1018.5.chap3.html (accessed November 12, 2001).
25. 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.
26. van Hooidonk C: CW agents and the skin: Penetration and decomposition, in: *Proceedings of the International Symposium on Protection Against Chemical Warfare Agents Stockholm*. Stockholm, Sweden. National Defense Research Institute. 1983, pp 153-160.
27. Murray VSG, Volans GN: Management of injuries due to chemical weapons. *BMJ* 1991;302:129-130.
28. Murray VSG, Volans GN: Management of injuries due to chemical weapons. *BMJ* 1991;302:129-130.
29. Leonard RB, Teitelman U: Manmade disasters. *Crit Care Clin* 1991;7:293-320.
30. Murray VSG, Volans GN: Management of injuries due to chemical weapons. *BMJ* 1991;302:129-130.
31. Davis KG, Aspera G: Exposure to liquid sulfur mustard. *Ann Emerg Med* 2001;37:653-656.
32. Freitag L, Firusian N, Stamatis G, Greschuchna D: The role of bronchoscopy in pulmonary complications due to mustard gas inhalation. *Chest* 1991;100:1436.
33. Willems JL: Clinical management of mustard gas casualties. *Ann Med Milit Belg* 1989;3S:1-61.
34. Murray VSG, Volens GN: Management of injuries due to chemical weapons. *BMJ* 1991;302:129-130.
35. Momeni AZ, Enshaeih S, Meghdadi M, Aminjavaheri M: Skin manifestations of mustard gas. *Arch Dermatol* 1992:LK; 128:775-780.
36. Paxman J, Harris R: *A Higher Form of Killing: The Secret Story of Chemical and Biological Warfare*. New York, NY, Hill and Wang, 1982, p 32.
37. Stockholm International Peace Research Institute: *The Problem of Chemical and Biological Warfare: A Study of the Historical, Technical, Military, Legal, and Political Aspects of CBW and Possible Disarmament Measures.* New York, NY, Humanities Press, 1971, vol 1, pp 50, 62.
38. Sidell FR, Urbanetti JS, Smith WJ, Hurst CG: Vesicants in medical aspects of chemical and biological warfare.

39. Rand report on war gas exposure in the Gulf War. http://www.rand.org/publications/MR/MR1018.5/MR1018.5.chap3.html (accessed November 12, 2001).
40. Goldman M, Dacre JC: Lewisite: Its chemistry, toxicology, and toxicologic effects. *Ref Environ Contam Toxicol* 1989;110:75-115.
41. *NATO Manual FM8-285.* North Atlantic Treaty Organization.
42. *NATO Manual FM8-285.* North Atlantic Treaty Organization.
43. McAdams AJ Jr, Joffe MH: *A Toxico-Pathologic Study of Phosgene Oxime.* MD, Army Chemical Center (Medical Laboratories Research Report No 381), 1955.

obeikandl.com