

Kimyasal Savaş Ajanları: Tarihçeleri, Toksisiteleri, Saptanmaları ve Hazırlıklı Olma

Chemical Warfare Agents: History, Toxicity, Detection and Preparedness

Pınar ERKEKOĞLU*
Belma KOÇER-GÜMÜŞEL

Hacettepe University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Toxicology, Ankara Turkey

*Corresponding author
Pınar ERKEKOĞLU
Hacettepe University, Faculty of Pharmacy,
Department of Pharmaceutical Toxicology,
06100, Ankara, Turkey
E-mail: erkekp@yahoo.com
Tel: +90 312 305 21 78
Fax: + 90 312 311 47 77

Received date: 22.06.2017
Accepted date: 19.10.2017

ÖZET

“Kimyasal savaş ajanları (chemical warfare agents, CWA)”nın kitle imha silahı olarak ilk kullanımları Birinci Dünya Savaşı’nda başlamıştır. Bununla beraber, toksik kimyasal maddelerin savaş ve saldırı amacıyla kullanımı yazılı tarihin ilk dönemlerinden başlamıştır. Yeni birçok kimyasal maddenin ve özellikle de farklı organofosfatlı bileşiklerin sentezlenmesiyle kimyasal silah kullanım tehdidi 20. yüzyılın son yarısına önemli boyutlara ulaşmış ve toplu öldürme ve terörizm olaylarında kullanımları gündeme gelmiştir. Dolayısıyla içinde bulunduğumuz şu günlerde ve hatta daha genel olarak 21. yüzyılda, kimyasal silahların konvansiyonel silahların hemen yanında yer alarak en olası savaş ve saldırı yöntemleri haline geldikleri gerçeğini kabul etmek gerekmektedir. Bugün kimyasal ve biyolojik silahlara mevcut en iyi savunma yönteminin ‘korunma’ olduğu kabul edilmektedir. Hazırlıklı olmanın iki bileşeni vardır: bilgi ve donanım. Bilgi eğitimle sağlanır. Donanımın bileşenleri ise personel, araç ve gereç donanımı ile organizasyon ve koordinasyondur. Bu derleme kapsamında, kimyasal savaş ajanlarının tarihçesinden, toksisitelerinden ve saptanmalarından söz edilecek, bu silahlara karşı “hazırlıklı olma” kavramına değinilecektir.

Anahtar Kelimeler: Deteksiyon, hazırlıklı olma, kimyasal savaş ajanı, tarihçe, toksisite

ABSTRACT

The use of “chemical warfare agents (CWA)” as mass destruction weapons first started in World war I. However, use of toxic agents in wars and in attack started in the first ages of written history. The threat of chemical weapons reached to important extents in the last part of the 20th century and became a current issue in the mass destructions and terrorist events. Therefore, nowadays and generally in the 21st century, it should be accepted that the chemical weapons take their part along with the conventional weapons and they have become most possible warfare and attack methods. Today the best way to defend against chemical and biological weapons is “preparedness”. Preparedness has two components: “knowledge” and “equipment”. Knowledge is provided by education. The counterparts of equipment are personnel, appliance, devices, organization and coordination. In this review, we will mainly focus on the history of chemical warfare agents, their toxicities and detections as well as the concept of “preparedness”.

Keywords: Detection, preparedness, chemical warfare agent, history, toxicity

1. Giriş

Teknolojinin gelişmesi, kimya bilimindeki ilerlemeler ve gelişmeler ile her yıl biyolojik aktivitesi olan birçok yeni bileşik sentezlenmektedir. Bu bileşiklerden bazılarının kimyasal

savaş ajanı olarak kullanılabilceği görülmüştür. Özellikle 20. ve 21. yüzyıllarda kimyasal savaş ajanlarının gerek dünya savaşlarında, gerekse ülke savaşlarında kullanıldıkları ve konvansiyonel silahların yanında öldürme, sakat bırakma, savaş

sırasında karşı tarafı güçsüz bırakma ve kapasite düşürme gibi birçok nedenle kullanıldığı görülmektedir. Bu derleme kapsamında, kimyasal savaş ajanlarının tarihçesinden, toksisitelerinden ve deteksiyonlarından söz edilerek, bu silahlara karşı “hazırlıklı olma” kavramına değinilmesi amaçlanmıştır.

2. Kimyasal Savaş Ajanları

“Kimyasal savaş ajanları”, öldürmek; yaralayarak saf dışı bırakmak; kapasite bozucu özellikleri ile etkisiz hale getirmek; bitkisel ve hayvansal besin kaynaklarını, besin stoklarını kontamine etmek ve yok etmek; ekonomik önemi olan hedefleri işlemez hale getirmek; koruyucu giyecek ve araç kullanmak zorunda bırakarak asker ve sivillerin hareket yeteneğini azaltmak ve teröre, kaosa ve sivil personel arasında paniğe neden olmak amacıyla özgün hedeflere karşı kullanılan yüksek toksisite potansiyeline sahip kimyasal maddelerdir [1]. Birleşmiş Milletler, 1969’da yaptığı ve 1988’de yeniden yayımladığı tanıtımda kimyasal savaş ajanlarını “insan, hayvan ve bitkiler üzerindeki doğrudan toksik etkileri nedeniyle kullanılan gaz, sıvı veya katı kimyasal maddeler” olarak belirtmiştir [2].

3. Kimyasal Savaş Ajanlarının Tarihçesi

Pekçok zehirin kullanımının tarihi, antik devirlere dek gitmektedir. Zehirleri ilk kullananlar büyücüler ve din adamları olmuştur. Ülke içi veya ülkelerarası yönetim ve iktidar savaşlarında, kişisel veya ulusal çıkarlar uğruna pekçok kişi, kimyasal maddelerle zehirlenerek öldürülmüştür [2].

Kimyasal zehirlerin, kimyasal savaş ajanı olarak ilk kullanımını M.Ö. 400 yılındadır. Spartanlar düşman askerlerine karşı kükürt dumanlarını kullanmışlardır. Kimyasal zehirlerin savaşlarda asıl kullanımları ise 18. yüzyılın sonlarında ve 19. yüzyılın başlarında olmuştur. 1812’de “fosgen” ilk kez sentezlenmiştir. 1822 yılında ise “hardal gazı” üretilmiştir; ancak zehirli etkisi 1860 yılına dek anlaşılabilmiştir. 1887’de ise “difosgen” sentezi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, 19. yüzyıl boyunca pekçok insektisit sentezi yapılmış ve bunların insana en zararsız olanları seçilerek kullanıma girmiştir. Birçok yeni kimyasal maddenin hızla sentezinin artmasıyla, bunların savaşlarda kullanım tehlikesi de ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, 1907 yılında yapılan “Hague Konvansiyonu”yla, kimyasal silah kullanımının yasadışı olarak kabul edilmesi öngörülmüştür. Ancak, A.B.D. bu konvansiyonu imzalamamıştır [3-7].

Üretilen kimyasal silahların asıl kullanımı, 1914 yılında başlayan I. Dünya Savaşı’nda gerçekleşmiştir. Fosgen, difosgen, hardal gazı ve klor gazı I. Dünya Savaşı’nda 100.000 kişinin ölümüne ve 900.000 kişide de çeşitli sekeller kalmasına yol açmıştır. Tüm savaş boyunca, en çok kullanılan pek çok askerde akciğer ve göz sorunlarına yol açan hardal gazıdır. Adolf Hitler de hardal gazına maruz kalan kurbanlardan biridir [3-7]. 1925 yılında, 42 ülke

“Cenevre Konvansiyonu”nda “Asfiksiye Edici, Zehirli ve Diğer Gazların ve Bakteriyolojik Metotların Savaşta Kullanılmalarının Yasaklanması Protokolü”nü imzalamıştır. Bu protokolle hem kimyasal silahların, hem de biyolojik silahların kullanımı yasaklanmıştır ve A.B.D. bu protokolü imzalamıştır. Yine de, pekçok ulus gelişen endüstrinin ve değişen dünya düzeninin etkisiyle, hem kimyasal, hem de biyolojik silah üretimine devam etmişlerdir [3,5,6,8].

I. Dünya Savaşı’ndan yenik çıkan Almanya’nın yeniden güçlenme çalışmalarının başlaması ile, Almanlar kimyasal silah sentezi ve üretimine büyük yatırımlar yapmaya başlamışlardır. İlk araştırmacılarından biri Lange’dır. 1932’de yayınlanan “Pestisitler ve Nörolojik Hastalıklar” kitabında, Lange’in Berlin’de, fosfor-florür bağı içeren çeşitli bileşikler (monoflorofosforik asitlerin gümüş tuzları ve alkil halidleri) sentezlediğinden bahsedilmiştir. Lange’in öğrencisi Gerda van Krueger’le beraber, sentezledikleri kimyasal maddelerin buharlarından gelen toksik etkileri kendi üzerlerinde inceledikleri ve bu gözlemleri yazdıkları belirtilmiştir. Lange daha sonra I.G.Farbenindustrie’ye başvurmuş; ancak olumlu yanıt alamamıştır. 1934’te ise başka bir bilim adamı, Gerhard Schrader, Otto Bayer’le birlikte, I.G. Farbenindustrie için sentetik insektisit üretmek üzere anlaşmış; çalışmalarına ise 1936’da başlayabilmiştir. Almanya’da araştırma ve geliştirme çalışmaları devam ederken, 1935’te İtalya Etopya’yı işgal etmiş ve burada hardal gazı kullanmıştır. Bir yıl sonra, 1936’da Japonlar Çin’i işgalleri arasında, kimyasal silahlara başvurmuşlardır [5,6,9-11]. 1930’lı yıllarda Alman Hükümeti, I.G. Farbenindustrie’yle yeni kimyasal silahlar üretmek üzere anlaşmıştır ve bu çalışmalar ışığında ilk organofosfatlı bir kimyasal silah olan “tabun”u 1936 yılında sentezlemiştir. Tabun, II. Dünya Savaşı’nda ilk kez Auschwitz’deki mahkûmlar üzerinde denenmiş ve buradaki 30.000 esirden en az 25.000’ini ölmüştür [12-15].

II. Dünya Savaşı esnasında, Schrader çalışmalarına devam etmiş, 1938’de “metan sulfonyl florür” adlı fumigant sentezlemiştir. 1944’e dek kimyasal silah olarak kullanılmak üzere 2000 yeni bileşiğin sentezi gerçekleştirilmiştir. Bunlar arasında diorganofosfatlı bileşikler olan diisopropilflorofosfanat (DFP), tetraktilpirofosfat (TEPP), oktametilpirofosfotetramit (OMPA), tiyo-tiyonofosfor esterleri, paration, paraokson ve sarin de vardır. Alman Savunma Bakanlığı’nın ilgisini çeken bu çalışmalar sonucunda, Schrader’in sentezlediği bu bileşiklerinin kimyasal savaş ajanı olarak da kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Böylece “sarin” ve “tabun”un üretimlerine, Breslav yakınlarında, Duhernfurt dışındaki bir fabrikada başlanmıştır. Bu bileşiklerin farmakolojik ve toksikolojik çalışmaları pekçok askeri laboratuvarında yapılmıştır. Daha sonra ise “soman” üretimi gerçekleştirilmiştir [14-18].

İngilizler, Lange ve Krueger’in çalışmalarını yakından izlemişlerdir. Ayrıca Schrader’in sentezlediği DFP ve diğer alkil fosforidatları testlere tabi tutmuşlardır. A.B.D. ise, DFP’i, Edgewood Tophanesi laboratuvarla-

rında, çeşitli çalışmalarda değerlendirmiştir. Atlantik'in her iki tarafındaki araştırmacılar, bu esterlerin son derece potent ve geri dönüşümsüz antikolinesteraz etkinlikleri olduğunu belirlemişlerdir. Tabun ve sarinin DFP'nin en az iki katı kadar potent oldukları bulunmuştur. Amerikalılar, bu bileşiklere Almanlarca üretildiği için, İngilizce Alman anlamına gelen "German" kelimesinden yola çıkarak "G gazları" demişlerdir [18,19].

Organofosfatlı bileşikler dışında da Almanlar kan zehirleri üzerinde gizli araştırmalar yapmışlar ve esirleri gaz odalarında bir hidrojen siyanürlü bileşik olan "Zyklon B" ile öldürmüşlerdir. Tüm bu araştırmalara ve yeni geliştirilen bunca kimyasal silaha karşın, II. Dünya Savaşı'nda her iki taraf da kimyasal silahları savaş alanlarında kullanmaktan çekinmiştir. Hitler'in savaş boyunca kimyasal silah kullanmamasının nedeni, I. Dünya Savaşı'nda kendisinin de hardal gazına maruz kalması olduğu söylenmektedir. Savaş boyunca, 1941'de savaşa giren ABD de Başkan Roosevelt'in de isteği doğrultusunda biyo-kimyasal silahlara başvurmamıştır. Savaşın sona ermesiyle bu esnada sentezlenen tüm kimyasal savaş ajanlarına karşı korunmanın en etkin yolları araştırılmaya başlanılmıştır [20-22].

1950'lerde, ilk psikometrik ajanlar "glikolik asit esterleri" üzerinde çalışılmaya başlanılmıştır. İlk olarak BZ (3-kinüklidinilbenzilol) sentezlenmiştir ve bu bileşiklerin atropin benzeri etkileri olduğu rapor edilmiştir. 1949'da R. Ghosh tarafından yeni bir sinir ajanı sentezlenmiştir ve 1950'lerde yapılan çalışmalarla, bu ajanın "sarin"den en az 10 kat daha toksik ve diğer tüm sinir ajanlarından çok daha etkin olduğu belirlenmiştir. Bu ajana "VX" adı verilmiş ve yeni "V ajanları"nın sentezlenmesinin de yolu açılmıştır. 1955'e gelindiğinde, ilaç firmalarının da kimyasal silah üretimine karşı bir ilgi gösterdikleri görülmüştür ve 1956 yılında ABD, "askeri amaçlı olarak biyo-kimyasal silahları kullanabileceğini ve Amerikan Ordusu'na karşı bir saldırıda ilk olarak biyo-kimyasal silahları tercih edebileceğini" belirtmiştir [19,23].

1960'lara gelindiğinde, dünya devletlerinin kimyasal silahlara ayırdığı bütçe miktarlarının arttığı görülmüştür. 1965'te, Philadelphia'da, Holmesburg State Hapishanesi'nde, 70 günlük mahkûm üzerinde, çok toksik olan "Agent Orange" kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. 1965'ten sonra çıkan toplumsal akımlarla, insan haklarının savunulması lehtarı ve savaş aleyhtarı gösteriler büyük artış göstermiştir. Bu nedenle Pentagon, bu göstericilere karşı polislin "gaz" kullanmasını önermiştir. 1969'da Birleşmiş Milletler Genel Asemblisi, savaşlarda herbisit ve gözyaşırtıcı gazların kullanımını yasaklamıştır. A.B.D. buna karşı gelen 3 ülkeden birisi olmuştur ve kendisi de bu gazları Vietnam'da gerilla tünellerinde kullanmıştır [24-27]. 1974 yılında ise, A.B.D. Cenevre Protokolü'ne uymayı kabul ederek yeni ve olumlu bir adım atmıştır [19,28].

1970-1990 yılları arasında gerek biyolojik, gerekse kimya-

sal silah endüstrisi, Orta Doğu'da da son hızla gelişmeye başlamıştır. İsrail ve Irak bu konuda, bölgede önemli birer güç haline gelmişlerdir. 1981'de İsrail, Irak'ın bir nükleer reaktörünü bombalamış ve bu saldırı Irak'ın gerek kimyasal, gerekse nükleer güç üretmesine ayrı bir hız katmıştır. İran-İrak Savaşı'nın başlamasıyla, kimyasal silahların savaşta kullanımları tekrar gündeme gelmiştir. 1984'te Birleşmiş Milletler, Irak'ın hardal gazı ve sinir gazlarını İran sınırında kullandığını doğrulamıştır. Savaş esnasında yaklaşık 5000 asker ölmüştür; bu ölümlerin %10-20'si hardal gazı nedeniyle olmuştur. Toplamda 40000-50000 kişi yaralanmıştır; yaralıların bir kısmı da hardal gazının neden olduğu ters etkiler nedeniyle uzun süre cilt, akciğer ve göz sorunları yaşamışlardır. İran'da tedavi edilemeyen bazı yaralılar, tam dekontamine edilmeden Avrupa'daki hastanelere yollanmış ve buradaki sağlık personelinin de etkilenmesine neden olmuşlardır [29-32].

1984'te Hindistan'ın Bhopal kentinde, bir fabrikada olan bir kazai patlama olmuş ve fabrikada bulunan metil izotiyosiyanat fabrikada çalışan ve çevrede bulunan 2000 kişinin ölümüne neden olmuş ve kimyasal ajanların ne derece etkin olabileceği hakkında önemli bir ipucu vermiştir. 1980'lerin başlarında gelişen tüm bu olaylara karşın, ABD VX gazı içeren roketlerin yapımına kaynak ayırmıştır. Irak'ın kimyasal silah kullanımı sadece İran'a karşı olmakla kalmamış, 1988'te Halepçe'de kimyasal silah kullanmıştır [33-36]. Tüm bu umut kırıcı gelişmelere karşın, 1989'da Paris Konferansı'nda 149 ülke Cenevre Konvansiyonu'ndaki hükümlerin devam ettirilmesi ile ilgili anlaşmayı imzalamıştır [37].

1990'larda Irak'ın, biyolojik ve kimyasal silah alanında, çok büyük bir güç haline geldiği iddiaları tüm dünyada kabul görmüştür. Irak'ın Kuveyt'e saldırmasıyla, bu silahları kullanma tehlikesi yeniden belirmiştir. 1991'de, Birleşmiş Milletler ve Koalisyon güçleri, Irak'a karşı bir saldırı düzenlemişlerdir. Bu esnada bir Çek Kimyasal Savaş Ünitesi, havada "sarin gazı" tayin ettiğini belirtmiştir. Sonrasında, Irak'ın kullandığı kimyasal silahlar ve yanan petrol kuyularından çıkan gazlar hem Körfez Savaşı'na katılan askerlerde hem de Irak halkında ciddi sağlık problemlerine neden olmuştur. Irak'taki vakalar hakkında kesin ipuçları bulunamamıştır, ancak Birleşmiş Milletler ve Koalisyon Güçleri askerlerindeki sorunları yakından izlemiş ve ortaya çıkan bu sendroma "Körfez Savaşı Sendromu (Gulf War Syndrome)" adı verilmiştir. 1996'da A.B.D. Savunma Bakanlığı "Çöl Fırtınası (Desert Storm) Operasyonu"nda 20000 Amerikan askerinin kimyasal silahlara maruz kalmış olabileceğini açıklamıştır [38-40].

20 Mart 1995'te Japonya'da, Tokyo Metrosu'na yapılan bir saldırı, dünyanın gözünü buraya çevirmiştir. Aum Shinrikyo adlı bir tarikatça gerçekleştirilen bu saldırıda "Sarin gazı" kullanılmış, saldırı sonucu 12 kişi ölmüş, 5,000 kişi yaralanmıştır. Pekçok gelişmiş önlemin alındığı ve tıbbi olarak çok gelişmiş olan Japonya'da bile bu kadar yaralı ve ölü olması, az gelişmiş ülkelere böyle saldırılar yapılırsa,

ne kadar trajik sonuçların doğabileceği konusunda bir fikir verebilir [41,42]. 1990'ların sonunda, Irak yine gündeme gelmiş ve 1998'de Birleşmiş Milletler yine Irak'taki biyokimyasal silah üretim merkezlerini bombalamıştır. Irak ise, bu saldırılara karşı, bu merkezlerin Birleşmiş Milletler müfettişlerince teftiş edilmesini yasaklamıştır. Aynı yıl Birleşmiş Milletler, Sudan'da, sinir gazı üretildiğini tespit etmiş ve bu hedefi yoketmiştir. Ayrıca, Darfur (Sudan)'daki savaşta sinir gazı kullanılmış olabileceği iddia edilmiştir [43]. Son olarak da Nisan 2017'de Suriye'deki iç savaşta kimyasal savaş ajanı kullanıldığı iddia edilmiştir. Elliden fazla çocuğun öldüğü görülmüştür. Yapılacak otopsilere Dünya Sağlık Örgütü'nün de katılacağı belirtilmiştir [44].

Günümüzde İran, Irak, İsrail, Libya, ABD ve Rusya'nın yüksek miktarda kimyasal silah ürettikleri ve stokladıkları bilinmektedir. Ayrıca, daha stabil ve daha etkili kimyasal silahların geliştirilmesi için milyonlarca dolar harcanmaktadır. Sivil toplum örgütlerinin ve bireysel çalışmaların da bunlara asla karşı koyamadığı görülmüştür [1,2,9,28].

4. Kimyasal Savaş Ajanları

Günümüzde insanlara toksik olan yaklaşık 70000 kimyasal madde kullanımdadır. 20. yüzyılda, yaklaşık 70 kimyasal madde, kimyasal savaş ajanı olarak üretilmiş veya depolanmıştır [1,45]. Kimyasal savaş ajanı olarak kullanılacak maddelerin özelliklerinin aşağıdaki gibi olduğu belirtilmektedir [1,46,47]:

- Üretim ve hazırlık sırasında “çok” toksik olmamalıdır.
- Uzun süreli saklama için dayanıklı olmalıdır.
- Dağıtma/yayma sırasında oksijen, nem ve ısıya dayanıklı olmalıdır.

Kimyasal savaş ajanları «fakirin atom bombası» olarak bilinirler. Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir [48-50]:

Düşük maliyet ve düşük teknoloji (Bir kilometrekarede oluşturulabilecekleri kitlesel kaybin maliyeti konvansiyonel silahlara göre daha azdır.)

- Yüksek etkinlik ve toksisite
- Çok yüksek kayıp kapasitesi
- Korkutucu imaj
- Sınırlı tayin

Kimyasal savaş ajanları genellikle sıvı halde saklanırlar. Gaz, buhar veya aerosol halinde kullanılırlar. Temas yolu genelde inhalasyon veya dermaldır. Sinir ajanları, blister ajanları ve siyanür lipofilik özellik taşıyor; boğucu gazlar ise hidrofildir [51,52]. Kokusu, ajanın tanımlanmasına yardımcı olabilir; ancak herkesin algılayabileceği düzeyde olmayabilir. Tabun ve soman meyvemsi; sarin ve VX kokusuz gazlardır. Hardal gazı hardal, soğan, sarımsak kokusunda; fosgen yeni biçilmiş ot kokusundadır. Klorun ise, karakteristik keskin bir kokusu vardır. Siyanür acı badem kokusundadır. Fosgen ve siyanür koku eşliğinin altındaki dozlarda da toksiktir [53-55]. Kimyasal savaş

ajanların farklı uçuculuk dereceleri vardır ve genelde hepsinin buharlaşma eğilimleri yüksektir. Buharlaşma hızı sıcaklıkla artar. En uçucu olanlar boğucu gazlardır. Sarinin uçuculuğu suya benzer. Hidrojen siyanür hariç, tüm kimyasal silahların buharları havadan ağırdır. Yukarıya çıkmak ve ayakta durma pozisyonları daha koruyucudur [56-58]. alıcılıkları yüksektir. 24 saatten daha fazla sürede buharlaşırlar. Askeri yönden bu tercih edilen bir durumdur. Kalıcılıkları dikkate alındığında, VX, hardal ve bunların koyulaştırılmış formları ve tabun çok tercih edilen ajanlardır. Etkileri kimyasal kalıcılıklarıyla orantılıdır. Bazı ajanlar saldırıdan sonra uzun bir süre, sıvı veya buhar halinde tehlikeli olma özelliklerini sürdürür. Çevreyi ve acil yardım ekiplerini kontamine edebilirler. Yaralıda absorpsiyon devam edebilir ve klinik etkiler artabilir [46].

Kimyasal savaş ajanların çoğunun penetrasyon gücü son derece yüksektir. Sinir ajanları ve vezikan ajanlar sıvı ve buhar halinde normal kumaştan kolaylıkla geçerler. Sarinin iki kat giysiden penetrasyonu 30 dakika kadar kısa bir süredir. Deri materyal de insan derisi gibi geçirgendir. Boya, lak, plastik, kauçuk, tahta gibi materyalden de kolayca penetre olurlar. Kontamine materyalden uzun süre serbestleşip kişiyi ve ortamı kontamine ederler. Bu da tehlikelerini artırır, dekontaminasyonlarını güçleştirir. Cerrahi eldivenler de geçirgendir. Butil kauçuk, çift-kat lateks ve poliester gibi sentetik materyaller ise, geçirmeye dirençlidir [59,60].

Kimyasal savaş ajanlarının çoğu birden fazla yoldan (deri, göz, solunum, oral) sistemik etkilidir. Ayrıca, temas yüzeylerinde lokal hasara neden olurlar [59,60]. Ajanın absorpsiyonu ile ilk klinik semptomların ve belirtilerin başlaması arasındaki süreye “latent periyot” denir. Latent periyodu uzun olanlar hardal (2-24 saat) ve boğucu gazlar (24 saate kadar)'dır. Latent periyodu kısa olanlar ise, sinir ajanları (birkaç saniye - dakika) ve siyanür (birkaç saniye - dakika)'dür [1, 59-61].

Kimyasal savaş ajanlarının toksisitelerini etkileyen ajanın cinsi, miktarı, uçuculuğu ve penetrasyon yeteneği, temas yolu (deri, göz, solunum, oral), temas süresi, arazi koşulları, iklim koşulları ve hava olayları (sıcaklık, yağmur, rüzgarın yönü ve şiddeti) olarak sıralanabilir [1,28,62].

Kimyasal savaş ajanları sinir gazları, yakıcı gazlar, akciğer iritanları, kan zehirleri, kapasite bozucu ve kargaşa bastırıcı ajanlar olarak sınıflandırılmakta olup kimyasal savaş ajanlarının sınıflandırmasına örnekler Tablo 1'de verilmiştir.

4.1. Sinir Ajanları

Letal etkilidirler. Yapıları organofosfatlı insektisitlere benzer; ancak letaliteri 10-1000 kat daha fazladır. Asetil kolinesteraz (AChE) enzimini inhibe edip sinir iletimini bloke ederek solunum felci ile ölüme neden olurlar. Etki çabuk başlar; girişimde bulunulmazsa kısa zamanda ölüm gözlenir. Tablo 2'de sinir gazları, üretim yılları, medyan

letal konsantrasyonları (LC_{50}) ve medyan letal dozları (LD_{50}) verilmiştir [62,66,67].

Muskarinik Etkiler

Bu tip etkiler düz kaslar ve salgı bezlerini etkilemektedir. Bu etkiler tükürük / salya salgılarında artış, ter, gözyaşı salgılarında artış, burun / bronş salgılarında artış, göz bebeklerinde küçülme, bronşlarda daralma, kalp atım hızında düşme, hipotansiyon, bulantı, kusma, gastrointestinal motilite artışı ve idrar ve dışkılamayı engelleyememe olarak sıralanabilir. Tüm bu etkiler kısaca SLUDGE (Salivation, Lacrimation, Urination, Defecation, defecation, gastrointestinal motility, and Emesis: tükürük salgısında artış, lakrimasyon, idrara çıkmada artış, defekasyon, gastrointestinal motilitede artış ve kusma) olarak adlandırılır [46,59,63-65].

- Nikotinik Etkiler

Kimyasal savaş ajanlarının iskelet kasları ve gangliyonlarda gösterdiği nikotinik etkiler seğirme ve fasikülasyon, kaslarda güçsüzlük (diyafram dahil), kas felci, kalp atım sayısında artma ve hipertansiyon olarak sıralanabilir [46,59,63-65].

- Santral Sinir Sistemi Etkileri

Kimyasal savaş ajanlarının neden olduğu santral etkiler huzursuzluk, anksiyete, baş ağrısı, konvülsiyon, solunum depresyonu ve koma olarak sıralanabilir [46,59,63-65].

Sinir ajanlarına sıvı ve buhar halde temas ile ortaya çıkabilecek toksik etkiler Tablo 3’de verilmiştir [46,59,63-65].

Tablo 1. Kimyasal savaş ajanlarının sınıflandırması

KİMYASAL SAVAŞ AJANI	ÖRNEKLER
SİNİR AJANLARI	Tabun (GA) Sarin (GB) Soman (GD) Venom-benzeri ajan X (VX) Siklosarin (GF)
YAKICI GAZLAR	Azotlu hardal Kükürtlü hardal
AKCIĞER İRRİTANLARI	Fosgen Klor gazı
KAN ZEHİRLERİ	Hidrosiyanik asit Siyanojen klorür
KAPASİTE BOZUCU AJANLAR	Narkotik bileşikler [fentanil, liserjik asit dietilamid (LSD), vb.] 3-kuinüklidinil benzilat (BZ) Trankilizanlar
KARGAŞA BASTIRICI AJANLAR	Gözyaşıartıcı ajanlar (CS, CR, CA, CN) Kusturucu ajanlar (DM, Clark I, Clark II)

Tablo 2. Sinir gazları, üretim yılları, LC_{50} ve LD_{50} değerleri

SİNİR GAZI	İlk Üretim Yılı	LC_{50} (inhalasyon, sıçan) (mg/min/m ³)	LD_{50} (dermal, sıçan) (mg/kg)
Tabun (GA)	1936	150-400	1.000-1.700
Sarin (GB)	1938	75-100	1.000-1.700
Soman (GD)	1944	35-50	50-100
Venom-benzeri ajan X (VX)	1952	10	6-10
Siklosarin (GF)	1950	50	1.2

LC_{50} : Medyan letal konsantrasyon; LD_{50} : Medyan letal doz
(NOT: 10 mg, bir pirinç tanesi kadar bir alanı kaplar.)

Sinir ajanlarının etkileri **üç** sınıfta toplanabilir:

Tablo 3. Sinir ajanlarına sıvı ve buhar halde temas halde temas ile ortaya çıkabilecek toksik etkiler

SIVI HALDE TEMAS	
TEMAS DÜZEYİ	ETKİ
HAFİF 18 saate kadar varabilen aseptomatik evreden sonra gözlenen semptomlar	Temas yerinde terleme ve kas seğirmeleri
ORTA 18 saate kadar varabilen asemptomatik evreden sonra, orta derecede temasla gözlenen semptomlar	Temas yerinde terleme, kas seğirmeleri, diyare, genel güçsüzlük
AĞIR 2-3 dakika içinde gözlenen semptomlar	Genel güçsüzlük, bilinç kaybı, kas felci, nefes alamama, genel bir salgı artışı, istemsiz miksiyon/ dışkılama
BUHAR HALDE TEMAS	
TEMAS DÜZEYİ	ETKİ
AZ (LOKAL ETKİ)	Göz bebeklerinde küçülme, burun akıntısı, hafif bronkokonstriksiyon, vücut salgılarında artış, hafif dispne
ORTA (LOKAL ETKİ)	Göz bebeklerinde küçülme, burun akıntısı, bronşlarda hafif daralma, orta derecede/ önemli nefes alma güçlüğü
AĞIR	Konvülsiyon, genel kas seğirmeleri, nefes alamama, istemsiz idrar/ dışkılama

Sinir ajanlarının oldukça hızlı ölümüne neden oldukları bilinmektedir. Bu nedenle zehirlenen bireye hızla müdahale etmek gerekir. Bireyin hızla bulunduğu ortamdan uzaklaştırılması gereklidir. Müdahale eden kişinin de kendini koruması önemlidir. En önemli noktalardan birisi ölümlerle sağ kalanların ayırımını yapabilmektir. Kusma sonucu aspirasyonun önlenmesi gerekir. Hastanın bilinci açık ve ve yutma refleksi varsa, aktif kömür uygulanabilir. Ancak, hasta kusturulmamalıdır. Apne gelişebileceği için ağızdan soluma sağlanmalıdır. Gerekirse endotrekeal tüp hemen takılmalıdır. Ventilasyon mutlaka sağlanmalıdır. Kan pH'sını dengelemek için sodyum bikarbonat uygulanabilir. Sinir gazlarıyla zehirlenmelerde organofosfatlı insektisit zehirlenmelerine benzer şekilde muskarinik etkiler için atropin ve asetil kolin esteraz reaktivasyonu için "oksim (pralidoksim, obidoksim, HI-6) uygulaması" yapılır. Göze temasta atropin veya hemotropin damla uygulanmalıdır. Konvülsiyonların tedavisi için diazepam en etkin ilaçtır; lorazepam veya midazolam da uygulanabilir. Aritmi tedavisi için propanolol uygulanmalıdır. Magnezyum sülfatın da santral sinir sisteminin aşırı uyarımını ve hastanede kalış süresinin azalttığı bildirilmiştir. Hemoperfüzyonun etkinliği tartışmalı olmakla birlikte, bazı çalışmalarda yararlı olduğuna dair veriler elde edilmiştir [68-70].

4.2. Yakıcı Ajanlar (Vezikan Ajanlar / Blister Ajanlar)

Hardal gazı ve kükürtlü hardal bu tip ajanlara örnektir.

Çok hızlı doku hasarına neden olurlar. Hücredeki moleküllerle etkileşirler ve alkilleyici özellik gösterirler. En çok etkilenen bölgeler gözler, solunum yolu epiteli ve deridir [71-74].

Hardal, "savaş gazlarının kralı" olarak bilinir. Üretimi kolay ve ucuzdur. Fizikokimyasal özellikleri nedeniyle dayanıktır. Penetrasyon yeteneği yüksektir. Çevrede uzun süre kalıcıdır. Deri, göz ve solunum bölgesi lezyonlarına neden olması ve hücre reaksiyonlarının geri dönüşsüz olması tercih nedenlerindedir. Letalitesi düşüktür. I. Dünya Savaşı'nda maruz kalanların %1-%2'si, İran- Irak Savaşı'nda maruz kalanların % 3-%4'ü ölmüştür. Cilt, göz veya solunumla hızla absorbe olur; ağır hasar ve ağır kapasite kaybına yol açar. Kapasite bozucu etkisi (savaştan alkoyma, kaos, panik, acil ve yoğun tedavi gerektiren hasara neden olma ve yaralanma oluşturma) tercih nedenidir. Kükürtlü hardalın da kapasite bozucu etkisi vardır ve %1-%2 oranında ölümüne neden olur. Tedavisi uzun ve zahmetlidir [71-74].

Ciltle temas eden hardalın %80'i buharlaşır. Kalanı 1-2 dakika içinde cilt ve mukozalardan absorbe olur. Absorbe olan miktarın yaklaşık %12'si ciltte, %88'i taşıdığı organ ve dokularda hızla yerleşip kimyasal hücre hasarını başlatır. Etil grubunun siklizasyonu ile hızla metabolize edilir. Siklik etilen sulfonyum iyonu yapısında ve alkilleyici nitelikteki metabolitlerinin dokuya bağlanması birkaç

dakika içinde gelişir. Glutatyona reaksiyona girerek oksidatif strese neden olur. Nihai sonuç DNA hasarı ve hücre ölümüdür. Deride bazal hücre nekrozu ve inflamasyon hasarı ile birlikte blister oluşumuna yol açar. Doku hasarını önlemek/azaltmak için tek yol dekontaminasyondur [6,7, 71-74].

Klinik etkiler 2-48 saat, ekseriya 4-8 saatte ortaya çıkar. Semptomların erken gelişmesi ağır hasarın göstergesidir. Ağır solunum yolu semptomlarının (dispne, produktif öksürük) erken başlaması 4-6 saatten az sürede ortaya çıkarsa fatal hasar görülebilir. Hardal gazına bağlı ölümün temel nedeni pulmoner kaynaklıdır. Solunum hasarı ve yetmezliği ve sekonder pulmoner enfeksiyon nedeniyle ölüm görülebilir. Radyomimetik etkiyle immun sistem depresyonu, kemik iliği hasarı ve sepsise neden olabilir [12, 71-74]. Hardal gazına maruz kalan bireyin tedavisine hemen başlamak gerekir. İlk iki dakikada giysiler çıkarılmalı ve dekontaminasyon yapılmalıdır; aksi takdirde blister oluşumu başlar. Dekontaminasyon sabunlu su ile yapılmalıdır; eğer deride hasar yoksa 1 litre suya 10 ml çamaşır suyu eklenerek dekontaminasyon gerçekleştirilebilir. Gözler su veya salin ile yıkanmalıdır; burun da su veya salin kullanılarak dekontamine edilmelidir. Blister oluşmuşsa ve blisterlerde rüptür varsa, sekonder enfeksiyon gelişimin önlemek için topikal antibiyotik kullanılmalıdır. Küçük açık blisterlerin üstü kapatılabilir; büyük açık blisterlerin üzeri kapatılmamalıdır. Gözde irritasyon varsa, sekonder enfeksiyonu önlemek için antibiyotikli göz kremleri kullanılabilir. Deride yanık varsa, uygun bir yanık kremi ile tedavi etmek gereklidir. Respiratuar distres varsa, buhar veya mentollü buhar uygulanabilir. Gerekirse, antibiyotik verilebilir [71-74].

4.3. Akciğer İritanları (Boğucu gazlar / Asfiksanlar)

Birincil olarak solunum sistemi dokularında fiziksel hasar yapan iritan maddelerdir. Solunum yollarının koruyucu membranlarının hasara uğraması mikrobiyal enfeksiyonlara duyarlılığı artırır; zatüre ve benzeri hastalıklara yol açar. Ayrıca oksijenin dolaşıma alındığı kapillerler de hasara uğradığı için, meydana gelen ödem oksijen alımını engeller. Bu grupta fosgen ve klor gazları en bilinen ajanlardır [75,76].

Fosgen zehirlenmelerinin antidotu yoktur. Deri dekontaminasyonu bol su ve sabunla yıkanarak yapılmalıdır. Göz dekontaminasyonu 5-15 dakika bol su ile yıkanarak yapılır. Semptomatik tedavi ve pulmoner ödem tedavisi, aerosol steroid ve sistemik steroid, istirahat, sedasyon, oksijen, antibiyotikten oluşan bir yaklaşımla uygulanır. Klor zehirlenmelerinin de spesifik antidotu yoktur. Hava yolu açık tutulmalı, pulmoner ödem, bronşlarda daralmanın tedavisi ve kalp ritim bozukluklarının tedavisi yapılmalıdır [75,76].

4.4. Kan Zehirleri

Hücre solunumunu bozan letal kimyasal savaş ajanlarının yer aldığı bir gruptur. Etki mekanizmaları ya dokuların oksijen alınımını engellenmesiyle veya kan ile dokular arasında karbondioksit değişimini bloke etmesiyle ilişkilidir. Bu grupta siyanürler ve hidrojen sülfür en çok bilinen ajanlardır [77,78].

Siyanürlerle zehirlenmelerde kesinlikle ağızdan ağıza solunum yaptırmaya çalışılmamalıdır. Ayrıca hastanın gastrik içeriğine korunmasız temas etmemek gerekir. Derhal %100 oksijen verilir. Antidot olarak “sodyum nitrit + sodyum tiyosülfat” uygulanır. Eğer sodyum nitrite hemen ulaşamıyorsa, varsa amil nitit koklatılabilir. Ayrıca, 4-dimetilaminopiridin (4-DMAP) ve dikobalt edetat (Kelacyanor®) da antidot olarak kullanılabilir [77,78].

4.5. Kapasite Bozucu Ajanlar (Halüsinojenler / Fantastika / Psikodelik Ajanlar)

Bu sınıfta, psikoza ve ciddi mental hastalıklara benzer bozukluklar oluşturan maddeler bulunur. Santral sinir sistemini etkileyip stimülasyon veya depresyon yoluyla davranı bozukluğuna neden olurlar. Bu grupta en çok bilinen ajanlar fentanil, liserjik asit dietilamid (LSD) ve 3-kuinüklidinil benzilat (BZ)’dir [62,79].

LSD ile zehirlenmelerde solunum ve kalp fonksiyonları incelenmeli, hasta komada değilse kusturulmalı, aktif kömür ve katartik uygulanmalıdır. Anksiyeteye karşı diazepam önerilir. Psikoz varsa, 5-hidroksitriptofan (5-HTP) ve karbidopa verilmelidir. BZ ile zehirlenmelerde ise, hasta kontamine ortamdan uzaklaştırılarak, spesifik antidot olarak fizostigmin kullanılır [62,79].

4.6. Kargaşa Kontrol Ajanları

Sahada kullanıldıklarında, temas süresinden biraz daha uzun bir süre devam eden, hızlı ancak geçici kapasite kaybına neden olan ajanlardır. Bu grupta “gözyaşırtıcı ajanlar (CS, CR, CA, CN)” ve “kusturucu ajanlar (DM, Clark I, Clark II)” bulunur [1,69,80].

Bu tip maddelere maruziyette hasta kontamine ortamdan uzaklaştırılmalı ve kontamine giysileri çıkartılmalıdır. Vücut su ve sabunla iki kez yıkanmalıdır. Spesifik antidotları yoktur [1,69,80].

5. Kimyasal Savaş Ajanlarının Saptanması

Kimyasal savaş ajanlarının deteksiyonu, bir kimyasal savaş ajanının kalitatif ve kantitatif olarak tespitidir ve riskler hakkında bilgi edinilmesi açısından hayati öneme sahiptir. Bir kimyasal savaş ajanıyla kontamine ortamda, doğru aletlerin ve doğru metotların seçimiyle deteksiyon yapılabilir [81-83]. Kimyasal savaş ajanı “gaz” ise, havadaki konsantrasyonunun tehlikeli olup olmadığını belirlemek gerekirken, ajan “sıvı” ise, bu ajanın kullanılan aletlerle, toprakla veya insanla temasının olup olmadığını

detekte edilmesi gerekir [81-83].

5.1. Kimyasal Savaş Ajanı Saptama Tipleri

5.1.1. Manuel Saptama

a. Saptama Kağıtları: Saptama kâğıtlarının temel kimyasal savaş ajanlarında çözünen çeşitli boyalara bağlıdır. Genellikle iki tip boya ve bir pH belirteci içerirler ve bu maddeler özel bir yöntemle boyanmış sellüler fiberlerle karıştırılarak bir kâğıt haline getirilmişlerdir. Bir damla kimyasal savaş ajanı kâğıt tarafından absorbe edildiğinde, pigmentlerden birini çözer. Saptama kâğıtları, üç değişik tip kimyasal savaş ajanı (siyanür, sinir gazları ve yakıcı ajanlar) ayırmak için kullanılabilir. Kâğıtların en önemli dezavantajı, pek çok başka maddenin de içerdikleri pigmentleri çözebilmesidir. Bu nedenle üzerlerine solvan, katı yağ, sıvı yağ veya yakıtların dökülmesinin mümkün olabileceği yerlerde saklanılmamalıdır. Su damlacıkları ile reaksiyon vermezler. Spotun çapı ve deteksiyon kâğıdının dansitesi sayesinde, gerçek ortamdaki damlacıkların çapı ve bunlara kontaminasyon derecesi hakkında bilgi edinebilir. 0,5 mm çapındaki bir kimyasal ajan damlacığı, kâğıtta 3 mm çapında bir spot oluşturur. Bu çaptaki bir damlacığın cm^2 'deki alanı, sahadaki kontaminasyonun $0,5 g/m^2$ olduğunu gösterir. En düşük deteksiyon limitleri $0,005 g/m^2$ 'dir [81, 84-87].

b. Saptama Tüpleri: Saptama tüpleri, içerlerinde bir substrata emdirilmiş dolgu materyali ve özel bir pompa içeren tüplerdir. Örneğin; hardal gazı için kullanılan deteksiyon tüpü, DB-3 substratına emdirilmiş silikajel içeren cam tüplerdir. Saptama havası, tüpten özel bir pompa ile emilir. Hardal gazı ve substrat arasındaki reaksiyon, tüp ısıtılarak (mesela bir çakmakla) hızlandırılabilir. Sonra bir developer eklenir ve sonuç alınabilir. Eğer tüpteki silikajel maviye dönerse, hava örneğinin hardal gazı içerdiği söylenebilir [88,89].

c. Saptama Biletleri: Genelde sinir ajanları için kullanılır. Saptama biletleri, iki bölümden oluşur: Enzimin emdirildiği kâğıt bölümü ve substratın emdirildiği kâğıt bölümü. Sinir ajanları için aktif enzim olarak "kolinesteraz" kullanılır. Paket kırıldığı ve enzim kâğıdı ıslandığı zaman, biletin substrat bölümü bir pompa yardımıyla test buharına maruz kalır. Ardından iki bölüm, iki dakika için biraraya konular. Eğer biletin enzim bölümü açık maviye dönerse, havada sinir ajanı yoktur. Eğer havada sinir ajanı varsa, enzim inhibe olur ve renk değişmez. Saptama limiti, pompadaki vuruşların sayısına bağlı olarak $0,02-0,05 mg/m^3$ arasında değişir. Bilet havada sallanarak, pompa olmadan da kullanılabilir; ancak bu hassasiyeti düşürür. Deteksiyon biletlerinin en büyük dezavantajı, değişik sinir ajanlarını birbirinden ayıramamalarıdır [89-91].

5.1.2. Enstrümantal Saptama

Günümüzde kullanılan deteksiyon metodlarının çoğu enstrümantaldir. Toksinler için kullanılanlar gibi manuel

metotlar da kullanılmaktadır; ancak genelde "deteksiyon enstrümanları" veya "izleme birlikte saptama enstrümanları" kullanılarak deteksiyon gerçekleştirilmektedir. Kimyasal ajanları izlemek için kullanılan gözlem sistemlerine "Kimyasal Ajan Monitörü (Chemical Agent Monitor, CAM)" denilir. Dedektörlerde alarm sistemleri de kullanılmaktadır. İlk denenen ve şu anda da en güvenilir sayılan alarm dedektörleri, sürekli ve otomatik olarak havadaki gaz konsantrasyonunu izleyerek çalışırlar. Bu dedektörler uzun süre ve sürekli olarak çalışmak zorundadır. Pil değiştirme gibi işlemlerin dışında, özel bir bakım gerektirmemelidirler ve ortamdaki personelce çok kısa ve basit bir eğitim sonucunda kullanılabilirlerdir. Eğer havanın normal bileşenleri dışında bir maddeye rastlanırsa, aletler görsel ve/veya işitsel olarak sinyal vermelidir. Alarm dedektörlerin en büyük avantajı, değişik ajanlar için değişik seslerde ve değişik renklerde sinyal vermeleridir; ancak kimyasal savaş ajanları dışında da, bazı maddelerin alarma neden olabileceği unutulmamalıdır [81,88, 92-94].

İyonizasyonu, kimyasal reaksiyonları, enzimatik reaksiyonları veya optik yöntemleri esas alarak çalışan pekçok dedektör tipi vardır. Bunlara örnek olarak şu dedektör tiplerini verilebilir:

- **İyon Mobilite Spektroskopisi (Ion Mobility Spectroscopy, IMS):** Şu anda en sık kullanılan IMS tipi GID-3'tür. Askeri araçların içindeki veya dışındaki havayı inceleyebilir. "Sinir ajanları"na ve "yakıcı ajanlar"a çabuk cevap verir. Ayrıca «akciğer irritantları"na ve "kan zehirleri"ne de yanıt verebilir. Filtre sistemiyle etkin bir operasyon sağlayabilir. Ayrıca, LCD-2 (Lightweight Chemical Detector) de aynı esasa bağlı olarak çalışır. Avantajı kolay taşınabilir ve hafif olmasıdır. Çevredeki toksik veya endüstriyel kimyasalların da izlenmesini sağlayabilir. Veri biriktirebilir; bilgisayara bilgi aktarabilir. 40 saat süreyle aralıksız çalışabilir ve çalıştırmak için 4 AA pilleri kullanılır. Bu dedektörler ABD Ordusu tarafından da denenmiştir [95-98].
- **Alev Fotometrik Dedektör (Flame Photometric Detector, FPD):** Önce bir hidrojen alevi hava örneğini yakar ve sonra ise alevin rengi bir fotometrede incelenebilir. Bu yolla fosfor ve kükürt belirlenebilir. Fosfor atomunun spesifik fotoemisyonunun ölçülmesiyle, havadaki fosfor konsantrasyonu da bulunabilir. Dolayısıyla, sinir gazlarının kolayca tespiti yapılabilir. AP2C ve CHASE bu yolla çalışan dedektörlere örnek olarak verilebilir [99,100].
- **Enzimatik Esasa Dayalı Çalışan Dedektörler:** Özellikle sinir ajanlarının deteksiyonu için kullanılırlar. Bu dedektörler, İngiltere, Hollanda ve eski Sovyetler Birliği'nde geliştirilmiştir [101, 102].
- **Optik Esasa Dayalı Çalışan Dedektörler:** Uzun süreli izleme için optik yöntemler (örneğin, infrared, IR) kullanılabilir. Bu yöntemler ilk olarak ABD ve

Fransa’da geliştirilmiştir. Sinir gazlarının hava, toprak ve sudaki izlenmeleri IR kullanımıyla kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Bilhassa sarinin bu yöntemlerle izlenebildiğine dair literatürde veriler mevcuttur [103,104].

- **Kimyasal Esasa Dayalı Çalışan Dedektörler:** Değişik kimyasal maddelerin kimyasal savaş ajanlarıyla reaksiyon oluşturması esasına bağlı çalışırlar. ABD ve İsrail’de kullanılmaktadır [103,104].

5.2. Yeni Geliştirilen Saptama Metotları

Son yıllarda “kişiye özel kimyasal ajan dedektörleri (ICAD’lar)” önem kazanmıştır. Özellikle askeri amaçla kullanılan ICAD’ların en basit formu, kişinin üstüne giydiği ve kimyasal ajan varlığında renk değiştiren tişörtlerdir [90,107,108].

Günümüzde, büyük ilgi uyandıran araştırmalardan biri de, sensör olarak biyolojik aktif moleküllerin kullanılmasıdır. Bunlara “biyosensör” adı verilir. Biyosensörlerin büyük potansiyelleri olduğuna inanılmaktadır ve en büyük avantajları hassasiyetleri ve spesifiteleridir. Biyosensörler, insan vücudunda zehirlenme esnasında oluşan mekanizmaları

kullanırlar. Bugün kullanılan enzim biletleri de ileride biyosensörlerle beraber kullanılabilir. Potansiyel tehditlerin erken saptanmasında yeni geliştirilen biyosensörlerin etkin deteksiyon metodu olduğu iddia edilmektedir. Toksik maddelerin üzerinde çalışmak yerine, vücudun örneğin bir toksine karşı verdiği ve reseptörler aracılığıyla gelişen cevabı kullanmak daha yararlı olabilir [109,110].

6. İthalat Ve İhracatları Kontrol Altında Olan Kimyasal Maddeler

Bazı kimyasal maddelerin ithalat ve ihracatları uluslararası kanun ve hükümlerle kontrol altına alınmıştır. Bu kimyasal maddeler sinir ajanlarının, hardal gazının veya diğer bazı savaş gazlarının üretiminde başlangıç maddesi veya ara madde olarak kullanılmaktadır. Bu maddelerden ABD ve İngiliz hükümetlerince kontrol altına alınanlar **Tablo 4**’de verilmiştir [111]. Ayrıca, savaş ajanı olarak kullanımları dışında başka bir kullanımları olmayan bileşikler ise **Tablo 5**’de verilmiştir. Bu bileşiklerin listesi **Liste A** olarak bilinir ve tüm ajanların bu üretimi, ihracat ve ithalatı ülkelerarası anlaşmalarla izlenmektedir [112]. **Tablo 6**’de ise, kimyasal silah üretiminde kullanılacak diğer kimyasal maddeler listelenmiştir [111].

Tablo 4. İthalat ve ihracatları kontrol altında olan kimyasal maddeler

Kimyasal	Kimyasal Savaş Ajanı Üretiminde Kullanımı
Tiyoglikol ^{a,b}	Hidrojen klorürle temasta hardal gazına dönüşür.
Kloroetanol ^b	Tiyoglikol yapımı için gereklidir.
Fosforiklorür ^{a,b}	Tabun üretiminde gereklidir. Bazı güçlüklerle metilfosfonil diklorüre dönüştürülebilir.
Dimetilamin ^b	Fosforil klorlar gibi, TABUN üretiminde gereklidir ve yapımı çok kolaydır.
Metilfosfonil diflorür ^{a,b}	Sarin-benzeri gazlara pekçok alkolün teması ile dönüştürülebilir.
Metilfosfonil diklorür ^b	Dikkatlice kontrol edilen bir reaksiyonla, alkol ve potasyum florid ile reaksiyona sokularak sarin-benzeri gazlara dönüştürülebilir. Bir florürle (örneğin; potasyum florür ile) ısıtılarak metil fosfonil diflorüre dönüştürülebilir.
Dimetil metilfosfanol ^{a,b}	Metilfosforil diklorürün üretilebileceği pekçok metilfosfonot bileşiğinden biridir.
Potasyum florür ^{a,b}	Sarin benzeri gazların üretiminde kullanılabilen pekçok flor bileşiğinden biridir, ama metilfosfonil veya etilfosforil bileşiklerinin yokluğunda işe yaramaz.

^aABD tarafından 30 Mart 1984’ten itibaren kontrole tabi kılınmışlardır.

^bİngiliz hükümetince 12 Nisan 1984’ten itibaren özel ithalat-ihracat izniyle ticaretlerine izin verilmeye başlanılmışlardır.

Tablo 5. Savaş ajanı olarak kullanımları dışında başka bir kullanımları olmayan; üretimi, ihracat ve ithalatı kontrol altında olan bileşikler.

O-alkil (C1-C10, sikloalkil dahil) alkil (Me, Et, n-Pr veya i-A) fosfonofloridatlar Sarin (O-Isopropil metilfosfonofloridat) Soman (O-Pinakolil metilfosfonofloridat)
O-alkil (C1-C10, sikloalkil dahil) N,N-dialkil (Me, Et, n-Pr veya i-Pr) fosforamidasiyanidatlar Tabun (O-Etil N,N-dimetilfosforamidasiyanidat)
O-alkil (H veya C1-C10, sikloalkil dahil) S-2-dialkil (Me, Et, n-Pr veya i-Pr) aminoetil alkil (Me, Et, n-Pr veya i-Pr) posfonotiyolatlar ve bunların alkiline veya protonat tuzları VX (O-Etil S-2-diisopropilaminoetil metil fosfonotiyolat)
Kükürtlü Hardallar (Kloroetil klorometilsülfid bileşikleri) Hardal gazı (Bis (2-kloroetil) sülfid) BİS ((2-kloroetil) metan) Seskihardal (1,2-Bis (2-kloroetil) etan) 1,3-Bis (2-kloroetil) n-propan 1,4- Bis (2-kloroetil) n-butan 1,5-Bis (2-kloroetil) n-pentan Bis (2-kloroetil) eter O-hardal (Bis (2-kloroetil) eter)
Levisitler Levisit (Bis (2-Klorovinil) kloroarsin) Levisit 1 (2-Klorovinildikloroarsin) Levisit 3 (Tris (2-klorovinil) arsin)
Azotlu hardallar HN 1 (Bis (2-kloroetil) etilamin) HN2 (Bis (2-kloroetil) metilamin) HN3 (Tris (2-kloroetil) amin)
Saksitoksin
Risin
Alkil (Me, Et, n-Pr veya i-Pr) fosfonildifloridler DF (Metilfosfonildiflorit)
X- O-alkil (H veya C1-C10, sikloalkil dahil) 0-2-dialkil (Me, Et, n-Pr veya i-Pr) aminoetil alkil (Me, Et, n-Pr veya i-Pr) fosfonitler ve bunların alkiline veya protonat tuzları QL (O-etil O-2diisopropilaminoetil metilfosfonit)
Klorosarin (O-isopropil metilfosfonokloridat)
Klorosoman (O-pinakolil metilfosfonokloridat)

LİSTE A: Bu listedeki kimyasalların kimyasal savaş ajanı dışında kullanımı yoktur. Milletlerarası anlaşmalara göre, uluslar ancak yılda bunlardan bir ton üretip, depolayabilirler. Bu bileşikler yüksek derecede toksiktir. Letalite veya kapasitenin bozulmasına neden olurlar.

Tablo 6. Kimyasal silah üretiminde kullanılacak diğer kimyasal maddeler

Kimyasal madde	Kimyasal savaş ajanı üretiminde kullanımı
Sodyum florür	Potasyum florürden daha sık kullanılan bir florlayıcı ajan
Metilfosfonöz diklorür	VX-gazına benzer sinir gazlarının üretiminde esansiyel bir prekürsördür. Metilfosfonil diklorite kolayca dönüştürülebilir.
O-alkil Metilfosfonotiyodatlar	VX-gazına benzer sinir gazlarının prekürsörleridir. Ayrıca sarin benzeri sinir gazlarına da dönüştürülebilir.
Diğer metilfosfonil bileşikler	Dimetilfosfanat gibi kullanılırlar.
Metilfosfor bileşiklerinin P-etil homologları	Etilfosfanat ailesi sinir gazlarının prekürsörleridir.

7. Hazırlıklı Olma: Kimyasal Savaş Ajanlarına Maruziyet ile Ortaya Çıkabilecek Zararın Önlenmesi ve Azaltılması

Kimyasal savaş ajanlarına nerede, nasıl ve ne miktarda maruz kalacağımızı bilememekteyiz. O halde olası bir kitle imha olayına veya terörist saldırıya her an açık olduğumuzu düşünerek, bu ajanlara karşı “hazırlıklı olmak” alınabilecek en iyi tedbirdir. Hazırlıklı olmanın iki bileşeni vardır: “bilgi” ve “donanım”. Bilgi eğitimle sağlanır. Donanımın bileşenleri ise personel, araç ve gereç donanımı ile organizasyon ve koordinasyondur [114-117].

1919’da Fransa’daki Amerikan Ordusu Komutanı General John J. Pershing “Gelecekteki savaşlarda gazların kullanılıp kullanılmaması konjonktüre bağlıdır; ama bu maddelerin etkileri öylesine ölümcüldür ki ihmalin bedelini ödeyemeyiz” demiştir [113]. Buradan planlama ve risk değerlendirilmesinin ne derecede önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Her toplumsal ve idari birim kendi kimyasal savaş ajanları afet riskinin değerlendirmesini yapmalıdır. Düzenli olarak toplumsal afet eksersizleri yapmak gereklidir. Yapılan planın değerlendirilmesi ve hazırlıkların test edilmesi ancak bu şekilde sağlanabilir. Personel eğitimi de çok önemli bir konudur. Eğitimin ne derecede yeterli olduğu yapılan afet eksersizleri ile ortaya çıkabilir. Kimyasal savaş ve terörizmde mevcut en etkili savunma yöntemi korunmayı bilmek ve hazırlıktır [114-116].

Tıbbi personel ilk olarak kendisini korumalıdır. İran-Irak savaşında hardal gazına maruz kalan ve Avrupa hastanelerine gönderilen yaralılar tamamen dekontamine edilmemiştir [114-116]. Tokyo metrosunda sarin gazı buharlarıyla kontamine olan yaralılar hastanelere dekontamine edilmeden götürüldükleri için, bu hastanelerdeki tıbbi personel de etkilenmiştir [117]. Yaralının tamamen dekontamine olduğundan emin olunmalıdır. Ayrıca tıbbi personel yeterli derecede koruyucu giysiler (koruyucu maske, geçirgen olmayan eldivenler, botlar ve özel giysiler) kullanarak zehirlenen bireye yaklaşmalıdır [114-117]. Dekontaminasyon için kullanılabilir ajanlar **Tablo 7**’te sıralanmıştır [118-121].

Kimyasal savaş ajanlarına ortaya çıkabilecek saldırılarla ilgili topluma verilebilecek en basit öneriler şöyle sıralanabilir [115,122,125]:

- Çevreye dikkat etme
- Huzursuz ve şüpheli görünen çevredeki bir kişi hak-

kında dikkatli olma

- Yolculukta yabancıların valizlerini ve paketlerini kabul etmeme
- Çevre, işyeri ve evdeki acil çıkış noktalarını ve acil yardım merdivenlerinin yerini bilme
- Kimyasal savaş ajanları ve dekontaminasyonları hakkında bilgi sahibi olma, mümkünse evde ilk yardım seti, hipoklorit, sabunlu su ve talk gibi kolay bulunur dekontaminasyon malzemelerini bulundurma
- Arkadaş ve komşularla mümkünse bu konu hakkında bir plan yapma, çevredeki barınaklarla ilgi bilgi sahibi olma

Herhangi bir kimyasal savaş ajanıyla saldırı esnasında yapması gerekenler şu şekilde sıralanabilir [115,122,125]:

- Evdeki tüm penceri ve kapıları kapatma ve kilitleme, mümkünse tüm pencere ve kapı kenarlarını bantlama
- Evdeki havalandırma, klima ve ocağı hemen kapatma
- Tüm kablolu ve elektrikle çalışan cihazların fişlerini çekme ve elektriği kullanmama
- İlk yardım setini ve gerekli yardım malzemelerini alarak evdeki veya bulunulan mekandaki iç kısımdaki bir odaya geçme

Kimyasal savaş ajanıyla bir saldırı gerçekleşmişse, yapılması gerekenler şunlardır [115,122,125]:

- Kimyasal savaş ajanına maruz kalan başka bir bireye yardım ederken çok dikkatli olma, kontaminasyonu azami şekilde engelleme
- Kişi kendi maruz kalmışsa, üzerindeki tüm kıyafet ve eşyaları çıkarma, çıkartırken kıyafetlerin burun, göz ve ağızla temas etmemesi için gereken özeni gösterme
- Kıyafetleri çıkarttıktan sonra, bir eldiven ardımıyla plastik bir torbaya koyma ve ağzını kapama
- Elleri, yüzü ve saçları su ve sabunla dekontamine etme
- Gözlük ve kontakt lensleri çıkartma, gözleri su ile dekontamine etme
- Acil olarak medikal yardım alınabilecek bir merkeze gitme ve profesyonel yardım alma

Dolayısıyla bireylerin ve tüm toplumun bilgi sahibi olması ve herhangi bir kimyasal tehdit karşısında ne yapacağını ve nasıl davranacağını bilmesi “hazırlıklı olma”nın temelini oluşturur. Ülkelerin de olası tehditlere karşı kendi planlamalarını yapmaları ve korunma ve dekontaminasyon için gerekli malzemeleri bulundurmaları da önemli bir husustur [115,122,125].

Tablo 7. Kimyasal savaş ajanlarının dekontaminasyonu için kullanılabilir ajanlar

Soğuk su (sıcak su kullanılmaz, ovulmaz)
Sabunlu/ deterjanlı/ sodalı/ bikarbonatlı su
Hipokloritli su (genel sıvı dekontaminant) %0.5'lik hipoklorit çözeltisi ile (10 kez seyreltilmiş çamaşır suyu) 10-15 dakika yıkama sinir ajanlarını hidrolize eder ve hardal okside eder. Hipokloritli su ile yıkama sonrasında suyla tekrar durulama yapmak gerekir.
Fuller toprağı
Magnezyum oksit ve klorlu kireç karışımı adsorban pudra
M291 kiti (Karbon yapılı bir adsorban - AMBERGARD XE-555 reçinesi) (genel kuru dekontaminant)
Talk/ kaolen/ kil/ buğday unu (hiçbir şey yoksa)
Sodyum tiyosülfat çözeltisi (%2.5) Hardal için spesifiktir.
Sıvı yağ/ gazyağı/ parafin/ alkollü solvanlar

8. Tartışma ve Sonuç

Kimyasal savaş ajanları savaşlarda veya terörist saldırılarda kullanılan veya asıl amacı karşı kullanıldığı popülasyonu öldürmek, yaralayarak saf dışı bırakmak veya etkisiz hale getirmek olan ajanlardır. Diğer taraftan, besin stoklarının kontaminasyonu ve ekonomik hedefleri işlemez hale getirmek de ikincil hedefleri olabilir. Gerek kimyasal, gerekse biyolojik savaş ajanlarının günümüzde konvansiyonel silahların yanında birçok savaşta ve katliamda kullanıldığı bildirilmiştir; ancak bazı durumlarla ilgili çok kesin kanıtlar sunulmamaktadır.

Kimyasal savaş ajanlarından bir kısmının üretimi için gelişmiş teknoloji gerekirken, bazılarının basit laboratuvar koşullarında üretilebildikleri bilinmektedir. Ancak, saklanmaları ve depolanmaları zordur; özellikle çevreye yayılmadan uzun süre bekletilmeleri mümkün gözükmemektedir. Özellikle füze başlıkları gibi yapılarda uzun süre bekletilemezler; sızıntı ve çevreye yayılma gerçekleşebilir.

Birçok kimyasal savaş ajanının savaş ve terör saldırıları dışında kullanımı yoktur ve üretimleri, ithalat ve ihracatları uluslararası hukuk çerçevesinde kontrol altına alınmıştır. Benzer durum, üretimlerinde kullanılan bazı kimyasal maddeler için de geçerlidir.

Kimyasal savaş ajanları farklı sınıflar altında incelenmektedir. Bu sınıfların toksisite profilleri ve maruz kalımdan sonraki tedavi aşamaları farklılıklar göstermekle birlikte, maruziyet sonrası primer hedef dekontaminasyon olmalıdır. Bu ajanlarla saldırılar sonrası ortaya çıkabilecek olaylara karşı ülkelerin hazırlıklı olması ve gerekli önlemleri alması gerekmektedir. Bu durumda afet ekserisizleri yapmak hazırlıklı olmayı sağlamak için oldukça önemlidir [122-124]. Diğer taraftan, her ülkenin mutlaka olası tehditlere karşı hava, su ve topraktaki kimyasal ajan

miktarlarını belirlemek için gelişmiş cihaz ve yöntem kullanması ve bu ajanları sürekli monitorize etmesi oldukça önemlidir. Günümüzde, özellikle bölgemizdeki terör olasılığı ve savaşlar dikkate alındığında kimyasal savaş ajanları konusunda halkın eğitilmesi ve hazırlı olma çok önemlidir. Konuya hakim bilim insanlarının yardımıyla bu konuda bir ülke politikası geliştirilmeli ve halk medyanın da yardımıyla bilinçlendirilmelidir.

Kaynaklar

- Ganesan K, Raza SK, Vijayaraghavan R: Chemical warfare agents. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences* 2010, 2(3):166-178.
- United Nations Department of Disarmament Affairs. Commission on Human Rights. Respect for the Right to Life: Elimination of Chemical Weapons. İnternet Adresi: [https://disarmament-library.un.org/UNODA/Library.nsf/eea94d0f62813b598525755c0053248d/1ce-3a0312bd83b7a85257577005d3067/\\$FILE/E-CN4-SUB2-1989-4_Elimination%20of%20Chemil%20Weapons-SG%20Report.pdf](https://disarmament-library.un.org/UNODA/Library.nsf/eea94d0f62813b598525755c0053248d/1ce-3a0312bd83b7a85257577005d3067/$FILE/E-CN4-SUB2-1989-4_Elimination%20of%20Chemil%20Weapons-SG%20Report.pdf)
- Szinicz L: History of chemical and biological warfare agents. *Toxicology* 2005, 214(3):167-181.
- Smart JK: History of Chemical and Biological Warfare: An American Perspective. In: Sidell FR, Takafuji ET, Franz DR, editors. *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. Washington, DC: Office of the Surgeon General; 1997. pp. 15.
- Fitzgerald GJ: Chemical warfare and medical response during World War I. *American Journal of Public Health* 2008, 98(4):611-25.
- Ghabili K, Agutter PS, Ghanei M, Ansarin K, Panahi Y, Shoja MM: Sulfur mustard toxicity: history, chemistry, pharmacokinetics, and pharmacodynamics. *Critical Reviews in Toxicology* 2011, 41(5):384-403.
- Dacre JC, Goldman M: Toxicology and pharmacology of the chemical warfare agent sulfur mustard. *Pharmacology Reviews* 1996, 48(2):289-326.
- Protocol for the Prohibition of the Use of Asphyxiating, Poisonous or Other Gases, and of Bacteriological Methods of Warfare. Geneva, 17 June 1925. Protocol. İnternet Adresi: <https://ihl-databases.icrc.org/applic/ihl/ihl.nsf/Article.xsp?action=openDocument&documentid=58A096110540867AC12563CD005187B9>.
- Fry DE: Chemical threats. *Surgical Clinics of North America* 2006, 86(3):637-647.

10. Das R, Blanc PD: Chlorine gas exposure and the lung: a review. *Toxicology and Industrial Health* 1993, 9(3):439-455.
11. López-Muñoz F, García-García P, Alamo C: The pharmaceutical industry and the German National Socialist Regime: I.G. Farben and pharmacological research. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics* 2009, 34(1):67-77.
12. Institute of Medicine (US). Committee on the Survey of the Health Effects of Mustard Gas and Lewisite. In: Pechura CM, Rall DP, editors. *Veterans at Risk: The Health Effects of Mustard Gas and Lewisite*. Washington (DC): National Academies Press (US); 1993.
13. Reutter S: Hazards of chemical weapons release during war: new perspectives. *Environmental Health Perspectives* 1999, 107(12):985-990.
14. Schmaltz F: Neurosciences and research on chemical weapons of mass destruction in Nazi Germany. *Journal of History of Neuroscience* 2006, 15(3):186-209.
15. Moore WK: Two cases of poisoning with di-isopropylfluorophosphate. (D.F.P.). *British Journal of Industrial Medicine* 1956, 13(3):214-216.
16. Kevles DJ. *The poor man's atomic bomb*. New York Rev Books. 2007 Apr 12;54(6):60-3.
17. Millard CB, Kryger G, Ordentlich A, Greenblatt HM, Harel M, Raves ML, Segall Y, Barak D, Shafferman A, Silman I, Sussman JL: Crystal structures of phosphorylated acetylcholinesterase: Nerve agent reaction products at atomic resolution *Biochemistry* 1999, 38 (22): 7032-7039.
18. *Weapons of Mass Destruction: Chemical and biological weapons*. Croddy EA, Wirtz J (Eds). Volume I: Chemical and biological Weapons. ABC CLIO:Santa Barbara.
19. Coleman K. Palgrave Macmillan A: *History of Chemical Warfare*. UK. 2005.
20. Schumacher K: The effects of chemical warfare agents--symptoms and therapy. *Zeitschrift fur Arztliche Fortbildung (Jena)* 1970, 64 (3):97-106.
21. United Nations Department of Economic and Social Affairs (2002). *Consolidated List of Products Whose Consumption And/or Sale Have Been Banned, Withdrawn, Severely Restricted Or Not Approved by Governments: Chemicals*. New York: United Nations Publications. 2005.
22. Markiewicz J, Gubala W, Labeledz J. A Study of the Cyanide Compounds Content in the Walls of the Gas Chambers in the Former Auschwitz and Birkenau Concentration Camps. *Z Zagadnien Sqdowych*. Institute for Forensic Research, Cracow 1994, 30:17-27 Internet Adresi: <http://phdn.org/archives/holocaust-history.org/auschwitz/chemistry/iffr/report.shtml>.
23. Hay A: Simulants, stimulants and diseases: the evolution of the United States biological warfare programme, 1945-60. *Medicine, Conflict and Survival* 1999, 15(3):198-214.
24. Institute of Medicine (US) Committee to Review the Health Effects in Vietnam Veterans of Exposure to Herbicides: *Veterans and Agent Orange: Health Effects of Herbicides Used in Vietnam*. Washington (DC): National Academies Press (US); 1994.
25. Institute of Medicine (US) Committee to Review the Health Effects in Vietnam Veterans of Exposure to Herbicides (Second Biennial Update): *Veterans and Agent Orange: Update 1998*. Washington (DC): National Academies Press (US); 1999.
26. Institute of Medicine (US) Committee to Review the Health Effects in Vietnam Veterans of Exposure to Herbicides (Third Biennial Update): *Veterans and Agent Orange: Update 2000*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2001.
27. Institute of Medicine (US) Committee to Review the Health Effects in Vietnam Veterans of Exposure to Herbicides (Seventh Biennial Update). *Veterans and Agent Orange: Update 2008*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2009.
28. *Chemical Warfare Toxicology: Volume 1: Fundamental Aspects*. In: Worek F, Jenner J, Thiermann H, editors. Chapter 1. Development, Historical Use and Properties of Chemical Warfare Agents. Robin Black. 2016, 1-28. The Royal Society of Chemistry 2016. Internet Adresi: <http://pubs.rsc.org/en/content/chapterpdf/2016/9781782622413-00001?isbn=978-1-84973-969-6&sercode=bk>.
29. Haines DD, Fox SC: Acute and Long-Term Impact of Chemical Weapons: Lessons from the Iran-Iraq War. *Forensic Science Review* 2014, 26(2):97-114.
30. Baird C, Mirza R, Sharkey JM, Teichman R, Longmire R, Harkins D, Llanos J, Abraham J, McCannon C, Heller J, Tinklepaugh C, Rice W: Chemical Weapons Exposures in Iraq: Challenges of a Public Health Response a Decade Later. *US Army Medical Department Center & School Portal* 2016, (3-16):75-84.
31. Razavi SM, Razavi MS, Pirhosseinloo M, Salamati P: Iraq-Iran chemical war: calendar, mortality and morbidity. *Chinese Journal of Traumatology* 2014, 17(3):165-9.
32. Korényi-Both AL: Chemical warfare and the Gulf War. *Military Medicine* 2003, 168(10):vi.
33. Varadarajan S: Report On Scientific Studies On The Factors Related To Bhopal Toxic Gas Leakage. December, 1985. Internet Adresi: <https://bhopalgasdisaster.files.wordpress.com/2014/12/csir-report-on-scientific-studies-december-1985.pdf>;
34. Varma DR, Guest I: The Bhopal accident and methyl isocyanate toxicity. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 1993, 40(4):513-529.
35. Jasanoff S, The Bhopal disaster and the right to know. *Social Science and Medicine* 1988, 27(10):1113-1123.
36. Dhara R: Health effects of the Bhopal gas leak: a review. *Epidemiology Preview* 1992, 14(52):22-31.
37. Gordon MR: Paris Conference Condemns. The Use of Chemical Arms. Internet Adresi: <http://www.nytimes.com/1989/01/12/world/paris-conference-condemns-the-use-of-chemical-arms.html>)
38. Kerr KJ: Gulf War illness: an overview of events, most prevalent health outcomes, exposures, and clues as to pathogenesis. *Reviews in Environmental Health*. 2015, 30(4):273-286.
39. Nettleman M: Gulf War Illness: Challenges Persist. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association* 2015, 126:237-247.
40. Minshall D. Gulf War Syndrome: a review of current knowledge and understanding. *Journal of the Royal Naval Medical Service* 2014, 100(3):252-258.
41. Yanagisawa N, Morita H, Nakajima T: Sarin experiences in Japan: acute toxicity and long-term effects. *Journal of Neurological Sciences* 2006, 249(1):76-85.
42. Okumura T, Hisaoka T, Yamada A, Naito T, Isonuma H, Okumura S, Miura K, Sakurada M, Maekawa H, Ishimatsu S, Takasu N, Suzuki K: The Tokyo subway sarin attack--lessons learned. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2005, 207(2 Suppl):471-476.
43. Did Sudan use chemical weapons in Darfur last year? Internet Adresi: <http://thebulletin.org/did-sudan-use-chemical-weapons-darfur-last-year10402>.
44. Dewan A, Alkashali H. CNN. Syria chemical attack: Authority finds 'incontrovertible' evidence of Sarin. Internet Adresi: <http://edition.cnn.com/2017/04/20/middleeast/syria-chemical-attack-sarin-opcw/>
45. Volans GN, Karalliedde L: Long term effects of chemical weapons. *Lancet* 2002, 360:S35-S36.
46. Wiener SW, Hoffman RS: Nerve agents: a comprehensive review. *Journal of Intensive Care Medicine* 2004, 19(1):22-37.
47. Dacre JC, Goldman M: Toxicology and pharmacology of the chemical warfare agent sulfur mustard. *Pharmacol Rev*. 1996 Jun;48(2):289-326.
48. Nakamura K. Chemical weapons and chemical terrorism. *Nihon Hoigaku Zasshi*. 2005, 59(2):126-135.
49. Kevles DJ: *The poor man's atomic bomb*. New York Rev Books. 2007, 54(6):60-63.
50. Lyell L: *Chemical and Biological Weapons: The Poor Man's Bomb*. Committees of the North Atlantic Assembly. Draft General Report. Internet Adresi: <https://fas.org/irp/threat/an253stc.htm>

51. Prentiss AM: Chemicals in warfare. New York: McGraw-Hill Book Company; 1937. p. 579.
52. López-Muñoz F, Alamo C, Guerra JA, García-García P: The development of neurotoxic agents as chemical weapons during the National Socialist period in Germany. *Reviews in Neurology* 2008, 47:99–106.
53. Diehl KL, Anslyn EV: Array sensing using optical methods for detection of chemical and biological hazards. *Chemical Society Reviews* 2013, 42(22):8596–8611.
54. Radhika V, Proikas-Cezanne T, Jayaraman M, Onesime D, Ha JH, Dhanasekaran DN: Chemical sensing of DNT by engineered olfactory yeast strain. *Nature Chemical Biology* 2007, 3(6):325–330.
55. Criswell DW, McClure FL, Schaefer R, Brower KR: War gases as olfactory probes. *Science* 1980, 210(4468):425–426.
56. Seto Y: On-Site Detection as a Countermeasure to Chemical Warfare/Terrorism. *Forensic Science Reviews* 2014, 26(1):23–51.
57. Papoušková B, Bednář P, Barták P, Frycák P, Sevcík J, Stránský Z, Lemr K: Utilisation of separation methods in the analysis of chemical warfare agents. *Journal of Separation Science* 2006, 29(11):1531–1538.
58. Goozner B, Lutwick LI, Bourke E: Chemical terrorism: a primer for 2002. *Journal of the Association for Academic Minority Physicians* 2002, 13(1):14–18.
59. Stewart CE: Chemical Warfare Agents: Part II - Nerve Agents, Blood Agents, and Protective Gear. *Emergency Medicine Reports*. Issue Date: April 20, 2003. Internet Adresi: <https://www.ahcmedia.com/articles/29413-chemical-warfare-agents-part-ii-nerve-agents-blood-agents-and-protective-gear?trendmd-shared=1>
60. Sidell FR: Management of chemical casualties: A handbook for emergency medical services. Bel Air, MD: HB Publishing; 1995.
61. Ciottone GR: CBRNE - Chemical Warfare Agents. Internet Adresi: <http://misc.medscape.com/pi/iphone/medscapeapp/html/A829454-business.html>
62. Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents. Gupta RC editor. 2009 New York: Elsevier.
63. Haines DD, Fox SC: Acute and Long-Term Impact of Chemical Weapons: Lessons from the Iran-Iraq War. *Forensic Science Reviews* 2014, 26(2):97–114.
64. Thiermann H, Worek F, Kehe K: Limitations and challenges in treatment of acute chemical warfare agent poisoning. *Chemico-Biological Interactions* 2013, 206(3):435–443.
65. de Araujo Furtado M, Rossetti F, Chanda S, Yourick D: Exposure to nerve agents: from status epilepticus to neuroinflammation, brain damage, neurogenesis and epilepsy. *Neurotoxicology* 2012, 33(6):1476–1490.
66. Chemical Warfare Agents: Toxicity at Low Levels. Satu MS, Romano Jr JA, editors. Boca Raton, London, New York, Washington DC: CRC Press, Taylor & Francis Group. 1992.
67. Hart J. Background to selected Environmental and Human Health Effects of Chemical Warfare Agents. In: Environmental Consequences of War and Aftermath. Kassim TA, Barceló D, editors. Verlag-Berlin-Heidelberg: Springer Science & Business Media. 2009. pp. 2–18.
68. News & Terrocommunicating in a Crisisism. Chemical Attack Warfare Agents, Industrial chemicals, and Toxins. Internet Adresi: https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/prep_chemical_fact_sheet.pdf.
69. Moshiri M, Darchini-Maragheh E, Balali-Mood M: Advances in toxicology and medical treatment of chemical warfare nerve agents. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences* 2012, 20(1):81.
70. Devereaux A, Amundson DE, Parrish JS, Lazarus AA. Vesicants and nerve agents in chemical warfare. Decontamination and treatment strategies for a changed world. *Postgraduate Medicine* 2002, 112(4):90–96.
71. Graham JS, Schoneboom BA: Historical perspective on effects and treatment of sulfur mustard injuries. *Chemico-Biological Interactions* 2013, 206(3):512–522.
72. Jenner J, Graham SJ: Treatment of sulphur mustard skin injury. *Chemico-Biological Interactions* 2013, 206(3):491–495.
73. Wattana M, Bey T: Mustard gas or sulfur mustard: an old chemical agent as a new terrorist threat. *Prehospital and Disaster Medicine* 2009, 24(1):19–29.
74. Geraci MJ: Mustard gas: imminent danger or eminent threat? *Annals of Pharmacotherapy* 2008, 42(2):237–246.
75. Lazarus AA, Devereaux A: Potential agents of chemical warfare. Worst-case scenario protection and decontamination methods. *Postgraduate Medicine* 2002, 112(5):133–140.
76. Evison D, Hinsley D, Rice P: Chemical weapons. *British Medical Journal* 2002, 324(7333):332–335.
77. Borron SW, Baud FJ: Antidotes for acute cyanide poisoning. *Current Pharmaceutical Biotechnology* 2012, 13(10):1940–1948.
78. Eckstein M: Cyanide as a chemical terrorism weapon. *Journal of ETA Maritime Science* 2004, 29(8):suppl 22–31.
79. Ketchum JS, Sidell FR: Chapter 11. Incapacitating Agents. In: Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare. Internet Adresi: <http://www.globalsecurity.org/wmd/library/report/1997/cw/bw/Ch11.pdf>
80. Sidell FR: Chapter 12. Riot Control Agents. Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare. Internet Adresi: <http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/medaspec/Ch-12electrv699.pdf>
81. Black RM: History and perspectives of bioanalytical methods for chemical warfare agent detection. *Journal of Chromatography B Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*. 2010, 878(17–18):1207–1215.
82. Sanders CA, Rodriguez M Jr, Greenbaum E: Stand-off tissue-based biosensors for the detection of chemical warfare agents using photosynthetic fluorescence induction. *Biosensors and Bioelectronics* 2001, 16(7–8):439–446.
83. Lebedev AT: Mass spectrometry in identification of ecotoxins including chemical and biological warfare agents. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2005, 207(2 Suppl):451–458.
84. Cinti S, Minotti C, Moscone D, Palleschi G, Arduini F: Fully integrated ready-to-use paper-based electrochemical biosensor to detect nerve agents. *Biosensors and Bioelectronics* 2017, 93:46–51.
85. Shivakiran MS, Venkataramana M, Lakshmana Rao PV: Rapid onsite detection of bacterial spores of biothreat importance by paper-based colorimetric method using erbium-pyrocatechol violet complex. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2016, 100(2):893–901.
86. Sarkar S, Shunmugam R: Polynorborene derived 8-hydroxyquinoline paper strips for ultrasensitive chemical nerve agent surrogate sensing. *Chemical Communications (Cambridge)* 2014, 50(62):8511–8513.
87. Zimmermann S, Barth S, Baether WK, Ringer J: Miniaturized low-cost ion mobility spectrometer for fast detection of chemical warfare agents. *Analytical Chemistry* 2008, 80(17):6671–6676.
88. Occupational Safety and Health Administration (OSHA): Appendix B. Chemical Warfare Agent Detection. Internet Adresi: https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_ii/pdfs/otmii_chpt3_appb.pdf.
89. Gretchen B. Manning. Detector Tubes for Chemical Warfare Agents (CWAs). Portable Instruments. Internet Adresi: <https://www.aiha.org/aihce02/handouts/fm226.pps>.
90. Strategies to Protect the Health of Deployed U.S. Forces: Detecting, Characterizing, and Documenting Exposures. National Research Council (US) Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council (US) Commission on Life Sciences. McKone TE, Huey BM, Downing E, Duffy LM, editors. Washington (DC): National Academies Press (US). 2000.
91. Institute of Medicine (US) Committee on R&D Needs for Improving Civilian Medical Response to Chemical and Biological Terrorism Incidents. *Chemical and Biological Terrorism: Research and Development to Improve Civilian Medical Response*. Washington (DC): National Academies Press (US). 1999.
92. Harper M: The use of thermal desorption in monitoring for the chemical weapons demilitarization program. *Journal of Environmental Monitoring* 2002, 4(5):688–694.

93. Risk D, Verpy D, Conley JD, Jacobson T, Sawyer TW: Volatile anesthetics give a false-positive reading in chemical agent monitors in the "H" mode. *Military Medicine* 2001, 166(8):708-710.
94. Laljer CE. Joint Chemical Agent Detector (JCAD). The Future of Chemical Agent Detection (U). İnternet Adresi: https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/laljer_jcad.pdf
95. Maziejuk M, Puton J, Szyposzyńska M, Witkiewicz Z. Fragmentation of molecular ions in differential mobility spectrometry as a method for identification of chemical warfare agents. *Talanta* 2015, 144:1201-1206.
96. Cao L, de B Harrington P, Liu J. SIMPLISMA and ALS applied to two-way nonlinear wavelet compressed ion mobility spectra of chemical warfare agent simulants. *Analytical Chemistry* 2005, 77(8):2575-2586.
97. Ewing RG, Atkinson DA, Eiceman GA, Ewing GJ: A critical review of ion mobility spectrometry for the detection of explosives and explosive related compounds. *Talanta* 2001, 54(3):515-529.
98. Eiceman GA, Karpas Z, Hill, Jr HH: Drift Tubes in Ion Mobility Spectrometry. In: *Ion Mobility Spectrometry, Third Edition*. Boca Raton, London, New York, Washington DC: CRC Press, Taylor & Francis Group.
99. Hooijschuur EW, Kientz CE, Brinkman UA: Application of microcolumn liquid chromatography and capillary electrophoresis with flame photometric detection for the screening of degradation products of chemical warfare agents in water and soil. *Journal of Chromatography A* 2001 928(2):187-199.
100. Kientz CE, Verweij A, De Jong GJ, Brinkman UAT. Verification of nonproduction of chemical warfare agents: I. Determination of organophosphorus compounds by microcolumn liquid chromatography with flame photometric or thermionic detection. *Journal of Microcolumn Separations* 1992, 4(6): 465-475.
101. Wang J, Chena G, Muck Jr. A, Prakash Chatrathi A, Mulchandani A, Chen W. Microchip enzymatic assay of organophosphate nerve agents. *Analytica Chimica Acta* 2004, 505:183-187.
102. Heisler I, Keller J, Tauber R, Sutherland M, Fuchs H: assay for the quantitation of free adenine applied to determine the enzymatic activity of ribosome-inactivating proteins. *Analytical Biochemistry* 2002, 302(1):114-122.
103. Viola L, Liberatore N, Luciani D, Mengali S, Pierno L: Distributed nerve gases sensor based on IR absorption in hollow optical fiber. In: Lewis C, Burgess D, Zamboni R, Kajzar F, Heckman EM, editors. *Optics and Photonics for Counterterrorism and Crime Fighting VI and Optical Materials in Defence Systems Technology VII. Proceedings of International Society for Optics and Photonics (SPIE) Vol. 7838, 78380H*. 2010. İnternet Adresi: <http://www.daylightsolutions.com/assets/003/5311.pdf>
104. Ewing KJ, Lerner B: Infrared Detection of the Nerve Agent Sarin (Isopropyl Methylphosphonofluoridate) in Water Using Magnesium Oxide for Preconcentration. *Applied Spectroscopy* 2011, 55(4):407-411.
105. Zheng Q, Fu YC, Xu JQ: Advances in the chemical sensors for the detection of DMMP — A simulant for nerve agent sarin. *Procedia Engineering* 2010, 7:179-184.
106. Eisenkraft A, Markel G, Simovich S, Layish I, Hoffman A, Finkelstein A, Rotman E, Dushnitsky T, Krivoy A: Mobile chemical detector (AP2C+SP4E) as an aid for medical decision making in the battlefield. *Military Medicine* 2007, 172(9):997-1001.
107. D'Agostino PA, Jackson Lepage CR, Hancock JR, Chenier CL. Defence R&D Canada – Suffield Analysis of Chemical Warfare Agents by GC-MS: First Chemical Cluster CRTI Training Exercise. İnternet Adresi: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a418514.pdf>.
108. Global Security Organization. Chapter 3. Chemical Agents. İnternet Adresi: http://www.globalsecurity.org/wmd/library/policy/army/fm/3-3/fm3-3_5.htm
109. Simoniana AL, Good TA, Wang S-S, Wild JR: Nanoparticle-based optical biosensors for the direct detection of organophosphate chemical warfare agents and pesticides. *Analytica Chimica Acta* 2005, 534:69-77.
110. Sanders CA, Rodriguez M Jr, Greenbaum E: Stand-off tissue-based biosensors for the detection of chemical warfare agents using photosynthetic fluorescence induction. *Biosensors and Bioelectronics* 2001, 16(7-8):439-446.
111. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons. Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and Use of Chemical Weapons and on their Destruction. İnternet Adresi: <https://www.opcw.org/chemical-weapons-convention/>
112. Schedule 1 A. Toxic Chemicals. İnternet Adresi: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/203949/Schedule_1_toxic_chemicals.pdf.
113. Cipriano Venzon A: The United States in the First World War: An Encyclopedia. Routledge. 1999. New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
114. Russell D, Simpson J: Emergency planning and preparedness for the deliberate release of toxic industrial chemicals. *Clinical Toxicology (Philadelphia)* 2010, 48(3):171-176.
115. Veenema TG: Chemical and biological terrorism preparedness for staff development specialists. *Journal for Nurses in Staff Development* 2003, 19(5):218-225.
116. Rodgers JC: Chemical incident planning: a review of the literature. *Accident and Emergency Nursing* 1998, 6(3):155-159.
117. Asai Y, Arnold JL: Terrorism in Japan. *Prehospital and Disaster Medicine* 2003, 18(2):106-114.
118. Thiermann H, Worek F, Kehe K: Limitations and challenges in treatment of acute chemical warfare agent poisoning. *Chemico-Biological Interactions* 2013, 206(3):435-443.
119. Born CT, Briggs SM, Ciraulo DL, Frykberg ER, Hammond JS, Hirschberg A, Lhowe DW, O'Neill PA, Mead J: Disasters and mass casualties: II. explosive, biologic, chemical, and nuclear agents. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2007, 15(8):461-473.
120. Smith KJ, Skelton H: Chemical warfare agents: their past and continuing threat and evolving therapies. Part I of II. *Skinmedicine* 2003, 2(4):215-221.
121. Smith KJ, Skelton H: Chemical warfare agents: their past and continuing threat and evolving therapies. Part II of II. *Skinmedicine* 2000, 2(5):297-303.
122. Hıncal F, Çeliker A, Özgüven Ş, Kaya E: Kimyasal Ve Biyolojik Savaş Ajanlarının Sağlık Üzerine Etkileri. *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*. 1993.
123. Özüçelik DN, Karcioğlu Ö, Topaçoğlu H, Koyuncu N, Çoskun F: Kimyasal Savaş Ajanları. *Akademik Acil Tıp Dergisi*. 2005, (3)5:28-32.
124. Milli Eğitim Bakanlığı. Acil Sağlık Hizmetleri. Kimyasal biyolojik radyasyon ve nükleer (KBRN) tehlikelerde acil yardım .725TTT154. 2011.
125. Terrorism. 2014. İnternet Adresi: <http://www.survivalkitsonline.com/terrorism-preparedness.html>