

## بررسی عوارض تناسلی و باروری در جانبازان شیمیایی استان کرمان

دکتر علی اصغر کتابچی<sup>۱</sup>

### خلاصه

این مطالعه به صورت همگروهی گذشته‌نگر بر روی ۳۰۰ جانباز شیمیایی استان کرمان در یک گروه سنی با میانگین ۳۲/۷ سال و انحراف معیار ۶/۵ سال، که حداقل شش سال و حداکثر ده سال از زمان برخورد با گازهای شیمیایی جبهه سابقه داشته و حداقل یک بار با این ترکیبات مواجه شده بودند، انجام گرفت. این افراد به طور تصادفی انتخاب شده و عوارض سیستم تناسلی آنان طی مدت دو سال (۱۳۷۴ و ۱۳۷۵) با گروه شاهدی شامل جانبازان غیرشیمیایی در گروه سنی مشابه این دسته با میانگین ۳۱/۸ سال و انحراف معیار ۶/۲ سال مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. مطالعه با تکمیل پرسش‌نامه و انجام معاینات بالینی و آزمایش‌های اسپرم و هورمونی انجام شد. نتایج به دست آمده عبارتند از: درصد ناباروری در گروه مطالعه ۲۳/۳٪ و در گروه شاهد ۱/۶٪، سقط جنین در همسران گروه شیمیایی ۱۳/۶٪ و در همسران گروه شاهد ۲/۶٪، اسپرموگرام غیر طبیعی در گروه مطالعه ۳۸/۷٪ و در گروه شاهد ۸/۳٪، کاهش میل جنسی در گروه شیمیایی ۳۰٪ و در گروه غیرشیمیایی ۶٪، کاهش توان جنسی در گروه مطالعه ۹٪ در گروه کنترل ۰/۳٪ و بالاخره انزال زودرس در گروه شیمیایی ۲۳/۶٪ و در گروه غیرشیمیایی ۴/۳٪ بود که همه موارد اختلاف معنی‌داری نشان می‌دادند. ناهنجاری‌های نوزادان، در جانبازان شیمیایی ۹٪ و در گروه شاهد ۱٪ گزارش گردید. آزمایش‌های هورمونی که در گروه شیمیایی انجام شد در ۵۷/۶٪ موارد افزایش FSH و در ۶۶/۳٪ موارد افزایش LH را نشان می‌داد. از طرفی در همسران جانبازان شیمیایی در حدود ۲۶/۶٪ موارد آثار و عوارض مختلف مشکوک شیمیایی از نوع پوستی، چشمی و ریوی مشابه ضایعات جانبازان شیمیایی مشاهده گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که گازهای شیمیایی عمدتاً در محور نورواندوکراین مربوط به تولید مثل بیشترین اثر خود را در سطح حساس گنادها (بیضه‌ها) به جا گذاشته‌اند که با اختلال اسپرماتوزن و فعالیت جنسی و احتمالاً عوارض موتاژنیک در جنین و نوزادان خودنمایی کرده است.

واژه‌های کلیدی: گاز خردل، ناباروری، ناتوانی جنسی، اسپرماتوزن، سلاح شیمیایی

۱- استادیار اورولوژی، عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی کرمان

## مقدمه

ترکیبات خردل از دسته آلکیل کننده‌ها می‌باشند که قادرند پروتون یک ملکول را با یک کاتیون آلکیل عوض کنند. گروه بزرگی از این ترکیبات به نام خردل نیتروژنی، نظیر کلرامبوسیل عمدتاً در خدمت پزشکی و در درمان سرطان‌ها به کار می‌رود (۱۰) و دسته دیگر تحت عنوان خردل سولفور به عنوان گازهای جنگی در قرن حاضر در جنگ‌های بین‌المللی به کار گرفته شده است (۱۴، ۱۷).

ترکیب خردل سولفور با نام شیمیایی 2-chloroethyl sulphide در سال ۱۸۵۹ توسط گوتری (Guthrie) سنتز شد و وی در آن زمان از خواص تاول‌زایی این ماده مطلع بود (۴). این ترکیب اولین بار در سال ۱۹۱۷ در جنگ جهانی اول در منطقه‌ای از خاک بلژیک توسط آلمان‌ها مورد استفاده قرار گرفت و در جنگ جهانی اول ۲۵٪ قربانیان جنگی را به خود اختصاص داد (۵) و آخرین بار طی سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۶۷ (هش) در جنگ عراق علیه ایران به کار گرفته شد (۱۵). خردل سولفور مایع روغنی، صاف، بدون رنگ و با بوی سیر و پیاز می‌باشد که در آب به ملایمت حل شده و به هر دو صورت گاز و مایع به آسانی در محلول‌های روغنی، چربی و محلول‌های آلی حل می‌گردد و به خاطر حلالیت بالا در چربی به راحتی از موانع چربی جدار سلولی می‌گذرد و در دما و فشار معتدل، کاملاً ثبات دارد ولی با افزایش دما به سرعت تبخیر می‌گردد و نیمه عمر آن در ۳۷ درجه سانتی‌گراد پنج دقیقه است. این ماده در آب به آهستگی هیدرولیز گردیده و به اسیدکلریدریک و تیودی گلیکول (متابولیت عمده آن در ادرار) تبدیل می‌گردد که این متابولیت به روش کروماتوگرافی با حساسیت 1 ng/ml قابل شناسایی می‌باشد (۹، ۱۵، ۱۸).

نفوذ گاز خردل در بدن متناسب با دمای محیطی افزایش یافته و در پوست مرطوب به راحتی جذب می‌شود (۱۶)، ولی ۸۰٪ آن در پوست تبخیر شده و ۲۰٪ نفوذ پوستی دارد که از این میزان، ۱۰٪ به قسمت‌هایی از پوست متصل شده و ۱۰٪ آن جذب سیستم سیرکولاسیون عمومی می‌گردد (۶). گازهای جذب شده با یک تأخیر کوتاه در سیرکولاسیون عمومی عمدتاً به پروتئین‌ها باند شده و مقادیر اندکی نیز به صورت آزاد ظاهر می‌شود (۷). گاز خردل به جز از راه پوست، از راه تنفس، ملتحمه چشم و دستگاه گوارش توسط مواد آلوده خوراکی نیز وارد بدن می‌شود.

خردل سولفور با خواص آلکیل‌کنندگی و الکتروفیلیک خود در ساختمان اسیدهای نوکلئیک، جدار سلولی و پروتئین‌ها تغییراتی ایجاد می‌کند (۱۰) و با ایجاد اتصال متقاطع در

رشته‌های ملکولی DNA و آلکیل‌کردن پایه‌های ازتی DNA اعمال اثر کرده و از تکثیر ملکولی و تقسیم سلولی جلوگیری به عمل می‌آورد و بنابراین در سلول‌های در حال تقسیم (نظیر لایه ژرمینال بیضه) بیشترین اثر را دارد. همچنین این ترکیب اختلالاتی در کار آنزیم‌ها ایجاد می‌کند که از جمله با اختلال در آنزیم گلیکولیز سبب تاول‌زایی در پوست می‌شود (۱۲).

تأثیر این گاز با توجه به شدت و مدت مواجهه، از مرگ سلولی تا ایجاد اختلال عملکرد سلولی در نسوج مختلف بدن متفاوت است که نهایتاً منجر به بروز عوارض موضعی و سیستمیک نظیر آثار ایدائی پوستی در سربازان، تا آثار سیستمیک و ژنوتوکسیک دیررس می‌گردد (۳، ۱۲).

در گزارشی از افراد مواجه شده با مواد شیمیایی در جبهه، ۷۲٪ موارد آلودگی همسران نیز گزارش شده است (۱۳). به این ترتیب به نظر می‌رسد این افراد به طرق مختلف از طریق ترشحات بدن (سمن، ادرار، عرق، خون) می‌توانند آلاینده باشند که البته در این مورد نیاز به بررسی‌های بیشتر می‌باشد.

لازم به یادآوری است که در جنگ ایران و عراق علاوه بر گازهای سولفور خردل از مخلوطی از آن و دیگر گازهای شیمیایی نظیر ارگانوفسفره نیز استفاده شده است (۱۳).

تاکنون مطالعاتی در مورد آثار و عوارض گازهای شیمیایی در اعضاء چشمی، پوستی (۶، ۱۶) و سرطان‌زایی (۱۰) آن انجام شده ولی در مورد آثار تناسلی و باروری آن که از آثار دیررس این گازها می‌باشد کمتر مطالعه شده است. لذا در این مطالعه عوارض تناسلی و باروری جانبازان شیمیایی استان کرمان مورد بررسی قرار گرفته است.

## روش بررسی

این مطالعه به صورت همگروهی گذشته‌نگر در جانبازانی که بدون اطلاع از در جریان بودن چنین مطالعه‌ای به طور مرتب جهت مسایل مختلف درمانی، اجتماعی و فرهنگی به بنیاد جانبازان استان کرمان مراجعه می‌نمودند و با همکاری پرسنل محترم این بنیاد در طی سال‌های ۷۵-۱۳۷۴ انجام گرفته است. تعداد ۳۰۰ جانباز شیمیایی و ۳۰۰ جانباز غیرشیمیایی که از نظر سنی و مدت حضور در جبهه و درجه جانبازی توزیع یکسانی داشتند به طور تصادفی و به ترتیب مراجعه و کامل بودن پرونده آنان انتخاب شدند و با توضیح و بیان ساده تحقیق، رضایت آنان جهت شرکت در این مطالعه جلب گردید و ضمن مطالعه پرونده آنان، پرونده‌های ناقص با استناد لازم تکمیل شد و موارد مشکوک و بدون استناد از مطالعه حذف شدند و ویژگی‌های

پرولاکتین در مردان  $16/3-2/5$  ng/ml. اطلاعات جمع‌آوری شده به کمک برنامه آماری EPI-6 به رایانه منتقل و توسط آزمون‌های آماری مقایسه دو نسبت (Ratio difference test) کای دو و Woolf test تجزیه و تحلیل شدند.

### نتایج

۳۰۰ جانباز شیمیایی با میانگین مجروحیت  $25/75\%$  و میانگین سنی  $32/7$  سال با انحراف معیار  $6/5$  سال با یک گروه شاهد، شامل  $300$  جانباز غیر شیمیایی با میانگین مجروحیت  $22/35\%$  و میانگین سنی  $31/8$  با انحراف معیار  $6/2$  سال در مدت حدود ۲ سال طی سال‌های  $1374$  و  $1375$  از جهت عوارض سیستم تناسلی مورد مقایسه قرار گرفتند. بیشترین نوع گاز به کار گرفته شده گاز خردل ( $84/6\%$ ) و بقیه از انواع مختلف گزارش شده است. فاصله زمانی مجروحیت تا زمان مطالعه به طور متوسط در هر دو گروه ۸ سال بود.

ناباروری یا عدم حاملگی همسران جانبازان بعد از مواجهه با مواد شیمیایی در جبهه بود که شامل افرادی که قبل از حملات شیمیایی صاحب اولاد بوده‌اند نیز می‌شود، در جانبازان شیمیایی  $23/3\%$  و در گروه شاهد  $1/6\%$  بود و با  $P < 0/0001$  اختلاف معنی‌داری نشان می‌داد. سقط جنین در گروه شیمیایی  $13/6\%$  و

دموگرافیک افراد مورد بررسی توسط پرسش‌نامه‌ای که در این مورد تهیه شده بود در حضور آنان پرگردید. مواردی از قبیل وجود آسیب غیر شیمیایی در دستگاه تناسلی و اتومالی دستگاه تناسلی در گروه شیمیایی و وجود آثار مشکوک شیمیایی در گروه شاهد، از مطالعه جدا گردیدند و جانبازان قطع نخاعی نیز شامل این مطالعه نبودند. در صورت مشاهده اختلالات تناسلی و مسایل جنسی و ناباروری و نیز سابقه سقط جنین در همسران این افراد و آثار ناهنجاری‌های مادرزادی در فرزندان آنان، اقدام به درخواست آزمایش‌های تجزیه اسپرم و هورمونی گردید و در مواردی که پارامترهای سمن از نظر تعداد اسپرم، تحرک اسپرمی و درصد ناهنجاری‌های ساختمانی اسپرم اختلال نشان می‌داد با انجام حداکثر سه نمونه آزمایش و اطمینان از ثابت بودن ناهنجاری در آن، اسپرموگرام اینورمال ثبت می‌گردید. تمام آزمایش‌های اسپرمی در یک آزمایشگاه صورت گرفت. آزمایش‌های هورمونی تنها بر روی ۹۲ نفر که اختلالات آنالیز اسپرمی داشتند به روش ایمونومتری آنزیمی (Milenia) و اندازه‌گیری کمی انجام گرفت. پاکیت آنزیمی Milenia و تکنیک ایمونواسی حدود نرمال هورمون‌ها به این ترتیب می‌باشد: تستوسترون در مردان  $10/2-42/3$  ng/ml، LH در مردان  $0/4-6/7$  mIU/ml، FSH در  $0/5-6/9$  mIU/ml.

جدول ۱: مقایسه عوارض ناباروری و مسایل جنسی در جانبازان شیمیایی و جانبازان غیر شیمیایی

مقدار OR	مقدار P	جانبازان غیر شیمیایی		جانبازان شیمیایی		جانبازان مورد مطالعه عوارض ناباروری و مسایل جنسی
		درصد	تعداد	درصد	تعداد	
$17/96$ $8/27 < OR < 38/98$	$P < 0/0001$	$1/6$	۵	$23/3$	۷۰	ناباروری
$6/93$ $4/67 < OR < 10/30$	$P < 0/0001$	$8/3$	۲۵	$38/7$	۱۱۶	اختلال اسپرموگرام
$5/78$ $3/01 < OR < 11/08$	$P < 0/0001$	$2/6$	۸	$13/6$	۴۱	سقط جنین در همسران جانبازان
$29/57$ $5/51 < OR < 158/8$	$P < 0/0001$	$0/3$	۱	۹	۲۷	ناتوانی جنسی
$64/88$ $19/83 < OR < 212/24$	$P < 0/0001$	۶	۲	۳۰	۹۱	کاهش میل جنسی
$6/84$ $4/08 < OR < 11/48$	$P < 0/0001$	$4/3$	۱۳	$23/6$	۷۱	انزال زودرس
$9/79$ $3/56 < OR < 26/90$	$P < 0/0001$	۱	۳	۹	۲۷	ناهنجاری‌های مادرزادی در نوزادان جانبازان

برسانند و ثانیاً در صورت امکان از آنتی دوت‌هایی نظیر تیوسولفات - دگزامتازون، هپارین و ویتامین B استفاده کنند (۷). همچنین به علت داشتن اثرات احتمالی تراژونی این گازها (۷) از ازدواج‌های با فاصله زمان کوتاه از مواجهه با گاز یا اقدام به داشتن فرزند در این فاصله خودداری نمایند.

بی‌شک عوامل فاصله از کانون اصلی پراکنندگی گازها در جبهه، مدت حضور در فضای آلوده و کیفیت استفاده از حفاظ‌ها در برابر آن در منطقه از عواملی می‌باشند که در کیفیت بروز عوارض گوناگون گازهای جنگی تأثیر مستقیمی دارند اما این عوامل به علل مختلف از قبیل گذشت زمان و اورژانس بودن وضعیت در جبهه، در این مطالعه دقیقاً قابل سنجش و ارزیابی نبودند. علاوه بر این نمونه‌های جانبازان شیمیایی، افرادی با درصد جانبازی نسبتاً بالا با میانگین ۲۵/۶ و انحراف معیار ۶/۳ بودند که به علت نیاز به درمان به مراکز بهداشتی، درمانی مراجعه می‌کردند و چه بسا افرادی با درصد پایین شیمیایی وجود داشتند که مراجعه ننموده و یا تحت عناوین دیگر جانبازی قرار گرفته بودند که به نحوی در این مطالعه قرار نگرفتند که موارد یاد شده از عوامل نسبتاً مخدوش‌کننده این مطالعه می‌باشد.

در ۲۶/۶٪ از همسران جانبازان شیمیایی آثار مشکوک عوارض شیمیایی از قبیل ضایعات چشمی، پوستی و تنفسی گزارش گردید. در بررسی‌های گذشته نیز در ۷۲٪ همسران افراد شیمیایی شده جنگ، آثار شیمیایی ذکر شده است که می‌تواند این نتیجه را تا حدی تأیید کند (۱۰).

همچنین امکان مطالعه تأثیر کیفی و کمی ترکیبات شیمیایی جبهه در مراحل مختلف اسپرما توژنز و نیز مطالعه تأثیر درمان‌های به موقع و حتی کنترل درمان‌های پیشنهادی فوق در این مطالعه وجود نداشت.

در نهایت با توجه به سوابق استفاده از این گازها از زمان جنگ جهانی اول تا عصر حاضر به علت اثرات قاطع آن در حملات نظامی و تروریستی احتمال استفاده مجدد در سطح جهانی همیشه وجود خواهد داشت، بنابراین آگاهی از عملکرد آن که به صورت‌های موضعی و عمومی در اندام‌های مختلف بدن اثر می‌گذارد و نیز مقابله و درمان عوارض آن و همچنین اثرات تراژونی و چگونگی آلاینده‌گی از افراد آلوده به افراد دیگر زمینه‌های ایجاب‌کننده توأم این بررسی‌ها به شمار می‌روند (۱،۲،۸).

در گروه شاهد ۲/۶٪ بود ( $P < 0/0001$ ). اسپرموگرام در گروه شیمیایی در ۳۸/۷٪ و در گروه شاهد در ۸/۳٪ موارد غیرطبیعی بوده است ( $P < 0/0001$ ). کاهش توان جنسی در گروه شیمیایی ۹٪ و در گروه غیرشیمیایی ۰/۳٪ ( $P < 0/0001$ )، کاهش میل جنسی در گروه مورد ۳۰٪ و در گروه شاهد ۶٪ ( $P < 0/0001$ ) و بالاخره انزال زودرس در مواجهه شدگان با گازهای شیمیایی ۲۳/۶٪ و در غیر مواجهه شدگان با گازهای شیمیایی ۴/۳٪ ( $P < 0/0001$ ) بود (جدول ۱). ناهنجاری‌های مادرزادی در نوزادان جانبازان شیمیایی ۹٪ و در جانبازان غیرشیمیایی ۱٪ مشاهده گردید. آزمایش‌های هورمونی که اختصاصاً در گروه شیمیایی به عمل آمد، تنها شامل ۹۲ نفر از جانبازان با اختلالات اسپرموگرام بود که در ۵۷/۶٪ موارد افزایش FSH و در ۶۶/۳٪ افزایش LH مشاهده شد و تنها در ۱۰/۸٪ و ۱۳٪ موارد به ترتیب سطح سرمی FSH و LH کاهش نشان می‌داد. پرولاکتین نیز تنها در دو مورد بالاتر از حد نرمال گزارش شد و سطح تستوسترون در ۵/۴٪ موارد بالاتر از حد نرمال بود و در ۵۳/۲٪ موارد کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت. در ۲۶/۶٪ از همسران جانبازان شیمیایی آثار مشکوک عوارض شیمیایی از قبیل ضایعات چشمی، پوستی و تنفسی گزارش گردید.

## بحث و نتیجه‌گیری

عوارض تناسلی و جنسی از عوارض دیررس و سیستمیک گازهای جنگی محسوب می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، تأثیر گازها عمدتاً در محور نوروآندوکراین تناسلی و مثل سایر مواد سمی بیشتر در سطح گنادها (بیضه‌ها) یعنی در محلی که تقسیم سریع سلولی وجود دارد می‌باشد (۸،۱۱)، که منجر به اختلالات باروری (شامل عدم باروری تا سقط جنین و آنومالی‌های مادرزادی در نوزادان) و اختلال جنسی نظیر ناتوانی و کاهش میل جنسی می‌گردد. با توجه به موارد مذکور و از آنجا که تاکنون درمان قاطعی در مقابل تأثیر گازهای شیمیایی جنگی شناخته نشده، جهت پیشگیری از عوارض این گازها، که بهترین و مناسب‌ترین زمان آن هنگام مواجهه می‌باشد باید به سربازان توصیه شود اولاً از پوشش‌های مناسب (پوشش‌های ریزافت و حتی‌المقدور پوشش‌های پلاستیکی) و ماسک‌های استاندارد استفاده نموده و نیز به خاطر سنگین بودن این گازها، در زمان وقوع حمله، در صورت امکان خود را به ارتفاع حداقل ده متری

## Summary

### Urogenital and Fertility Complications in Victims of Chemical War Residing in Kerman Province

AA. Ketabchi, MD<sup>1</sup>;

1. Assistant Professor of Urology, Kerman University of Medical Sciences and Health Services, Kerman, Iran

*In this research, urogenital complications of 300 veterans with the average age of  $32.7 \pm 6.5$  years were studied for two years (1995-1996). They were selected randomly in Kerman province based on having at least one exposure to chemical warfare, six to ten years before the study. The control group was selected among the troops whom were not exposed to chemical warfare and had an average age of  $31.8 \pm 6.2$  years. The study was performed based on a physical examination, sperm count, and hormonal tests. In the test group, infertility was 23.3%, spouse-miscarriage 13.6%, spermogram abnormality 38.7%, decrease in libido 30%, sexual impotency 9%, and finally premature ejaculation 23.6%. In the control group, the results were, 1.6%, 2.6%, 8.3%, 6%, 0.3%, and 4.3% respectively. All of this data showed a significant difference between the troops whom were exposed to chemical warfare and those whom were not. Newborn abnormalities among chemically exposed troops were 9%, while in the control groups was 1%. Hormonal investigation in the test group showed an increase of FSH in 57.6% of cases and LH in 66.3% of cases. In 26.6% of cases, the spouses of chemically affected troops were suspected to have symptoms in their skin, eyes and lungs similar to that of their husbands. The result of this study showed that chemical warfare mainly affects the reproductive and neuroendocrine systems, and gave the highest effect on the testes (Gonads), and therefore causing abnormalities in spermatogenesis, sexual activity, and probably resulting in mutations in fetus and newborns*

*Journal of Kerman University of Medical Sciences, 1998; 5(2): 72-77*

**Key Words:** Mustard sulfor, Infertility, Impotency, Spermatogenesis, Chemical warfare

## References

1. Assennato G, Ambrosi F and Sivo D. Possible long-term effects on the respiratory system of exposure to yperite of fishermen. *Med Lav* 1997; 88(2): 148-154.
2. Benschop HP, Van der Schans GP, Noort D, Fidder A, Mars Groenedijk RH and de Jong LP. Verification of exposure to sulphur mustard in two casualties of the Iran-Iraq conflict. *J Anal Toxicol* 1997; 21(4): 249-51.
3. Borak J and Sidell FR. Agents of chemical warfare: sulphur mustard. *Ann Emerg Med* 1992; 21(3): 303-308.
4. Bournsell J. Studies on mustard gas and some related compounds. The fate of injected mustards gas in animal body. *Biochem J* 1946; 40: 756-764.
5. Brookes P. The early history of the biological alkylating agents, 1918-1968. *Mutat Res* 1990; 233(1-2): 3-14.
6. Chauhan RS and Murty LV. Effect of topically applied sulphur mustard on guinea pig liver. *J Appl Toxicol* 1997; 17(6): 415-419.
7. Collumbine H. Medical aspects of mustard gas poisoning. *Nature* 1947; 4031: 151-153.
8. Dacre JC and Goldman M. Toxicology and pharmacology of the chemical warfare agent sulphur mustard. *Pharmacol Rev* 1996; 48(2): 289-326.
9. Lynch V, Smith HW and Marshall E. On

- mechanism of action. *J Pharmacol Exp Ther* 1918; 12: 265-290.
10. Masta A, Gray PJ and Philips DR. Effect of sulphur mustard on the initiation and elongation of transcription. *Carcinogenesis* 1996; 17(3): 525-532.
  11. Mattison DR, Plowchalk DR, Meadows MJ, AL-Juburi AZ, Gandy J and Malek A. Reproductive toxicity: male and female reproductive systems as targets for chemical injury. *Med Clin North Am* 1990; 74(2): 391-411.
  12. Papirmeister B, Feister AJ, Robinson SI and Ford RD: Medical defense against mustard gas. Florida, CRC Press. Boca Raton, 1997.
  13. Pourjafari H. Congenital malformations in the progenies of Iranian chemical victims. *Vet Hum Toxicol* 1994; 36(6): 562-563.
  14. Solberg Y, Alcalay M and Belkin M. Ocular injury by mustard gas. *Surv Ophthalmol* 1997; 41(6): 461-466.
  15. Somani SM: Chemical warfare agents. New York, Academic Press Inc, 1992; pp16-17.
  16. Vogt RF Jr, Dannenberg AM Jr, Schofield BH, et al. Pathogenesis of skin lesions caused by sulphur mustard. *Fundam Appl Toxicol* 1984; 4(2): s71-s83.
  17. Willems JL. Clinical management of mustard gas casualties: *Ann Med Milit Belg* 1989; 3:s1-s61.
  18. Wils ER, Hulst AG and Van Laar J. Analysis of thiodiglycol in urine of victims of an alleged attack with mustard gas, part II. *Anal toxicol* 1988; 12(1): 15-19.