

צד האפל של הקידמה האנושית הוא כושרו המדהים של האדם לתכנן שיטות לקטילת בני אדם אחרים ולשכללן עוד ועוד. הפצצה האטומית אינה סוף פסוק בשכלול שיטות ההרג. עוד במלחמת העולם הראשונה החל השימוש בלוחמה הכימית והביולוגית כאמצעי כשר להשגת ניצחון במלחמה. במהלך המאה ה-20 חלה האצה בפיתוחם של כלי נשק כימיים וביולוגיים, כמו גם בפיתוח הנשק הגרעיני. נשק כימי ונשק ביולוגי קיבלו תנופה עצומה כתוצאה מהמאבק בין המעצמות. עד לפני זמן לא רב נתפסה הסכנה הגרעינית כחמורה מכולן, אולם מצב זה השתנה במהירות, ומלחמת אירן-עיראק המחישה את גודל הסכנות הכרוכות בשימוש בנשק כימי-ביולוגי.

על פיתוח נשק כימי מתחרות לפחות כ-20 מדינות. זהו נשק זול וקל יחסית להכנה ועל כן מצוי בהישג ידן של מדינות קטנות, אשר אמצעיהן המדעיים והתקציביים אינם מאפשרים להן לפתח נשק מותרות - הוא הנשק הגרעיני. יתר על כן, תוצאות ההפעלה של נשק כימי-ביולוגי יכולות להשתוות בעוצמתן לאלה של הנשק הגרעיני, ואף לעלות עליהן. במאמר זה נתמקד בנשק הכימי בלבד.

מהי לוחמה כימית?

נוסף על אמצעי הלוחמה הקונבנציונליים ניתן להשתמש בחומרים שונים כחומרי רעל. במקרים רבים עולה עוצמת השפעתם הקטלנית על השפעתם של כלי נשק מקובלים אחרים. ניתן להגדיר לוחמה כימית כשימוש מכוון בחומרים רעילים בעת מלחמה, לשם פגיעה בבני אדם, אם על-ידי גרימת מוות או על-ידי שלילת יכולת הפעולה של האויב. שלילת יכולת הפעולה נגרמת באמצעות חומרים שאינם קטלניים כשלעצמם, אך הם יוצרים תחום רחב של השפעות זמניות והפיכות כגון עיוורון, שיתוק או מבוכה ובלבול.

שימוש בלוחמה כימית בזמנים קדומים

שימוש בנשק כימי ידוע עוד בתקופות קדומות. שיר הודי משנת 2000 לפנה"ס לערך מזכיר שימוש בחומרים הגורמים לקהות-חושים ומאז ידועים מקרים רבים נוספים. שימוש מודרני ראשון בנשק כימי בקנה מידה גדול נעשה במלחמת העולם הראשונה. הצרפתים היו הראשונים להטיל רימונים המכילים גז מדמיע על הגרמנים (באוגוסט 1914). ובאפריל 1915, בעיצומה של המלחמה, פתחו חיילים גרמנים מצבורים של מכלי מתכת, באזור הקרבות איפרס שבבלגיה. מכלי מתכת אלה הכילו 168 טון של גז כלור דחוס, שהשתחרר באוויר. ענן הכלור גרם ל-15000 נפגעים ומהם 5000 שמתו מחנק. התוצאה הייתה התפוררות המערך הצרפתי-בריטי שהוצב מול הגרמנים. מאוחר יותר, בדצמבר 1915, הוכנס לקרב הגז פוסגן (COCl_2) - גז רעיל שמקורו בפסולת תעשייתית - אך המהלך הקטלני ביותר ננקט בידי הגרמנים ביולי 1917 כאשר הפעילו את גז החרדל. לקראת סוף המלחמה פיתחו האמריקאים חומרי לחימה כימיים בתגובה למתקפת הגזים של הגרמנים. בסיכומו של דבר, שני הצדדים השתמשו בכ-50 סוגים של חומרים כימיים רעילים וגרמו ל-1.3 מיליון נפגעים.

בשנת 1936 גילה הכימאי הגרמני שרדר תרכובת זרחן אורגנית בעלת רעילות גבוהה ליונקים - גז הטבון. בעקבותיו הוכן בשנת 1939 גז הסרין, וב-1944, לקראת סוף מלחמת העולם השנייה, הוכן בגרמניה הגז סומן. אך למרות זמינותם של חומרי הלוחמה הכימיים לא נעשה בהם שימוש אסטרטגי בזמן המלחמה.

לאחר הפוגה של כמה עשרות שנים, נעשה שימוש מסיבי בנשק כימי במהלך מלחמת אירן-עיראק, שהתרחשה בין השנים

1983 - 1988.

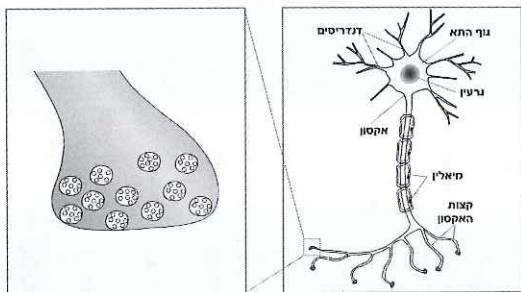
שם מקובל	סיווג	מבנה כימי	מצב פיסיקלי	ריח	צורת פיזור	סימני הרעלה	זמן הופעת סימני ברעלה	בשאיפה מ"ג-דקה/מר	מדינה מפתחת או שימוש ראשון ברעל	הערות
פוספן	ג א ז י ס	<chem>Cl-C(=O)-Cl</chem>	גז חסר צבע	ריח חציר טרי מקנה טעם מתכתי לעשן טבק	גז	שיעול, הקאות, קצף בפה, כיהלון, חנק, דלקת ראות, מוות	מתאחרת בדרך כלל לשעות אחדות	3200	גרמניה, 1915	אחראי ל-80% מכלל מקרי המוות עקב שימוש במים במלחמת העולם הראשונה
חומצה פרוסית	ק א ז י ס	<chem>HCN</chem>	נוזל חסר צבע	שקדים מרים	אדים	סחרחורת, עווית, איבוד ההכרה, חנק, מוות	מיידית	5000	צרפת, 1865 צרפת, 1916	נמצא במלאי של ארה"ב מאז שנת 1942
חרדל מזוקק	ק א ז י ס	<chem>S(CH2CH2CH2)2</chem>	נוזל חסר צבע	ריח שום חלש	אדים, נוזל	דלקת עיניים, בעת אור, כיוב, עיוורון; גירוי עור גרוי,	מאוחרת משעה עד 48 שעות	1000	גרמניה, 1917	המלאים הגדולים ביותר של חומרים רעילים בזמן מלחמת העולם ה-II היו של גז זה
חרדל עלילאי	ק א ז י ס	<chem>CH3SCH2CH2CH2Cl</chem> <chem>ClCH2SCH2CH2Cl</chem>	מוצק	אין	נוזל, תרסיס	גירוי עור, אבעבועות מוות, דומה לפוספן בפעולתו על	מאוחרת	300 בקירוב	בריטניה, ארה"ב, גרמניה, לפני מלחמת העולם השנייה	בשימוש כשהם מעורבבים עם חרדל
חרדל חנקני	ק א ז י ס	<chem>N(CH2CH2CH2)3</chem>	נוזל חסר צבע עד גוון חוסכהה	ריח גראניום חלש	אדים, נוזל, תרסיס	הריאות; השפעות אחרות על מערכות הגוף	מאוחרת	1000	בריטניה, ארה"ב, גרמניה, לפני מלחמת העולם השנייה	ריחו חלש ולכן גם יותר בודני הכיל 20% כלוח במיל לשם פיזור בתרסיס
טבון	ג ז י ס	<chem>C2H5O-P(=O)(CN)(CH3)2</chem>	נחל חסר צבע	חסר ריח עד ריח פרות	אדים, נוזל, תרסיס	עיניים: התכווצות אישונים, ראייה מטושטשת ומתעמעמת, פגיעות בגלגל העין.		150	גרמניה, 1937	
סרין	ג ז י ס	<chem>(CH3)2CHO-P(=O)(F)CH3</chem>	נוזל	כמעט חסר ריח	אדים, נוזל	נשימה: תחושת לחץ בבית החזה, קשיים בנשימה מוות: הזלת ריר, הזעה, בחילה, הקאות, התכווצויות שרירים,		70	גרמניה, 1938	לגרמנים היה מלאי שהכיל כמויות גדולות מאוד של תוצרי הביניים של מ זה
סומן	ג א ז י ס	<chem>(CH3)2CHCO-P(=O)(F)CH3</chem>	נוזל	ריח פירות חלש עם ריח דומה לקמפור	אדים, נוזל	הפרשת צואה ושתן בלתי רצונית, פרפורים, זעזועים פתאומיים, סחרחורת והתמוטטות, מיוחשי ראש, איבוד הכרה, עווית חנק.		70 בקירוב	גרמניה, 1944	
CMPF	ג א ז י ס	<chem>C1CC(C1)COP(=O)(F)C</chem>	נוזל		אדים, נוזל, תרסיס				בריטניה, ארה"ב, קנדה, בסוף שנות הארבעים או ראשית שנות החמישים	קשה יותר לטיפול מאשר סרין
GE	ג א ז י ס		נוזל		נוזל, תרסיס	תחושת צריבה בקרומים ריריים, גירוי חריף בעיניים וכאבי ראש				
BBC קמיט	ג א ז י ס	<chem>C1=CC=C(C=C1)C(Br)C#N</chem>	גבישים ורודים של עד נחל שומנוי חום	פירות חמוצים	אדים, תרסיס		מיידית	3500	צרפת, 1918	יעיל כגורם הטרדה שפעילותו ממושכת
CAP	ג א ז י ס	<chem>C1=CC=C(C=C1)C(=O)CCl</chem>	גבישים לבנים	ריח של פירות תפוחים	תרסיס		מיידית	8300	ארה"ב, 1918	
אדמסיט	ג א ז י ס	<chem>C1=CC=C(C=C1)N(C1)C(=O)C</chem>	גבישים בצבע זהובעד גוון חום ירוק	כמעט חסרי ריח	תרסיס	מיוחשי ראש, עיטוש, שיעול, כאבים בבית החזה	עד שלוש דקות	30000	בריטניה, ארה"ב, 1918	
OCBM	ג א ז י ס	<chem>C1=CC=C(C=C1)C(=O)C#N</chem>	גבישים לבנים		תרסיס	תחושת עקצוצים וצריבה על פני העור, שיעול,	מיידית	גדול מאוד	בריטניה, ראשית שנות ה-50	
BZ	שולל יכולת	<chem>C1=CC=C2C(=C1)N(C=C2)C(=O)R</chem>	מוצק		תרסיס	האטה של פעילות פיסית ורוחנית, סחרחורת, איבוד חוש ההתמצאות, הזיות,			ארה"ב באמצע שנות החמישים	גורם שולל יכולת יחיד שהיה מתוקן בשנת 1963

ניתן לסווג את גזי המלחמה לשני סוגים של לוחמה כימית. לסוג הראשון שייכים הזרחניים האורגניים ובתוכם גזי העצבים (זרחניים אורגניים משמשים אף כחומרי הדברה, לדוגמה הפרתיון). הסוג האחר כולל את קבוצת הוסיקנטים (גורמי שלפוחיות), שעליהם נמנה גם החרדל.

כאמור, הסוג הראשון הן תרכובות אורגנו-זרחניות. תרכובות אלה התגלו לראשונה בשנת 1937. הגרמנים הצליחו לפתח שלושה חומרים רעילים השייכים לקבוצה זו והם טבון, סרין וסומן, שסומנו כ- GA, GB ו-GD (ראה איור 1). הטבון נכנס לייצור המוני ובתחום זה הובילו הגרמנים. הטבון הוא גז רב עוצמה הרעיל פי 20 מהפוסגן. יתרונו הוא בכך שקשה להבחין בו באמצעות החושים, בניגוד לגזים ששימשו בזמן מלחמת העולם הראשונה והדיפו ריח אופייני או שעוררו גירוי קל עם פיזורם. יתר על כן, את הטבון וגזים רבים נוספים, שפותחו לאחר מלחמת העולם השנייה, ניתן היה לפזר על פני שטחים נרחבים. עובדה זו הקנתה לגזים אלה תכונות של אמצעי לחימה אסטרטגי בניגוד לקודמים שהיו מוגבלים בשטח הפיזור. המגבלה העיקרית של הטבון היא האפשרות לבטל את פעולתו באמצעות מסכות הגז. אמנם גז זה פועל על כל מערכות הגוף על-ידי פגיעה במערכת העצבים וכן הוא תוקף את העור בדומה לגז החרדל, אולם בשל נדיפותו הגבוהה, אין הוא חודר דרך העור אלא דרך מערכת הנשימה.

עקב הכנסת מסכות הגז לשימוש המוני, התעורר הצורך בפיתוח חומרים עוקפים. הפתרון נמצא בשנת 1950 כאשר חוקרים אנגלים פיתחו סדרה חדשה של גזי עצבים המכונים גורמי V. גזים אלה הם בעלי חדירות גבוהה, במיוחד דרך העור. מספיקה טיפה זעירה של אחד החומרים המושמט על תנור האוּזן כדי לגרום למוות. חומרים אלה הם נוזלים בלתי נדיפים ואמצעי המיגון הוא לבישת בגד אטום.

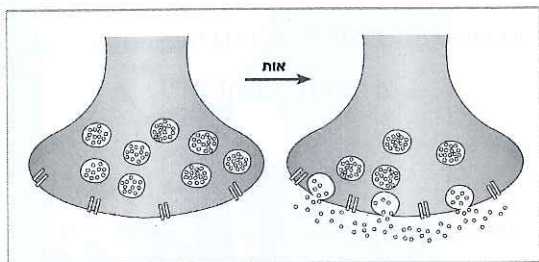
דרכי הפעלה של גזי המלחמה



איור 2 - מבנה תא העצב הניורון. (החלק המוגדל ממחיש את מבנה קצה האקסון)

מערכת העצבים מורכבת מביליוני תאים - ניורונים. הניורונים הם תאים מיוחדים, מוארכים המסוגלים להעביר אות חשמלי לאורכם (ראה איור 2). מהירות העברת האות העצבי יכולה להגיע ל-100 מטר/שנייה. האזור שבו ניורונים נפגשים, ובו מתרחש מעבר האות העצבי נקרא סינפסה. אתרי הפעולה של גזי העצבים למיניהם הם הסינפסות.

קצה הניורון הוא אזור דמוי פקעת המכיל, נוסף למרכיבי התא הרגילים, מעין שלפוחית דמוית שק (vesicle) המכילה ניורוטנסמיטורים (שליחים עצביים) כמו אצטיל כולין. בין הממברנה התוחמת את הניורון לבין הניורון הבא מרווח של 20 ננומטר (1 ננומטר = 10^{-9} מטר), הידוע בשם הפער הסינפטי. הממברנה שממנה נשלח האות נקראת ממברנה פרה-סינפטית וזו שאליה מועבר האות, נקראת ממברנה פוסט-סינפטית.



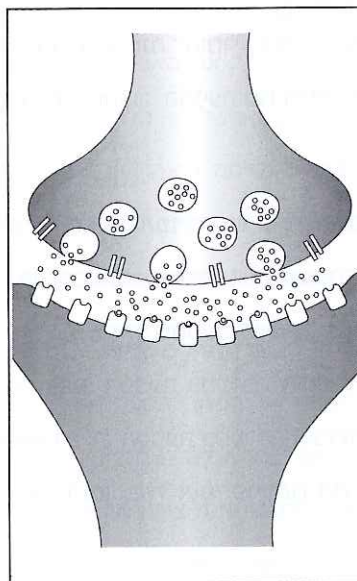
איור 3 - אור גורם לשחרור האצטיל כולין. באמצעות מעבר האצטיל כולין מועבר הגירוי העיצבי.

האות העצבי גורם לשחרור הניורטרנסמיטורים (אצטיל כולין) מהממברנה הפרה-סינפטית (ראה איור 3), אלה עוברים במהירות בדיפוזיה לממברנה הפוסט-סינפטית ויוזמים את התהליך היוצר את האות בבירון הבא (ראה איור 4). אצטיל כולין אחראי, בין השאר, להעברת פקודות עצביות לשרירים, כולל שריר הלב. אילו אצטיל כולין היה נשאר קשור לממברנה הפוסט-סינפטית, הוא היה ממשיך את הגירוי העצבי ללא הפסקה. התוצאה היא פגיעה במערכות גוף שונות.

כדי למנוע זאת, צמוד לקולטן של אצטיל כולין בממברנה אמים - אצטיל כולין אסטר - שתפקידו לפרק את האצטיל כולין מיד לאחר הגירוי. תוצרי הפירוק, כולין וחומצה אצטית, חוזרים אל התא הפרה-סינפטי ומסונתזים שוב לאצטיל כולין.

הרעלה מגז עצבים נובעת מהתקשרות ריכוזים גבוהים יחסית של אצטיל כולין לקולטנים מיוחדים הממוקמים במוח ובאזורים שונים בגוף. התקשרות זו גורמת להגברת פעולות ההפרשה ולהתכווצות של הבלוטות והשרירים. עם עליית ריכוז האצטיל כולין המתקשר לקולטנים, מופיעות תופעות הרעלה בחיבורים עצב שריר, שתחילתן התכווצויות מקומיות וסופן שיתוק עוויתי. בהתקשרות לקולטנים במוח נגרמות תופעות חיצוניות כמו סחרחורת, פחד ובחילה, והתוצאה הסופית היא דיכוי כללי, בעיקר באזור הנשימה.

החומרים המשתייכים לקבוצת הזרחניים האורגניים מתקשרים באופן בלתי הפיך לאזנים אצטיל כולין אסטר, ומעכבים את פעולתו. הקשר בין הזרחן האורגני והאמים הוא הפיך עד לשלב מסוים, ולאחר שלב זה חל תהליך כימי שאינו מאפשר הינתקות הקשר - מצב שבו אין כל אפשרות לשקם את פעולתו. בעקבות זאת נמנע פירוקו של אצטיל כולין, המצטבר בסינפסות ותורם לגירוי עצבי בלתי פוסק. פגיעה בתאי עצב רבים תפגע בתפקוד מערכת העצבים, כך ייפגעו מערכות שונות בגוף (הלב למשל) ועשוי אף להיגרם מוות.



איור 4 - המפגש בין שני תאי עצב, במפגש חל מעבר האותות העצביים בעזרת מתווכים עצביים.

סימני ההרעלה בגזי עצבים, זמן הופעת הפגיעה וחומרתה, תלויים בכמות הרעל שנספגת ובאתרי הספיגה. בחשיפה נשימתית, מופיעים הסימנים תוך דקות ספורות ומגיעים לשיאם תוך 15 עד 20 דקות. בחשיפה עורית התהליך איטי יותר ומגיע לשיאו כעבור 30 עד 45 דקות. דמעת עד בחילה והקאה. הנפגעים קשה אינם מסוגלים לנשום בכוחות עצמם, הם לוקים בפרוסים וברפיון שרירים עד לשיתוק. מוות יכול להתרחש כתוצאה מהפסקת נשימה, שעלולה להיגרם מסתימת קנה הנשימה בהפרשות או מהפסק פעולת שריר הנשימה בעקבות מגע ישיר עם אצטיל כולין, שפועל אף בדיכוי מרכז הנשימה.

מקור האטרופין בטבע הוא בצמח קטלני ממשפחת הסולניים (Atropa belladonna). ניתן גם לסנתז אטרופין במעבדה. הראשון שעשה זאת היה ריכארד וילשטאטר (Richard Willstätter) בשנת 1901. הוא אף זכה בפרס נובל על סינתזה של חומרי טבע.

הטיפול חייב להיות מיידי והוא מתרכז בהוצאת הנפגע מהשטח ובטיהור באמצעים מתאימים.

טיפול תרופתי

שלוש קבוצות תרופות משמשות לטיפול בנפגעי גז עצבים. קבוצה אחת פועלת בעיכוב הקולטנים לאצטיל כולין. לקבוצה זו משתייך האטרופין, הפועל על איברי מטרה מחוץ למוח. האטרופין מונע מאצטיל כולין ליצור את הגירוי העצבי בעת ההתקשרות עם האתר הפוסט-סינפטי - סינפטי. בכך נמנע מעבר האות. הזרקת האטרופין נחוצה בעת חשיפה לזרחנים אורגניים כדי למנוע את הגירוי הבלתי פוסק של מעבר האות העצבי.

על קבוצת התרופות השנייה נמנים האוקסימים, הפועלים בנייתוק הקשר בין האנזים אצטיל כולין והזרחן האורגני הקשור אליו. כתוצאה מניתוק הקשר חל שפעול האנזים מחדש ופירוק אצטיל כולין. בקבוצה השלישית מצויות תרופות

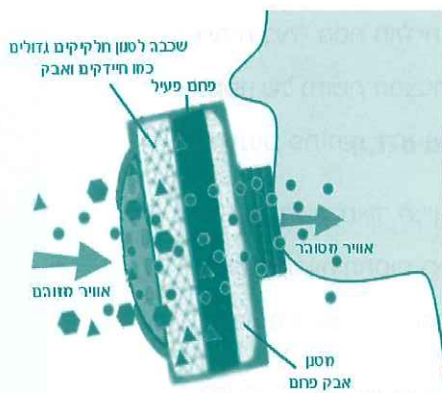
הבאות למנוע את תופעת הפרכוסים. דוגמה לתרופות אלה היא הוואליום המוזרק ישירות לווריד.

גז חרדל

גז חרדל מוכר עוד ממלחמת העולם הראשונה. הוא שייך לקבוצת חומרים המכונה "חומרי הכווייה". חומרים אלה הם בעלי אופי נוזלי שמנוני, כמעט אינם מסיסים במים, וחודרים לגוף דרך הבגדים והעור. הפגיעה מגז חרדל מאוחרת יותר לעומת גז עצבים, ומופיעה לאחר כמה שעות מרגע החשיפה.

לגז חרדל מנגנוני פעולה תוך-תאיים המתבטאים בפגיעה בדנ"א ובחלבונים. הפגיעה העיקרית מתבטאת במערכות גוף המתאפיינות בחלוקות תאים רבות כמו ריריות, מערכת הנשימה, העיניים והעור. הסימנים הראשונים של חשיפה לגז חרדל מתבטאים ברוב מערכות הגוף: הפגיעה במערכת הנשימתית מתפתחת בהדרגה ומגיעה לשיאה כעבור ימים. הסימנים הם נזלת, צרידות, שיעול וקוצר נשימה. חומרתם תלויה בעוצמת החשיפה. הפגיעה במערכת הראייה חלה בשלב חשיפה מוקדם ומתבטאת בהרגשת צריבה, דמעת, כאב, הפרשות ושטטוש ראייה. הפגיעה במערכת העיכול מתבטאת בהקאה, והיא עלולה להחריף. כל הפגיעות בגז החרדל עלולות להחמיר עם הזמן. בשל אופי פגיעתם הם משמשים (במינונים נמוכים) כתרופות אנטי-סרטניות.

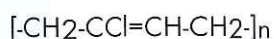
לגז חרדל אין טיפול תרופתי ייחודי, והטיפול הוא תסמיני, בדומה לטיפול בפגיעות דומות מגורמים אחרים. בראש ובראשונה יש להפסיק את המגע עם החומר, ובהמשך חייב להינתן טיפול מיידי. אבקת פולר המצויה בערכה האישית, מבצעת ספיחה מהירה של גז חרדל.



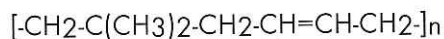
מסכות אב"כ (אטומי, ביולוגי, כימי) ואופן פעולתן

תפקידן של המסכות הוא להגן על העיניים ועל דרכי הנשימה. הן בנויות משני חלקים עיקריים: חלק גמיש העשוי מפולימרים אלסטיים, הנצמד לפנים, ומסנן אשר דרכו עובר האוויר הנכנס לדרכי הנשימה. החלק הגמיש חייב להיות בלתי חדיר לגזים מצד אחד אך בעל גמישות ויכולת מתיחה מצד שני.

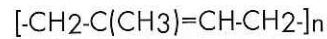
סוגי הגומי העיקריים המשמשים במסכות מגן הם הגומי הבוטילי, הפוליאיזופרן והניאופרן, הידועים כעמידים בממסים שונים, בלתי חדירים לגזים ועמידים לאורך זמן.



ניאופרן



גומי בוטילי



פוליאיזופרן

הסרונו של גומי מסוגים אלה הוא קשיחותו. גומי העשוי סיליקון מועדף בגלל גמישותו. הוא נעים למגע ולניקוי. הסרונו: הוא חדיר יותר למעבר גזים בערך פי 400 מהגומי הבוטילי לכן משתמשים בגומי העשוי סיליקון לייצור רצועות ההתאמה של המסכה לפנים ולחלקים פנימיים של המסכה.

המסנן

המסנן מנקה את האוויר ממהמים על-ידי סינון חלקיקים ותרסיסים באמצעות ספיגה כימית של מים רעילים. המסנן בנוי משלושה חלקים: מסנן התרסיסים, פחם פעיל נקי או עם תוספות ייחודיות, ומסנן למניעת כניסת אבק פחם לדרכי הנשימה (ראה איור). מסנן התרסיסים בנוי משכבה צפופה של סיבי זכוכית. עיקרון הסינון הוא התנגשות בין החלקיקים לבין סיבי הזכוכית, הגורמת לעצירתם. רוב החלקיקים (חידקים למיניהם) נעצרים בשכבה זו. סינון זה דומה למסכת מנתח בחדר ניתוח, או למסכה של פועל באתר בנייה.

סינון הגזים הרעילים מתבצע על-ידי השכבה הבנויה מפחם פעיל. הגזים הרעילים נספגים ונספחים על שטח הפנים העצום של הפחם הפעיל. פחם פעיל מופק מכבול, מפחם, מעץ, מקליפות קוקוס וממקורות נוספים. הכנתו כוללת חימום חומר הגלם לטמפרטורות של $800 - 1000^{\circ}C$ ללא נוכחות חמצן ובנוכחות קיטור. תהליך זה גורם להרחקת תרכובות אורגניות שונות וליצירת מבנה נקבובי מאוד שמאפיין את הפחם הפעיל. הנקבוביות מקנות לפחם הפעיל את שטח הפנים העצום, 300 - 2000 מ"ר ל-1 גרם פחם פעיל.

הספיחה מתבצעת על-ידי אטומי הפחמן הנמצאים בפני השטח ומסוגלים למשוך אליהם מולקולות שונות ובעיקר תרכובות פחמן. כיוון שהפעילות היא על פני שטח מסוים, למסנן יש יכולת ספיחה מוגבלת; לפיכך, בשלב מסוים יש להחליפו. גזי עצבים וגז חרדל נספחים היטב על פחם פעיל. (מסנני הבריטה פועלים על עיקרון דומה לזה שבמסנן מסכות הגז).

רעלים בעלי מסה מולרית נמוכה, ציאנידים למיניהם ופוסגן, שספיחתם לפחם פעיל מוגבלת, מורחקים על-ידי הוספה למסנן של נחושת המצנית, מלחי כסף או מלחי כרום שש ערכיים.

למסננים פתוחים, ללא נוכחות מזהמים, יש חיי מדף מוגבלים כי הם סופחים לחות ומזהמים רגילים הנמצאים באוויר.

לסיכום, חשוב מאוד לציין כי הצעדים העיקריים החייבים להינקט במצבי לוחמה כימית הם אמצעי מיגון כדוגמת מקלט אטום, המהווה מחסום ראשוני בפני גזים ואחרים (כמו חלקיקי אבק ומזהמים נוספים המצויים באוויר שמסביבנו). כאשר מתמגנים היטב, ניתן למנוע את רוב הפגיעות. שימוש נכון באמצעים יכול להציל חיי אדם.

כמו-כן, חשוב לציין שבשנת 1925 נוסחה ונחתמה אמנה לאיסור בשימוש של לוחמה כימית וביולוגית לסוגיה. עובדה מעניינת היא, שבמלחמת העולם השנייה, גם כאשר היה ברור לגרמנים שהם עומדים להפסיד במלחמה, הם לא השתמשו במאגר גזי המלחמה שלהם כנשק אסטרטגי, כלומר הם כיבדו את האמנה הבין-לאומית.

ההיבט הישראלי: גם במקרה זה - בדומה לקיים בלוחמה גרעינית - ישראל אינה חתומה על אמנה זו.



האיורים במאמר נלקחו מהספר "מוח, תרופות וסמים", דבורה כהן, מכון ויצמן למדע.

מקורות

האטרופין / כתבה שערכה נעמי חרמוני מתוך האתר :
- נטוכימיה - אתר המפמ"ר : אטרופין זה טוב או רע ?

השפעה של גזים רעילים על מערכת העצבים / כימיה, תיכון גלילי, כ"ס
<http://www.galili-ks.org.il/lesson/chem/nerve.htm>

כיצד פועלות מסכות אב"כ / דבורה קצביץ וד"ר שלי ליבנה
<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/center/abach.doc>

לוחמה כימית - עיבוד למאמר מאת ד"ר גיורא אגם / כרמית קנטור, ב"ס 'שיטים', ערבה
http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/center/homer_morin/chemwar.doc

לוחמה כימית / אנציקלופדיה בריטניקה, כרך 9

אמנת ז'נבה / Protocol for the prohibition of the use in war of asphx

<http://www.fas.harvard.edu/~hsp/1925.html>