



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SİYASET BİLİMİ VE ULUSLARARASI İLİŞKİLER ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

21. YÜZYILDA ULUSLARARASI İLİŞKİLER AÇISINDAN
BİYOTERÖRİZM VE MİKROBİYOLOJİK GELİŞMELER

Özcan DEVECİ

Temmuz-2025
BATMAN

**T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SİYASET BİLİMİ VE ULUSLARARASI İLİŞKİLER ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**21. YÜZYILDA ULUSLARARASI İLİŞKİLER AÇISINDAN
BİYOTERÖRİZM VE MİKROBİYOLOJİK GELİŞMELER**

Özcan DEVECİ

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Dünya BAŞOL**

Diğer Jüri Yeleri

Dr.Öğ.Üyesi Fulya KÖKSOY

Dr.Öğ. Üyesi Neslihan KELEŞTİMUR

**Temmuz-2025
BATMAN**

TEZ KABUL VE ONAYI

Dr.Öğ.Üyesi Dünya Başol danışmanlığında Özcan Deveci tarafından hazırlanan “21.YÜZYILDA ULUSLARARASI İLİŞKİLER AÇISINDAN BİYOTERÖRİZM VE MİKROBİYOLOJİK GELİŞMELER” adlı tez çalışması 17/07/2025 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Anabilim’inde YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Unvanı Adı SOYADI: Dr.Öğ. Üyesi:Dünya Başol

Danışman

Unvanı Adı SOYADI: Dr.Öğ. Üyesi:Dünya Başol

Üye

Unvanı Adı SOYADI: Dr.Öğ. Üyesi. Fulya Köksoy

Üye

Unvanı Adı SOYADI: Dr.Öğ. Üyesi: Neslihan Keleştimur

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Dr.Öğ. Üyesi:Ömer Murat Öter
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabullendiğimi bildiririm.

ETHICAL DECLARATION

I declare that all the information in this thesis has been obtained within the framework of ethical behavior and academic rules, and that the source of any statements and information that do not belong to me in this study prepared in accordance with the thesis writing rules has been fully cited, and I declare that I accept all kinds of legal responsibility in case of any contrary situation.

İmza
Özcan DEVECİ
Tarih:15/07/2025

YÜKSEK LİSANS TEZİ

21. YÜZYILDA ULUSLARARASI İLİŞKİLER AÇISINDAN BİYOTERÖRİZM VE MİKROBİYOLOJİK GELİŞMELER

Özcan DEVECİ

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Dünya BAŞOL

2025, 126 Sayfa

Özet

Ulusal güvenlik stratejileri yeniden değerlendirmeye başlandıkça terör örgütleri de kendilerini geliştirmeye ve silahlarını güncellemeye devam etmektedirler. Bu silahlardan birisi de biyolojik silahlardır. Özellikle 11 Eylül saldırılarının ardından dünya, bilgi paylaşımının da kolaylaşması ile bilimsel bilgide ve silah kabiliyetlerinde önemli bir artışa tanık oldu. Bilginin paylaşılması dünyayı terörize etmeyi amaçlayan bireylerin ve örgütlerin oluşturduğu tehdidi de arttırmaktadır. IŞİD (Irak İslam Şam Devleti) gibi terör örgütleri, küreselleşmenin ve bilgi paylaşımının etkilerini kötüye kullanarak küresel çapta korku yaymaya devam etmektedir. Biyolojik ajanlarla yapılacak, olası bir saldırı etkilerinin ciddiyeti göz önüne alındığında anlaşılması zor bir konudur. Bu silahlarla yapılacak saldırılar, en sıradan eylemleri(el sıkışma, ve nefes alma gibi) bile "potansiyel olarak korkunç bir ölüme yol açan zehre" dönüştürebilir.

Uluslararası ilişkiler açısından biyolojik silah kullanımına ilişkin artan korku, devletleri bu tehdidi azaltmak için çeşitli stratejileri geliştirmeye zorlamıştır. Bu tezin amacı da güncel bilgiler ışığında biyolojik silah olarak kullanılabilecek mikrobiyolojik etkenlerle ilgili bilgileri derleyerek, bunların uluslararası ilişkiler açısından önemini belirtmektir.

Anahtar Kelimeler: Biyoterörizm, Uluslararası İlişkiler, Biyolojik Ajanlar, Mikrobiyolojik Gelişmeler.

ABSTRACT

MASTER THESIS

BIOTERRORISM AND MICROBIOLOGICAL DEVELOPMENTS IN INTERNATIONAL RELATIONS IN THE 21st CENTURY

Özcan DEVECİ

Batman University Graduate Education Institute

Department of Political Science and International Relations

Advisor: Dr. Öğr. Üyesi Dünya BAŞOL

2025, 126 Pages

As national security strategies begin to be reevaluated, terrorist organizations continue to improve and update their weapons. One of these weapons is a biological weapon. Particularly after the September 11th attacks, the world witnessed a significant increase in scientific knowledge and weapons capabilities due to the ease of information sharing. This sharing of information also increases the threat posed by individuals and organizations seeking to terrorize the world. Terrorist organizations like ISIS (Islamic State of Iraq and the Levant) continue to exploit the effects of globalization and information sharing to spread fear globally. A potential attack with biological agents is difficult to comprehend given the severity of their impact. Attacks with these weapons can transform even the most ordinary actions (such as shaking hands and breathing) into "poisons that can potentially cause a horrific death."The growing fear of biological weapons use in international relations has compelled states to develop various strategies to mitigate this threat. This thesis aims to compile information on microbiological agents that can be used as biological weapons, based on current knowledge, and to highlight their significance for international relations.

Keywords: Bioterrorism, International Relation, Biological Agents, Microbiological Developments.

ÖN SÖZ

Yüksek Lisans Eğitimi Boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme, tez yazımı sırasında sürekli iletişim halinde olan ve tezin düzenlenmesinde yardımını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Dünya Başol hocama teşekkürlerimi arz ederim.

Özcan DEVECİ
BATMAN-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
2. GÜNCEL BİLGİLER İŞİĞİNDA BİYOTERÖRİZM	4
2.1. Biyolojik Silahların Tarihsel Geçmişi	4
2.2. Bakteriler, Toksinler ve Virüsler	6
2.2.1. Bakteriler	6
2.2.2. Toksinler	9
2.2.3. Virüsler	10
2.3. İnsan Bağışıklık Sistemi	11
2.4. Biyolojik Silah Olarak Kullanılabilecek Bakteriler	13
2.4.1. Şarbon (Antraks).....	13
2.4.1.1. Şarbon semptomları	16
2.4.1.2. Kutanöz şarbon (Deri şarbonu).....	16
2.4.1.3. Gastrointestinal şarbon (GİS şarbon).....	17
2.4.1.4. Akciğer şarbonu	17
2.4.1.5. Şarbonun tedavisi.....	18
2.4.1.6. Biyolojik silah olarak şarbon hastalığına tarihsel bir bakış	18
2.4.1.7. Bir şarbon saldırısı örneği.....	19
2.4.2. Veba (Plaque)	20
2.4.2.1. Semptomlar	22
2.4.2.2. Bubonik veba (Hıyarcıklı)	22
2.4.2.3. Septisemik veba	22
2.4.2.4. Pnömonik (akciğer) veba	23
2.4.2.5. Tedavi	23
2.4.2.6. Tarihsel açıdan veba etkeninin silah olarak kullanılması	24
2.4.2.7. Kurgusal bir veba olgusu	24
2.4.3. Tularemi.....	25
2.4.3.1. Semptomlar	26
2.4.3.2. Tedavi	27
2.4.3.3. Biyolojik savaş silahı olarak Tularemi	27
2.4.3.4. Kurgulanmış bir Tularemi vakası	28
2.4.4. Kolera.....	29
2.4.4.1. Semptomlar	30

2.4.4.2. Tedavi	31
2.4.4.3. Kolera ve biyoterörizm	32
2.5. Biyolojik Savaş Silahı Olarak Kullanılabilecek Toksinler	33
2.5.1. Ricin.....	33
2.5.1.1. Semptomlar	34
2.5.1.2. Tedavi	35
2.5.1.3. Gerçek bir ricin saldırısı vakası	35
2.5.1.4. Biyoterörizm ve ricin	36
2.5.2. Botulinum toksini	37
2.5.2.1. Semptomlar	39
2.5.2.2. Tedavi	40
2.5.2.3. Kurgusal bir botulizm vakası	41
2.5.2.4. Biyoterörizmde botulizm toksininin kullanımı	42
2.5.3. StafilokokalEnterotoksin B.....	43
2.5.3.1. Semptomlar	44
2.5.3.2. Kurgusal bir SEB vakası	46
2.5.3.3. Biyoterörizm ve SEB toksini	46
2.6. Biyolojik Savaş Silahı Olarak Kullanılabilecek Virüsler	47
2.6.1. Ebola virüs	47
2.6.1.1. Semptomlar	49
2.6.1.2. Tedavi	49
2.6.1.3. Gerçek bir ebola virüs vakası	50
2.6.1.4. Ebola virüsü ve biyoterörizm	51
2.6.2. Çiçek hastalığı.....	51
2.6.2.1. Semptomlar	52
2.6.2.2. Tedavi	54
2.6.2.3. Çiçek hastalığı ve biyoterörizm birlikteliği	55
3. ULUSLARARASI İLİŞKİLER AÇISINDAN BİYOTERÖRİZM.....	58
3.1. Bakteriyolojik [Biyolojik] ve Toksin Silahların Geliştirilmesinin, Üretiminin ve Stoklanmasının Yasaklanması ve Bunların İmhası Hakkında Sözleşme (Biyolojik Silah Sözleşmesi 1972).....	58
3.2. Terörist Bombalamaların Bastırılmasına Dair Uluslararası Sözleşme (Terörist Bombalama Sözleşmesi, 1997).....	59
3.3. Terörizmin Finansmanının Önlenmesine Dair Uluslararası Sözleşme (1999)	59
3.4. 1540 No’lu Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi Kararı (2004).....	60
3.5. Denizde Seyrüsefer Güvenliğine Karşı Yasadışı Eylemlerin Önlenmesine İlişkin Sözleşme Protokolü (2005 SUA Sözleşmesi).....	60
3.6. Uluslararası Sivil Havacılıkla İlişkin Yasadışı Eylemlerin Önlenmesine Dair Sözleşme (2010 Pekin Sözleşmesi)	61
3.7. Yeni Tehditlerle Yüzleşmede Mevcut Yaklaşımların Sınırlamaları.....	63
3.8. Modern Bir Tehdit Örneği Olarak Covid-19	64
3.9. Ulusal Güvenlik Meselesi Olarak Sağlık Güvenliği.....	65
3.10. Biyoterörizm Tehdidinin Değerlendirilmesi.....	66
4. GELECEKTE BİYOTERÖR VE BİYOSAVAŞ TEHDİTLERİ.....	69
4.1. Gelecekte Biyoterörizm Tehditleri	69

4.2. Gelişen Teknolojilerin Biyoterörizm Üzerine Etkileri	71
4.3. Gelecekte Olası Biyolojik Tehditler	76
4.4. Biyolojik Malzeme İçin Mevcut ve Gelecekteki Teslimat Yöntemleri	80
4.5. Gelecekte Olası Aktörler	85
5. BİYOLOJİK SİLAHLAR VE BİYOTERÖRİZME HAZIRLIK.....	89
5.1. Biyoterörizme Genel Hazırlık.....	89
5.2. Biyoterörist Ajanların Yayılması:.....	90
5.3. Biyoterörist Ajanların Neden Olduğu Hastalıkların Tanısı	90
5.4. Bulaşıcı Hastalıkların Gözetimi ve Erken Teşhisi	91
5.5. Hastaların Tedavisi	93
5.6. Hastaların İzolasyonu ve Temaslıların Karantinaya Alınması	93
5.7. Bulaşıcı Hastalık Salgınları Sırasında Sağlık Çalışanlarının Korunması	94
5.8. Temas Öncesi ve Temas Sonrası Aşılama	94
5.9. Biyoterörizmde İletişimin Önemi	96
5.10. Çevresel Faktörler	97
5.11. Uluslararası Hazırlık	97
6. BİYOTERÖRİZMDE MİKROBİYOLOJİK GELİŞMELER	99
6.1. Tüm Genom Dizilimlerinin Belirlenmesi	99
6.2. TIGR'de Biyosavunma Ajanlarının Sıralı Analizi	100
6.3. Laboratuvar Müdahale Ağı	100
6.4. Yüksek Riskli Etmenler İçin Mikrobiyolojik Risk Değerlendirmesi	102
6.5. Mikrobiyoloji Laboratuvarında Yeni Teknoloji	103
7. SONUÇ	105
KAYNAKLAR	110

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. a). Büyük, yuvarlak nütrofiller arasında çubuk şeklindeki <i>Bacillus anthracis</i> hücreleri b). Küresel <i>Staphylococcus aureus</i> hücreleri c). Spiral şekilli <i>Spirillum volutans</i> hücreleri d). Virgül şeklindeki <i>Vibrio</i>	7
Şekil 2.2. Mor renkte görünenler Gram pozitif koklar, Pembe renkte boyananlar Gram negatif basildir	8
Şekil 2.3. Antikor molekülleri, spesifik antijen bağlanma bölgelerine sahiptir	12
Şekil 2.4. KarbolFuksin ile boyanmış bu kan yaymasında, çubuk şeklindeki <i>Bacillus anthracis</i> hücrelerinin zincirleri kırmızıya boyanmıştır (burada koyu gri olarak görülmektedir)	14
Şekil 2.5. Boyunda gelişen deri şarbonu eskarı.....	17
Şekil 2.6. <i>Yersinia pestis</i> bakterisi Gram boyası ile pembeye boyanır.....	21
Şekil 2.7. Veba hastasının el ve ayaklarında dolaşım bozukluğu nedeniyle gelişen nekroz (Kara ölüm).....	21
Şekil 2.8. Kasık Lenf düğümü olan Bubonik Veba	22
Şekil 2.9. Ülserleşmiş Tularemi lezyonu.....	26
Şekil 2.10. Kolera hastalarında dışkı örneği.....	31
Şekil 2.11. <i>Clostridium botulinum</i> bakterileri çubuk şeklindedir ve Gram pozitifdir.....	38
Şekil 2.12. Bu hafif tahriş olmuş göz görüntüsünde konjonktivanın kan damarları görülebilir.....	45
Şekil 2.13. Klasik bir çiçek hastalığı vakası.....	54
Şekil 6.1. CDC laboratuvar müdahale ağı	101

1. GİRİŞ

Dünya Ticaret Merkezi'ne 11 Eylül 2001 tarihinde yapılan saldırılar sonrası küresel siyaset, etkisini uzun yıllar boyunca sürdürecektir olan terörizm tehdidine odaklandı. Terörizm terim olarak “siyasi amaçlar için, özellikle sivillere karşı, hukuka aykırı şiddet ve yıldırma kullanımı” olarak tanımlanmaktadır (Oxford Dictionary, 2017). Bu yüzden 11 Eylül saldırılarının yarattığı aşırı yıkım, ülkeleri benzer saldırılara karşı yenilikçi önleme planları geliştirmeye zorladı. Devletler, ulusal güvenlik stratejilerini yeniden değerlendirmeye başladıkça terör örgütleri gelişmeye ve silahlarını güncellemeye devam etti. Bundan dolayı terör örgütleri, "fakirin bombası" olarak bilinen biyolojik silahları kullanmaya başladı (Hylton, 2011). ABD'nin biyolojik silah kullandığı dönemler yaşandı. Fakat genel olarak bu tür silahların kullanılması nispeten kısıtlı oldu.. Ayrıca 2001 yılında meydana gelen şarbon saldırısı, dünyada bu olası saldırılar hakkında daha fazla korku yaratmayı amaçlayan bir dizi çevrimiçi makale, televizyon programı ve hatta Hollywood'un "bulaşma" tasvirlerine yol açtı (Bell, 2013). Biyoterör saldırısı düşüncesi, olası etkilerinin ciddiyeti göz önüne alındığında anlaşılması zor bir konudur. Biyolojik silahlar, el sıkışma veya nefes alma gibi en sıradan eylemleri bile "potansiyel olarak korkunç bir ölüme yol açan zehre" dönüştürebilir (Hylton, 2011). 11 Eylül saldırılarının ardından dünya, büyük ölçüde küreselleşmenin güçlü akımları ve buna bağlı olarak bilgi paylaşımının kolaylaşmasının etkisiyle, bilimsel bilgide ve silah kabiliyetlerinde önemli bir artışa tanık oldu. Böylece dünya giderek daha fazla birbirine bağlı hale geldi, bilgi ve teknolojiler daha hızlı paylaşılmaya başlandı. Bilginin paylaşılması ile birlikte dünyayı terörize etmeyi amaçlayan bireylerin oluşturduğu tehdit de arttı. IŞİD (Irak İslam Şam Devleti) gibi terör örgütleri, küreselleşmenin etkilerini sürekli olarak kötüye kullanarak küresel çapta korku yaymaya devam etmektedir. Bu saldırılar nispeten küçük çaplı olsa da kitle imha silahları gibi daha yoğun silahlara başvurma olasılıkları da bulunmaktadır (RachelLong, 2018).

Kitle imha silahları terimi, iki temel özelliği içeren silahları tanımlamak için kullanılır. Bu silahlar, özellikle sivillere karşı büyük ölçekli yıkıma yol açma potansiyelleri olan ve sivil-asker ayrım gözetmeyen silahlardır. Kitle imha silahları; nükleer silahlar, kimyasal savaş ajanları (etkenleri) ve biyolojik savaş ajanları olarak üç

kategoriye ayrılır. Sivil bir nüfusa, siyasi veya sosyal bir amaç elde etmek için bakteri veya virüslerin kasıtlı olarak ortama salınması ile zarar vermek olarak tanımlanan biyoterörizm, nükleer veya kimyasal silahlardan farklı olarak basit ve kolay bir şekilde elde edilmesi ve maliyetinin düşük olması nedeniyle terör örgütlerinin ilgisini çekmiştir (Walsh, 2014). Biyolojik ajanların aerosolleri gözle görünmez; sessiz, kokusuz, tatsız ve nispeten kolay dağılır. Diğer kitle imha silahlarından da 600 ila 2000 kat daha ucuzdur (Wagner, 2017). Küreselleşmenin artan iç içe geçmişliği göz önüne alındığında teröristlerin bu silahları yapmak için ihtiyaç duydukları malzemeleri edinmeleri nispeten kolaydır. Gerekli olan malzemelerin çoğuna internetten rahat bir şekilde ulaşılabilir. Bu durum da küresel toplumun endişelerini arttırmaktadır (RachelLong, 2018). Biyolojik silah kullanımını teröristler açısından cazip kılan bir neden ise saldırının etkilerinin ortaya çıkması için gereken zaman aralığıdır. Bundan dolayı bir terörist; bir metro istasyonu, bir alışveriş merkezi veya havaalanı gibi açık bir alanda bir ajanı serbest bıraktığı zaman bireylerde hemen bir etki görülmeyebilir. Tam etkinin ortaya çıkması, günler hatta haftalar alabilir. Bu da saldırganların kaçması için yeterli zamanı sağlar (Introduction to BiologicalWeapons, 2013).

Terör örgütleri için diğer bir cazip unsur ise kullanılan maddenin bulaşıcı olması durumunda ölümcül bir salgına yol açma potansiyelinin bulunmasıdır. Kişiden kişiye bulaşma, hastalık kontrol önlemlerini aşma potansiyeline sahiptir. Bu da büyük ölçekli, felaketle sonuçlanan salgınlara neden olabilir (Inglesby, et. al., 2000). Bir ülke biyolojik saldırıya hazırlıksız yakalanırsa biyolojik silah kullanımının etkileri daha da yıkıcı olabilir. Araştırmaların niceliği ve niteliği her yıl önemli ölçüde arttığından bu tür saldırıların potansiyeli daha gerçekçi hale gelmiştir. Bu saldırıların teröristler tarafından planlanması yıllar alsa da uluslararası toplumda devlet dışı aktörlerin böyle bir silah edinme çağrısının var olduğu konusunda hiçbir şüphe yoktur (RachelLong, 2018). Biyoterörizmin neden olduğu sorunlar kamu, sağlık, bakım sistemine ağır yükler getirebilir. Biyoterörist saldırı eylemine karşı koymak için güçlü hastalık gözetimi, hızlı epidemiyolojik ve laboratuvar araştırması, etkili tıbbi yönetim ile bilgi, eğitim ve iletişim içeren efektif bir kamu sağlık sistemi gereklidir. Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDC), biyoterörizm ajanlarını A, B ve C olmak üzere üç ayrı kategoriye ayırmaktadır. Kategori A etkenleri, kolay bulaşmaları ve yaratabilecekleri potansiyel felaket etkileri nedeniyle en yüksek önceliğe sahip etkenler olarak kabul edilmektedir. Bu etkenler, ulusal güvenlik açısından da risk oluşturan organizmalardır. Yüksek ölüm oranlarına yol açtığından halkta panik etkisi yaratabilirler (Center forDisease Control,

2017). A kategorisine dâhil olan etkenler/hastalıklar arasında *Bacillus anthracis*/Şarbon, *Clostridium botulinum* toksini/Botulizm ve *Variola major*/Çiçek Hastalığı gibi etkenler yer alır. B kategorisine dâhil olan etkenler, yayılmanın orta derecede kolay olduğu, orta düzeyde morbidite ve düşük mortalite oranlarına yol açan etkenlerdir. Bu etkenler, CDC'nin teşhis kapasitesini ve gözetimini arttırmasını gerektirdiği için ikinci en yüksek önceliğe sahiptir (Center for Disease Control, 2017). Bu kategoriye dâhil edilen bazı etkenler/hastalıklar şu şekilde sıralanabilir: *Brucella*/Bruselloz, gıda güvenliği tehditleri (*Salmonella* gibi), *Ricinus communis*'ten kaynaklanan Ricin toksini ve tifüs ateşi etkeni *Rickettsia prowazekii*. Kategori C, gelecekte kitlesel yayılma için tasarlanabilen, ulaşılabilirliği, üretim ve yayılma kolaylığı olan, yüksek morbidite ve mortalite oranları ve önemli sağlık etkileri potansiyeli nedeniyle ortaya çıkan yeni etkenleri içerir. Bu kategoriye örnek olarak Nipah virüsü ve hantavirüs gibi etkenlerin neden olduğu enfeksiyon hastalıklarını verebiliriz (Center for Disease Control, 2017).

Uluslararası ilişkiler açısından biyolojik silah kullanımına ilişkin artan korku, ulusları bu tehdidi azaltmak için çeşitli stratejileri geliştirmeye zorlamıştır. Bununla birlikte küresel toplum tarafından çok sayıda öneride bulunulsa da bunlar yalnızca öneri olarak kalmış, fark edilebilir bir politika değişikliği olmamıştır. Uluslararası toplumun biyolojik silahların önlenmesine ilişkin dikkate değer girişimlerine baktığımızda bunlardan biri “Biyolojik Silahlar Sözleşmesi (BWC)”, diğeri de Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi Kararı'dır. Bakteriyolojik (Biyolojik) ve Zehirli Silahların Geliştirilmesinin, Üretiminin ve Stoklanmasının Yasaklanması ve Bunların İmhası Hakkında Sözleşme, diğer adıyla BWC, biyolojik silahların kullanımını yasaklayan bağlayıcı bir Birleşmiş Milletler antlaşması olarak kabul edilmiştir (Kimball, 2012). BWC, kitle imha silahlarının bütün bir kategorisinin geliştirilmesi, üretilmesi ve stoklanmasını yasaklayan ilk çok taraflı silahsızlanma antlaşmasıdır. Bu anlaşma uyarınca, imzacıların biyolojik silahlarla ilgili tüm faaliyetler hakkında yıllık raporlar sunmaları gerekmektedir (Kimball, 2012).

Bu tezin amacı da güncel bilgiler ışığında biyolojik silah olarak kullanılabilecek mikrobiyolojik etkenlerle ilgili bilgileri derlemek ve bunların uluslararası ilişkiler açısından önemini belirtmektir. Böylece uluslararası ilişkiler açısından kısıtlı sayıda olan biyoterörizm ile ilgili Türkçe kaynaklara geniş ve kullanışlı bir kaynak sunmaktır.

2. GÜNCEL BİLGİLER IŞIĞINDA BİYOTERÖRİZM

2.1. Biyolojik Silahların Tarihsel Geçmişi

Mikroorganizmaların varlığı keşfedilmeden önce bile insanlar, bazı hastalıkların son derece bulaşıcı olduğunu biliyorlardı. Enfeksiyonun yalnızca enfekte bir kişiyle değil, o kişinin eşyalarına temas yoluyla bulaşabileceğini fark ederek biyolojik savaşın ilkel ama ilk etkili yöntemlerini geliştirdiler. Su kaynaklarını kirletmek amacıyla çürüyen cesetlerin kuyulara atıldığına dair çok sayıda tarihî söylemler bulunmaktadır (KristyYoungJohson. Paul MatthewNolan 2016). 14. yüzyılda Tatar ordusu, Kaffa şehrine yönelik en eski belgelenmiş biyoterörist saldırılardan birini başlattı. Bu saldırıda vebadan ölenlerin cesetlerini şehrin duvarlarından fırlattılar. Tatar Müslümanlar, Kırım Denizi'ndeki günümüz Ukrayna'sının Feodosia kentindeki Kaffa liman kentine saldırdılar. Kaffa Kuşatması yaklaşık 3 yıl sürdü ve başarısızlığa mahkûm gibi görünüyordu. Bölgede de veba salgını görülmektedir. Bu yüzden Tatar ordusunda da bir vaka görülmüştü. Antibiyotik öncesi bir dünyada veba, Tatar askerlerini sarstı. Çok sayıda asker hayatını kaybetti. Bunun sonucunda Tatarların asker sayısı azaldı. Y. Pestis bakterisinin varlığından tamamen habersiz olan fakat zafer kazanmak için çırpınan Tatarların komutanı vebadan ölenlerin cesetlerinin çoğunun şehrin surlarından aşağı fırlatılmasını emretti. Amacı, çürüyen etin kokusuyla şehrin vatandaşlarını korkutmaktır. Böylece çok sayıda Y. pestis bakterisi taşıyan cesetler Kaffa'ya fırlatıldı. Kaffa halkı cesetleri hızlıca denize atsa da enfeksiyon kaçınılmazdı (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

Mısır'da, Firavun V. Ramses'in MÖ 1157'de çiçek hastalığının kurbanı olduğuna inanılıyor. Çünkü mumyasında çiçek hastalığında görülen lezyonlar bulunmaktadır. Çiçek hastalığına veya benzer virüslere daha önce maruz kalmamış popülasyonlar enfeksiyona karşı özellikle hassastır. Bundan dolayı Aztek ve İnka popülasyonları İspanyol kâşifler tarafından getirilen Variola virüsünün (Çiçek Hastalığı etkeni) etkisiyle yok edildi. Ne yazık ki çiçek hastalığı, biyolojik silah olarak zengin bir geçmişe sahiptir. 1763'te Amerika'daki İngiliz birliklerinin komutanı olan General Jeffrey Amherst, bir meslektaşına yazdığı mektupta çiçek hastalığı hastanesinden alınan battaniyeleri yerli Kızılderililere karşı biyolojik silah olarak kullanmalarını önerdi. Açık

bir biyoterörizm eylemi, battaniyeler aracılığıyla cömert bir iyi niyet eylemi olarak sunulacaktı (Parkman, 1899). Bazıları Amherst'in aslında bu cinayeti hiç işlemediğini ancak o dönemde yerli Amerikalılar arasında bir çiçek hastalığı salgınının yaşandığını ileri sürmektedir. Çiçek hastalığına maruz kalma geçmişleri olmadığından kabileler enfeksiyona karşı aşırı duyarlıydı. Birçok kabile nüfusunun yarısından fazlasını ölümcül virüsten dolayı kaybetti. Ayrıca Amerikan Devrimi sırasında çiçek hastalığının bir silah olarak kullanıldığına dair iddialar gündeme gelmiştir. Ancak bu dönemde doğal olarak ortaya çıkan salgınlar ile biyolojik savaşlardan kaynaklanan salgınlar arasında ayırım yapmak çok zordur. İster doğal salgınlardan ister biyolojik terörizmden kaynaklansın, çiçek hastalığının bu dönemde Amerikan yerlilerinin nüfusunun %90'ını öldürdüğüne inanılmaktadır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). 1960'larda, dünyadaki birçok hükümet aktif olarak biyolojik silahlar geliştiriyordu. 1971 yazında Kazakistan'da görülen çiçek hastalığı salgını Sovyetler Birliği tarafından DSÖ'ye bildirilmemiştir. Bu nedenle salgının silah araştırma deneyleri sonucu ortaya çıktığına inanılmaktadır. Salgındaki ilk vaka, Aral Denizi'ndeki Vozrojdeniye Adası'na 15 km mesafede seyreden bir geminin mürettebatında görüldü. Bu ada, Sovyetler tarafından çiçek hastalığı gibi biyolojik silahların açık havada test edilmesi için sıklıkla kullanılıyordu. Daha sonra bir Sovyet doktoru, geminin adanın yanından geçtiği süre boyunca çiçek hastalığı formülasyonunun 400 gramının burada aerosol haline getirildiğini itiraf etti. Gemideki yolcular ve mürettebat, çiçek hastalığı virüsünün deniz meltemiyle 15 km veya 9 milden fazla yayıldığını ve gemiye ulaştığında hâlâ hastalığa neden olabilecek kapasitede olduğunu bilmiyordu (Kvitko, 2001). 1945 yılı Ağustos ayında dünya atom bombasının yol açtığı olağan üstü bir yıkıma tanık oldu. Etkileri korkunç olsa da belirli bir coğrafi bölgeyle sınırlı kaldı. Biyolojik silahlar ise semptomlar belirginleşmeden çok önce kişiden kişiye bulaşma ve çok geniş coğrafyalara yayılma riskine sahiptir. Her gün binlerce kişinin kıtalararası gezdiği modern bir dünyada bu tür silahlar, piyasaya sürüldükten birkaç hafta sonra dünya çapında bir salgına neden olabilirler. Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombaları, yıllarca süren araştırmalar sonucunda ve büyük miktarda para harcanarak inşa edildi. Bunun tersine biyolojik silahların geliştirilmesi için gerekli teçhizatın çok gelişmiş olması gerekmez ve bunlar çoğunlukla birkaç yüz Amerikan doları karşılığında elde edilebilir. Bazı biyolojik silahların üretimi gerçek bir araştırma laboratuvarına ihtiyaç yoktur. Bir bireyin mutfağında veya garajında üretilebilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan ,2016). En endişe verici olanı ise bu protokollerin birçoğunun, artık

organizmaları manipüle ederek aynı anda birden fazla mevcut etkenin semptomlarını üreten yeni, hibrit mikroorganizmaları mümkün kılmasıdır. Örneğin, gezegendeki en ölümcül biyolojik silahlardan ikisi olan çiçek hastalığı etkeni variola virüsü ile Ebola virüsünün, hiçbir insanın hayatta kalma ihtimalinin olmayacağı bir biyolojik silah yaratmak için birleştirildiği düşünülmektedir (AlibekandHandelman, 1999).

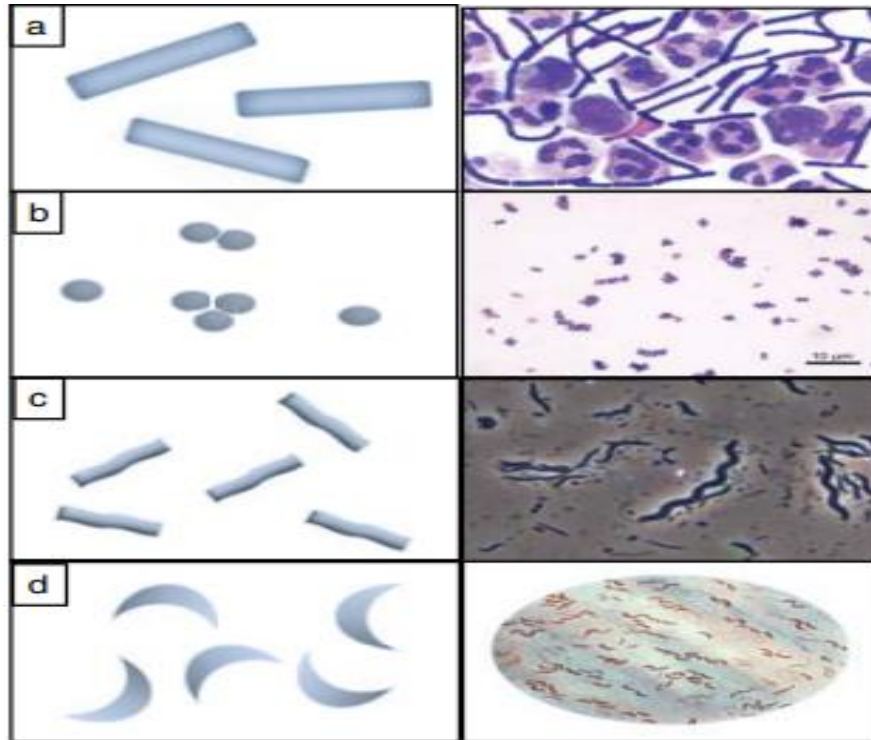
2.2. Bakteriler, Toksinler ve Virüsler

Çevremizde bulunan çeşitli mikroorganizmalar ve kimyasal ajanlar, insanlar için ciddi sağlık tehditleri oluşturmaktadır. Belirli bakteri, toksin ve virüs türleri biyoterörizmin potansiyel silahları olarak tanımlanmıştır. Her bir etkenin kendine özgü özellikleri olsa da her grupta ortak olan bazı özellikleri dikkate almakta fayda vardır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.2.1. Bakteriler

Farklı türler farklı koşullara uyum sağlayabilirken bakteriler, gezegendeki hemen hemen her ortamda bulunabilirler. Birçok bakteri türü, insanlarla karşılıklı olarak faydalı ilişkiler kurmuştur. Böylece vücudumuz bakteriler için bir yuva ve besin kaynağı olurken bakteriler de sağlığınıza fayda sağlar. İnsan sindirim sisteminde, özellikle de bağırsaklarda çok sayıda bakteri bulunmaktadır. Faydalı (Simbiyotik) bakterilerin varlığı, aynı zamanda insanlar için patojenik olan ve çeşitli hastalık belirtilerine veya birçok durumda ölüme neden olan diğer bakteri türlerine karşı da koruma sağlamaktadır. Ancak bu patojenlerin bir kısmı simbiyotik bakterilerden etkilenmez ve karşılaştıkları hemen hemen herkeste hastalığa neden olurlar (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). Bitkiler ve hayvanlar gibi mikroorganizmalar da çok sayıda hücreden oluşur. Bunlar da belirli hücresel işlevleri yerine getiren organel adı verilen çok sayıda hücre içi yapıya sahiptir. Bu organellerin bir kısmı hücrenin içi zarlarıyla çevrilidir. Bu tür organizmalara ökaryotik hücre denir. Ancak bakteriler, organelleri olan bireysel hücreler olarak var olmalarına rağmen, organellerinin hiçbiri zarla çevrili değildir. Bu yüzden bakteriler, prokaryotik hücre olarak kabul edilir. Bakterilerin genetik materyali, tüm canlı hücrelerde kalıtsal bilgileri taşıyan molekül olan deoksiribonükleik asitten (DNA) oluşur. Ökaryotik hücrelerin DNA'sı, çekirdeği oluşturmak üzere bir zarla çevrili doğrusal, iplik benzeri

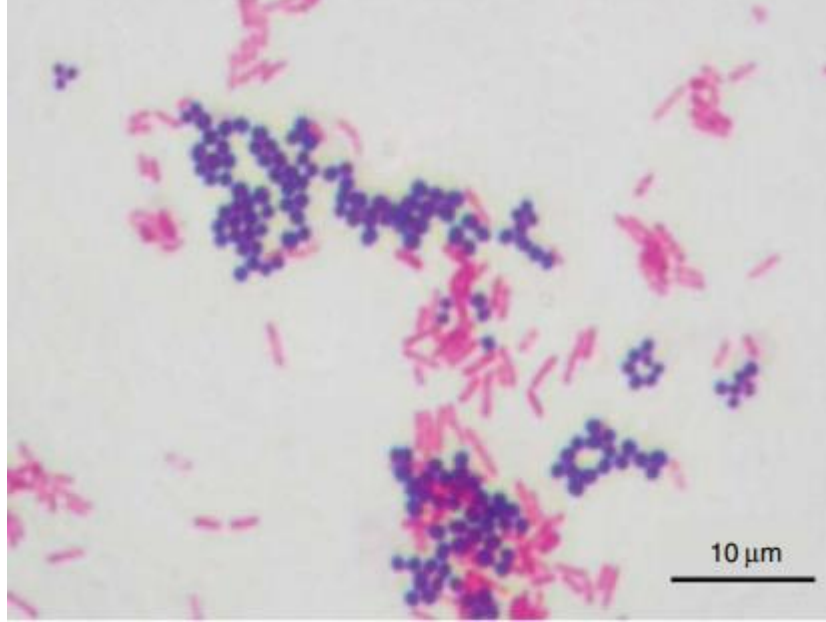
kromozomlar halinde düzenlenirken prokaryotik hücre olan bakterilerin kromozomları dairesel bir yapıya sahiptir. Bunların kromozomları zarla çevrilidir. Bakteri hücrelerinin çoğu büyük, dairesel bir kromozoma sahiptir. Birçoğunda da plazmit adı verilen daha küçük, dairesel DNA şeritleri bulunmaktadır. Bakteri türleri mikroskop olmadan çıplak gözle genellikle katı bir yüzey üzerinde büyüyen hücre kümeleri olan koloni şeklinde görülebilir. Bu görünümüne dayanarak da bakteri türleri ayırt edilebilir. Fakat birçok tür benzer görünüme sahip koloniler ürettiğinden dolayı diğer yollarla ayırt edilmeleri gerekir. Bakteri hücrelerinin çoğu çubuk (basil), küresel (kok), tirbuşon (spirillum) veya virgül (vibrio) şeklinde olarak sınıflandırılabilir (**Şekil 2.1**). Bazı bakteri türleri, bu hücre şekil kategorilerinden hiçbirine tam olarak uymaz; örneğin basillerden daha yuvarlak, koklardan daha uzun olanlara kokobasil denir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).



Şekil 2.1. a). Büyük, yuvarlak nötrofiller arasında çubuk şeklindeki *Bacillus anthracis* hücreleri **b).** Küresel *Staphylococcus aureus* hücreleri **c).** Spiral şekilli *Spirillum volutans* hücreleri **d).** Virgül şeklindeki *Vibrio*

Bakteri türlerinin ilk tanımlanmasında bir diğer adım ise belirli boyama işlemlerinden sonra ortaya çıkan görünümüne dayanmaktadır. Bakterilerin hücre zarlarının dış yüzeyinde peptidoglikandan oluşan bir hücre duvarı vardır. Gram boyama olarak bilinen bir boyama yöntemi, kalın hücre duvarlarına sahip bakterileri Gram

pozitif, ince duvarlara sahip bakterileri de Gram negatif olarak boyar. Boyamadan sonra Gram pozitif bakteriler mor, Gram negatif olarak boyananlar ise pembe görünür (**Şekil 2.2**).



Şekil 2.2. Mor renkte görünenler Gram pozitif koklar, pembe renkte boyananlar Gram negatif basildir. (Wikipedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gram_stain_01.jpg, Used under CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

Bir patojeni taşıyan ancak patojen tarafından öldürülmeyen türlere rezervuar konakçı denir. Vebaya neden olan bakteri rezervuar olan pirelerde hastalık oluşturmazken pireler hastalığı insanlara taşımaktadır. Bir patojeni insanlara bulaştırmada rol oynayan herhangi bir tür, vektör olarak kabul edilir. Vektörler, biyoteröristler tarafından biyolojik silahları sınırlar ötesine yayma aracı olarak kullanılabilir. Örneğin güvenlik kontrol noktasını kolayca geçen sivrisinek bir vektör olabilir. Bakteriler yaşadıkları ortama göre de sınıflandırılabilir. Sadece oksijenli ortamda üreyen bakterilere aerob bakteriler denir. Oksijensiz ortamda üreyen bakterilere ise anaerob bakteriler denir. Aerob bakteriler açık hava ortamlarında dağılabilirken anaerob bakteriler konserve yiyeceklerde veya diğer kapalı kaplarda gizlice dağılabilirler. Her bakteri türü için ideal olan belirli çevre koşulları olsa da çoğu, yalnızca birkaç dakika veya saatliğine de olsa bir dizi koşula dayanabilir. Bu dayanıklılık, enfekte bir birey tarafından dokunulduğunda kirlenebilen cansız nesneler olan fomitler (cansız nesneler) aracılığıyla bakterilerin bulaşmasına neden olur. Sıkça karşılaşılan nesneler arasında para birimleri (özellikle kâğıt paralar), asansör düğmeleri,

kapı kolları ve hatta restoran menüleri yer alır. Enfeksiyon genellikle bir fomitle temas ettikten sonra ağız, burun veya gözlere dokunulmasından kaynaklandığı için sık sık el yıkamak, bakterilerden virüslere kadar her şeye karşı enfeksiyon açısından en iyi savunma yöntemidir. Vektörlere benzer şekilde, fomitler de biyolojik silahları yaymak için kullanılabilir. Örneğin bir restoranda yapışkan bir ketçap şişesinin kirlenmiş yüzeyi kadar masum bir nesne, anında ölümcül bir silaha dönüşebilir. Bazı durumlarda, canlı aerobik bakteriler aerosol haline gelebilir. Böylece hava akımları üzerinde büyük mesafeler katederek kurbanlar tarafından solunabilir. Yaşayan bakterilerin çoğu, ultraviyole radyasyona karşı düşük toleransa sahiptir. Bundan dolayı gece, iç mekânlarda veya metro gibi yer altı yapılarında serbest bırakılmaları en etkili olurlar. Bazı bakteri türleri, endospor adı verilen yapılar oluşturur. Bu yapı, zorlu çevre koşullarına uzun süre dayanmayı sağlar. Bakteri hücresi, esas olarak genetik malzemenin birkaç koruyucu protein katmanıyla kaplı olduğu tek bir endospor oluşturur. Endosporlar çoğunlukla besin eksikliğine yanıt olarak oluşur. Besin tekrar mevcut olduğunda aktif olarak büyüyen bakterilere dönüşebilirler. Laboratuvar ortamında üreyen bakteriler, besin kaynaklarını yenilemeyerek endospor oluşturmaya teşvik edilebilir. Endospor oluşumu birkaç saat içinde tamamlanabildiğinden bu bakteriler, hızla değişen ortamlarda bile hayatta kalabilirler. 2001 yılında ABD’de posta ile gönderilen beyaz tozun tek bir gramı 1 trilyondan fazla şarbon endosporu içeriyordu. Her biri bir insan konakçıya girdiğinde canlı bir şarbon bakterisine dönüşebiliyordu. Bu toz, hava geçirmez kaplarda onlarca yıl boyunca etkisini kaybetmeden saklanabiliyordu. Çok ince olduğundan dolayı zarflar açıldığında âdeta duman gibi havaya yayılıyordu. Bu nitelikteki bir silah üretilip, uzun süreli depolanıp dünyanın dört bir yanına nakledilebilir ve yapıldığı günkü kadar ölümcül olabilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.2.2. Toksinler

Doğada üretilen ve insanlar için zehirli olan maddelerdir. Bazı toksinler yalnızca lokal inflamasyona neden olur. Yani etkisi sınırlıdır. Toksinler, canlı organizmalar tarafından üretilir. Ama kendileri cansız olup çoğalmazlar. Silah haline getirilmiş bir toksin, bulaşma korkusu olmadan belirli bireyleri öldürmek için kullanılabilir. Canlı bakterilerin aksine, toksinler genellikle zor koşullara gücünü kaybetmeden dayanabilirler. Standart pişirme uygulamaları botulizmden sorumlu toksini üreten

bakterileri öldürse de toksinin kendisi değişmemiştir. Bu yüzden de önceden toksin içeren tamamen pişmiş yiyeceklerin tüketilmesi sonucu botulizm vakaları ortaya çıkabilir. Bazı toksinler, onları üreten bakterileri kolayca yok edecek koşullar altında aerosolize edilebilir. Ultraviyole radyasyona dayanıklı oldukları için parlak, güneşli bir günde aerosolize edilen toksinler oldukça etkilidir. Toksinlerin etki mekanizmaları çok çeşitlidir. Bazıları yoğun ağrıya neden olurken bazıları da kısmi veya tam felce neden olur. Bazıları kırmızı kan hücrelerinin ölümüne yol açarken bazıları da etkilenen dokunun nekrozuna veya hücresel düzeyde ölümüne yol açar. Atlar, boyutları büyük olduğundan, düşük dozlarda toksine maruz kaldıklarında bile herhangi bir zararlı etki görmezler. Bağışıklık sistemleri doğal olarak etkili antitoksin moleküllerini oluşturur. Bilim insanları daha sonra atların kan örneklerini toplayarak antitoksini izole ederler. Antitoksinler de yalnızca vücut hücrelerine bağlanmamış toksin moleküllerinin etkilerini bloke eder. Bu nedenle antitoksinlerin genellikle toksin maruziyetinden hemen sonra uygulanması gerekir. Bu nedenle toksin maruziyetinin tanısı herhangi bir şekilde gecikirse antitoksin tedavisi işe yaramayabilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

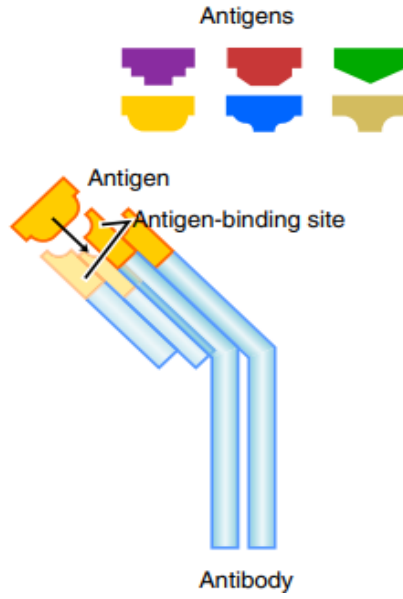
2.2.3. Virüsler

Bakteriler, canlı organizmalar iken toksinler, cansız kimyasal yapılardır. Virüsler ise bu ikisinin arasında bir yerdedir. Gezegendeki her yaşam formu virüs enfeksiyonlarına karşı hassastır. Ayrıca virüsler hücrelerden oluşmaz. Tipik olarak canlı organizma olarak kabul edilmez. Bakteriyofaj veya kısaca faj adı verilen bazı virüsler bakterileri bile enfekte edebilir. Virüslerin yapıları büyük ölçüde farklılık gösterse de çoğu, tipik bakteri hücrelerinden kat kat daha küçüktür. Bir virüs protein kabuğunun içine yerleştirilmiş genetik materyalden oluşur. Canlı hücrelerde olduğu gibi, birçok virüsün genetik materyali DNA'dır. Fakat retrovirüsler bunun yerine ribonükleik asit (RNA) içerirler. Bunlar canlı hücrenin içine girdiğinde DNA'ya dönüşür. Virüslerde rastgele mutasyonlardan kaynaklanan genetik varyasyonlarla, aynı virüs türünün farklı varyantları, konakçıları üzerinde farklı etkilere neden olabilir. Virüsler ve suşları genellikle ilk tanımlandıkları coğrafi bölgeye göre adlandırılır. Örneğin Ebola ilk olarak Ebola Nehri yakınlarında görüldü. Ebola Reston, Virginia'daki Reston'da tanımlandı. Bir virüs canlı hücrelerin iç organellerinden hiçbirini içermediğinden kendi başına çoğalamaz. Bu yüzden çoğalmak için genetik materyalini parazitik olarak canlı bir

konak hücreye enjekte eder. Böylece hücrenin üreme mekanizmasını ele geçirerek virion adı verilen yeni virüs parçacıkları üretir. Bir virüs insana bulaştığında insan hücrelerinin ökaryotik organelleri vasıtasıyla çoğalır. Antibiyotikler yalnızca prokaryotik hücre aktivitesini etkilediğinden virüslere karşı etkili değildir. Bundan dolayı viral bir enfeksiyon antibiyotiklerle tedavi edilemez. Aksine, uygunsuz şekilde kullanılan bu antibiyotikler antibiyotiklere dirençli bakterilerin oluşumuna neden olur. Bilim insanlarının bulduğu, enfekte olmuş konak hücreye zarar vermeden viral üreme sürecinin bir kısmını engelleyen bazı antiviral ilaçlar enfeksiyonun ilerlemesini tersine çevirmez, aksine durdurur. Bu nedenle etkili olabilmeleri için viral enfeksiyonun erken evresinde uygulanmaları gerekir. Bununla birlikte virüsler sıklıkla genetik mutasyona uğradığından antiviral ilaçlara karşı direnç de geliştirebilirler (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.3. İnsan Bağışıklık Sistemi

Bağışıklık sistemi, vücudu yabancı istilacıların yanı sıra kanserli hale gelmiş hücrelerden koruyan mekanizmaların karmaşık bir bileşimidir. Vücudumuz, doğduğumuz andan itibaren sayısız bakteri ve virüsle karşılaşmaya başlıyor. Bakterilerin bir kısmı vücudumuzun çeşitli bölümlerine yerleşerek yiyeceklerimizin sindirilmesinde ve zararlı mikroorganizmalarla savaşmada önemli roller oynarlar. Virüslerin bazıları yıllar önce insan vücudunda semptomlara neden olmuş olabilir. Şimdi ise sessizce hücrelerimizde latent olarak kalabilirler. Fiziksel bariyerlerin çoğu patojenin vücudumuza girmesini engellemede esastır. İnsan vücudunu istilalardan koruyan ilk fiziksel bariyer, birbirine bağlanmış çok sayıda hücre katmanından oluşan cilttir. İnsan cildi kale duvarı olarak da ifade edilebilir. Kesikler, çizikler veya sıyrıklar, kale duvarındaki küçük çatlaklar gibidir. İstilacılar için iç ortama doğrudan erişim sağlar. Ancak vücudumuzun bazı organları, özellikle göz, burun ve ağız yapısı, doğal olarak iç yapılara kolay erişim sağlar. Bu nedenle bu alanların diğer fiziksel bariyerlerle donatılması gerekir. Örneğin gözyaşı kanalları, göz küresinin yüzeyine sürekli olarak berrak bir sıvı salgılar. Bu sıvı, göz nemini korurken aynı zamanda göz yüzeyini yabancı parçacıklardan temizler. Bu sıvı, yabancı hücrelere ve virüslere bağlanarak yıkımlarını başlatan mikroskobik Y şeklinde moleküller olan antikorlar içerir. Antikorların bağlandığı yerlere antijen denir (**Şekil 2.3**).



Şekil 2.3. Antikor molekülleri, spesifik antijen bağlanma bölgelerine sahiptir

Böylece çok sayıda antijene sahip bir hücre veya virüs güçlü bir bağışıklık tepkisi ortaya çıkaracaktır. İnsan bağışıklık sisteminin etkileyici savunmasına rağmen, ara sıra patojenler vücutta enfeksiyon oluşturmayı başarırlar. Kişi bir patojene maruz kaldığında, semptomların başlamasında birkaç saatten birkaç güne kadar latent bir dönem veya gecikme olabilir. Latent dönemde hasta kendini iyi hissetse de patojen aktif olarak çoğalır ve yayılabilir. Bağışıklık tepkisi enfeksiyon bölgesine göre değişmekte olup patojenin türüne göre de semptomlar ortaya çıkmaktadır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). Soluduğumuz hava yalnızca kirlilik artıklarıyla değil, aynı zamanda havadaki patojenlerle de yüklüdür. Bu yüzden akciğerlerimize ulaşmadan önce iyice filtrelenmelidir. Burundan nefes almak mükemmel bir filtreleme sağlarken burun kılları daha büyük artıkları, mukus ise daha küçük artıkları ve patojenleri yakalar. Diğer yandan ağız yoluyla solunan hava filtrelenmez. Ancak döküntüler ve patojenler genellikle akciğerleri kaplayan hücreler tarafından üretilen mukusla yakalanarak öksürükle uzaklaştırılır. Bir patojen, yeterince küçük ise, mukusu atlayıp akciğerlerdeki oksijenin kan dolaşımına geçtiği küçük hava kesecikleri olan alveollere ulaşabilir. Tamamen pişmiş yiyecekler bile hazırlama sırasında bazı mikropları edinme olasılığına sahiptir. Bundan dolayı sindirim sisteminin de kendine ait bir savunma sisteminin olması gerekir. Ağızdaki tükürük birçok görevi yerine getirir. İlk olarak yiyeceği nemlendirir ve yutulmasını kolaylaştırır. İkinci olarak içerdiği enzimlerle karbonhidratları sindirmeye başlar. Üçüncü olarak da patojenleri yok etmeye yardımcı

olan antikorlar içerir. Ağızdan geçerek hayatta kalabilen patojenler büyük ihtimalle midenin asidik ortamına yenik düşecektir. Ancak bağırsaklar boyunca dağılmış, lenf nodülleri hayatta kalanlara saldırmaya hazırdır. Vücudun başka yerlerine dağılmış benzer bağışıklık hücresi kümelerine de lenf düğümleri denir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). Sindirim sistemini enfekte eden patojenler, sayıları semptomlara yol açacak düzeyde artana kadar genellikle fark edilmezler. Çoğunlukla bağırsaklar, patojen ile başa çıkmak için onu ortadan kaldırmaya çalışır. Bunun da yolu sindirim sisteminin içeriğini kusma ve ishal yoluyla boşaltmaktır. Örneğin koleraya neden olan bakteriler bağırsakların iç yüzeyine yapışır. Daha sonra bakterileri temizlemek için gereken bol miktarda sıvı, ölümcül dehidratasyona (sıvı kaybına) neden olabilir. Enfekte bir çizik gibi lokal bir enfeksiyon, lokal iltihaplanmaya ve şişmeye neden olur. Beyaz kan hücreleri (Lökositler) patojenlerin vücuda daha fazla yayılmasını önlemek için enfeksiyon bölgesinde toplanır. Bu toplanma şişmeye neden olur (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). Beş temel lökosit türü vardır. Bunların her birinin bağışıklık sistemi içerisinde kendine özgü önemli görevleri vardır. Kan dolaşımında yer alan lökositlerin çoğunluğu, segmentli çekirdeklere sahip büyük hücreler olan nötrofillerdir. İkinci en sık görülen lökosit lenfositlerdir. Lenfositler, kan dolaşımında dolaşmasının yanı sıra dalak, timüs ve vücuttaki çok sayıda lenf düğümünde de yoğunlaşmıştır. Geriye kalan üç tip lökosit ise kan dolaşımında çok daha az bulunur. Ancak bağışıklık sistemi açısından önemlidir. Bunlardan eozinofiller parazitlere ve alerjik reaksiyonlara yanıt verir. Bazofiller ise iltihaplanma sürecinin bir parçası olarak histamin salgılar. Monositler de T lenfositlerinin patojenleri tanımasına yardımcı olur. Böylece dokulara göç ettiklerinde monositler, makrofajlar gibi davranarak mikropları ve hücre artıklarını yok eder (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4. Biyolojik Silah Olarak Kullanılabilecek Bakteriler

2.4.1. Şarbon (Antraks)

Şarbon; çubuk şeklindeki *Bacillus anthracis* bakterisinin neden olduğu bir hastalıktır (**Şekil 2.4**).



Şekil 2.4. KarbolFuksin ile boyanmış bu kan yaymasında, çubuk şeklindeki *Bacillusanthracis* hücrelerinin zincirleri kırmızıya boyanmıştır (burada koyu gri olarak görülmektedir)
(KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016)

Şarbon bakterisi, dünyanın her yerinde topraklarda endemik veya yaygın olarak bulunur. Çoğunlukla da otlayan hayvanları enfekte eder. Çevresel koşullar kötüleşirse bakteriler endospor oluşumu sürecini başlatır. Endosporlar, onlarca yıl hatta yüzyıllarca inaktif bir durumda hayatta kalabilir. Uygun çevre koşullarında yeniden aktif hale gelebilir. Endosporlar ağız yolu ile alınır, solunursa veya bir yara ile kontamine olursa insan veya hayvanlarda aktif, çoğalan bakterilere dönüşürler. İnsanların şarbona maruz kalması çoğunlukla enfekte hayvanlarla temas sonucu oluşur. Ancak bir kişinin toprakla temas gerektiren bahçecilik gibi bir işle uğraşırken enfekte olması da mümkündür. Sığır gibi otlayan hayvanlar şarbon enfeksiyonuna yatkın olduğundan dolayı sığır çiftçiliği veya sığır sürüleri için kullanılan herhangi bir alanın aktif *Bacillus. Anthracis* veya endosporları ile kirlenme olasılığı yüksektir. *B. anthracis'in* endosporları Antarktika da dâhil olmak üzere Dünya'nın her kıtasında bulunmuştur. 1800'lere kadar şarbon maruziyeti, yün veya hayvan derileriyle çalışanlar için ölümcül bir mesleki hastalıktı. Bu dönemde solunum yolu hastalığı o kadar yaygındı ki "yün ayıklayıcı hastalığı" veya "paçavra toplayıcı hastalığı" olarak da adlandırılırdı. İngiltere'nin Bradford bölgesinde John H. Bell isimli bir doktor, basit önlemlerin bu vakaların çoğunu önleyebileceğini fark etti. Bu önlemlerin biri, işçilerin yün ve derileri hava akışını ve dolayısıyla havadaki endosporları işçilerden uzağa yönlendirecek güçlü fanların yanında ayırmalarıydı. Daha sonra bu önlemler "Bradford Kuralları" olarak 1897 yılında

yürürlüğe girmiştir. Yürürlüğe girmesi ile beraber tekstil ve tabaklama işçileri arasında şarbon vakalarını önemli ölçüde azaltmıştır. *B.anthraxis* endosporlarının dayanıklılığı ile ilgili en etkileyici çalışma örneği Gruinard Adası ile ilgili olmaktadır. İskoçya kıyılarından bir milden daha az bir mesafede bulunan, ıssız, özel mülkiyete ait bu ada, 1942 yılında İngiliz hükümeti tarafından aerosolize edilmiş *B. anthracis* endosporları için açık hava test alanı olarak kullanılmak üzere kamulaştırıldı. Koyunlar adaya getirildi ve çeşitli yerlere bırakıldı. Askerî saldırılarda endosporların kullanılması için en uygun koşulların belirlenmesi amacıyla, şarbon endosporları koyunların rüzgârına karşı havaya bırakıldı. Endosporlara maruz kalan koyunlar ciddi solunum semptomları geliştirdiler. Birkaç gün içinde de öldüler. Daha sonra ölen koyunların cesetleri yakıldı. Kapsamlı açık hava testleri sonucunda Gruinard Adası'nın toprağı şarbon endosporlarıyla yoğun bir şekilde kirlendi. Böylece tüm ada, insan yerleşimi için uygunsuz hale geldi ve dekontaminasyon süreci boyunca karantina altına alındı. Ancak dekontaminasyonun beklenenden çok zor olduğu ortaya çıktı. Endosporları yok etmek için adaya çeşitli kimyasallar püskürtüldü. Fakat yapılan periyodik kontrollerde toprağın onlarca yıldır endosporlarla dolu olduğu görüldü. Diğer yandan adanın defalarca kimyasallarla ve deniz suyuyla temizlenmesi sonucunda topraktaki endospor yoğunluğu azalmaya başladı. Bu işlemlerin ardından koyunlar tekrar adaya getirildi. Koyunlarda şarbon belirtileri görüldü ve endosporların konsantrasyonunun güvenli olmayacak kadar yüksek olduğu düşünüldü. Bundan dolayı dekontaminasyonun devamı önerildi. Sonunda, adada bırakılan koyunlar sağlıklı kaldı. Gruinard Adası, 1990 yılında güvenli kabul edilerek özel mülkiyete geri verildi. Böylece karantina 48 yıl sürmüştü oldu (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). Eğer bugün büyük bir metropol alanı, Gruinard Adası'ndaki gibi *B. anthracis* endosporlarıyla yoğun bir şekilde kirlenmiş olsaydı dekontaminasyon süreci çok daha zor olurdu. Çünkü metropollerde bulunan çok katlı binalar, metro ve kanalizasyon sistemleri gibi altyapılar çok karmaşık yapılardır. Örneğin 2001 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde meydana gelen şarbon saldırılarından sonra Washington DC'deki Hart Senato Ofis Binası'nın dekontaminasyonu 3 ay sürdü ve yaklaşık 23.000.000 dolara mal oldu. Bu örnek, tüm bir şehrin dekontaminasyonunun hem uzun süre alacağını hem de ekonomik olarak pahalıya mal olacağını göstermektedir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.1.1. Şarbon semptomları

Hastalıkta görülen semptomlar bakterinin salgıladığı üç toksinden kaynaklanır: koruyucu antijen, ödem faktörü ve öldürücü faktör. Koruyucu antijen, konak hücrenin yüzeyine bağlanır ve diğer iki toksin için reseptör görevi görür. Ödem faktör, enfeksiyon bölgesinde ödem ve aşırı sıvı birikimine neden olur. Ayrıca makrofajların ve nötrofillerin normal bağışıklık tepkisini engeller. Birlikte çalışan bu üç toksin, konakçının bağışıklık sistemini harap ederek *B. anthracis* bakterisinin daha önce sağlıklı olan bir kişide gelişmesine neden olur. Şarbon semptomları, enfeksiyonun türüne göre değişir. Enfeksiyonların çoğu, *B. anthracis* endosporlarının yaralı deri yoluyla vücuda girmesiyle meydana gelir. Bu şekilde oluşan şarbon kutanöz (Deri şarbon olarak bilinir. Bir kişi canlı *B. anthracis* bakterisi içeren az pişmiş et tüketirse bunlarda gastrointestinal şarbon meydana gelir. Bu şarbon türü nadirdir. En az görülen ve en ölümcül olan şarbon türü akciğer şarbonudur (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.1.2. Kutanöz şarbon (Deri şarbonu)

B. anthracis'in endosporlarının deri yoluyla vücuda girmesi ile oluşur. Genellikle enfeksiyondan 1 veya 2 gün sonra küçük bir lezyon gelişir. Oluşan lezyon tahriş edici ve kaşıntılı olabilir. İkinci günde lezyon ülserleşme eğilimi gösterir. Üçüncü günde ise ülserasyon sınırları içinde gergin, sıvı dolu veziküller oluşur. Ülserleşen lezyon daha sonra yakındaki dokuda belirgin bir ödemle birlikte eskar olarak bilinen siyah bir merkez oluşturur (**Şekil 2.5**). Bu lezyon, deri şarbonunun tanısının konulmasında tipiktir. Yerel lenf düğümleri şişer ve hastalar tipik olarak ateş ve baş ağrısı şikâyeti yaşarlar. Tedavi edilmezse deri şarbonu vakalarının yaklaşık %20'si ölümcüldür (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).



Şekil 2.5. Boyunda gelişen deri şarbonu eskarı

2.4.1.3. Gastrointestinal şarbon (GİS şarbon)

Canlı *B. anthracis* bakterisiyle kirlenmiş et çiğ veya az pişmiş olarak tüketilirse gastrointestinal şarbon gelişebilir. ABD ve çoğu gelişmiş ülkede şarbona karşı hayvanlar aşılandığı ve kesimden önce sağlık muayenesinden geçtiği için gastrointestinal şarbon çok nadir görülür. Fakat Dünya'nın diğer bölgelerinde GİS şarbonu oldukça yaygındır. Kontamine et tüketimi sonrası hastalarda 1 ile 7 gün içinde ağızdan bağırsaklara kadar ülser lezyonlar meydana gelir. Hastalar genellikle ateş, bulantı, kusma, yutma güçlüğü, karın ağrısı ve kanlı ishal şikâyeti ile sağlık merkezlerine başvururlar. Tedavi edilmeyen GİS şarbon vakalarının %25 ila %60'ı ölümcüldür (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.1.4. Akciğer şarbonu

B. anthracis'in endosporları akciğerlere solunduğunda akciğer şarbonu ortaya çıkar. Çapları yaklaşık 1 µm olan bu endosporlar, akciğerlerin alveollerine kadar girebilme yeteneğine sahiptir. Hastalığın başlangıcında, hastalarda genellikle birkaç gün boyunca ateş, öksürük, baş ağrısı ve kas ağrıları gibi grip benzeri semptomlar görülür. Başlangıçtaki belirtilerin aniden kötüleşmesi ikinci evreyi haber verir. Daha sonra hastalarda nefes almada zorluk, ciddi akciğer ödemi, kalp, timüs ve trakeada iltihaplanma ve kanama gibi ikinci evre semptomları görülür. Tedavi edilmeyen akciğer

şarbonu vakalarında ikinci evre hastaların %80'inde 24 saat içinde ölüm gerçekleşmektedir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.1.5. Şarbonun tedavisi

B. anthracis ile herhangi bir şekilde enfekte olan hastalara mümkün olan en kısa sürede antibiyotik başlanmalıdır. Erken tanı, başlangıçtaki semptomların diğer enfeksiyon hastalıklarına benzemesi nedeni ile karmaşıktır. Özellikle akciğer şarbonu vakalarında hastanın hayatta kalma şansını artırmak için antibiyotik tedavisine enfeksiyonun erken evrelerinde başlanması önemlidir. Deri ve GİS şarbonunda hastalara oral dozda siprofloksasin veya doksisiklin antibiyotikleri verilir. Akciğer şarbonu vakalarında da benzer antibiyotik önerilmektedir. Ancak bu vakalarda etkili olabilmek için antibiyotiklerin intravenöz (damar içinden) olarak uygulanması gerekir. En agresif ve hızlı antibiyotik tedavisine rağmen akciğer şarbon hastalıklarının %45'i ölümcül seyreder. Deri ve GİS şarbonu için gerekli olan tedavi protokolleri muhtemelen biyoterörizm saldırısı için de yeterli olacaktır. Ancak saldırı *B. anthracis* endosporlarının aerosolize edilmiş biçimde yaygın bir şekilde salınmasını içeriyorsa akciğer şarbonu vakalarının tedavisine yönelik protokol, büyük bir hasta (kurban) nüfusunu kapsayacak şekilde zorunlu olarak değiştirilecektir. Antibiyotik tedavilerini tamamlamayan hastalar korkunç sonuçlarla karşılaşabilirler (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.1.6. Biyolojik silah olarak şarbon hastalığına tarihsel bir bakış

Şarbon etkeni *B. anthracis*, ulaşılabilirliği, dayanıklılığı ve aşırı öldürücülüğü nedeniyle uzun zamandır ideal bir biyolojik silah olarak kabul edilmektedir. Alman birliklerinin I. Dünya Savaşı sırasında çiftlik hayvanlarını şarbonla enfekte ettiğine dair erken raporlar, bakterinin Müttefik askerlerini dolaylı olarak etkilemek için kullanıldığını göstermektedir. İngiltere'nin şarbonu silahlandırması büyük ölçüde Gruinard Adası'ndaki testler yoluyla yapıldı. Japonya'nın 731. Birim olarak bilinen bir askerî şubesinin kontrolü altındaki biyolojik silah programı, savaş esirlerini test denekleri olarak, ayırım gözetmeksizin kullanarak şarbon ve diğer biyolojik ajanların kapsamlı ve genellikle acımasız çalışmalarını içeriyordu (Williams and Wallace, 1989). Dünya çapında birçok ülke, 1972'de ABD, Birleşik Krallık ve Sovyet Sosyalist

Cumhuriyetler Birliği tarafından biyolojik ve toksin silahların geliştirilmesini, üretimini ve stoklanmasını yasaklayan Biyolojik ve Toksin Silahlar Sözleşmesi imzalanana kadar kapsamlı biyolojik silah programları geliştirdi. O tarihten bu yana 170'ten fazla ülke sözleşmeyi imzalayarak biyolojik silah araştırmalarına son vermeyi kabul etti. Ancak en az bir ülke sözleşmeyi açıkça ihlal ederek şarbonun silahlandırılması konusundaki araştırmalarına devam etti. Biyolojik ve Toksin Silahlar Sözleşmesi'nin yürürlüğe girmesinden 7 yıl sonra, 2 Nisan 1979 yılında Rusya'nın Sverdlovsk kasabasında (günümüzde Yekaterinburg) akciğer şarbonu salgını görüldü. KGB tıbbi kayıtların çoğunu imha ederken en az 66 ölümcül akciğer şarbonu vakasına ait belgeler kaldı. Salgın sırasında Rus hükümeti, tüm vakaların enfekte hayvanlarla temastan kaynaklandığını iddia etmişti. Ancak daha sonra yapılan araştırmalar, ölümlerin kasabanın rüzgâr üstü tarafında bulunan bir askerî tesisten yanlışlıkla yayılan endosporların solunması sonucu meydana geldiğini gösterdi. Mayıs 1992'de Rusya Devlet Başkanı Boris Yeltsin, salgının askeriye tarafından Biyolojik ve Toksin Silahlar Sözleşmesi'nin açık ve küstahça ihlaliyle başlatıldığını kabul etti (Meselson et al., 1994). 1995'te sarin sinir gazı kullanımıyla bilinen Japon AumShinrikyo tarikatının, şarbon da dâhil olmak üzere çeşitli diğer biyolojik ajanları silahlandığı da bilinmektedir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

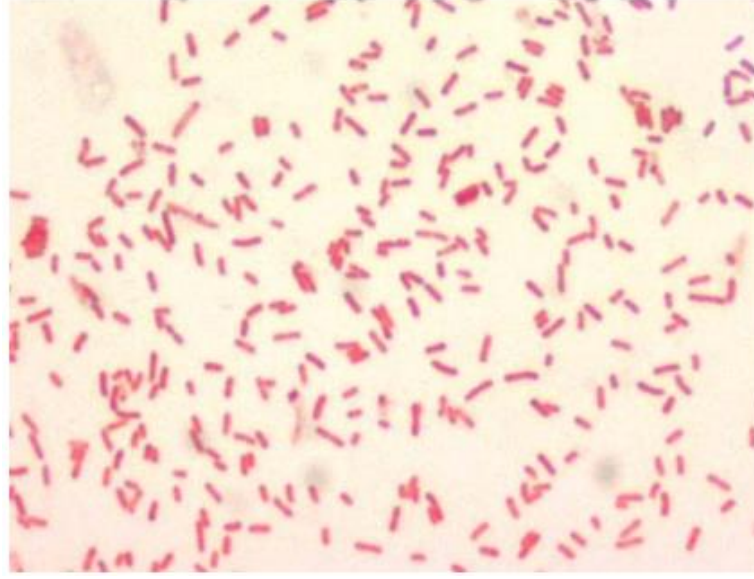
2.4.1.7. Bir şarbon saldırısı örneği

11 Eylül 2001 tarihinde ABD'de meydana gelen ikiz kule saldırıları herkesin aklında tazeydi. Ama çoğu insan için hayat normale dönmeye başlıyordu. İnsanlar başka bir terör saldırısı için arkalarına bakmayı bırakmışlar ve ailelerine, arkadaşlarına ve ülkelerine karşı yeniden minnet duygusu hissetmişlerdi. Eyalet dışında çocuğu olan birçok ebeveyn gibi Robert ve Maureen çifti de Kuzey Karolina'daki kızlarını ziyaret etmek için her fırsatı değerlendiriyordu. 27 Eylül Perşembe günü, kızlarının yanına giderek onunla uzun bir hafta sonu geçirdiler. Ancak baba Robert, pazar günü kendisini biraz dengesiz hissetti. O gece eve giderken kendini daha kötü hissetmeye başladı. Bununla birlikte biraz mide bulantısı vardı. Bir virüs kapıldığını veya belki de besin zehirlenmesi yaşadığını düşünerek çalıştığı kuruma pazartesi günü işe gelemeyeceğini bildirdi. Daha sonra hastanın ateşi yükselmeye başladı. Davranışlarında tutarsızlık görüldü. Bunun üzerine eşi Maureen, bunun normal bir hastalık olmadığını düşünerek hastayı Kennedy Tıp Merkezi acil servisine götürdü. Hastaneye götürüldükten kısa bir

süre sonra hastada kasılmalar başladı. Menenjitte şüphelenen doktorlar, Robert'ın omurilik sıvısında bakteri olup olmadığını kontrol etmek için beyin omurilik sıvısını aldılar (BOS). BOS incelemesinde direkt mikroskop altında milyonlarca çubuk şeklinde bakteri görülebiliyordu. 5 Ekim 2001 Cuma günü, semptomlarının ortaya çıkmasından bir haftadan az bir süre sonra Robert komadaydı. ABD'ye yönelik bir sonraki terörist saldırıda ilk kurban olduğunu bilmeden öldü. Yapılan incelemede Robert'ın bir medya kuruluşunda foto muhabiri olduğu, Boca Raton'daki AmericanMedia'da kendisine postalanmış mektup aracılığı ile şarbon ile temas ettiği öğrenildi. Hasta akciğer şarbonuna bağlı olarak saldırılarda ilk ölen kişi idi (Preston, 2002).

2.4.2. Veba (Plaque)

Yersinia pestis adlı gram negatif bir bakterinin neden olduğu bir hastalıktır. Bakteri hücreleri basillerden daha yuvarlak ve koklardan daha oval olduğundan kokobasil olarak kabul edilirler (**Şekil 2.6**). Oldukça öldürücü olan tek bir bakteri hücresi, şiddetli veya ani semptomlara neden olmak için yeterli olabilir. Pek çok memeli, özellikle etoburlar doğal olarak vebaya karşı dirençlidir. Diğer yandan ise çayır köpekleri, sincaplar, sıçanlar, tavşanlar, ev kedileri ve insanlar enfeksiyona karşı hassastırlar. Doğal konakçıların bu kadar geniş bir yer tutmasından dolayı etken bakteri, Antarktika hariç her kıtada iyice yerleşmiştir. Veba enfeksiyonunun memeli olmayan önemli bir kurbanı da piredir. Bir pire veba ile enfekte olmuş bir hayvanı ısırıldığında veba bakterisi hayvanın kanıyla birlikte yutulur. Bakteriler, pirelerde herhangi bir veba belirtisine neden olmazken pirenin içinde yoğun bir şekilde çoğalır. Enfekte olmuş bir pire bir vektör görevi görerek veba bakterisini birçok yeni konakçıya yayar. Bazı durumlarda veba doğrudan memeliden memeliye de yayılma yeteneğine sahiptir.



Şekil 2.6. *Yersinia pestis* bakterisi Gram boyası ile pembeye boyanır

Enfeksiyon hastanın akciğerlerine yayıldığında *Y. pestis* bakterileri, her öksürük ve hapşırıktaki küçük damlacıklar halinde dışarı atılacak ve hastanın birkaç metre yakınındaki herkesi etkileyecektir. Bazı durumlarda bakteriler hava akımlarıyla daha uzağa seyahat edebilmektedir. Ayrıca güneş ışığının olmadığı yerlerde bir saate kadar hayatta kalabilmektedir. Hava akımları ile yayılması pandemi oluşumunda özellikle etkilidir. *Y. Pestis* bakterisi, vücut hücrelerine zarar veren ve kanın pıhtılaşma sürecinde anormalliklere yol açabilen bir endotoksin salgılar. Kan pıhtıları sıklıkla küçük kan damarlarını tıkayarak parmaklarda ve ayak parmaklarında dokuların kararmasına ve nekroz oluşmasına neden olur. Bu yüzden veba hastalığı “Kara Ölüm” olarak da ifade edilir (**Şekil 2.7**) (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).



Şekil 2.7. Veba hastasının el ve ayaklarında dolaşım bozukluğu nedeniyle gelişen nekroz (Kara Ölüm)

2.4.2.1. Semptomlar

En sık görülen veba tipleri bubonik veba (lenf düğümlerinde *Y. pestis*), sepsisemi vebasası (kanda dolaşan *Y. pestis*) ve pnömonik vebadır (Akciğerde enfeksiyon yapan *Y. Pestis*)

2.4.2.2. Bubonik veba (Hıyarcıklı)

Bir kişinin veba bulaşmış bir pire tarafından ısırılması sonrası *Y. Pestis* bakterisinin hastaya bulaşması ile hastalık oluşur. Bir hafta içinde hastada baş ağrısı, ateş, titreme ve öksürük gibi grip benzeri semptomlar gelişir. Bazı bireylerde kusma ve kafa karışıklığı (konfüzyon) da görülür. Bakteriler bölgesel lenf düğümlerinden süzülür. Ancak lenfositler tarafından yok edilmek yerine, lenf düğümleri içinde çoğalır. Bu bakteriyel büyümenin bir sonucu olarak ısırığa en yakın lenf düğümleri, genellikle ilk semptomların başlamasından birkaç saat sonra, "bubo" adı verilen yumrular halinde hızla şişmeye başlar (**Resim 1.8**). Bubonik veba, tedavi edilmezse bir haftadan kısa bir sürede sepsisemi vebasına dönüşebilir.



Şekil 2.8. Kasık lenf düğümü olan Bubonik Veba

2.4.2.3. Sepsisemik veba

Genellikle tedavi edilmeyen bubonik vebanın ardından gelişirken daha önce veba belirtileri olmayan kişilerde de gelişebilir. *Y. pestis* bakterileri, genellikle pire ısırığı yoluyla kan dolaşımına girer ancak kan dolaşımında hareket halinde çoğalır.

Büyük ölçüde lenf düğümlerini atlatır. Septisemi veba vakalarında lenf düğümleri şişmez ve bubonik form oluşmaz. Başlangıçta ilk semptomlar septiseminin diğer birçok formuna benzerdir. Bu da veba formunun tanısını zorlaştırır. Hastalar genellikle titreme, ateş, kusma ve ishal şikâyeti ile başvururlar. Enfeksiyon ilerledikçe kan damarlarındaki hasar, ellerde ve ayaklarda dolaşımın azalmasıyla birlikte geniş çaplı morarmalara neden olabilir. Dolaşımın azalması, başlangıçta ellerin ve ayakların mavimsi görünmesine neden olur. Daha sonra doku nekrotik hale geldikçe etkilenen parmaklar ve ayak parmakları genellikle tamamen siyaha döner (**Resim 1.7**). Bu hastalarda da tedavide amputasyon gereklidir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.2.4. Pnömonik (akciğer) veba

Çoğunlukla septisemi vebasından sonra sekonder olarak gelişir. Veba bakterileri doğrudan solunduğunda ise primerpnömonik veba gelişebilir. *Y. pestis*'in aerosol olarak dağıtılması son derece etkili bir biyolojik savaş tekniğidir. Bu aerosollere maruz kalanlarda primerpnömonik veba meydana gelebilir. Hastalar bronkopnömoni (akciğer iltihabı), nefes darlığı, göğüs ağrısı ve kanlı öksürme şikâyeti ile başvururlar. Semptomların ilk 18 saati içinde tedaviye başlanmazsa hastalar genellikle 2-6 gün içinde ölürlar (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.2.5. Tedavi

Veba şüpheli hasta, hastalığın yayılmasını önlemek için derhâl izole edilmelidir. Pnömonik veba olgularında, tıbbi personel eldiven, koruyucu giysi ve göz koruması kullanmalıdır. Veba için en iyi antibiyotik tedavisi günde iki kez 10 gün boyunca kas içine uygulanan streptomisin enjeksiyonudur. Ayrıca gentamisin, günde bir kez en az 10 gün boyunca intramusküler olarak veya intravenöz olarak verilebilir. ABD’de hızlı tedavi bubonik veba için %86,5, primerseptisemik veba için %77,6 ve primerpnömonik veba için %42,9 hayatta kalma oranıyla sonuçlanmıştır (CDC, 1997). Yukarıda belirtilen tedavilerin tamamının tıbbi personel tarafından uygulanması gerektiğinden toplu bir kaza veya bir saldırı senaryosunda uygulanabilir olması mümkün değildir. Büyük ölçekli bir biyolojik saldırı durumunda semptomları olan tüm bireylerin yanı sıra saldırıya maruz kalmış olabilecek herkesin derhâl tedaviye ihtiyacı olacaktır. Bu antibiyotiklerin oral (ağızdan) dozları, intravenöz dozlardan daha az etkilidir. Ancak

yine de bir miktar tedavi sağlayabilirler (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.2.6. Tarihsel açıdan veba etkeninin silah olarak kullanılması

İnsanlık tarihinde üç veba salgını kaydedildi. Bunların her biri tüm insan popülasyonunda şaşırtıcı bir azalmaya neden oldu. Daha yakın tarihte veba, askerî bir silah olarak da kullanılmıştır. II. Dünya Savaşı sırasında Japonya'nın kötü şöhretli 731. Birimi, veba da dâhil olmak üzere çok çeşitli ajanları incelemiştir. Japonya'nın bu birimi sadece esirler üzerinde değil çeşitli bölgelerdeki siviller üzerinde potansiyel biyolojik silahları da serbestçe test ediyordu. Japon uçaklarının Ekim 1940'da Chekiang eyaletindeki iki şehre iki kez veba bulaşmış pireler attığına dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Her iki şehirde de veba salgını görülmedi. Fakat uçakların görülmesinden birkaç gün sonra bubonik veba vakaları görülmeye başlandı (Worsham et al., 2007). Sovyet ordusunun biyolojik silah programı Biopreparat'ta üst düzey bir subay olarak çalışan Dr. KenAlibek, 1990'larda Sovyetler Birliği'nden ayrılıp Amerika Birleşik Devletleri'ne taşınana kadar Rusların, veba da dâhil olmak üzere büyük biyolojik silah cephaneliklerine sahip olduğunu iddia etmiştir. Ancak iddia edilen bu cephaneliklerin Rusya Federasyonu'ndaki mevcut varlığı ve konumu belirsizliğini hâlâ korumaktadır (AlibekandHandelman, 1999). Y. pestis'in alışveriş merkezleri gibi kapalı bir ortama bilerek ve isteyerek bırakılması, yüzlerce solunum yolu vebasına yol açabilir. En iyi tıbbi tedaviyle bile kurbanların çoğu ölebilir. Bununla birlikte biyolojik bir terörist, açık hava konseri gibi kalabalık bir mekâna veba bulaşmış pireleri de bırakabilir. Böylece yaygın bubonik ve sepsisemi vebasına neden olabilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.2.7. Kurgusal bir veba olgusu

ABD'de New Mexico'da yaşayan bir çift tatile gitmek için hazırlık yapıyorlardı. Karı-koca birlikte aylardır New York'a yapacakları bu seyahati planlıyorlardı. Seyahatin her anının tadını çıkarmayı amaçlıyorlardı. O cumartesi sabahı, otellerinin lobisinin önünden bir tur otobüsüne bindiler. Günlerini şehirde dolaşarak EmpireState Binası, Times Meydanı ve Rockefeller Center'ın fotoğraflarını çekerek geçirdiler. Pazar günü daha fazla turne planlanmıştı. Ama çiftler buna hazır değildi. İkisi de pazar günü baş

ağrısıyla uyandı. Daha sonra öksürük ve ateş şikâyetleri olmaya başladı. Cumartesi günü otobüste birinden yanlışlıkla soğuk algınlığı kaptıklarını düşünerek, günü otel odalarında dinlenerek geçirmeye karar verdiler. Zaman ilerledikçe ikisi de kendilerini yorgun hissediyorlardı.

Takiplerinde her ikisi de kasıklarında, bacağın karna geçiş yerinde ağrıyan, şiş bir bölge olduğunu fark ettiler. Hastaların şikâyetleri pazartesi gününe kadar devam etti. Salı sabahı otel doktorunu aradılar. Semptomları giderek kötüleşiyordu. Otel doktoru, semptomların ne zaman başladığına dair birçok soru sordu. Fiziksel muayene sonrası, onları en yakın acil servise gitmeleri konusunda uyardı. Acil serviste eşlerden, Maria'nın ateşi 39°C ve Ricardo'nun ateşi 40.2°C idi. Ricardo'nun kanında *Yersinia pestis* bakterisi bulundu, her iki hastaya da bubonik veba teşhisi konuldu. Hastalar daha sonra hastaneye kaldırıldı. Maria tedavi sonrası tamamen iyileşirken Ricardo çok sayıda antibiyotik tedavisine rağmen iyileşmedi. Aksine durumu daha da kötüleşti. Hasta çoklu organ yetmezliği ve DIC (yaygın damar içi pıhtılaşma) tablosu ile yoğun bakıma kaldırıldı. DIC tablosu çoğunlukla öldürücüdür. Ricardo DIC atağından kurtuldu ancak daha sonra ayaklarında dolaşım sorunları ortaya çıktı. Ayaklarına giden kan akışı o kadar azalmıştı ki ayaklarındaki dokular kararmaya başlamıştı. Bu durum da bize vebanın "Kara Ölüm" olarak adlandırılmasının nedenini hatırlattı. Tıbbi destek sayesinde Ricardo, altı hafta sonra yoğun bakımdan çıkabildi. Ancak iki ayağı ampute edildi (CDC, 2003).

2.4.3. Tularemi

Etken *Francisellatularensis*'tir. Gram negatif kokobasil bir bakteridir. *F. tularensis* hücreleri, endospor oluşturmamasına rağmen çürüyen bir karkas gibi serin ve nemli bir ortamda canlı kalabilir. Havada dağılma dönemlerine dayanacak kadar dayanıklı olduğu için biyolojik savaş silahı olarak en güçlü adaydır. Tularemi hastalığının insanlarda görülen birçok vakası, ölü tavşanlara dokunmaktan kaynaklandığı için hastalığa halk arasında "tavşan ateşi hastalığı" adı da verilir. Fakat hastalık sadece tavşanları değil, yüzlerce farklı memeliyi, balığı ve sürüngeni de enfekte eder. Hastalık etkeni Kuzey Amerika'nın her yerinde nemli toprak, su veya samanda da yaygın olarak bulunur. ABD'de her yıl 100 ila 200 arasında tularemi vakası görülmektedir. Vakaların çoğu, insanların dışarıda daha fazla zaman geçirme eğiliminde olduğu yaz aylarında görülür. Tularemi olgusu ilk olarak 1911 yılında Kaliforniya eyaletine bağlı olan TulareCounty'de tanımlandı. Bilim insanları enfeksiyonun

kemirgenlerde veba benzeri semptomlara yol açtığını fark etti. Daha sonra Dr. Edward Francis hastalığın hem kemirgenleri hem de insanları ısırarak bulaştığını öne sürdü. Hastalığa yol açan bakteri, ismini hem Dr. Edward Francis hem de hastalığın ilk görüldüğü yer olan Tulare County'den almaktadır. Keneler ve ısırarak sinekler tularemiyi insanlara bulaştırır. Bununla birlikte kirli yiyeceklerin ve suyun tüketilmesi veya *F. tularensis* bakterisinin solunması yoluyla da etken bulaşabilir (Kristy Young Johson, Paul Matthew Nolan, 2016).

2.4.3.1. Semptomlar

Enfeksiyon, bakterilerin göz, ağız, cilt veya akciğerlerle herhangi bir temasından sonra kaynaklanabilir. Çoğunlukla enfeksiyon bulaşı üç yol ile olmaktadır (Kristy Young Johson, Paul Matthew Nolan, 2016).

- **Böcek ısırığı ile bulaş:** Tularemi ile enfekte olmuş bir kemirgeni ısırarak bir kene veya sinek, *F. tularensis* bakterisini bir sonraki kurbanına etkili bir şekilde aktarabilir. Isırık bölgesine giren en az 10 bakteri hücresi bile hastalığa neden olmak için yeterli olabilir. İlk başta ısırık sivrisinek ısırığına benzer şekilde küçük ve kırmızıdır. Ancak birkaç gün içinde ülserleşecek ve püye salgılamaya başlayacaktır (**Şekil 2.9**).



Şekil 2.9. Ülserleşmiş Tularemi lezyonu

- **Kontamine yiyecek ve su ile bulaş:** *F. tularensis* bakterisi kontamine yiyecek ve su ile alınırsa hastada ilk semptomlar boğazda oluşur. Birkaç gün

sonra boğazda ağrı gelişir. Bademciklerde kızarıklık ve iltihap oluşur. Hastalara yanlışlıkla bademcik iltihabı tanısı da konulur.

- **Solunum yolu ile bulaş:** Bu yol ile bulaş için 1-2 bakteri yeterlidir. Solunum yoluyla bulaşan tularemi vakaları, çoğunlukla tarım işçilerinin kemirgenlerin yaşadığı tahıl ambarlarındaki tozu soluması veya bahçıvanların enfekte karkasların üzerinden yanlışlıkla çim biçmesi sonucu gerçekleşir. Bazen bu hastalarda nefes almada zorluk ortaya çıkar. Ancak birçok vakada solunum semptomları görülmediğinden dolayı erken tanı koymak zordur. Sonuçta hastalarda ateş, boğaz ağrısı, baş ağrısı, burun tıkanıklığı, titreme ve öksürük gibi grip benzeri semptomlar oluşacaktır. Bazı hastalarda ise bu semptomlara bulantı ve ishal de eşlik eder. Tularemi hastalığının belirtileri aylarca sürebilir. Solunum yoluyla bulaşan vakaların yarısı, antibiyotik kullanılmadığında ölümle sonuçlanır.

2.4.3.2. Tedavi

Erken tanı ve tedavi ile hastalık hastaların sadece %2'sinde ölümcül seyreder. Ayrıca hastalık kişiden kişiye bulaşmadığı için izolasyona gerek yoktur. Tedavide hastanın yatırılarak 10 gün boyunca günde iki kez kas içine streptomisin antibiyotiğinin enjekte edilmesidir. Alternatif antibiyotik tedavisinde gentamisin iv verilebilir. Bununla birlikte daha önce açıklanan antibiyotik tedavilerinin hepsi, binlerce kurbanın dâhil olduğu toplu bir biyolojik saldırıda muhtemelen uygulanabilir olmayacaktır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.3.3. Biyolojik savaş silahı olarak Tularemi

F. tularensis, 1900'lü yılların ortalarında birçok ülke tarafından potansiyel bir silah olarak incelendi. Japonya'nın kötü şöhretli 731. Birimi, II. Dünya Savaşı sırasında savaş esirlerini kasıtlı olarak tularemi bakterisi ile enfekte ederek önemli miktarda bilgi topladı. 1950'lerde ABD, Birleşik Krallık, Kanada ve Rusya tarafından daha fazla araştırma yürütüldü. Canlı hayvanlar, nüfusun büyük bir yüzdesini enfekte etmenin etkili yolunu belirlemek için kullanıldı. Tulareminin aerosol yayılımına çok dayanıklı olduğu kanıtlandı. ABD ordusu tarafından biyolojik silah olarak depolandı (Hudspeth, 2005). ABD tularemiyi biyolojik silah olarak geliştirmeyi 1970 yılında sonlandırdı.

Ancak böyle bir silahla olası bir saldırıya yanıt verme yöntemleri geliştirmek için *F. tularensis* bakterisini incelemeye devam ediyor. Sovyetler de 1970'lerde biyolojik silah programlarını sonlandırmayı kabul etmiş olsalar da Ken Alibek Biohazard adlı kitabında en azından 1990'lara kadar Sovyetler'in *F. tularensis*'i bir silah olarak geliştirmeye devam ettiklerini bildirmektedir. Albek, Sovyet programının standart antibiyotiklere dirençli ve herhangi bir aşının koruyucu etkilerini geçersiz kılacak *F. tularensis* ürettiğini savunmaktadır (AlibekandHandelman, 1999). 1990'larda İsveçli bilim insanları, *F. tularensis* bakterisinin antibiyotiklere dirençli bir türünü geliştirdiler. Dirençli olan bu bakteri, eğer bir silah olarak kullanılırsa mevcut antibiyotik tedavisine bakılmaksızın enfekte olan her iki kişiden en az birini öldürebilir (Norqvist et al., 1996). 11 Eylül 2001'de Dünya Ticaret Merkezi'nin iki kulesine uçakla saldıran teröristler 2753 kişiyi öldürdü. Fakat New York City metrosunda *F. tularensis* bakterisiyle dolu bir ampulü düşüren bir kişi, çok daha yüksek bir ölüm oranına ulaşabilir. Dahası, ilk saldırının yeri belirlendikten sonra bakterilerin izini tek bir teröriste kadar sürmek imkânsız hale gelebilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). Tulareminin bir silah olarak ne kadar yıkıcı olabileceğini anlamak için Dünya Sağlık Örgütü'nün 1969 yılında yürürlüğe koyduğu bir çalışmanın projeksiyonlarını dikkate almak yeterlidir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, bir şehrin rüzgâr yönüne doğru sadece 50 kg *F. tularensis*'in aerosol yayılımının, birçok vatandaşın inhalasyon yoluyla tularemi geliştirmesine neden olacağını göstermektedir. Atlanta, Georgia gibi 5 milyondan fazla nüfusu olan büyük bir şehirde bir aerosol saldırısı en az 250.000 inhalasyonel tularemi vakasına neden olacaktır. Olağanüstü tıbbi olanaklara sahip gelişmiş bir ülkede bile tüm mağdurları hastaneye yatırmak neredeyse imkânsızdır. Şehrin altyapısı, haftalarca çok sayıda vatandaşın iş göremez hale gelmesiyle çökerdi. Sonuçta hızlı teşhis ve uygun tıbbi bakım verilse bile böyle bir saldırıda tahmini olarak 5700 kişi ölecektir. Bakteriler şehir sınırlarının ötesine yayılabileceği ve semptomlar birkaç gün boyunca ortaya çıkmayacağı için silahın kaynağını tespit etmek son derece zor olacaktır (Hudspeth, 2005).

2.4.3.4. Kurgulanmış bir Tularemi vakası

CDC'den alınan, kurgulanmış bu vakada lise son sınıf öğrencisi Joey, hafta sonunu güzel bir şekilde geçirme hayalini yaşıyordu. O hafta sonu sabahı hava soğuktu ama hava durumu sunucusu o günün ilerleyen saatlerinde güneş ve ılıman sıcaklıklar

vadetti. Joey, şehrin dışında ailesiyle birlikte yaşıyordu. Evinin arkasındaki ormanlık alan küçük av hayvanları için harika bir alandı. Ormana pompalı tüfeği ile avlanmaya gitti. Birkaç saat içinde iki tavşanın iç organları çıkarılmış karkaslarını gururla sergileyerek evine döndü. Fakat ailesinden hiç kimse tavşan etinin tadını sevmemediğinden bunları seven komşularına yakaladığı avlarını hediye etti. Komşuları 60'lı yaşlarında karı-kocaydı. Emekli Harold tavşanların derisini yüzerken Ellen de eti sararak dondurucuya koydu. Pazartesi sabahı Joey elinde irin sızmaya başlayan kırmızı bir nokta fark etti. Bu halde yine de okula gitti. İlk ders bitmeden önce kendini oldukça hasta hissediyordu. Ateşi çıkmaya başladı. Okul hemşiresi onu muayene ederek tedbir amaçlı hastaneye gitmesi gerektiğini söyledi. Acil serviste hastayı gören doktorlar ateş düşürücü vererek eve gönderdiler. Ateşinin düşmesi onu daha iyi hissettirdi. Ama ilacın etkisi geçince ateşi yeniden çıktı. Ayrıca elindeki yara da iyileşmedi. Okula gidecek durumda değildi. Sonraki iki hafta boyunca evde kalarak çoğu zaman uyudu. Hastalığın geçmesini bekledi. Aynı semptomlar komşularında da gelişti. İkisinin de ellerinde yaralar oluşmuştu. İkisinin de ateşi vardı. Joey'un tavşan avına çıktığı günden 2 hafta sonra komşuları Harold ve Ellen acil servise başvurdular. Ellen kendisini daha kötü hissediyordu. Sağ işaret parmağındaki yara her zamankinden daha kötü görünüyordu. Doktorlar her ikisine de antibiyotik başladı. Tedavi sonrası herhangi bir iyileşme olmaması üzerine kanda tularemi testi yapıldı. Sonucun pozitif çıkması ve Harold'ın tavşan etinden bahsetmesi üzerine streptomisin reçete edildi. Bu ilaç Joey'a da verildi. Joey ve Harold hemen iyileşme belirtileri gösterdi. Ancak Ellen o kadar şanslı değildi. Durumu giderek kötüleşiyordu. Nefes almada zorluk çekmeye başladı. İşaret parmağındaki ilk yaradan, koluna serum takıldığı noktadan, vajinasından ve burnundan kan gelmeye başladı. Doktorlar kanamayı durdurmak için büyük çaba harcamalarına rağmen Ellen, Joey'un tavşanları avlamasından 1 ay sonra kan kaybından öldü (CDC, 1986).

2.4.4. Kolera

Hastalık etkeni *Vibrio cholerae*'dir. Virgül şeklinde olduğu için bu ismi almıştır. Bakteri ile hastalık arasındaki ilişki ilk olarak 1854 yılında İtalya'dan Fillipo Pacini tarafından keşfedildi. Fakat çoğu insan, koleranın havadaki bir şeyden kaynaklandığına inandığı için onun fikirlerini reddetti. Pacini'den yirmi dokuz yıl sonra Alman bilim insanı Robert Koch, Mısır'daki bir kolera salgınında hastalık ile bakteri arasındaki

bağlantıyı kurdu. Daha sonra Koch ayrıntılı laboratuvar testleri yolu ile bilim camiasını kolera hastalığının aslında virgül şeklindeki bakteriden kaynaklandığına ikna edebildi. Kolera hastalığı, binlerce yıldır insanlık tarihini önemli bir şekilde etkilemiştir. Eski zamanlarda insanlar, kendilerini kolera hastalığından koruması için tanrıça Oladevi'ye güvenirlerdi. Modern toplumlar ise su kaynaklarının yeterli sanitasyonuna bağımlıdır. Koleraya neden olan bakterinin tanımlanmasıyla hastalığın tanısı kesinleşti. Ancak salgınlar hâlâ insanlar üzerinde dünya çapında büyük tahribatlar yapmaktadır. *V. cholerae* hem tatlı suda hem de acı suda yaşar. Genellikle mevsimsel popülasyon büyüme desenleri gösterir. Fakat sıcak aylarda en fazla gelişir. Bakteri, dünyanın ılıman iklimlerinde yaygın olarak bulunmasına rağmen yeterli su sanitasyon kaynaklarına sahip bölgelerde genellikle hastalığa neden olmaz (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). Ancak her yıl Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) 3-5 milyon kolera vakası bildirilmekte, bunların 100.000-200.000'i ölümle sonuçlanmaktadır. DSÖ, bu sayıların aslında çok daha yüksek olması gerektiğini belirtmektedir. Çünkü kırsal alanlardaki birçok vaka muhtemelen iletişim eksikliği nedeniyle bildirilmemektedir. Ayrıca kentsel bölgelerdeki vakalar turizmi koruma amacıyla hükümetler tarafından açıklanmamaktadır. Gerçekten de tüm kolera vakalarının %90-95'inin bildirilmediği muhtemeldir. Bu durumda gerçek vaka sayısının bir milyona yakın olabileceği DSÖ tarafından tahmin edilmektedir (WHO report, 2003).

2.4.4.1. Semptomlar

V. cholerae bakterileri bağırsakların iç kısımlarındaki hücreler üzerinde ciddi etkilere sahip bir protein toksini salgılar. Bu hücreler, normalde bağırsakların lümeninde elektrolitler ve su arasında dikkatli bir denge sağlarken bu denge, kolera toksini tarafından tamamen bozulur. Bir kişi yalnızca az miktarda bakteri alırsa gözle görülür hiçbir semptom görülmeyebilir. Bununla birlikte, yüksek dozda bakteri tüketilirse toksin, bağırsak hücrelerinin bağırsak lümenine büyük miktarlarda su, sodyum ve klorür gibi elektrolitler salgılamasına neden olur. Bu sulu sıvı iki ucu keskin bir kılıç gibi davranır. Bakterileri vücuttan temizler ancak aynı zamanda ölümcül sıvı kaybına yol açabilen ve aşırı ishale neden olur. Vücut giderek daha fazla sıvı kaybettikçe kan dolaşımında su kaybı başlar. Sonuçta bu da kan basıncında düşüşe neden olur. Tedavi edilmezse düşen kan basıncı, dolaşım sisteminin ölümcül bir şekilde çökmesine neden olabilir. Kolera toksininin hastalık üzerindeki rolü 1970'lerde Maryland Üniversitesinde

yapılan çalışmalarla ortaya çıkarıldı. Bu çalışmada gönüllü deneklere saflaştırılmış kolera toksini yutturuldu. Daha sonra denekler semptomlar açısından izlendi. 5 µg toksin tüketimi, 1–6 lt (0,26–1,58 galon) ishal oluşumuna neden olurken 25 µg doz, 20 lt'den (5,28 galon) fazla ishal oluşumuna neden oldu. Bu çalışmalar sırasında sıvı elektrolit dengesi dikkatlice sağlanarak tüm gönüllüler tamamen iyileşti (Levine et al., 1995). Toksinin saflaştırılması ileri teknikler ve ekipman gerektirdiğinden toksinin kendisinden ziyade *V. cholerae* bakterisi potansiyel biyolojik silah olarak kabul edilir. Çünkü bakterinin kendisinin elde edilmesi ve saflaştırılması çok daha kolaydır. Kolera salgınları sırasında çok sayıda hastaya hizmet verebilmek için genellikle geçici hastaneler kurulur. Çünkü sulu ishal sık ve kontrolsüz sürdüğünden hastalar, genellikle ortasından drenaj deliği kesilmiş plastik kaplı yataklara yerleştirilir. Bakteri yüklü dışkıları toplamak için gider deliklerinin altına büyük kovalar yerleştirilir, bu kovaların taşmasını önlemek için sağlık personeli tarafından düzenli olarak boşaltılması gerekir. Genellikle hastaların dışkıları pirinç-suyu görüntüsü şeklinde ifade edilir (**Şekil 2.10**) (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).



Şekil 2.10. Kolera hastalarında dışkı örneği

2.4.4.2. Tedavi

İnsan vücudunun kolera toksinine tepkisi, tam anlamıyla toksini ve *V. cholerae* bakterilerini bağırsaklardan mümkün olduğunca çabuk temizlemektir. Hastanın kaybettiği sıvı ve elektrolitin yeniden sağlanması ile iyileşme sağlanır. Çoğu durumda,

Gatorade TM gibi bir spor içeceği ile oral rehidrasyon (sıvı alımı), hastalık sırasında erken başlanırsa tedavi için yeterli olabilir. Bir hasta dehidrasyon yoluyla vücut ağırlığının % 10'unu kaybetmişse oral rehidrasyon yeterli olmayabilir. Bu durumda sıvı kaybının damar yolundan verilerek telafi edilmesi gerekir. Tetrasiklin, siprofloksasin ve azitromisin gibi antibiyotikler de *V. cholerae*'ye karşı etkilidir. Hastalığın seyrini önemli ölçüde kısaltabilir. Bununla birlikte, bu antibiyotiklerin yaygın ve uygunsuz kullanımı *V. cholerae*'nin antibiyotik dirençli suşlarına neden olacaktır. Bu yüzden DSÖ, antibiyotikleri sadece en şiddetli, hayatı tehdit eden vakalarda kullanmayı önermektedir. Büyük miktarlarda *V. cholera* bakterilerinin yutulması, yüksek mortalite oranlarına (ölüm oranları) yol açabilir. Kolera'nın neden olduğu hızlı ama korkunç ölüm, tarih boyunca insanları dehşete düşürmüştür (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.4.4.3. Kolera ve biyoterörizm

Güvenilir kayıtlar, koleranın yakın tarihte en az yedi kez pandemi statüsüne ulaştığını göstermektedir. İlk kaydedilen pandemi, 1817'den 1823'e kadar Japonya, Filipinler, Hindistan, Türkiye, Singapur ve günümüz İran'ında görüldü. İlk pandeminin bitmesinden birkaç yıl sonra, 1829'da ikincisi başladı ve 1851'e kadar sürdü. Bu pandemi de Sovyetler Birliği, Afganistan, İran ve Amerika Birleşik Devletleri'ne yayıldı. Üçüncü kolera pandemisi, 1852'den 1859'a kadar süren ikinci pandeminin hemen ardından geldi. Bu pandemi, tıp camiasının kolera ile başa çıkmasında bir dönüm noktası oluşturdu. *V. cholerae* biyoterörizmin en ölümcül etkeni olmasa da normal hükümet veya askerî işlevleri aksatabilir. Turizme dayalı bir ekonomiyi çökertebilir. Bir nüfusta korku ve panik yaratmak için kullanılabilir. *V. cholerae*'nin 1930'larda Japonya ordusu tarafından Çin'de kasıtlı olarak yayıldığını gösteren güçlü kanıtlar bulunmaktadır (Williams and Wallace, 1989). Uygun eğitime sahip ve doğru ekipmana erişebilen bir biyoterörist, yalnızca toksini kullanarak bir saldırı başlatmak için yeterli miktarda kolera toksinini saflaştırabilir. Bir biyoterörist, şişe su paketleme tesisine sızarsa binlerce şişe su, ölümcül olmasa bile ciddi semptomlara neden olabilecek kadar toksinle zehirlenebilir. Ölü sayısı muhtemelen düşük olsa da ürününde sorun çıkan şirket büyük kayıplara uğrayacak ve muhtemelen mali açıdan çok zor duruma düşecektir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.5. Biyolojik Savaş Silahı Olarak Kullanılabilecek Toksinler

Toksinler canlı organizmalar tarafından üretilir. Toksinlerin kendileri, canlı olmadıkları için biyolojik silah yerine kimyasal silah olarak değerlendirilebilir. Ancak biyolojik kökenlerinden dolayı biyolojik silah kategorisine girer. Toksinler, bulaşıcı olma veya çevrede çoğalma tehlikesi oluşturmamakla birlikte canlı etkenlere göre depolanmaları ve taşınmaları daha kolaydır. Ayrıca aşırı sıcak, ultraviyole radyasyon ve dondurucu soğuklar gibi çevre koşullarına karşı son derece dayanıklıdırlar. Bununla birlikte toksinler, canlı organizmalar olmadıkları için tedavileri çoğu zaman çok daha zordur. Çoğu hastada sadece destek tedavisi verilir. Örneğin botulizmde, kapsamlı destekleyici bakım verildiğinde hasta toksin saldırısından zamanla kurtulabilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.5.1. Ricin

Ricin, hint yağı bitkisi *Ricinuscommunis* tarafından üretilen bir toksindir. Hint fasulyesi olarak da bilinir. CDC tarafından B kategorisinde bir tehdit olarak derecelendirilmesine rağmen, hint yağı bitkisinin yetiştirilmesinde herhangi bir kısıtlama yoktur. Bitki çok çeşitli iklimlerde iyi yetişir. Bu dayanıklılık ve bitkinin büyük yaprakları, onu Avrupa ve ABD’de popüler bir peyzaj bitkisi haline getirmiştir. Birçok insan, arka bahçelerindeki güzel bitkinin her yıl birkaç kişiyi öldürmeye yetecek kadar zehir ürettiğinin farkında değildir. Diğer yandan hint yağının ticari kullanımları da bulunmaktadır. Motor yağı, boya, sabun, naylon ve çeşitli farmasötik maddelerin bir bileşeni olarak kullanılan hint yağı, büyük bir ekonomik kazanç getirmektedir. Her fasulye ağırlıkça yaklaşık %50 oranında hint yağı içerir. Yağın çıkarılması fasulyeleri preslemeyi içerir ve geride "ıslak püre" olarak bilinen yapışkan bir toz fasulye malzemesi yığını bırakır. Islak püre, hint yağı endüstrisi için sadece bir atık üründür

ancak pürenin toplam ağırlığının yaklaşık %1-5'i kadar az miktarda ricin içerir (Franz and Jaax, 1997). Ricin, bu ıslak püreden oldukça kolay bir şekilde suda çözünen beyaz bir toza dönüştürülebilir. Dünya çapındaki hint yağı endüstrisinin büyüklüğü göz önüne alındığında, her yıl yaklaşık 36.000 ton ricin toksini üretilmektedir (Jackson et al., 2010).

2.5.1.1. Semptomlar

Ricin zehirlenmesinin belirtileri, maruz kalma şekline ve söz konusu toksin miktarına bağlı olarak değişmekle birlikte hızlı başlar. Ricin toksini suda stabildir. Sis halinde dağıtılabilir, yiyecek veya içeceklerle gizlenebilir veya deri altına enjekte edilebilir. Ricin karşılaştığı her dokuya saldırdığı için ilk belirtiler saldırdığı dokuya göre değişiklik gösterir.

Solunum yolu ile bulaş: Bu yol ile temas eden kişi, semptomları muhtemelen 4-24 saat sonra fark etmeye başlar. Basit bir aletle, risin suda çözülebilir ve ince bir sis halinde solunum yolu ile alınabilir. Bir kişi, hiçbir şey fark etmeden 200 µg'lık ölümcül bir dozu kolayca soluyabilir. Birkaç saat içinde akciğerlerde, nefes almada zorluk yaşayacak kadar hasara neden olur. Bunu soluyan kişi öksürmeye başlayacak ve cildi mavi renge dönebilecektir. Ayrıca ateş, bulantı ve düşük tansiyon da hastada görülebilir. Zamanla daha fazla akciğer hücresi öldükçe akciğerlerde sıvı birikmeye başlayacaktır. Ricini ilk solumasından 36 ila 72 saat sonra solunum yetmezliğinden hasta ölecektir (Kristy Young Johson, Paul Matthew Nolan, 2016).

Sindirim yolu ile bulaş: Ricin alındıktan 10 saat sonra semptomlar oluşur. Laboratuvar çalışmaları, yutulan saf ricinin ölümcül dozunun 1000 miligramın üzerinde olacağını tahmin ederken gerçek zehirlenme vakalarından elde edilen veriler, insanların yalnızca 2-80 miligram ricin toksini içeren hint yağı bitkisi tükettiğinde ölümcül sonuçlar meydana geldiğini göstermektedir. Sadece sekiz adet hint yağı bitkisi tohumu bu dozu sağlayabilir. Belirli yiyeceklerle karıştırıldığında bile fark edilmeyebilir (Jackson et al., 2010). Toksinin salınması için hint fasulyesinin iyice çiğnenmesi gerekir. Bu yüzden yutmadan önce iyice çiğnemeyen birisinin ölümcül doz için daha fazla fasulye alması gerekmektedir. Kişi yeteri kadar hint yağı bitkisi tüketir ve çiğnerse birkaç saat içinde mide bulantısı hissetmeye başlayacaktır. Kusmayla birlikte kanlı ishal de ortaya çıkar ve sıvı kaybına, düşük tansiyona yol açar. Semptomlar devam ettikçe, hasta nöbetler geçirebilir. Ayrıca idrarında kan görülebilir. Hasta tüketimden 36-72 saat

sonra karaciğer, dalak ve böbrek yetmezliğine girerek hayatını kaybeder (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

Enjeksiyon yolu ile bulaş: Saflaştırılmış ricinin enjeksiyonu, birkaç dakika içinde enjeksiyon yerinde kızarıklık ve şişlik belirtilerine neden olur. Solunum yolu ile alınan ricin gibi, 200 mikrogram kadar az bir doz bile ortalama bir yetişkin için ölümcül olabilir. Toksin kan dolaşımı yoluyla vücutta dolaştığından dolayı, birden fazla organın etkilenmesi kaçınılmaz olacaktır. Hastalarda çoklu organ yetmezliği geliştikten üç gün sonra ölüm meydana gelecektir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.5.1.2. Tedavi

Ricin zehirlenmesinin etkili bir tedavisi yoktur. Hasta ricin toksinini aldıktan sonraki birkaç dakika içinde tedaviye başvurursa indüklenen kusma, toksinin emilmeden önce çoğunun atılmasını sağlayabilir. Aksi takdirde ricin, vücut hücrelerine bağlandığında yalnızca destekleyici bakım gerekir. Hastalara genellikle sıvı kaybını önlemek için intravenöz sıvılar verilir. Kan basıncını düzenlemek için vazopressör ilaçlar verilir. Sonuç olarak doktorlar hastayı rahat ve stabil tutmaya çalışırlar. Ancak herhangi bir formdaki orta dozdaki ricin toksini birkaç gün içinde ölüme yol açacaktır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.5.1.3. Gerçek bir ricin saldırısı vakası

Georgi Markov, Bulgaristan'dan İngiltere'ye göç etmiş, 49 yaşında, ailesi olan ve burada iyi bir işte çalışan bir insandı. İşe gitmek için otobüs durağında bekliyordu. Bulgaristan'da yaşarken hükümetle alay eden oyunlar yazmaktan hoşlanıyordu. Ancak bu hükümet tarafından pek de iyi karşılanmamıştı. Bu yüzden kendisini susturmaya çalışabileceklerini düşünmeye başlamıştı. Londra'ya yerleşmek, ona sadece intikam korkusu olmadan istediğini yazma özgürlüğünü kazandırmakla kalmamış; aynı zamanda karısı Annabelle ile de burada tanışmıştı. Dalgın halde düşüncelere dalmışken yoldan geçen dikkatsiz birinin arkadan ona çarpmasıyla dalgınlığı bölündü. Bu kişinin katlanmış şemsiyesi alışılmadık derecede keskin ucuyla Georgi'ni bacağına değdi. Adam uzaklaşmadan önce özür diledi. Fakat Georgi'nin iyi ruh hali çoktan kararmıştı. Şemsiyenin ucunun, sağ üst uyluğunun arkasında bir morluk bırakacağından emindi. Bu onun için çok acı vericiydi. Georgi, o gece eve geldiğinde bacağındaki nokta gerçekten

ağrıyordu ve her geçen dakika daha da kötüleşiyordu. Eşi Annabelle, pantolon paçasında kurumuş bir kan damlası gördü. İkisi de şemsiye ucunun cildi delecek kadar keskin olmasını tuhaf buldular. Kısa süre sonra Georgi'nin ateşi yükseldi. Şemsiyenin keskin ucundan kötü bir enfeksiyon kapıldığını düşündüler. Ertesi sabah hasta kendini halsiz hissetmeye ve kusmaya başladı. Ateşi gün boyu devam eden hasta, gece konuşma güçlüğü çekmeye başladı. Bunun üzerine eşi tarafından hastaneye götürüldü. Doktorlar şemsiye işaretini incelediler. Büyük olasılıkla aşırı bir enfeksiyonla karşı karşıya oldukları konusunda hemfikirlerdi. Doktorlara zehirlenmiş olabileceğini söyledi. Bununla birlikte durumu daha da kötüleşmeye devam etti. Kan basıncı da hızla düşmeye başlayan hastanın nabızı artmaya başladı. Ertesi sabah hastada böbrek yetmezliği gelişti ve hasta idrar çıkarmamaya başladı. Bilinç bozukluğu ve kanlı kusma şikâyetleri olan hastanın kalbi durdu. Doktorlar onu canlandırmak için çabaladılar. Ancak hastanın öldüğü açıklandı. Georgi hayatını kaybettiğinde riscin toksini ile öldürüldüğünden habersizdi (Crompton and Gall, 1980).

2.5.1.4. Biyoterörizm ve ricin

Ricin, yaklaşık bir asırdır biyolojik savaş için geçerli bir aday olmuştur. ABD, risin kaplı şarapnel üreten mühimmatlarla ilgili çalışmalarını I. Dünya Savaşı'nda yapmıştır (Parker et al., 1996). Bu tür ricin kaplı silahlar, kurbanlarda küçük kesikler veya çizikler oluştursa da ölüme neden olabilir. Ricin toksinini aerosolize etme teknikleri II. Dünya Savaşı sırasında ABD tarafından ve 1980'lerde Irak tarafından da araştırılmıştır. Ancak aerosolizerisinin savaşta kullanımına ilişkin hiçbir kayıt bulunmamaktadır (Zilinskas, 1997). 15 Ekim 2003'te Güney Carolina'nın Greenville kentindeki bir postaneye küçük ve parlak bir şişe geldi. Şişe, normalde birkaç aspirin alabilecek, gösterişsiz bir metal silindirdi. Şişenin yanında şişenin ricin toksini içerdiğini ve uygun önlemler alınmadan açılmaması gerektiğini belirten yazılı bir uyarı vardı. Notta ayrıca, ticari kamyonculuk sektöründeki yeni uyku düzenlemeleri yürürlükten kaldırılmazsa yerel su kaynaklarının ricin toksini ile zehirleneceği tehdidi de yer aldı. Notu gönderen kişi kendisini “Düşmüş Melek” olarak ifade etti. Ulaştırma Bakanlığına yazdığı notta bir tanker şirketinin olduğunu, hint yağı hamuruna kolayca erişebileceğini söyledi. Eğer talepleri reddedilirse ricin toksini üreteceğini belirtti (Drociuk, 2005). 2 Kasım 2011'de Washington Times gazetesi, ABD'nin Georgia eyaletinden dört yaşlı adamın, ricin toksini ve patlayıcılar kullanarak yurt içi terör

saldırıları planlamak suçundan tutuklandığını bildirdi. Bu dört kişi bir milis grubuna mensuptu. Bu kişiler, Washington DC üzerindeki bir uçaktan toksini dağıtmayı, Atlanta Georgia'daki hükümet binalarının havalandırma sistemlerine salmayı ve yoğun bir eyaletler arası otoyolda giden bir arabadan ricin toksini püskürtmeyi bile tartışmışlardı. Bu yaşlı adamların ricin toksininin arıtılması konusunda özel bir eğitimleri yoktu. Ancak internetten bir tehdit oluşturacak kadar bilgi toplamışlardı (Bluestein and Martin, 2011). Nisan 2013'te, Tennessee eyaletine bağlı Memphis şehrinden Başkan Barack Obama, Mississippi Senatörü Roger Wicker ve Mississippi eyaletinin yargıcı Sadie Holland'a ricin toksini içeren üç mektup gönderildi. Sonunda bu suçla itham edilen kişi 41 yaşında dövüş eğitmeni Everett Dutschke idi. Dutschke, ricin toksininin üretimi ve saflaştırılması konusunda herhangi bir resmî eğitim almamıştır. Ancak toksini başarıyla saflaştırmıştı (Politico, 2014). Muhtemelen ricin toksini kullanımına ilişkin en endişe verici vaka 2014 yılının Mart ayında meydana geldi. Pensilvanya'nın Hatboro kentinden bir genç, ricin toksinini toz halinde başarıyla saflaştırdı. Zehirli tozu "kazı ve kokla" tipi bir doğum günü kartına uyguladı. On dokuz yaşındaki bu genç, bir mağazada çalışıyordu. Ricin toksininin üretimi veya saflaştırılması konusunda özel bir eğitim almamıştı. Eski kız arkadaşıyla yeniden bir araya gelmek için çaresiz kalan genç, kartı eski kız arkadaşının yeni erkek arkadaşına gönderdi. Böylece yeni erkek arkadaş ortadan kaybolursa kızın koşarak kendisine geri döneceğine inanıyordu. Neyse ki gencin aynı mağazada çalışan arkadaşına hazırladığı kartla ilgili övünmesinin ardından kart polis tarafından ele geçirildi. Böylece herhangi bir zarar verilmedi (Reuters, 2014). Ricin toksini, biyolojik terörizmin büyük ölçekli bir saldırısını başlatmak için aerosol haline getirilebilir. Fakat şimdiye kadar çoğunlukla küçük hedefli saldırılarda kullanılmıştır. Kurutulmuş, saflaştırılmış toksinin toz halindeki birkaç gramı halka açık bir yüzme havuzuna döküldüğü zaman herhangi bir çizik veya kesiği olan bir yüzücü, su yutan veya yanlışlıkla burnuna su kaçan herhangi biri potansiyel olarak ölümcül bir doz alabilir. Suçu kimse üstlenmezse toksinin tek bir teröriste kadar izlenmesi son derece zordur (Kristy Young Johson, Paul Matthew Nolan, 2016).

2.5.2. Botulinum toksini

- Bu toksin şimdiye kadar keşfedilen en zehirli maddedir. Kobra zehrinden hatta sarin sinir gazından bile daha zehirlidir. Yetişkin bir insan için öldürücü doz yaklaşık 1 ng veya 0,000000001 g'dır. Bu nedenle teorikte 1

gram saf toksin 1 milyar insanı öldürmeye yeterlidir (Gill, 1982). Bu inanılmaz etki gücü, üretilmesi, taşınması ve dağıtılmasının nispeten kolay olması ve mağdurlara yoğun bakım tedavisi gerektirmesi nedeniyle CDC tarafından Kategori A ajanı olarak listelenmiştir. Botulinum toksini *Clostridium botulinum* bakterisi tarafından üretilir (**Resim2.1**). Çubuk şeklindeki bu Gram pozitif bakteriler, anaerobik ortamlarda yaşarlar. Koşullar uygun olmadığında endospor üretirler. Canlı bakteriler ve uykuda olan endosporlar, dünyanın her yerindeki topraklarda bulunabilirler. Bakterinin doğada toksini hangi amaçla ürettiği bilinmemekle birlikte, *C. botulinum* bakterisi tek başına çok tehlikeli değildir. Sağlıklı bir yetişkin muhtemelen herhangi bir sonuçla karşılaşmadan orta miktarda saflaştırılmış *C. botulinum* bakterisi tüketebilir. Burada en önemli tehdit bakterinin toksinidir. *C. botulinum* bakterileri, kendilerini ideal anaerobik ortamda bulduklarında büyüyecek ve çoğalacaktır. Bu süre boyunca da çevrelerine toksin salacaktır.



Şekil 2.11. *Clostridium botulinum* bakterileri çubuk şeklindedir ve gram pozitifdir

Bu büyüme konserve yiyeceklerde meydana gelirse ve genellikle kutuların şeklinin bozulmasına neden olursa, pişirme ile bakteri ölse de toksin ortadan kalkmaz. Botulinum toksininin hedefi nöronlar (sinir hücreleri) olduğundan bu toksine sıklıkla nörotoksin adı da verilir. Nöronlar, akson adı verilen uzantılara sahip uzun, ince hücrelerdir. Bunlar, büyük ölçüde nörotransmitter adı verilen kimyasalları akson

uçlarından hedef hücredeki reseptör moleküllerine aktararak çalışırlar. Hedef hücre bir kas hücresi ise nörotransmitterler kas hücresine kasılması yönünde sinyal gönderir. Botulinum toksini, veziküllerin akson zarının içine yapışması için ihtiyaç duyduğu spesifik bağlanma proteinlerini yok ederek bu süreci kesintiye uğratar. Normal nörotransmitter üretimi devam eder ancak nöron, kas hücresine sinyal göndermek için nörotransmitterleri salgılayamaz (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.5.2.1. Semptomlar

Doğal olarak oluşan botulizm üç olası maruz kalma ile meydana gelir: Gıda kaynaklı, bağırsak ve açık yara ile bulaş olur. Dördüncü bulaş tipi olan inhalasyon ise doğal olarak oluşmaz. Bu bulaş, botulinum toksininin bir silah olarak kullanılması için önerilmiştir. Başlıca belirtiler kasların kasılmaması sonucu ortaya çıkar. Bunlar tüm tiplerde benzerdir.

Gıda Kaynaklı Botulizm: En yaygın görülen botulizm türüdür. *C. botulinum* bakterisinin kapalı bir kutu veya kavanoz gibi anaerobik bir ortamda çoğalmasıyla meydana gelir. Bakteriler çoğaldıkça doğal olarak çevrelerine botulinum toksini salgırlar. Ticari işleme, genellikle konserve gıdalardan canlı bakterileri ve uykuda olan endosporları ortadan kaldırır. Ama evde hazırlanan konserve için bu geçerli değildir. Toksin pişirme yoluyla, yiyecek en az 10 dakika kaynatılırsa yok edilebilir. Ancak çok az kişi yiyeceğin servis edilmeden önce bu kadar uzun süre kaynatılmasına izin verir. Tüketilen botulinum toksin miktarına bağlı olarak botulizm belirtileri ilk 2 saat içinde ortaya çıkabileceği gibi 10 gün sonrasına kadar fark edilmeyebilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

Intestinal Botulism (Bağırsak): Genellikle 1 yaşından küçük bebeklerde görülür. Ancak nadiren de olsa bağışıklık sistemi zayıflamış veya bağırsak florası anormal olan yetişkinlerde de görülebilir. Bağırsaklara yerleşen ve kurbanın sindirim sisteminde botulinum toksini üretmeye başlayan aktif *C. botulinum* bakterisinin tüketilmesinden kaynaklanır. Bu tür vakalar genellikle bal tüketiminde gerçekleşir. Bu yüzden 1 yaşından küçük çocukların asla bal tüketmesine izin verilmemelidir. Bebek hastaların ebeveynleri, genellikle ilk belirtilerin zayıf emme refleksi ve ağlama eksikliği olduğunu bildirmektedirler. Bebekler sıkıntılı görünmedikleri için bazen belirtiler daha da şiddetlendiğinde doktora götürülmektedirler (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

Yara Botulizm: *C. botulinum* bakterileri veya uykuda olan endosporlar derin bir kesik veya enjeksiyon bölgesiyle temas ettiğinde aktif hale gelir. Son yıllarda, yara botulizmi, özellikle siyah katran eroini enjekte eden intravenöz uyuşturucu kullanıcılarında giderek daha yaygın hale geldi (Zhang et al., 2010). *C. botulinum* bakterisi, yaranın içinde çoğalarak botulinum toksinini kan dolaşımına salar. Semptomlar ise genellikle 1-2 hafta sonra gelişir.

Solunumsal Botulizm: İnhalasyon botulizmi doğada görülmez. Ancak biyoteröristler tarafından etkili bir şekilde uygulanabilir. Bu durumda, saflaştırılmış botulinum toksini aerosolize edilerek doğrudan akciğerlere solunur. Aerosolize edilebilen ajan, tespit edilmeden çok sayıda insanı etkileyebilir. Bu botulizmin etkileri primatlarda gösterilmiştir (Franz et al., 1993). Fakat insanlardaki etkileri hakkında çok az şey bilinmektedir. Şimdiye kadar sadece üç insanda solunumsal botulizmi vakası gösterilmiştir. Bunların üçü de düşük dozda botulinum toksinine laboratuvarda kazara maruziyetten kaynaklanmıştır. Üç kurban da ilk maruziyetten 3 gün sonra boğazlarında öksürükle atılamayan bir mukus tıkaçı varmış gibi boğulma hissi şikâyetlerini bildirmiştir. Daha sonra hastalarda botulizmin tipik semptomları görülmüştür. Hastaların hepsine antitoksin tedavisi uygulanmış, dokuz gün hastanede yatan hastalar tamamen iyileşmiştir (Holzer, 1962).

2.5.2.2. Tedavi

Botulizm kurbanı hasta solunum yetmezliğinden veya uzun süreli hareketsizlikten kaynaklanan bir komplikasyondan (kan pıhtısı veya sekonder enfeksiyon) ölmediği sürece, botulinum toksini tarafından hasar gören nöronlar, hasarlı olanların yerine aksonları yeniden büyütecektir. Ancak bu yeniden büyüme hızlı bir süreç değildir. Ayrıca hastalar iyileşme süreci boyunca yakından izlenmelidir. Çünkü sıklıkla solunum ventilasyonu ve tüple beslenmeye ihtiyaçları vardır. Bu iyileşme süreci de birkaç ay sürebilir. Uygun, yatarak tedaviyle botulizm nadiren ölümcüldür. Ancak çok sayıda vaka yerel hastaneleri kolayca doldurabilir. Bundan dolayı yatarak tedavi alamayanların sayısı çok olacağı için bunların çoğu ölecektir. Bazı durumlarda, botulizm semptomlarını iyileştirmek için bir antitoksin kullanılabilir. Fakat antitoksin yalnızca maruziyetten hemen sonra uygulandığında etkilidir. ABD’de *C. botulinum*’un bilinen tüm suşlarından gelen toksinlere karşı etkili bir antitoksin mevcuttur. Ancak bu antitoksin yalnızca dolaşımdaki toksin moleküllerine bağlanarak çalışır. Bundan dolayı

nöronlara bağı olan toksinler etkilenmez. Bu yüzden, felç belirtileri gelişmeden önce botulizm teşhis edilmediği sürece antitoksin etkili olmaz. Özellikle kurbanların zehirlenme konusunda bilgilendirilmeleri ve derhâl antitoksin tedavisi almaları gerekecektir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). 1985'te çok uluslu bir botulizm salgınında, etkilenenlerin en az %33'üne başlangıçta miyasteniagravis, felç veya psikiyatrik bozukluklar gibi yanlış tanıları konulmuştu (Louis, 1988). Sonuç olarak botulizmin doğru teşhisinde küçük bir gecikme bile antitoksinin etkili olma olasılığını büyük ölçüde azaltacaktır.

2.5.2.3. Kurgusal bir botulizm vakası

Sam Moore 47 yaşındaydı ve Oklahama'da yaşıyordu. Haziran ayında pazar günü kiliseden sonra, cumartesi günü öğle yemeğinden kalan patates ve rosto dana etinden hızlıca bir güveç hazırladı. Akşam yemeğini yedikten sonra kalan güveci uygun bir saklama kabı yerine ocakta bırakmaya karar verdi. Güveç tenceresinin üzerine kalın bir kapak koydu çünkü pişirmenin güveçte yetişebilecek her şeyi öldüreceğini ve kapağın da diğer her şeyi dışarıda tutacağını düşündü. Sam, pazartesi gecesini işinden çıktığında bir arabalı lokantaya uğrayıp akşam yemeği için bir hamburger ve patates kızartması aldı. Kardeşi Frank ve yengesi Judy, salı akşamı onu yemeğe davet ettiler. Bahçelerinden topladıkları bir kucak dolusu konserve sebzeyle evine gönderdiler. Çarşamba akşamı, biraz daha güveç yapma isteği duydu. Yengesi Judy'nin yeşil fasulyelerinden bir kavanoz açtı. Yeşil fasulyeleri mikrodalgada ısıttı ama yaz aylarında oda sıcaklığındaki güveçlere alışmıştı. Bu yüzden ocakta duran tencereden bir kâse dolusu aldı. Son üç gündür sürekli olarak güveçte büyüyen bakterilerin veya dışarı pompalanan toksinin kokusunu veya tadını alamıyordu. Gecenin bir vakti boğazında balgam hissi ile uyandı. Yaz nezlesi diye düşündü. Çalar saati ona gece yarısını biraz geçtiğini söylüyordu ve bir bardak suyun işe yarayabileceğini düşündü. Yataktan kalkarken komodinin üzerindeki gözlüklerini aradı ve neredeyse yüz üstü düşecekti. Aniden başı döndü, yere oturdu ve dengesini yeniden sağlamaya çalıştı. Allerji olabilir diye düşündü. Gözlükleri takılıyken bile görüşünün bulanık olduğunu fark etti. Birdenbire, buzdolabına yürümek pek de iyi bir fikir gibi görünmedi. Her şeyin normale dönmesini beklemek için yatağına geri uzandı. Gece ilerledikçe mide bulantısı hissetmeye başladı. Normal yutkunma giderek daha da zorlaştı. Mümkün olduğunca bekledi. Daha sonra perşembe sabahı saat 6:00'da kardeşi Frank'i aradı. Sam nasıl

hissettiğini tarif etmeye çalıştığında kelimeler peltek çıktığından Frank içki içip içmediğini sordu. Sonunda kardeşi yanına geleceğini söyledi. Sam kapıya gelmeyince Frank anahtarıyla içeri girdi. Sam'e şöyle bir baktı. Muhtemelen felç geçirmiş olabileceğini düşündü. Onu doğruca hastaneye götürdü. Yapılan testlerden sonra doktorlar Sam'e botulizm tanısı koydular. Ona damar yolundan bir doz antitoksin verdiler. Daha sonra yapılan testler de ocakta duran güveçte botulinum toksini olduğunu ortaya çıkardı. Hastane odasında durumu düzelmeyen Sam, nefes almada zorluk çekmeye başladı. Doktorlar akciğerlerinin çalışmaya devam etmesi için onu bir ventilatöre bağladılar. Sam, 42 gün boyunca ventilatörde kaldıktan sonra nihayet tekrar kendi kendine nefes alabildi. Bir hafta sonra semptomları yeterince azaldı ve eve gitmesine izin verildi (Whilenamesandminordetailshavebeenfictionalized, thefollowingcasestudy is based on a report in MorbidityandMortalityWeekly Report (CDC, 1995)).

2.5.2.4. Biyoterörizmde botulizm toksininin kullanımı

1928 yılına kadar botulinum toksini saflaştırılamadı. Bu tarihten kısa bir süre sonra botulizm hem potansiyel bir ilaç hem de potansiyel bir silah olarak görülmeye başlandı (SnipeandSommer, 1928). Tıp alanında botulinum toksini, ilk olarak 1980 yılında şaşılık ve aşırı göz kırpmayı tedavi etmek için klinik olarak kullanıldı (Scott, 1989). 2002 yılında FDA tarafından Botox adı altında kırışıklıkların kozmetik tedavisi için onaylandı (Erbguth, 2008). Japonya'nın 1930'larda Mançurya'yı işgali sırasında, 731. Birim'deki tıbbi araştırmacılar, savaş esirleri üzerinde botulizm deneyleri yaptı. Onlara bilerek ölümcül dozlarda aktif *C. botulinum* verdiler. Ardından da semptomların korkunç bir ölüme doğru kademeli olarak ilerlemesini gözlemlediler (United StatesArmy, 1947). Hem ordular hem de teröristler botulinum toksinini aerosol haline getirme fikrini araştırdılar. ABD ve muhtemelen Almanya, II. Dünya Savaşı sırasında askerî kullanım için botulinum toksinini saflaştırdı. Toksinin büyük ihtimalle uçaklardan atılan cihazlarla havaya yayılmış olma ihtimali bulunmaktadır. 1970'lerde Biyolojik ve Toksin Silahlar Sözleşmesi'ni imzalayan bazı ülkeler, o zamandan beri botulinum toksininin silah olarak kullanılmasında suçüstü yakalandılar. Biohazard adlı kitabında Ken Alibek, Sovyetlerin doğada asla bulunmayan silahlar yaratmak için *C. botulinum* genlerini diğer bakterilere eklemeyi nasıl denediğini anlatmaktadır (AlibekandHandelman, 1999). Birleşmiş Milletler müfettişleri, Körfezi Savaşı sırasında

Irak'ın 19.000 litre saflaştırılmış botulinum toksini ürettiğini, bunun dünyadaki tüm insan nüfusunu solunum yoluyla yok etmek için gereken miktarın üç katından fazla olduğunu tespit etti. Botulinum toksininin yarısından fazlası füzelere ve bombalara yüklendi. Ancak hiç kullanılmadı (Zilinskas, 1997). 1990'lı yıllarda Japon Aum Shinrikyo, tarikatı topraktan *C. botulinum* bakterisini izole etti. Daha sonra bakteriyi kültüre aldı. Kültürlerden botulinum toksinini saflaştırdı. Bu toksini aerosol olarak Tokyo'da ve Japonya'daki ABD askerî üslerine saldı. Muhtemelen bu saldırı hazırlığında işler ters gitti. Saldırı etkisiz hale geldi. Fakat olay botulinum toksininin yanlış ellerde kullanılmasının tehlikelerini gün yüzüne çıkardı (Tucker, 2000). Botulinum toksini hem askerî hem de sivil popülasyon için gerçek bir tehdit oluşturur. ABD ve çoğu gelişmiş ülkede az sayıda kurban kolaylıkla sağlığına kavuşturulabilir. Ancak hiçbir ülke, aylarca yoğun bakıma ihtiyaç duyan yüzlerce veya binlerce kurbanla başa çıkabilecek donanıma sahip değildir. Yeterli dozda toksin alan ancak hastanede yatarak tedavi görme ve solunum cihazına erişim imkânı bulamayanların ölme olasılığı çok yüksektir. Ölü sayısı düşük olsa bile mağdurlar, aylarca olağan görevlerini yerine getiremeyecek ve yerel altyapıda büyük hasara yol açacaktır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.5.3. StafilokokalEnterotoksin B

Stafilokokalenterotoksin B (SEB), Gram pozitif bakteri *Stafilokok aureus* tarafından üretilen toksik bir proteindir. *S. aureus*, doğada yaygın olarak bulunan ve sağlıklı insanların derisinde çoğalan bir bakteridir. Ayrıca hastalık etkeni de olabilir. Bakterilerin aşırı çoğalması, toksinlerin birikmesine yol açabilir. Toksin aynı zamanda gıda zehirlenmesinin sık görülen bir nedenidir. Yeterli miktarda bulunduğu ölümcül olabilir. 80 kg ağırlığındaki bir yetişkin için sadece 32 ng SEB toksini solumak kişiyi tamamen etkisiz hale getirebilir. Fakat 2 g'dan fazla toksin solumak büyük ihtimalle ölümcül olacaktır (Gill, 1982). CDC, SEB'i kategori B ajanı olarak sınıflandırır. Enterotoksin teriminden de anlaşılacağı gibi SEB, etkilerini çoğunlukla gastrointestinal sistem üzerinde gösterir. Toksinin etkilediği yere bağlı olarak solunum semptomlarına veya göz tahrişine de neden olabilir. Toksin molekülü ısıya dayanıklıdır. Kaynatma, toksini üreten bakterileri yok edebilirken toksinin kendisi kaynatıldıktan sonra bile etkili kalabilir. İyi pişirme, yiyecekleri canlı bakterilerden arındırır ancak SEB'in tehlikelerini azaltmaya yardımcı olmaz. SEB'in semptomlara neden olan kesin mekanizması henüz

net olmasa da toksin bağırsak hücrelerinin normal işleyişini değiştirir. Bununla birlikte SEB, yoğun bir bağışıklık tepkisi oluşturma yeteneği nedeniyle bir “süperantijen” olarak kabul edilir. İşin ilginç yanı ise bağışıklık sisteminin toksini yok etmek için yaptığı eylemlerin aslında en rahatsız edici semptomların çoğuna neden olmasıdır. Yaşlılar ve altta yatan hastalıkları olanlar hariç, SEB'den kaynaklanan gıda zehirlenmesi neredeyse hiç ölümcül değildir. SEB'e solunum yoluyla maruz kalma son derece nadir olsa da belgelenen vakaların hiçbiri ölümle sonuçlanmamıştır. Bu sınırlı veriler, SEB'in solunmasının da genellikle hayatta kalınabilir olduğunu göstermektedir. Diğer yandan SEB, teröristler tarafından yeterli sayıda insanı etkisiz hale getirerek sanayiye durdurmak, askerî faaliyetleri aksatmak veya çok fazla can kaybına yol açmadan sadece yaygın panik yaratmak için de kullanılabilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.5.3.1. Semptomlar

SEB maruziyetinin belirtileri toksinin vücuda nasıl girdiğine bağlıdır. Sıklıkla besin zehirlenmesi şeklinde görülür. Ancak gözlerle temas ederse veya solunursa da farklı belirtilere neden olabilir.

Besin Zehirlenmesi: *S. aureus*'un gıda üzerinde uzun süre büyümesine izin verildiğinde ve bu arada SEB ürettiğinde meydana gelir. Yiyecekler iyice pişirilse bile toksin ısıya dayanıklıdır. Bu yüzden canlı bir tehdit olmaya devam edecektir. *S. aureus* bakterisi çok çeşitli yiyeceklerde büyüebilir. Çoğunlukla yüksek proteinli besinleri etkiler. Çünkü bakteriler tuza dayanıklı olduğundan jambon gibi tuzlu, yüksek proteinli yiyeceklerde çok iyi büyüebilirler. Canlı *S. aureus* bakterisi, mide asitleri bakteriyi yok ettiği için herhangi bir belirtiye neden olmadan yutulabilir. Bununla birlikte önceden oluşturulmuş SEB toksinini yemek, toksinin mide asitlerine karşı dayanıklı olması nedeniyle semptomlara yol açacaktır. Toksini yuttuktan 2 ila 8 saat sonra kişi mide bulantısı hissedecek ve kusmaya başlayacaktır. Toksini yuttuktan 2 ila 8 saat sonra kişide bulantı ve kusma şikâyetleri başlayacaktır. Kısa bir süre sonra karın ağrısı, ishal ve bazen ateş şikâyetleri olur. Bu semptomlar kişiyi tamamen etkisiz hale getirirse de genellikle 12 saat içinde azalır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

Konjunktivit: Önceden oluşmuş SEB toksini, toksinin gözle temas etmesi halinde SEB konjunktiviti (konjonktivanın iltihabı) olarak bilinen göz semptomlarına da

neden olabilir. Konjonktiva, göz kapaklarının iç kısmını ve göz küresinin kendisini örten ince, şeffaf bir zardır (**Şekil 2.12**).



Şekil 2.12. Bu hafif tahriş olmuş göz görüntüsünde konjonktivanın kan damarları görülebilir (Wikipedia,https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hyperemia_conjunctiva.jpg, CC BY-SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en>)

SEB konjonktiviti vakaları, aerosolize toksine maruz kalma veya toksin ile kirlenmiş parmaklarla göze dokunma sonucu ortaya çıkabilir. Toksine maruz kaldıktan 1 ila 9 saat sonra konjonktiva çok kızarır ve tahriş olur. Etkilenen gözden kalın, sarı mukus sızmaya başlar. Daha sonra göz kapağı şişmeye başlar. Tüm bu semptomlar genellikle 4 veya 5 gün içinde azalarak kalıcı bir hasara yol açmaz (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

Solunumsal Sendromlar: SEB toksinini soluduktan birkaç saat sonra kişide klasik grip benzeri semptomlardan oluşan SEB solunum sendromu gelişir. Ateş yüksekliği, titreme ve baş ağrısı şikâyetleri oluşur. Bu belirtilere kas ağrıları, kuru öksürük, nefes almada zorluk ve göğüs ağrısı da eklenir. Bazen bu solunum semptomlarına gastrointestinal semptomlar da eşlik edebilir. Aşırı durumlarda, akciğerlerde sıvı birikmesi ölümcül olabilir. Ancak vakaların çoğu birkaç gün içinde iyileşmeye başlar. Ateş genellikle 5 gün kadar sürerken öksürük yaklaşık 1 ay sürer (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

3b). SEB bir toksin olduğundan antibiyotikler ve antiviraller etkisizdir. Toksin normal vücut sıcaklıklarında oldukça stabildir. Gastrointestinal sistem enzimlerinden etkilenmez. SEB maruziyeti için bir aşı veya tedavi yoktur. Tedavi sadece destekleyicidir. SEB ile gıda zehirlenmesi vakalarında, şiddetli sıvı kaybını önlemek

için, kısa süre içinde gerekli sıvının yeniden verilmesi gerekir. Yeterince yüksek dozda SEB'in solunması, tedaviden bağımsız olarak çok rahatlıkla ölümcül olabilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.5.3.2. Kurgusal bir SEB vakası

Grace laboratuvarında çalışan bir teknisyendi. SEB etiketli bir toksini seyreltmeye hazırlanıyordu. Laboratuvar güvenliği hakkında eğitim alsa da biyogüvenlik kabininin cam kalkanının arkasında ellerini kullanarak bir şişeden dikkatlice biraz toksin çekti. Enjektörle yeterli hacme ulaştığında iğneyi seyreltme tamponu şişesinin kauçuk kapağından geçirdi. Daha sonra enjektörün pistonuna bastığında toksinin bir kısmı kauçuk kapağın kenarından sızmaya başladı ve bir damla doğrudan sol elinin yüzük parmağına sızdı. Hemen her şeyi bıraktı ve laboratuvar lavabosuna doğru ilerledi, ellerini bol sabunla köpürttü ve yeterince uzun süre yıkadığından emin oldu. Lavabonun sağ tarafındaki kâğıt havlulara uzanırken sol gözünün köşesinde bir kaşıntı hissetti ve hiç düşünmeden havluyu çekti. İş gününün geri kalanı sakin geçti. Akşam evine döndüğünde sol gözünden sümüksü bir madde sızmaya başladı. Daha sonra göz kapağı şişti. Kalın, ipliksi, sarı mukus kümeleri üst ve alt göz kapaklarının birbirine yapışmasına neden oldu. Akabinde midesi bulanmaya ve ishal olmaya başladı. O sabahki SEB toksin olayını hatırlayan Grace endişelenerek acil servise başvurdu. Nöbetçi doktor muhtemelen pembe göz olduğunu düşünerek, ona antibiyotik damlalar ve biraz mide bulantısı önleyici ilaçlar vererek eve gönderdi. Ertesi sabah kendini hâlâ kötü hissediyordu. Amirine toksin maruziyetini anlattı. O da eve gitmesi ve semptomların geçmesini beklemesi gerektiğini anlattı. Evine geri döndü. Temastan 6 gün sonra şikâyetleri azaldı. Göz normal hale geldi. Laboratuvara geri döndü ve yaz boyunca herhangi bir toksinle uğraşırken eldiven giymeye karar verdi (Whilenamesandminordetailshavebeenfictionalized, theclinicalcoursedescribednext is based on a report in EmergingInfectiousDiseases [Rusnak et al., 2004]).

2.5.3.3. Biyoterörizm ve SEB toksini

S. aureus'un ürettiği toksinler ilk olarak 1951 yılında tanımlandı. SEB üzerine yapılan araştırmalar ABD'nin biyolojik savaş programına dâhil edildi (Bergdoll et al., 1951). *S. Aureus*'un neden olduğu gıda zehirlenmesi vakaları oldukça yaygındır. Ancak

saflaştırılmış SEB toksinine maruz kalma nadirdir. Laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan çalışmalar, SEB mekanizması hakkında şu anki bilgilerimizin çoğunu sağlamıştır. Fakat insan maruziyetiyle ilgili veriler laboratuvar kazalarıyla sınırlıdır. Bugüne kadar toplam 3 SEB konjonktiviti vakası ve 16 inhalasyonel SEB maruziyeti vakası belgelenmiştir. 19 vakanın tamamı USAMRIID bünyesindeki araştırma laboratuvarlarında meydana gelmiştir (Rusnak et al., 2004). Biyolojik teröristlerin SEB'i kullanması durumunda en olası teknik, solunum yoluyla maruz kalma olacaktır. Başlangıçtaki spesifik olmayan grip benzeri semptomlar, inhalasyonel SEB'in ilk vakalarının tanısını son derece zorlaştıracaktır. SEB toksininin aerosol formu kokusuz ve tatsızdır. Kurbanlar kısa bir maruziyetin ardından ölümcül dozu soluyabilirler. Etkili bir tedavisi olmadığından dolayı can kayıpları yüksek olur. Halkta panik havası yaratır. SEB toksini kapalı bir etkinlikte aerosol halinde verilirse katılımcıların çoğunda ölümcül olmasa bile ciddi semptomlara neden olabilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.6. Biyolojik Savaş Silahı Olarak Kullanılabilecek Virüsler

Virüsten yapılan biyolojik silahlar muhtemelen en yıkıcı potansiyele sahip biyolojik silah türüdür. Birçok virüs, aerosol yoluyla yayılabilir. Bu da onların kısa bir süre içinde çok sayıda insana bulaşmasını kolaylaştırır. Antibiyotikler virüsler üzerinde etkisizdir. Virüsler son derece bulaşıcıdır. Temas yoluyla veya bazen sadece yakınlık yoluyla kişiden kişiye bulaşabilir. Kolay ve hızlı yayılma ile zor tedavi üçlüsü, virüsleri tüm biyolojik silahların en ölümcülü haline getirmektedir. Virüsler vücut hücrelerine gizlice girerek bağışıklık sisteminden gizlenirler. Herhangi bir hükümetin bir virüs silahı uygulamak için yeterince aptal olması pek olası görünmemekle birlikte virüs silahlarının geliştirildiğine ve birden fazla ülkede depolanabildiğine dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.6.1. Ebola virüs

Filoviridae virüs ailesinin filament şeklinde bir üyesidir. Adını, virüsün ilk tespit edildiği Afrika'daki Ebola Nehri yakınlarındaki bölgeden alır. Enfeksiyonu önleyecek bir aşı ve tedavi bulunmamaktadır. Ebola enfeksiyonundan kurtulma şansı çok düşük olduğu için CDC'nin listesinde A Kategorisi ajan olarak kabul edilmektedir. Ebola

doğal olarak meyve yarasalarını konak olarak kullanır. Bunlara zarar vermez. Ancak virüs insanlarda, şempanzelerde, maymunlarda, gorillerde, kirpelerde ve orman antiloplarında ölümcül semptomlara neden olabilir. Bugüne kadar beş viral suşu tanımlanmıştır. Bu suşlardan yalnızca üçünün (Zaire, Sudan ve Bundibugyo) insanlarda yaşamı tehdit eden semptomlara neden olduğu bilinmektedir. Sudan'daki Ebola salgınlarında ölüm oranları %41 ile %100 arasında değişirken Zaire'deki Ebola ölüm oranları %44 ile %100 arasında değişmektedir. Ebola, hızlı mutasyona yatkın bir RNA virüsüdür. Yeni salgınlarda genellikle her salgının yeni mutasyonlara göre uyarlanmış kendine özgü bir aşya ihtiyacı duyacağı kadar mutasyon gösterir. Mutasyonların öngörülmesi imkânsız olduğundan, gelecekteki salgınlar için bir aşya üretmek olası değildir. Ebola gibi yüksek ölüm oranlarına sahip bir virüs, insanlarda klinik deneylerde etik olarak test edilemez. Laboratuvar hayvanları üzerinde yapılan deneyler de her zaman insan sonuçlarıyla örtüşmez. Ebola virüsünün hedefi, kan damarlarını kaplayan hücreler ve bağışıklık sistemi hücreleridir. Bağışıklık sisteminin zayıflaması, hayatta kalma şansını büyük ölçüde azaltırken hasarlı kan damarları da iç organlara kan dolaşımını engeller. Kan, vücut organlarına ihtiyacı duyulan oksijeni ulaştırmak yerine damarlardan vücut boşluklarına sızmaya başlar. İç organlar giderek daha az oksijenli kan aldıkça hücreleri ölmeye başlar. Sonunda ölümcül çoklu organ yetmezliği gelişir. Ebola virüsü, enfekte kişilerin veya hayvanların vücut sıvıları veya dokularıyla doğrudan temas yoluyla kolayca bulaşabilir. Ebola ile enfekte olabilen çeşitli türler birçok bölgede yerel yiyecek kaynağı olarak da avlanır. Kırsal alanlardaki salgınların çoğunun, bir avcının enfekte bir hayvanın karkasını işlemesiyle başlaması muhtemeldir. Sadece bir Ebola virüsü parçacığının yaralanmış deri, mukoza zarları veya gözlerle temas etmesi bile ölümcül bir Ebola vakasını başlatmaya yeterli olabilir. Daha sonra avcı, semptomlar geliştirmeye başladığında virüsü ailesine, arkadaşlarına ve sağlık personeline bulaştırabilir. Avcı ölürse bazı bölgelerdeki yaygın cenaze törenleri, toplumun daha fazla üyesini virüse maruz bırakarak salgının yayılmasını sürdürecektir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016). Ebola virüsünden kurtulanlar, semptomları düzeldikten uzun süre sonra bile virüsü başkalarına bulaştırabilirler. Örneğin bir vakada erkek bir hasta, Ebola'dan tamamen kurtulmasına rağmen en az 2 ay boyunca menisinde Ebola virüsü taşımıştır (Emond et al., 1977). Ebola virüsü salgınının durdurulabilmesi için enfekte kişilerin derhâl ve uzun süreli olarak izole edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ebola hastasının tedavisinde kullanılan çarşaf ve iğnelerin kullanımı da dikkatlice kontrol edilmelidir. Virüs kuru yüzeylerde saatlerce, nemli çarşafalarda ise

günlerce yaşayabilmektedir (United Kingdom, 2014). Bu yüzden kapsamlı dekontaminasyon prosedürlerine uyulması gerekir. En azından tıbbi personel eldiven, maske ve önlük gibi kişisel koruyucu ekipmanları her zaman kullanmalıdır. Ancak bazı durumlarda kişisel koruyucu ekipman, enfeksiyonu önlemek için yeterli olmayabilir (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.6.1.1. Semptomlar

Virüs bağışıklık sistemini uyarmak için gerekli sayıya ulaşana kadar semptomlar gelişmez. Enfeksiyondan 2 ila 21 gün sonra hastada şiddetli baş ağrısı, boğaz ağrısı, kas ağrısı, yorgunluk ve ateş görülür. Bu erken belirtiler genellikle hastayı tamamen hareketsiz hale getirmez. Ancak bu dönem boyunca virüs bulaşıcıdır. Ebola hastalığının olmadığı bir ülkede çoğu kişi, ilk başta sıradan bir grip vakası yaşadıklarını varsayar. Hastaların bazıları evde kalıp dinlenirken birçoğu semptomları hafifletmek için reçetesiz satılan ilaçlar alıp normal günlük rutinlerine devam eder. Semptomları giderek daha da şiddetlendikçe karşılaştıkları herkese bu hastalığı bulaştırırlar. Virüs parçacıkları çoğalmaya ve vücuttaki kan damarlarına ciddi hasar vermeye devam ettikçe kurban kusmaya ve ishal olmaya başlayacaktır. Cildin yüzeyine yakın kan damarlarından sızan kan, grip benzeri erken belirtilerin ilk ortaya çıkmasından yaklaşık 5 gün sonra kırmızı döküntü olarak ortaya çıkar. Daha sonra hastalarda diş etlerinde kanama başlayabilir. Dışkı kanlı olabilir. İç kanama 1-2 hafta içinde çoklu organ yetmezliğine ve ölüme yol açabilir. (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.6.1.2. Tedavi

Günümüzde Ebola virüsü enfeksiyonunu önlemenin veya tedavi etmenin kesin bir yolu yoktur. Standart tedavi; destekleyici tedaviden, sıvı alımının ve kan basıncının düzenlenmesinden, eşlik eden enfeksiyonların önlenmesinden ve ağrının mümkün olduğunca hafifletilmesinden oluşur. Daha önce sağlıklı olan ve güçlü bağışıklık sistemine sahip kişiler, yoğun destekleyici tedavi ile çoğunlukla iyileşecektir. 2014 Ebola salgınında kurtulanlar, kanlarındaki antikorların yeni kurbanların tedavisine yardımcı olabileceği umuduyla kan serumu bağışında bulundular. Bu serumu bazı hastaların tedavisine eklendi. Bu hastalardan bazıları hayatta kaldı. Ancak serumun hayatta kalmaları üzerinde gerçekten bir etkisi olup olmadığı henüz bilinmemektedir.

2014 Ebola salgınından bu yana aşılar, antiviral tedaviler ve serumlar üzerine araştırmalar hız kazandı. Kitleseel bir can kaybı, Ebola hastalarının evde izole edilmesini ve bakımlarının yapılmasını gerektirecektir. Gelişmiş ve olağanüstü tıbbi kaynaklara sahip bir ülkede bile koşullar eninde sonunda yeterli sağıık hizmetinin olmadığı kırsal kesimlerde çıkan ve en yüksek ölüm oranlarına sahip salgınların durumuna benzeyecektir.

2.6.1.3. Gerçek bir ebola virüs vakası

45 yaşındaki Eric Duncan Liberya'dan Brüksel ve Washington aktarmalı uçtıktan sonra, cumartesi günü Dallas'a inmişti. Dallas'taki ailesini ziyaret etmesinin üzerinden epey zaman geçmişti. Liberya'daki hayat, Ebola paniğı nedeni ile korkutucu bir hal almaya başlamıştı. Sadece beş gün önce Marthalene adlı bir komşusuyla birlikte Liberya'daki hastaneye taksi ile gitmişti. Komşusu hamileydi. Çok hastaydı. Hastane de o kadar kalabalıktı ki ambulans beklemektense taksiye binmek daha hızlıydı. Ama şimdi, Ebola karmaşasından kurtulmuştu. Sonunda Dallas'ta güvendeydi. Eric döndükten 4 gün sonra korkunç bir baş ağrısı ve mide krampı yaşadı. Ertesi sabah hafif ateşi çıktı ve baş ağrısı ile krampları daha da kötüleşti. Kız arkadaşı onu perşembe gecesi saat 22:30 civarında Texas Health Presbyterian Hastanesi'ne götürdü. Hastaneye geldikten birkaç saat sonra ateşi 39.4°C yükseldi. Kendisinin Liberya'dan geldiğini söyledi. Ancak doktorlar baş ağrısı ciddi bir şey olmadığından muhtemelen sadece kötü bir sinüzit vakası olduğunu düşündüler. Ona medikal tedavi verip evine gönderdiler. İlk başta verilen Tylenol™ baş ağrısına ve ateşe biraz yardımcı oldu. Ancak pazar sabahı baş ağrısı ve ateş şikâyetleri daha güçlü bir şekilde geri döndü. Daha sonra ishal nöbetleri oluşmaya başladı. Bunun üzerine kız arkadaşı ambulans çağırdı. Hastaneye vardığında ateşi 38,6°C idi. Bu sefer doktor seyahat geçmişine bakarak onu hemen izole etti. Ebola testleri yaptırmaya başladı. Sonuçlar iki gün sonra geldi. Hastanın durumu daha da kötüleşti. Ebola tehdidinden kurtulduğunu düşündüğünden iki buçuk hafta sonra Eric hayatını kaybetti. Birkaç gün içinde, Eric'in tedavisinde bulunan iki hemşire Ebola'ya yakalandı. Her ikisi de hastayı tedavi ederken maske, eldiven ve önlük kullanmaya dikkat etmişti. Ama bir şekilde virüs bulaşmıştı. Bununla birlikte her iki hemşire de Ebola hastalığına yakalanıp hayatta kalmayı başardı. Ancak bu iki vaka da Ebola'nın bu türünün ne kadar kolay yayılabileceğı konusunda endişelere yol açtı.

[The following case study is based on a report in Morbidity and Mortality Weekly Report (Chevalier et al., 2014).]

2.6.1.4. Ebola virüsü ve biyoterörizm

Ebola virüsü muhtemelen vahşi doğada yüzyıllardır dolaşıyor olsa da yakın zamana kadar dikkatimizi çekmedi. Eylül 1976'da, Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde ortaya çıkan bir salgın, Ebola virüsünü gündeme getirdi. Toplam 318 vaka görüldü. Bunların 280'i ölümle sonuçlandı. Bu salgının tam olarak nasıl başladığı, virüsün ilk olarak insanlara nasıl bulaştığı bilinmiyor. Ancak dünya aniden kurbanlarının %88'ini korkunç bir şekilde öldüren yeni bir virüsle karşı karşıya kaldı. Salgın, Ebola Nehri kıyısındaki bir köyde yoğunlaştı. Bu yüzden bu virüse Ebola ismi verildi. Dünya çapındaki araştırma laboratuvarları genellikle Filipinler'deki tesislerden maymunları ve diğer primatları satın alıyor. Primatların bir kısmı esaret altında doğmuş olsa da birçoğu başlangıçta doğadan yakalanmıştı. Virginia, Reston'daki USAMRIID araştırma laboratuvarına gönderilen bir grup maymun, daha önce hiç karşılaşmamış bir Ebola virüsü türü taşıyordu. Bu tür virüse Ebola Reston adı verildi. Daha sonra CDC'den virüs uzmanları çağrıldı ve salgını kontrol altına almak için USAMRIID bilim insanlarıyla yakın bir şekilde çalıştılar. İki buçuk ay boyunca Reston'da toplam 161 maymun öldü. CDC ve USAMRIID personeline yapılan sonraki kan testleri, bazılarının virüse karşı antikor geliştirdiğini, yani virüsün bir şekilde kan dolaşımına girdiğini ancak hiç kimsenin hiçbir zaman herhangi bir semptom geliştirmedikini ortaya koydu. Bu salgın kamuoyuna duyurulmadı. Reston sakinleri çoğunlukla normal hayatlarına devam ediyorlardı. Ebola virüsünün yeni bir türünün şehir sınırları içinde aktif olduğunun farkında değillerdi (Miranda and Miranda, 2011).

2.6.2. Çiçek hastalığı

Çiçek hastalığı etkeni olan çiçek virüsü, insanlığın bildiği en tehlikeli biyolojik silah olabilir. Aerosol formunda yayılması kolay olduğundan kişiden kişiye hızla bulaşabilir. Etkili bir tedavisi olmadığından çoğu zaman ölümcüldür. Tüm bu özellikler çiçek hastalığını CDC'nin A Kategorisi'ne yerleştirmektedir. Çiçek hastalığına karşı bir aşı olmasına rağmen 1970'lerden bu yana çoğu ülkede rutin olarak uygulanmamaktadır. Aşının sağladığı koruma muhtemelen yalnızca birkaç yıl sürer. Bu nedenle mevcut

insan nüfusu enfeksiyona karşı son derece hassastır. Birçok araştırmacı, çiçek virüsü ile biyolojik bir saldırının tüm insanlık için yıkıcı olacağına inanır. Çiçek hastalığı, Latince benekli anlamına gelen “varius” kelimesinden türetilen Variola adı verilen bir virüsün neden olduğu bir hastalıktır. Virüsün Variolamajor ve Variolaminor olmak üzere iki çeşidi insanları enfekte edebilir. Fakat bunlardan Variolaminor yalnızca çok hafif, ölümcül olmayan semptomlara neden olur. Asıl etkili olan Variolamajor’dur. Çiçek hastalığı, insanlardan başka hiçbir türü enfekte etmez. Ancak geçmişte büyük bir ihtimalle etkilediği düşünülmektedir. Çiçek hastalığı 1970’li yıllarda doğadan silindiği için şu anda bir tehdit gibi görünmemektedir. Fakat etken virüs uygun şekilde saklandığında onlarca yıl bulaşıcılığını koruyabilir. Dahası, insan nüfusunda büyük bir azalmanın ekosisteme fayda sağlayacağına inanan radikal gruplar, çiçek hastalığını diğer türlere zarar vermeden insanları ortadan kaldırmanın kolay bir yolu olarak görebilirler (KristyYoungJohnson, Paul MatthewNolan, 2016). Bazı virüsler, konakçı vücudundan ayrıldıktan sonra çok uzun süre yaşamazken Variola virüsü çoğu virüsten daha dayanıklıdır. En az 24 saat hatta muhtemelen 48 saat boyunca virüs havada asılı kalabilir. Yalnızca 10 virüs parçacığını solumak bile şiddetli hastalığa neden olmak için yeterli olabilir (Franz et al., 1997). Eski Sovyetler Birliği’nde yapılan testler, saatte en az 15 km hızındaki rüzgâra karşı havaya salınan Variola virüsü parçacıklarının insanlara bulaşabileceğini gösterdi (Zelicoff, 2003). Enfekte olanlar birkaç gün içinde bulaşıcı hale gelecek ve her nefeste yeni virüs parçacıkları yayılacaktır. Teröristler hedef popülasyonlarına rüzgâr yönünde Variola aerosolü salabilir. Uzaktan kumandalı bir insansız hava aracından virüsü bırakabilir. Hedef bölgeye enfekte birini göndererek büyük bir salgın başlatabilir. Ocak 2015’te uzaktan kumandalı bir drone, sabah 3:00’te Beyaz Saray bahçesindeki bir ağaca çarptı. İnternette 500 Amerikan dolarından daha düşük bir fiyata satılan bir model olan insansız hava aracı, radar tarafından tespit edilemeyecek kadar küçüktü. Ancak gizli servis elemanı onu düşmeden hemen önce fark etti. Bu olay kazara meydana geldi. Hiçbir suçlama yapılmadı. Ancak olay endişe yarattı. Eğer drone Washington DC sokaklarına aerosolize edilmiş Variola virüsü püskürtüyor olsaydı dünya şu anda büyük ihtimalle bir çiçek hastalığı salgınıyla karşı karşıya kalabilirdi (SchmidtandShear, 2015).

2.6.2.1. Semptomlar

Variola virüsü parçacıkları, solunduğunda akciğerlerin alveollerine giderken burun kıllarını ve solunum mukusunu atlatacak kadar küçüktürler. Virüs ince alveoler duvarlardan kolayca geçerek çevredeki kılcal damarlara ulaşırlar. Kan dolaşımı yolu ile doğrudan bölgesel lenf düğümlerine taşınırlar. Ayrıca Variola virüsü parçacıkları sadece lenf düğümlerindeki yıkımdan kurtulmakla kalmaz, aynı zamanda orada çoğalmaya başlar. Variola, DNA'sını lenf düğümü hücrelerine yerleştirerek bu hücrelerin bileşenlerini kendi kullanımı için ele geçirir. Ele geçirilen hücreler, daha sonra tüm enerjilerini ve kaynaklarını milyonlarca yeni virüs üretmeye ve bunları kan dolaşımına geri salmaya odaklanırlar. Dolaşım sistemi daha sonra taze Variola parçacıklarını kan dolaşımı yoluyla uzak bölgelere gönderir. Bunlar da genellikle karaciğer, dalak, akciğer ve kemik iliğindeki hücreleri enfekte eder. Virüs, bu hücrelerde çoğalarak kan dolaşımına yeni Variolavirionları salarak daha da yayılmaya başlar. Bu sürecin tamamı ortalama 12 gün sürerken herhangi bir fark edilir semptom üretmez. Bir biyoterörist saldırısı binlerce insanı enfekte edebilir. İlk kurbanlar hasta olduklarından şüphelenmeye başlamadan önce virüsün saklanmak için yaklaşık 2 haftası vardır. Eğer olay uluslararası festivalde olsaydı, buraya katılanların çoğu, ilk semptomlar ortaya çıkmadan çok önce kendi ülkelerine geri dönerdi. Ayrıca çiçek hastalığı onlarca yıl önce ortadan kaldırıldığı için ilk vakaların ilk belirtileri kolayca yanlış teşhis edilebilirdi. Bu da virüsün yayılması ve biyoteröristlerin izlerini örtmesi için daha fazla zaman sağlardı. Çiçek virüsü vücuda yayılıp yeteri kadar çoğaldıktan sonra çiçek hastalığının belirtileri aniden ortaya çıkar. İlk başlarda kurbanlar kendilerini zayıf ve genel olarak rahatsız hissederdiler. Ancak kısa süre sonra ateş ve titreme ile baş ağrısı, sırt ağrısı ve kusma gelişir. Bunlar 2 veya 3 gün boyunca görülen tek semptomlardır. Bundan dolayı birçok kişi, grip olduklarını varsayar ve yakında tamamen iyileşmeyi bekler. Ebola'da olduğu gibi, bu aşamada herkes tıbbi tedavi aramayacaktır. Döküntü, kan damarlarını döşeyen hücrelerin hasar görmesi sonucu oluşur. Kan damarlarında küçük sızıntılar oluşarak cildin yüzeyinin altında toplanmaya başlar. Variola virüsü parçacıkları daha fazla hücreyi enfekte ettikçe döküntü ağız içinde ve boğazın arkasında belirginleşir. Bu bölgelerdeki hücreler, yeni virüs parçacıklarını hızla pompalayarak kurbanın tükürüğünü, balgamını ve hatta dışarı verdiği havayı bile son derece bulaşıcı hale getirir. Döküntü yüz, el ve ön kollara doğru yayılır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016) (**Şekil 2.13**).



Şekil 2.13. Klasik bir çiçek hastalığı vakası

Açıklanan semptomlar, muhtemelen bireysel bağışıklık durumundaki farklılıklardan dolayı hastalarda farklı şiddette kendini göstermektedir. Semptomlar geniş bir yelpazede olabilirken klinik durumlar genellikle beş kategoriden birine girer: klasik çiçek hastalığı, çiçek hastalığı, hemorajik tip çiçek hastalığı, modifiye tip çiçek hastalığı ve çiçek hastalığı sine erüpsiyonu.

2.6.2.2. Tedavi

Çiçek hastalığının kesin bir tedavisi yoktur. Bir kişi çiçek hastalığına maruz kalmışsa ancak henüz semptomlar gelişmemişse derhâl aşılama yapılması semptomları önleyebilir veya en azından azaltabilir. Antiviral ilaç, sidofovir primat çalışmalarında etkili olmuştur. Bu nedenle insanlarda da işe yarayabilir. Ancak primatlar doğal olarak çiçek hastalığına karşı hassas değildir. Hafif semptomların gelişmesi için bile büyük dozlarda Variola virüsüne maruz kalmaları gerekir. Dolayısıyla belki de bağışıklık sistemlerinin virüsü yok etmek için sadece biraz yardıma ihtiyacı vardır. Sonuç olarak sidofovir'in insanlarda görülen çiçek hastalığı vakalarında hiç işe yaramaması mümkündür. Ayrıca antiviral ilaçlar, virüsün yayılmasını önler fakat virüsü öldürmez. Sadece maruziyetten hemen sonra uygulandıklarında etkilidirler. Çiçek hastalığının belirtileri ortaya çıktığında virüs çoktan vücudun her yerine yayılmış olur. Çiçek hastalığının belirsiz başlangıç semptomları nedeniyle çoğu kişi, antiviral tedaviden faydalanabilecek kadar erken teşhis edilememektedir. Bu durumlarda hasta derhal izole edilmelidir. Kan basıncının ve elektrolit dengesinin korunmasına dikkat edilerek

destekleyici tedavi sunulmalıdır. Çiçek hastalığı lezyonları çok ağrılıdır. Hastalar hastalığın seyri boyunca bilinçli kalırlar. Bu nedenle güçlü ağrı kesiciler gereklidir. Büyük bir salgın durumunda, tüm hastaları barındıracak yeterli izolasyon ünitesinin olması pek olası değildir. Bu durumda hastaneler hızla dolacak ve genel halka yerinde kalmaları söylenecektir. Hastalığın yayılmasını durdurma umuduyla enfekte olanlarla temas halinde olan herkesin aşılması sağlanacak. Ancak semptom gösterenler için çok az şey yapılacaktır. 2009 yılındaki H1N1 grib salgını, DSÖ ve CDC'nin hızlı müdahalesine rağmen Meksika'daki küçük bir çocuktan yaklaşık 6 hafta içinde birçok kıtaya yayıldı. Uzun kuluçka dönemi ve belirsiz ilk belirtileri olan çiçek hastalığı da muhtemelen aynı hızda yayılacaktır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

2.6.2.3. Çiçek hastalığı ve biyoterörizm birlikteliği

Çiçek hastalığı virüsüne daha önce maruz kalmamış popülasyonlar enfeksiyona karşı özellikle duyarlıydı. Aztek ve İnka popülasyonları, İspanyol kâşifler tarafından çiçek hastalığı etkeni Variola virüsünün gelişiyile yok edildi. Büyük şehirlerin büyümesiyle birlikte virüs daha hızlı yayıldı, çiçek hastalığının sadece 20. yüzyılda 500 milyondan fazla insanı öldürdüğüne inanılıyor (Tucker, 2001). Çiçek hastalığı 10 yıllık kampanya boyunca giderek daha az yaygın hale geldi. Son doğal çiçek hastalığı vakası 1977'de Somali'de görüldü. Üç yıl sonra, 1980 yılında DSÖ, çiçek aşılması yapılan ülkelerde rutin çiçek aşılmasının durdurulmasını önerdi. Ayrıca DSÖ araştırma laboratuvarlarını çiçek hastalığıyla ilgili tüm projeleri durdurmaya ve virüsün kazara yayılma olasılığını ortadan kaldırmak için ellerindeki tüm Variola virüslerini yok etmeyi şiddetle tavsiye etti. Sadece Georgia eyaletine bağlı Atlanta şehrindeki CDC'nin ve Rusya'daki Virüs Hazırlıkları Enstitüsünün sıkı güvenlik önlemleri altında dondurulmuş Variola stoklarını bulundurmalarına izin verildi. Rus stokları daha sonra güvenli bir şekilde, saklanmak üzere Sibirya'daki Vector Enstitüsüne taşındı.1996 yılında DSÖ, virüsün dünyanın hiçbir yerinde gerçekten var olmayacağı umuduyla bu stokların 1999 yılının Haziran ayına kadar imha edilmesini önerdi. Ancak Tıp Enstitüsünden bir komite virüsün araştırmada kullanılabileceğini öne sürdüğünde plan 1998'de durduruldu. Çiçek virüsünün bazı stoklarını tutmak, daha etkili bir çiçek aşısı için yapılan araştırmalarda kesinlikle faydalı olacaktır. Fakat virüs gerçekten ortadan kaldırılırsa bir aşıya da gerek kalmayacaktır. Bununla birlikte virüsün bilinen son

stokları hâlâ Atlanta Georgia ve Rusya'da tutulmaktadır (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

Teknolojideki ilerlemelerle birlikte çiçek hastalığını silah olarak kullanmanın daha karmaşık yolları ortaya çıktı. Kirli battaniyeler yerini, çok sayıda insanı maruz bırakabilecek aerosolizasyon cihazlarına bıraktı. Bu programların en etkileyicilerinden biri Sovyet hükümeti tarafından yürütüldü. 1971 yazında Kazakistan'da görülen çiçek hastalığı salgını Sovyetler Birliği tarafından DSÖ'ye bildirilmemiş olup salgının silah araştırma deneyleri sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bu salgındaki ilk vaka, Aral Denizi'ndeki Vozrozhdeniye Adası'na 15 km mesafede seyreden bir gemide görüldü. O dönemde ada, Sovyetler tarafından çiçek hastalığı gibi biyolojik silahların açık havada test edilmesi için sıklıkla kullanılıyordu. Daha sonra bir Sovyet doktoru, geminin adanın yanından geçtiği süre boyunca çiçek hastalığı formülasyonunun 400 gramının burada aerosol haline getirildiğini itiraf etti (Kvitko, 2001). Temmuz 2014'te Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Maryland Bethesda'daki bir soğuk hava deposunda altı şişe Variola virüsü bulunduğunu duyurdu. Şişeler 1946 ile 1965 yılları arasında bir zamanda depoya kaldırılmıştı. 1970'lerde diğer çiçek virüsü stokları imha edildiğinde gözden kaçmıştı. Şaşırtıcı bir şekilde virüs, rafta yarım yüzyıl bekledikten sonra bile en az iki şişede hâlâ aktifti (BuiandYoung, 2014). Şu anda çiçek aşısı stokları son derecede azdır. En iyi hazırlanmış ülkelerde bile her beş vatandaştan yalnızca birine yetecek kadar aşı bulunmaktadır. Bu da nüfusun büyük çoğunluğunu tamamen korumasız bırakmaktadır (HendersonandArita, 2014). Çiçek hastalığı kullanılarak yapılacak herhangi bir biyolojik saldırının dünya çapındaki insan nüfusu üzerinde yıkıcı etkileri olacaktır. Bir hükümetin vatandaşlarının bir şekilde korunacağına inanmadığı sürece çiçek hastalığını bir silah olarak seçmesi pek olası değildir. Ama bugün çiçek hastalığına karşı aşı yapan hiçbir ülke bilinmemektedir. Bununla birlikte çiçek hastalığı, çevreyi korumak için terör eylemlerini kullanan bir ekoterörist için mantıklı bir tercih olabilir. Çiçek hastalığı sadece insanları enfekte ettiği için diğer canlılara zarar vermez. İnsan nüfusu, her geçen gün daha fazla doğal kaynak kullanarak ve daha fazla yaşam alanına yayılarak katlanarak büyüyor. Ortalama %30 ölüm oranına sahip bir çiçek hastalığı salgını, dünya çapında 2 milyardan fazla insanın ölümüne yol açabilir. Hastalık yıllarca sürebilir. Ancak gerçekte, günümüz insan nüfusunun çoğu, ne aşılama yoluyla ne de doğal bir salgın yoluyla çiçek virüsüne hiç maruz kalmamıştır. Bu şekilde bugünkü nüfusumuz, Avrupalıların gelişinden önceki yerli Kızılderili nüfusuna benzemektedir. Bu yüzden biyoterörizmle de olsa çiçek hastalığının geri dönmesi durumunda nüfusumuzun

%90'ını kaybetme potansiyeliyle karşı karşıya kalabiliriz (KristyYoungJohson, Paul MatthewNolan, 2016).

3. ULUSLARARASI İLİŞKİLER AÇISINDAN BİYOTERÖRİZM

- **Biyoterörizmle Mücadeleye İlişkin Uluslararası Düzenleme:** Biyolojik silahlar konusundaki tartışmalar, biyolojik silahları açıkça ele alan 1925 Cenevre Sözleşmesi'yle başlamıştır. Ancak bu sözleşme yalnızca devletlerin savaşta kullanımı için uygulanmıştır. Devlet dışı aktörlerin, barış zamanı veya iç çatışmalar gibi "savaş" dışındaki durumlarda kullanımına uygun değildir. Şu ana kadar biyolojik silahların ortadan kaldırılmasına ilişkin çeşitli düzenlemeler yapılmıştır.

3.1. Bakteriyolojik [Biyolojik] ve Toksin Silahların Geliştirilmesinin, Üretiminin ve Stoklanmasının Yasaklanması ve Bunların İmhası Hakkında Sözleşme (Biyolojik Silah Sözleşmesi 1972)

1925 Cenevre Protokolü'nün imzalanmasından sonraki yaklaşık 50 yıl boyunca, biyolojik silahlarla ilgili herhangi bir uluslararası anlaşmaya varılmadı. Bu süreçte birçok ülke biyolojik silahlar geliştirdi ve üretti. Çünkü Cenevre Protokolü bunları yasaklamıyordu. Biyolojik Silahlar Sözleşmesi; önleme, kendini koruma veya diğer barışçıl amaçlarla haklı gösterilemeyecek miktarlarda biyolojik maddelerin geliştirilmesinin, üretilmesinin, stoklanmasının veya bulundurulmasının yasaklanması amacıyla 1972 yılında onaylanmıştır. Bu sözleşme, bir terörle mücadele sözleşmesi değildir. Çünkü devlet dışı aktörler tarafından biyolojik silahların kullanımını özel olarak yasaklamamaktadır (Eric Merriam, 2014). Ayrıca her ülkeye, ulusal yasaları uyarınca biyolojik silahların kullanımını yasaklamak için kendi yargı yetkisine dayalı bir düzenleme yapma yetkisi verilmiştir. Ancak, ulusal düzenlemelerin yapılmasında belirsiz mekanizmalar nedeniyle, yalnızca birkaç ülke bu sözleşmenin hükümleri uyarınca idari işlem yapmış veya ulusal mevzuat çıkarmıştır (Masahiko Asada, 2008).

3.2. Terörist Bombalamaların Bastırılmasına Dair Uluslararası Sözleşme (Terörist Bombalama Sözleşmesi, 1997)

Mayıs 2001'de yürürlüğe giren bu sözleşmeye göre herhangi bir devlet ve terör örgütü tarafından biyolojik silah kullanılırsa kullanan herkes cezalandırılacaktır. Bununla birlikte sözleşmenin destekçileri, biyolojik silahların herhangi bir tarafça yasa dışı kullanımı, geliştirilmesi ve bulundurulmasının doğrudan suç sayılması için kesin bir adım atılmasını istemektedir. Terörist Bombalama Sözleşmesi'ndeki hüküm biyoterörizmi ele alır. Sözleşme, kamusal alanlarda veya bu yerlere karşı "patlayıcı ve diğer ölümcül cihazların" yasa dışı ve hukuka aykırı kullanımını, ölüme veya ciddi bedensel yaralanmaya neden olması veya büyük ekonomik kayba yol açması muhtemel olan eylemleri suç sayacağını belirtir (David P Fidler,2002).

3.3. Terörizmin Finansmanının Önlenmesine Dair Uluslararası Sözleşme (1999)

Bir terör eyleminin gerçekleştirilmesinde ve eylemlerin sürdürülebilmesinde finansmanın önemi büyüktür. Ayrıca bir ideolojiyi yaymak, terörist üyeleri ve ailelerini finanse etmek için de gereklidir. Bu yüzden terörizmle mücadele çabaları, terörizmin finansman faaliyetlerini ortadan kaldırmadan başarılı olamaz (MonikaSuhayati, 2013). Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (BMG), bu sözleşme aracılığıyla tüm devletleri, terörizm faaliyetlerinin finansmanına yönelik her türlü eylemi, finansmanın doğrudan hayırseverlik, sosyal veya kültürel amaçlarla ilgili olduğu iddiasıyla veya uyuşturucu ticareti, haraççılık ve yasa dışı silah kaçakçılığı gibi faaliyetlerde bulunan örgütler aracılığıyla dolaylı olarak yapılması durumunda uygun yerel önlemler yoluyla engellemek ve etkisiz hale getirmek için adımlar atmayı önermektedir. Bunları yaparken meşru sermaye hareketlerinin özgürlüğü hiçbir şekilde engellenmemelidir. Ayrıca BMG terörizm amaçlarına yönelik olduğundan şüphelenilen fon hareketlerini önlemek ve etkisiz hale getirmek için düzenleyici önlemler almayı ve bu tür fonların uluslararası hareketlerine ilişkin bilgi alışverişini yoğunlaştırmayı düşünmeye çağırmıştır (ThePreamble of International ConventionForTheSuppression Of theFinancing of Terrorism). Bu sözleşmede sözü edilen terörizmin finansmanı, biyoterörizm de dâhil olmak üzere her türlü terörizmi kapsar. Bu sözleşmede bahsi geçen suç, ülkeler arası bir anlaşma olması ve bunun kabul edilmesi halinde suçlularının iadesinin mümkün olduğu

bir suçtur. Ancak bir sözleşme anlaşması yoksa bu bir referans olarak kullanılabilir. Sözleşmede çelişkili hükümler varsa da taraf devletler, sorunu kendi aralarında çözme yi düşün eceklerdir (Yaksa Elyasa 2021).

3.4. 1540 No'lu Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi Kararı (2004)

Biyoterörizmin ortadan kaldırılmasına ilişkin düzenlemeleri özetleyen bağlayıcı bir uluslararası hukuk kaynağıdır. Bu karar, 11 Eylül saldırılarından sonra sorumsuz taraflar (terörist veya tehditkâr devletler gibi) tarafından gerçekleştirilen ve kitlesel yıkıma neden olan silahların önlenmesi aciliyeti nedeniyle kabul edilmiştir. BM Güvenlik Konseyi'nin 1540 sayılı bu kararı, biyoterörizmin ortadan kaldırılmasında etkili bir araç olarak kabul edilmektedir ve şunları içermektedir:

- Devlet dışı aktörlere daha fazla odaklanmak
- Bu karar Biyolojik Silahlar Sözleşmesine imza atan ülkeler için de geçerlidir.
- BM Güvenlik Konseyi'nin 1540 sayılı kararı, üye devletlere kendi yargı yetkileri altındaki biyoterörizmin önlenmesini dikkate almaları talimatını vermiştir.
- Ayrıca bu karar, sınırlı doğrulama ve uygulama rolleri altında "yarı uyumluluk" organının başlatıcısı haline gelmektedir.

Ayrıca bu belgede yer alan her bir maddenin biyoterörizmin ortadan kaldırılmasında önemli olduğu değerlendirilmektedir. Birleşmiş Milletler Antlaşması'nın 7. maddesine dayanarak da Güvenlik Konseyi kararlarından biri olan 1540 sayılı BM Güvenlik Konseyi Kararı, tüm BM üye devletlerini etkili bir şekilde bağlayacaktır. Dolayısıyla devletler, hükümleri kabul etsin veya etmesin, biyoterörizmin ortadan kaldırılmasına ilişkin yasal yükümlülüklerini göz ardı edemez (Yaksa Elyasa 2021).

3.5. Denizde Seyrüsefer Güvenliğine Karşı Yasadışı Eylemlerin Önlenmesine İlişkin Sözleşme Protokolü (2005 SUA Sözleşmesi)

Bu sözleşme, BM Güvenlik Konseyi'nin uluslararası terörizm riskinin artmasına yanıt olarak 1988 SUA Sözleşmesi'nde yaptığı değişikliğin sonucudur. Yeni 2005 SUA sözleşmesi; nükleer, biyolojik ve kimyasal silahların (KBRN) ve önceki deniz

araçlarında yer almayan diğer radyoaktif malzemelerin kullanımına ilişkin ihlaller için daha geniş bir kapsama sahiptir. Ayrıca bu sözleşme, silahların terör eylemlerinde kullanılma olasılığını azaltmak için KBRN silahlarının taşınmasının önlenmesini de düzenlemektedir. Aynı zamanda okyanuslarda KBRN terörizminin önlenmesi ve ortadan kaldırılmasına ilişkin ilk uluslararası sözleşme olma özelliğini de taşımaktadır (United Nations Office on Drugs and Crime, 2016). Bu sözleşmenin özellikleri şunlardır:

- Gemiye potansiyel olarak yok edecek veya hasara uğratacak tehdit edici bir cihaz taşıyan bir kişiye yönelik şiddet eylemleri dizisi ve gemiyi zorla ele geçirme eylemi. Üye devletler, adaleti sağlamak için suçluları kovuşturmak veya iade etmekle yükümlüdür.
- 2005 SUA sözleşmesi, bir geminin ciddi hasarına veya ölüme yol açan eylemi önlemede kullanılmasını, terörizmin kovuşturmadan kaçınmak için transfer edilmesini ve potansiyel olarak kitlesel imhaya yol açan deniz yolları aracılığıyla yasa dışı silah transferini düzenlemektedir.

Sonuçta SUA Sözleşmesi, bu tür terörist eylemler için biyolojik silahların yasaklanması ve önlenmesini düzenleyen ilk başlatıcılardan biri olarak kabul edilir. Ancak bu belge, yalnızca gemilerdeki biyoterörizmi ve deniz seyrüseferini tehlikeye atan eylemleri düzenlemektedir (Yaksa Elyasa 2021).

3.6. Uluslararası Sivil Havacılıkla İlişkin Yasadışı Eylemlerin Önlenmesine Dair Sözleşme (2010 Pekin Sözleşmesi)

ABD'de gerçekleşen 11 Eylül terör saldırısının hemen ardından Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü Konseyi (ICAO) 34 Ekim 2001'de A33-1 sayılı kararı yürürlüğe koydu (ICAO is a special UN agency 2020). Bu kararın temel amacı, sivil havacılığa yönelik mevcut veya herhangi bir ileri tehdidi ele alarak özellikle sivil havacılıkta terör eylemlerinin önlenmesi, ortadan kaldırılması, bunlarla mücadele edilmesi ve havacılık güvenliğinin güçlendirilmesine ilişkin mevcut havacılık sözleşmelerinin yeterliliğini gözden geçirilmesidir. Bu karar, Şubat 2002'de düzenlenen Havacılık Güvenliği Bakanlar Üst Düzey Konferansı'ndan alınan destekleyici tavsiye ve ICAO temsilcilerinin onayıyla havacılık güvenliği gündeminin mevcut aracını gözden geçirmek için yürürlüğe konmuştur. Ayrıca bu sözleşme, havacılık ile ilgili önceki sözleşmede yer almayan KBRN silahları ve radyoaktif maddelere bağlı önceden

ihlalleri de şart koşmuştur. Bu nedenle ICAO kararı, havacılık alanında CBRN terörizminin önlenmesi ve ortadan kaldırılması yasasını özetleyen ilk doğrudan araç haline gelmiştir.

Sonuç olarak uluslararası sözleşmelerin biyoterörizmin ortadan kaldırılmasını tam olarak düzenlemediğı görölmektedir. Bununla birlikte 6 belgede, terör saldırısı düzenlemek için biyolojik silah kullanımının yasaklandığı belirtilmiştir:

- Bakteriyolojik [Biyolojik] ve Toksin Silahların Geliştirilmesinin, Üretiminin ve Stoklanmasının Yasaklanması ve Bunların İmhası Hakkında Sözleşme 1972 (Biyolojik Silah Sözleşmesi 1972).
- Terörist Bombalamaların Önlenmesine Dair Uluslararası Sözleşme (Terörist Bombalama Sözleşmesi, 1997).
- Terörizmin Finansmanının Önlenmesine Dair Uluslararası Sözleşme (1999)
- Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi 1540'nolu Kararı (2004)
- Deniz Seyrüsefer Güvenliğine Karşı Yasa Dışı Eylemlerin Önlenmesine Dair Sözleşmeye Ek Protokol (2005 SUA Sözleşmesi)
- Uluslararası Sivil Havacılıkla İlgili Hukuka Aykırı Eylemlerin Önlenmesine Dair Sözleşme (Pekin Sözleşmesi 2010).

Ancak yine de bu mevcut anlaşmalar, biyoterörizm sorunuyla mücadele etmek için yetersiz kabul edilmektedir. Bugüne kadar da biyoterörizm sorununu kapsamlı bir şekilde düzenleyen belirli bir sözleşme olmamıştır. Bu yüzden uluslararası barış gücü olarak Birleşmiş Milletler (BM), dünya güvenliğini korumaya yönelik olarak terörün her ne şekilde olursa olsun ortadan kaldırılması ve ilgili eylemlerin engellenmesi için daha güçlü düzenlemeler yapmalıdır (Yaksa Elyasa 2021).

- **Uluslararası İlişkiler Açısından Biyoterörizm Tehdidi ve En Olası Failler:** Eski Sovyetler Birliğı'nin dağılmasının ardından biyolojik silah programının kontrolünün kaybedilmesi, terörist grupların hem silahlara hem de bilimsel uzmanlığa erişmesinin daha kolay hale gelmesi endişesini arttırmıştır. Ayrıca son yıllarda mikrobiyal genetik alanında yaşanan gelişmeler, yeni teknolojilerin kötüye kullanılabileceğı yönündeki kaygıları da artırmıştır. Çok fazla bilinmeyen olduğı için biyoterörizmin risklerini ve tehditlerini değerlendirmek son derece zordur (Blatny JM, 2012, Gronvall GK, 2017). En olası failler, hoşnutsuz bireyler, terör örgütleri veya uluslararası terörizmi desteklediğı düşünölen haydut ölkeler olabilir. Bireysel

saldırganların kitlesel can kayıplarına yol açması pek olası değildir. Ancak terör örgütleri gelişmiş biyolojik silahlara, malzemelere veya bilimsel uzmanlığa erişim sağlamaları durumunda önemli bir tehdit oluşturabilirler. Araştırma laboratuvarlarında tehlikeli patojenlerin güvenliğini sağlamaya yönelik düzenlemeler ve güvenlik önlemleri çoğu ülkede bulunmaktadır. Fakat bu düzenlemelerin ve güvenlik önlemlerinin kapsamı farklılık göstermektedir (CDC, HHS, 2016). Haydut ülkeler, biyoterörist saldırı için gerekli kapasiteye sahiptir. Ancak birleşik bir küresel toplumun tepkisiyle engellenebilirler (Manfred S Green, 2019). Meşru araştırmalardan elde edilen ve biyoterörizme de uygulanabilecek bilginin çift kullanımlı olduğu kabul edilir (Drew TW, 2017). Bulaşıcı hastalıklar üzerine yapılan araştırmalara uygulanan düzenlemelerin maliyeti, uluslararası iş birliği, patojenlerin değişimi ve yeni ajanların paylaşımı için kaçırılan fırsatlar açısından, genellikle somut olmadığından, göz ardı edilir. Bu nedenle laboratuvarlarda hem güvenliği hem de emniyeti artırmak için sağlıklı organizasyon kültürlerini teşvik etmek önemlidir (Franz DR 2015).

3.7. Yeni Tehditlerle Yüzleşmede Mevcut Yaklaşımların Sınırlamaları

Realizm kuramına göre uluslararası ilişkilerde asıl aktör devletlerdir. Bu durum, esas olarak devletlerin, insanlar ve gruplar ile devletler arasındaki her türlü uyuşmazlığı çözme yetkisine sahip, egemen ve meşru tek birim olduğu görüşü temelinde açıklanmaktadır. Devletler daha geniş dünya topluluğunun çıkarlarını korurlar. Diğer yandan da kendi çıkarlarını artıracak ve kayıplarını azaltacak stratejiler geliştiren rasyonel aktörlerdir (J. Baylis, 2001). Öncelikle ahlaki değerlere dayalı olarak değil, uzun vadeli çıkarları doğrultusunda hareket etmekte özgürdürler. Realizme göre hükümetler, güç aramalı ve kendilerine güvenmelidirler. Çünkü devletler yalnızca güç aracılığıyla kendilerini koruyabilir. Böylece vatandaşlarının refahını artırabilirler. Başka bir ifade ile devletlerin herhangi bir dış tehdit karşısında güç kapasitelerine güvenmeleri gerekir. Kısaca realistlerin dünyadaki çıkarların uyuşmadığına inanmaları ve uluslararası ilişkilerin çekişmeli doğasına vurgu yapmaları, bu görüşteki iş birliği olasılığını zayıflatmıştır (PouryaNabipour, 2021). Ancak realistler için iş birliği imkânsız değildir. Devletler, yalnızca ulusal çıkarlarına hizmet ediyorsa ve ulusal güçlerini artırıyorsa iş birliği yapacaklardır. Stephen Walt, bugünün kritik şartlarında

devletlerin uluslararası sistemde hâlâ kilit aktörler olduğunu ifade etmektedir. Tarih göstermiştir ki kriz zamanlarında insanlar, bölgesel veya küresel herhangi bir örgüt veya kurumdan daha fazla kendi ulusal devletlerine sığınmaktadırlar. Bundan dolayı 11 Eylül'den sonra Amerikalıların El Kaide'ye karşı hayatlarını korumak için BM, Microsoft veya Uluslararası Af Örgütü'nden yardım istemediği belirtilmektedir. Bunun yerine Washington ve federal hükümetin kararları onları bağlamıştır (S. Walt, 2020).

3.8. Modern Bir Tehdit Örneği Olarak Covid-19

İçinde bulunulan yüzyılda ulusal güvenlik tehditlerine ilişkin anlayışın doğasının gözden geçirilmesi gerekmektedir. Covid-19 virüsü ilk olarak Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde görüldü (W. Markotter, 2020). Daha sonra 11 Mart 2020'de Dünya Sağlık Örgütü tarafından küresel düzeyde salgın olarak kategorilendirildi (WHO.INT, 2020). Virüsün tam olarak nasıl ortaya çıktığı henüz bilinmemektedir. Bu tür gizemli hastalıklar söz konusu olduğunda, güvenliğin temel önceliği insan olmaktadır. Bundan dolayı devlet merkezli yaklaşımların ötesinde ulusal güvenliğin multidisipliner bir şekilde bilinmesi gerekir (SETA, 2020). Ayrıca bu konu, geleneksel olmayan güvenlik sorunları hakkında kapsamlı tartışmalarla akademisyenler ve araştırmacılar tarafından geniş ilgi gördü. Örneğin ABD'de Kongre Araştırma Servisi tarafından ele alınan "COVID-19: Ulusal Güvenlik ve Savunma Stratejisi" gerçekçi bir bakış açısıyla caydırıcılığa önem vermektedir (CongressionalResearch Services, 2020). Rage Taufika, COVID-19 salgınıyla mücadelede devletlerin yönetimini ele alarak onların COVID-19 yönetimini militarize etmemesi gerektiğini, çünkü bunun insanlar arasındaki bir çatışma değil insanların enfeksiyona karşı savaşı olduğunu söylemektedir. Bilindiği gibi ulusal savunma, ulusal egemenliği destekleme, ulusal bütünlüğü güvence altına alma ve vatandaşları silahlı tehditlere karşı koruma girişimlerini içerir. Taufika, ayrıca küresel sağlık ile askeriye arasında hiçbir bağlantı olmadığını savunur (R. Taufika, 2020). Salgınların veya bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkmasının nedeni ne olursa olsun bunlara verilecek tepki, başlangıçta çoğu durumda, salgınları tespit eden ve önlemleri uygulayan ilk mercinin halk sağlığı sistemi olacağının farkına varılmasıdır. Ayrıca enfeksiyon ajanların biyolojik silah olarak kasıtlı kullanılması tehlikesi de dikkatle ele alınarak çok taraflı küresel halk sağlığı standartlarının güçlendirilmesi gerekmektedir (Yaksa Elyasa 2021).

3.9. Ulusal Güvenlik Meselesi Olarak Sağlık Güvenliği

Ulusal güvenliği tam olarak nasıl açıklayabiliriz sorusunun cevabı basit değildir. Bunu açıklamak için fikir birliğine varmak gerekir. Ulusal güvenliğin; devletlerin topraklarını, ulusal bütünlüğü, ekonomik bağarıyı ve vatandaşların yağamlarını savunmayı içerdiği konusunda bir fikir birliği olsa da anlamı geniğletilebilir. Bir devletin ulusal güvenliğini nasıl belirlediği, o güvenliğe yönelik tehditleri anlamasına ve bunlara karėı kendini korumasına bağlıdır. Ulusal güvenlik, tüm faaliyet alanlarını kapsayan karmağık ve çok seviyeli bir sistem olarak da görülebilir. Bunların her biri, kendi yapısına sahip bir dizi alt sistemi örneklendirir. Her faaliyet alanı farklı tehditlerden etkilenmektedir. Bu nedenle güvenlik konularının, faaliyet alanlarına göre bileğenlere ayrılması gerekmektedir (R. M. Alguliyev et al, 2020). Ulusal güvenlik ve tehdit kavramlarının ne olduğu konusunda pek çok tanım ve örnek bulunmasına rağmen, tartişmaların ve kavramların hepsi salt akademik değildir. ABD’de George W. Bush ve Obama gibi yöneticiler, ulusal güvenliği ve ona yönelik tehditleri daha geniğ bir çerçevede ele almıştır. Bu yüzden salgın hastalıklar gibi tehditlere daha fazla önem vermişlerdir. Ancak 2017 yılında iktidara gelen Trump yönetimi, çıkarların ve bunlara yönelik tehditlerin sınırlı bir listesine odaklanmıştır (A. H. Cordesman, 2017). 21. yüzyılda ulusal menkul kıymetlere yönelik tehditler, bir asır öncesine göre daha geniğ model ve biçimlerde karėımıza çıkmaktadır. Vatandaşları, toprakları ve ekonomiyi savunmak için devletlerin daha kapsamlı tehdit çeşitliliğini kabul etmesi gerekir. Bu konu, pandemi ile daha anlaşılır hale gelmiştir. Pandemi ile ilgili esas mesele, ulusal güvenlik meselesidir; yani toplum sağlığını yeniden istikrara kavuşturan sr bağışıklılığına ulaşmak, ekonomik canlılık da dâhil olmak üzere uluslararası ilişkiler ve toplumsal yağamın güvenli bir şekilde devam edebilmesini sağlamaktır. COVID-19 salgını, aşıların dağıtımı da dâhil olmak üzere pandemiye hazırlık ve müdahalenin ulusal güvenlik konusu olduğu iddiasını yoğunlaştırmıştır. Ayrıca aşı güveninin ve yanlış bilgilendirmenin ulusal güvenlik çıkarları olduğu gerçeğinin, Güvenlik Konseyi de dâhil olmak üzere BM'deki st düzey diyaloglarda ele alınması gerekir (Yaksa Elyasa 2021).

3.10. Biyoterörizm Tehdidinin Değerlendirilmesi

Tarihsel olarak baktığımızda devlet tehditleri açısından 20. yüzyılda, Sovyet biyolojik silah programının kapsamı ve karmaşıklığı, Soğuk Savaş'ın sonunda ifşa edilmeye başlandığında Batılı istihbarat birimlerini şaşırtmıştır. Ancak en dikkat çekici ihmal, ABD'nin 2003 yılında Irak'a saldırmasından önce Irak'ın biyolojik silah programının yanlış incelenmesidir. Bu, CIA analistlerinin Irak'ın biyolojik silah geliştirme sürecini kapsayan daha karmaşık sosyal, politik ve ekonomik dinamikler yerine elde ettikleri verileri ve bilginin belirli teknik özelliklerine ilişkin değerlendirmeleri nasıl kullandıklarını göstermektedir. Bilimin küresel özü daha fazla bilgi merkeziyle ilerlemekte ve gelecekte bilimi daha geniş bir insan grubu için kötüye kullanmak daha da kolaylaşmaktadır (Yaksa Elyasa 2021). Biyolojik tehditlerin genellikle en az dört sınıfı vardır: araştırmanın istenmeyen sonuçları, laboratuvar kazaları, bilgi eksikliği ve dikkatsizlik. Gelecekteki herhangi bir bulaşıcı hastalık salgını için sağlık istihbaratı ve diğer sosyal bilim alanları, sağlık olaylarını kontrol etmek ve denetlemek veya riskleri değerlendirmek için kavramlar, yöntemler, uygulamalar ve araçlar geliştirebilir (E. Pauwels, 2019). Politik, sosyal ve kültürel bağlamın incelenmesi, örneğin sağlık hizmetlerinin yönetimi, nüfus hareketleri ile ilgili uygun politikaların bulunmasını veya potansiyel risk vakalarının belirlenmesini sağlayabilir. Bununla birlikte bulaşıcı hastalıklarda müdahalenin başarısı, diğer bilimlere de içeren gelişmiş bir istihbarat perspektifini gerektirir. Örneğin, güvenlik istihbaratı konusunda uluslararası güvenlik uzmanlığı, özellikle kritik ve ilgili kuruluşların ağlarını savunma çalışmalarında ve biyoterörizmle etkili bir şekilde mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Güvenlik istihbaratı, bir şeylerin ters gittiğini anlayabilir. Ayrıca tehditleri ve riskleri değerlendirmek için gereken tüm hazırlıkları da yapmalıdır. Bu nedenle güvenlik istihbaratı, bir güvenlik olayı sırasında ne olduğunu tespit ederek bir tehdidi veya en azından maliyetlerini azaltmak için uygun önlemlerin alınmasını sağlamakta oldukça yararlı olabilir. Diğer yandan güvenlik istihbaratının nihai amacı, bir saldırganın ne yapacağını değerlendirerek düşmanı engellemek için her türlü karşı önlemin dikkate alınmasını sağlayan analizler yapmaktır (J. Pirc, and W. Gragido, 2016). COVID-19 salgını, iş birliği ve derin bilgi eksikliğinin devletlerin veya hükümetlerin uzun vadede çıkarlarını korumaktan uzaklaşmasına yol açabileceğini göstermektedir. Ancak uzun vadede, yerel ve uluslararası bağlamda, ilgi duyulan durum veya konu hakkında stratejik istihbarat eksikliği, bir devletin ulusal güvenliğine yönelik

bir tehdit de oluşturabilir. Endişe verici bir durum ise küresel biyolojik savunma altyapısı ve yeteneklerinin artmasının, devletlerin biyolojik saldırıyı tehlikeye atma veya uygulama pozisyonuna doğru ilerlediğini gösterebilmesidir. Bu nedenle, savunma ve araştırmada sürekli olarak ani fikir değişikliği veya doktrin kayması riski vardır. Örneğin Rusya, ABD ordusunun sınırında bir dizi çift amaçlı laboratuvar kurduğunu, gizlice Rus biyolojik maddelerini topladığını ve ABD'nin Rusya'nın çevresine yakın yerlerde biyolojik testler geliştirdiğini iddia etmektedir. Bu iddialar, politika yapıcılarının hızla erişebileceği sağlam bir stratejik istihbarat birikiminin sürdürülmesinin, istihbarat gücü elde etmek ve tüm tarafların dünya görüşünü, ideolojik tutumlarını, jeopolitik ilişkilerini, uluslararası ve yerel yasal çerçevelerini, sosyal ve kültürel algılarını kapsamak kadar önemli olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla ulusal güvenliğin birçok sektörü ve boyutu birbirine bağlıdır (Yaksa Elyasa 2021).

Sonuç olarak terörist grupların kimyasal, biyolojik, radyoaktif veya nükleer saldırılar yapma kapasitesi eklendiğinde gelecekteki riskler, ulusal güvenlikler için daha yoğun endişeler ortaya çıkarmaktadır. Biyoterörizm, çeşitli potansiyel biçimleriyle yalnızca gelecek için değil, aynı zamanda bugün için de bir tehlikedir. Bu nedenle, potansiyel biyoterörizme karşı uygun önlemlerin alınması, ulusal güvenliklerin en yüksek önceliklerinden biri olmalıdır. Özellikle COVID-19 salgınından elde edinilen deneyimler bu konuda çok faydalı olabilir. 21. yüzyılda ve gelecekte bir ulusu savunmak ve çeşitli güvenlik tehditlerini ortadan kaldırmak veya azaltmak için klasik devlet merkezli yaklaşımların ötesine geçen, önleyici ve istihbarat odaklı bir yaklaşım gerekir. Basitçe ifade etmek gerekirse sağlık güvenliği riskleri ve tehditlerin kapsamı konusunda farkındalık, paydaşların analiz ve istihbarat toplama ile tehdit değerlendirmelerine dâhil olan eylemlerinin ve yöntemlerinin iyileştirilmesini uyarmalıdır. Küresel sağlık güvenliğini güçlendirmek için geleneksel devlet merkezli yapıların güvenlik dışı aktörlerle aktif olarak yeniden ayarlanması gerekir.

Ayrıca küresel sağlık güvenliğinde disiplinler arası katkıda bulunmak üzere yeni bilim ve akademik aktör akımlarına alan açılması gerekir. Ayrıca potansiyel bir gelecekteki biyoterörizm riskiyle etkili bir şekilde yüzleşmenin birincil unsuru yeni içgörüler edinme ve başarısızlığa karşı önlem alma becerisine sahip olmaktır. Bu nedenle, COVID-19'un ve olası gelecekteki biyoterörizmin ortaya çıkardığı olağan dışı zorluklar karşısında ülkeler sınırların ötesinde iş birliği yapmalıdır. Böylece ülkelerin, modern tehditlerle daha etkili bir şekilde mücadele etmek için bilgi paylaşımında bulunma konusunda sosyal ve kamusal sorumluluklarını değerlendirmeleri gerekir.

Ulusal güvenliğin, artık geleneksel yöntem ve yaklaşımlarla sağlanması mümkün değildir. Bu yüzden ulusal güvenliğe ilişkin mevcut doktrin, kavram ve stratejilerin hukuksal ve çağdaş koşullara uyarlanması ve yeniden kalibre edilmesi gerekmektedir(YaksaElyasa2021).

4. GELECEKTE BİYOTERÖR VE BİYOSAVAŞ TEHDİTLERİ

Covid-19 salgını başlangıcında biyolojik saldırıların oluşturduğu tehlikeler veya salgınların stratejik etkileri, ulusal güvenlik açısından tartışılmaya başlandı. Şimdi ise bir felaket diğerini takip etmektedir. Örneğin Rusya'nın saldırganlık savaşı güvenlik gündemine hâkim olmaktadır. Ancak yine de öngörülebilir gelecekte gündemimizden yeni, doğal biyolojik tehditleri silemeyeceğiz. Örneğin Birleşik Krallık'ta 2022 yılında ilk salgın kümesinin görüldüğü maymun çiçeği salgını, bize bulaşıcı hastalıkların daha küçük salgınlarının insanlığın değişmez yoldaşı olduğunu hatırlatmaktadır (Dominik Juling, 2023). Bununla birlikte, patojenlerin güvenlik boyutu yirmi birinci yüzyılda kökten değişti. Gelecekte daha da değişmesi bekleniyor. Biyolojik tehditler genellikle kontrol altına alınması zor mikroorganizma yayılımını içerdiğinden bir çalışmada ABD deniz piyadeleri yerine, en büyük tehdit altındaki grup olarak NATO güçleri seçildi. NATO 2030 girişiminin dokuz öneriden oluşan bir yenilik ve yeniden yönlendirme planı çerçevesinde, NATO'nun biyoteknoloji alanındaki teknolojik liderliğini de savunmak istediği belirtiliyor. Ayrıca 2022'den beri yürürlükte olan NATO'nun yeni Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) Savunma Politikası, NATO'nun biyolojik tehditler konusundaki politikasına dair kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Ancak bu bakış, genellikle belirsiz kalmaktadır (JasonBlessing, 2021).

İncelenen tehditler devlet aktörlerinden, devlet dışı aktörlerden, bilinmeyen kaynaklardan veya kazalardan kaynaklanabilir. Yeni teknolojiler, biyolojik ajanların daha etkili bir şekilde iletilmesine de yardımcı oluyor. Biyoteknolojik başarı, NATO'nun düşman aktörlerine çok çeşitli yöntemler sağlayacak; muhtemelen kötü niyetli çok çeşitli silahlar yaratacaktır (Dominik Juling, 2023).

4.1. Gelecekte Biyoterörizm Tehditleri

İş birlikçi bir dünyada yeni anlaşmaların rolü ve bunlara uyum, biyolojik ajanlar konusunda geleceğin önemli bir değişkeni olacaktır. Bu açıdan patojenlerin üretim ve dağıtımının gelecekte izlenmesi ve çoğalmasının önlenmesi de önemli bir faktördür. Diğer önemli bir faktör ise önemli biyoteknolojik araştırma laboratuvarlarına ve güçlü

patojen stoklarına sahip ülkelerin siyasi istikrarıdır. Araştırma tesislerinin yetersiz korunması veya siyasi huzursuzluk ve çalkantı durumunda tehlikeli maddeler yanlış ellere geçebilir. Ayrıca diğer bir faktör; Rusya'nın saldırganlık savaşının sonuçları, ardından gelen kapasite artışı, bazı NATO ülkelerindeki dış politika paradigmalarındaki değişimlerdir ve potansiyel olarak daha az iş birliği yapan bir uluslararası düzen de biyolojik tehdit ortamının geleceğinde rol oynayacaktır. Gelecekteki çatışmalar ve bunlarla ilişkili olaylar da aynı derecede öngörülemezdir (Dominik Juling, 2023). İklim değişikliği, gelecekteki biyolojik tehditler üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. İklim değişikliğinin coğrafi yayılmayı daha da artıracığı ve bulaşıcı hastalıkların bulaşma oranında net bir artışa yol açacağı uzun zamandır bilinmektedir (C. DrewHarvell et al, 2002). Özellikle Avrupa-Atlantik bölgesi, güneyden göç eden yeni türlerden etkilenecektir. Daha önce bulunan patojenlerin veya vektörlerin daha kuzeydeki yeni yaşam alanlarına kasıtlı olarak sokulması, kısmen iklim değişikliğinin de mümkün kıldığı bir terörist yöntem olabilir. Aynı zamanda, birçok yerde permafrostlar çözülmekte ve bugün mevcut olmayan donmuş patojenleri ortaya çıkarmaktadır.

Örneğin, 2016 yılında Sibirya'da donmuş toprakta bulunan şarbon nedeniyle bir çocuk öldü. Ancak çiçek hastalığı ve tehlikeli grip türleri de Arktik bölgesinde çözülüp insanlara bulaşabilir. Benzer şekilde çok daha eski ve tamamen bilinmeyen patojenler de toprağın birkaç metre derinliklerinde gömülü olup gelecekte yüzeye çıkabilir (AmelieBottollier-Depois, 2020). İklim değişikliğinin hızlandırdığı bir diğer etken ise birçok durumda doğal afetlerin salgınlarla sonuçlanmasıdır. Bu durum, çoğunlukla güvenli su ve sanitasyon tesislerinin mevcudiyeti, kalabalıklık derecesi ve sağlık hizmetlerinin mevcudiyeti ile olumsuz bir şekilde bağlantılı olan yerinden edilmeden kaynaklanmaktadır. Temiz su kaynaklarına ulaşılmaması, yeterli sanitasyon tesislerinin olmaması ve sağlık hizmetlerine ulaşılmaması salgınları arttıran nedenlerdir (Isidore K. Kouadio et al, 2012). Bir diğer etki ise küresel hayvan ve bitki biyoçeşitliliğinin azalması nedeniyle bir türden oluşan büyük popülasyonların dengesiz bir şekilde dağılmada potansiyel avantajlara sahip olmasıdır. Böylece biyolojik silah olarak kullanılan böcekler ve vektörler, hastalıkları bulaştırıp çoğaltırken bitkilere, insanlara ve hayvanlara daha etkili bir şekilde saldırabilirler (Dominik Juling, 2023). Nüfus artışı, göç, kentleşme ve demografik değişim gibi bir dizi başka nedenler de biyolojik tehditlerle etkileşim halindedir. Kalabalık nüfuslu ve hızla büyüyen mega kentlerdeki kötü hijyen koşulları, patojenlerin yayılmasını daha olası hale getirmektedir. Örneğin

NATO ülkeleri, birçok bulaşıcı hastalığa karşı daha savunmasız olan, hızla yaşlanan bir toplum kesimini de içeren istikrarlı bir demografik değişim yaşamaktadır. Küreselleşmenin devam etmesi ve özellikle dünya çapındaki çevrimiçi ticaret nedeniyle, laboratuvar ve tıbbi ekipmanların çevrimiçi olarak sipariş edilmesinin ve teslim edilmesinin daha da kolay hale geleceği görülmektedir. Benzer şekilde patojenler, insanların ve hayvanların uzun mesafelere kolaylıkla taşınması nedeniyle kısa sürede hızla ve muhtemelen fark edilmeden yayılabilir.

Gelecekte belirtilen diğer bir tehdit, eşitsizlik ve yoksulluktur. Bununla birlikte Çin'de yaşam standardının büyük ölçüde artması sonucunda et tüketimi sıklıkla arttı. Dünyanın diğer bölgelerinde toplam et üretimi 1990'dan bu yana yalnızca küçük bir artış gösterirken Asya'daki miktar iki katına çıktı. Ancak bireysel tüketim 1990'dan bu yana Çin ve Brezilya'da keskin bir şekilde artarken birçok NATO üye ülkesinde bireysel tüketim 2010'dan bu yana hafif bir düşüş gösterdi (Hannah Ritchie, 2019). Çünkü bulaşıcı hastalıklar ile et üretimi arasında açık bir bağlantı olduğu unutulmamalıdır (Romain Espinosa, 2020). Özellikle yetersiz hijyen ve güvenlik önlemleri ile fabrika üretimi, yeni zoonotik virüslere ve salgınlara yol açmaktadır (Laura Spinney, 2020). Uzmanlar, yüksek et tüketimi de dâhil olmak üzere çeşitli nedenlerden dolayı gelecekte birkaç ve daha ciddi pandeminin yaşanacağını tahmin etmektedirler (Bhaskara Reddy and Milton Saier Jr, 2020). Ancak küresel et tüketiminde önemli bir azalma beklenmediğinden dolayı, daha fazla et tüketimi sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde arttırmaktadır.

Bu da iklim değişikliğiyle ilişkili biyolojik tehlikeleri arttırmaktadır. Yerel yoksulluk ve yetersiz hükümet kaynakları, gelecekte bulaşıcı hastalıkların yerel salgınlarını zamanında kontrol altına alma ve önlemedeki yetersizliğe katkıda bulunmaya devam edecektir. Bu da potansiyel olarak çok uzaktaki ülkeler için bir tehdit oluşturacaktır (Dominik Juling, 2023).

4.2. Gelişen Teknolojilerin Biyoterörizm Üzerine Etkileri

Biyoteknoloji ve tıp alanındaki gelişmelerin yanı sıra biyoenformatik alanındaki gelişmeler; bakteri, virüs ve hayvanların manipülasyonunda önemli gelişmelere katkıda bulunmaktadır. Biyoenformasyon, biyoteknoloji ve tıp alanlarında yeni keşifler üretmek için bilgisayar destekli yöntemler kullanan disiplinler arası bir bilimdir. Ayrıca patojenleri manipüle etmek ve üretmek için bugün bilinen gelişmiş yöntemlerin

gelecekte daha ucuz, kullanımı daha kolay ve muhtemelen daha yaygın hale gelmesi beklenmektedir. Bu da gelecekte bu alanda daha güçlü düzenlemelerin olup olmayacağına bağlıdır. Bununla birlikte internette serbestçe erişilebilen güçlü patojenleri içeren sivil araştırma ve genom veri tabanlarının, gelecekte genişlemesi ve kötüye kullanılma ihtimali yüksektir. İnternet aynı zamanda NATO'ya düşman devlet dışı aktörler arasında eleman alımını ve iletişimi kolaylaştırır. Biyolojik silahların yalnızca askerî amaçlı olmadığı, aynı zamanda diğer kitle imha silahları gibi siyaset ve toplum üzerinde özel bir etkiye sahip olduğu da bilinmektedir (Dominik Juling, 2023). İnternete bağlı çok sayıda dijital cihaz, çevrimiçi medya ve sosyal medya ağları ile aktörler, panik ve korku yaymak için biyolojik silah tehdidini veya konuşlandırmasını kullanabilirler. Yapılan bir çalışmada şiddet eylemleri, medyada yer almanın yanı sıra kulaktan kulağa yayılmayı da başlayarak, terör örgütüne ve mesajlarına dikkat çeken bir iletişim kanalı işlevi görmektedir; bu da iletişimin önemini artırmaktadır.

Ayrıca medya orijinal eylemi bağlamlandıran ek bilgiler sağlar. Diğer yandan medya iletişimi, grubun olması gerekenden daha tehlikeli veya güçlü görünmesine neden olabilir (Allison E. Betus, 2017). NATO Terörizme Karşı Savunma Mükemmeliyet Merkezi tarafından hazırlanan bir araştırma raporu, terörizm ve teknolojik ilerlemenin etkileşimi için bir karşı koyma mekanizması tanımlamaktadır. Genel olarak askerî ve sivil yenilikler karşılıklı itme ve çekme mekanizmasıyla birbirlerini etkilemektedir. Bu durum, genellikle mevcut ve kanıtlanmış ikili kullanım teknolojisini kendi amaçları doğrultusunda uyarlamaya ve geliştirmeye odaklanan devlet dışı aktörlere de fayda sağlar (Afzal Ashraf and Anastasia Filippidou, 2017). Ayrıca ileri teknolojik ekipman ve malzemelerin çoğu, profesyonel silahlı kuvvetlerden çalınmakta; karaborsadan satın alınmakta veya devlet aktörleri tarafından tedarik edilmektedir. NATO Stratejik Öngörü Analizinin 2017 yılı raporunun altı bölümünden biri yalnızca geleceğin teknolojilerine ayrılmıştır. Bu raporda teknolojik ilerlemelerin hızı, internete erişimi olan kişi sayısı, rakip devlet dışı aktörlerin yeni teknolojilere erişim potansiyeli, uluslararası bağlantı, toplanan veri miktarı ve dünyadaki sensör sayısındaki artış açıklanmaktadır.

Diğer yandan ise devletlerin, uluslararası örgütlerin veya diğer çerçevelerin potansiyel olarak tehlikeli teknolojileri etkili bir şekilde düzenlemesi giderek zorlaşmaktadır. Bunun nedenleri ise küreselleşmenin etkileri, ticari sektörün gücünün artması ve demokratik mekanizmaların genellikle tepki vermesinin yavaş olduğu yeni

teknolojilerin pazar olgunluğunun hızla artması olarak ifade edilmektedir (Allied Command Transformation Strategic ForesightWork, 2023). Dikkate alınan ilk somut teknolojiler, örneğin patojenler hakkında internette veya bir veri tabanında belirli bir çevrimiçi konu hakkında büyük miktarda bilgiyi kolayca arayabildikleri için kullanıcı dostu yapay zekâ uygulamaları ve web siteleridir. Özellikle yapay zekâ uygulamaları, sonuçları teorik olarak analiz edebilir veya yorumlayabilir. Güçlü bir bilgisayar donanımı yoksa kapasite, cloud servisleri aracılığıyla kiralanabilir. Sonuç olarak gen kombinasyonları, üretilmeden önce bilgisayarda test edilebilir. Bu da zamandan ve kaynaklardan tasarruf sağlar. Belirli özelliklere sahip patojenlerin geliştirilmesinde de kullanılabilir (Dominik Juling, 2023). Geleceğin en önemli teknolojilerinden biri de modern biyolojik uygulamalardır. Bunlara genetik mühendisliği, sentetik biyoloji ve biyokimya da dâhildir. Genetik mühendisliğinin son zamanlarda en önemli bilimsel buluşlarından birisi, düzenli aralıklarla kümelenmiş kısa palindromik tekrarlar (CRISPR) gen düzenlemesini de içeren, organizmaların genomunun doğrudan manipüle edilmesidir. Özellikle bu yöntem, biyolojik silahların devlet dışı aktörler arasında kullanılmasını sağlayarak ciddi sonuçlar doğuracaktır. Bu yöntemin öncekilere kıyasla en önemli avantajı, organizma hayattayken genomun parçalarının daha kolay, daha ucuz ve daha kesin bir şekilde eklenmesini veya çıkarılmasını sağlamasıdır. Böylece gelecekte bakterileri, virüsleri, mantarları, bitkileri ve insanları genetiği değiştirilmiş organizmalara dönüştürmek oldukça kolay olacaktır (Rasmus O. Bak, 2018).

Genel olarak, bu alan ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin 2017 yılında at çiçeğinin sentezi üzerine bir araştırma makalesi yayınlandı. Çalışmada at çiçeği sentezinin, çiçek hastalığı etkeni olan virüs riskini arttırdığı belirtildi (Kim Riley, 2017). Gelecekte ciddi etik kaygılara ve siyasi düzenleme girişimlerine rağmen araştırmalara devam edileceğine inanılıyor. Ancak stratejik kaygılar ve bilimsel güç rekabeti de bu teknolojinin gelişiminde önemli bir rol oynar. Özellikle Çin, son zamanlarda etik açıdan kritik olarak görülen genetik mühendisliğindeki ilerlemeleriyle tanınmaktadır (David Lawrence, 2019). Sentetik biyolojinin amaçlarından biri de sentetik hücreler (sentetik yaşam) üretmektir. 2019 yılında ilk kez yapay bir genom dizisinden sentetik bir bakteri üretildi (Julius Fredens et al, 2019). Bu şekilde teorik olarak çok tehlikeli bakteriler bile bir inşaat setinden çıkmış gibi üretilebilir. Ayrıca sentetik bir ilaç dağıtım platformu üretmek amacıyla da araştırmalar yapılmaktadır (Pinero-Lambe et al, 2014).

Bununla birlikte virüsler sentetik bakteriler tarafından da taşınıp dağıtılabilir. Özellikle sentetik virolojideki çalışmalar bunlarla ilgilidir. Gelecekte de DNA/RNA'sı

(deoksiribonükleik/ribonükleik asit) mevcut olan herhangi bir virüsün tersine mühendislik yoluyla yok edilebileceği ve ortadan kaldırılmış virüslerin tekrar dolaşıma girebileceği beklenmektedir. Şu anda Ulusal Tıp Kütüphanesi, neredeyse tüm bilinen virüslerin yanı sıra diğer mikroorganizmaların ve memelilerin genetik verilerini içeren Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Virüsü Merkezi (NCBI Virüsü) adlı büyük bir veri tabanına sahiptir (NCBI Virus, 2023). Bunlara ek olarak internetten genetik kodla virüs üretme tekniğinin, daha önce anlatıldığı gibi, bakterilerin antibiyotiklere dirençli hale getirilebileceği ve mikroorganizmaların metabolizmaları yoluyla insanları yavaş yavaş zehirleyecek şekilde programlanabileceği ihtimalinden de söz edilmektedir. Uygulanması çok daha zor ama teorik olarak mümkün olan, insan popülasyonunda otomatik olarak yayılan ve insanların DNA'sını değiştiren sözde bir gen sürücüsüdür (Ian Sample, 2018). Biyoterörizmde biyokimya alanı da önemlidir. Çünkü biyolojik silahların etkisinde örneğin hücrelerdeki metabolizma süreçleri, sinyal molekülleri veya enzimler üzerindeki araştırmalar da dikkate alınmalıdır (Dominik Juling, 2023).

Kimyasal ve biyolojik silahlar üzerinde etki yaratma potansiyeli olan yeni bir gelişme ise sürekli akışlı reaktör formundaki mikroreaktörlerdir. Temel olarak buradaki fikir, kimyasal reaksiyonların çok küçük bir cihazda gerçekleşmesine izin vermektir. Büyük reaktörlere kıyasla avantajları arasında ölçeklenebilirlik, yerinde ve talep üzerine üretim ile yüksek reaksiyon verimi yer almaktadır (Claire Delacour, 2023). Küçük reaktörler hemen hemen her boyuta ölçeklendirilebilir. Reaktör tasarımı pahalı, büyük ve karmaşık tesislere artık ihtiyaç kalmamaktadır. Ancak 2013 yılında yapılan bir araştırmada, mikroreaktörlerin kimyasal silah üretiminde kullanımının sınırlı olduğu vurgulanmaktadır. Bununla birlikte gelecekteki teknolojik gelişmeler, daha geniş bir yelpazede savaş araçlarının kullanılmasına olanak tanıyabilir (Andreas Zaugg, 2013).

Ayrıca gelecekte biyoloji alanında da mikroenzimatik reaktörlerde ilerlemeler beklenmektedir (Anita Salic and Bruno Zelic, 2018). Bu, gelecekteki teröristlerin veya devlet aktörlerinin, üretim sırasında kendilerini önemli ölçüde riske atmadan dünyanın hemen hemen her yerinde az miktarda toksik madde üretmelerine yardımcı olabilir. Etkileri henüz tam olarak anlaşılmassa da patojenlerin yetiştirilmesinde de bu teknolojiye faydalanılabilir (Dominik Juling, 2023). Ancak yalnızca potansiyel olarak ölümcül uygulamalar geliştirilmiyor. Bu yüzden nanobilim aynı zamanda modern

malzeme bilimlerini, mühendisliği ve üretimi de destekliyor. Birkaç yıldır çeşitli silahlı kuvvetler nanobot olarak adlandırılan makineler üzerinde araştırma yapıyor. Ancak bu genellikle "nano" tanımına uymayan böcek boyutundaki insansız hava araçları (İHA) için geçerlidir. Bununla birlikte, genellikle sadece 2-3 mm boyutunda olan ve uçuşa yeteneğine sahip olan bu biyonomik böcekler, birçok yere fark edilmeden son derece etkili bir zehir taşıyabilirler (Gary Sheftick, 2014). Ancak gerçek nanobotların (yani nano boyutta sentetik ilaç taşıyıcılarının) gelecekte ortaya çıkmasının pek olası olmadığı düşünülmektedir.

Bununla birlikte bir grup Çinli araştırmacı 2018 yılında hedeflenen tümör tedavisi için ilk başarılı testleri gerçekleştirdi (Suping Li et al, 2018). Öte yandan bu tür taşıyıcılar virüs ve toksinlerin hedefe taşınmasında da kullanılabilir. Bakteriler, bir süredir benzer uygulamalar için ilaç taşıyıcı olarak kullanılıyor. Ancak teorik olarak, dağıtılmış biyolojik savaş ajanlarının etkisini artırmak için nanoteknolojinin yardımıyla değiştirilmemiş veya transgenik böcekleri manipüle etmek de mümkündür (Jeff Daniels, 2017).

Nanoteknolojilerin diğer uygulamaları, biyolojik ve kimyasal savaş maddelerinin üretiminin küçük araçlarla iletilmesi ve izlenmesi için önemli olacak çok küçük bilgisayarlardır (DARPA Microsystems, 2019). Ayrıca nanotüplerle yapılacak gelecekteki saldırılar, kökeni ve öldürücülüğü gizlemek için tamamen yeni olanaklar sunabilir. Amerikan Üniversitesindeki bir araştırmacı şöyle açıklamaktadır: Nanotüpler, bağışıklık sistemi tarafından tanınan imza proteini olmadan sadece şarbon virüsünün öldürücü kısımlarını iletmek için kullanılabilir. Bununla birlikte araştırmacı, nanobilim ile potansiyel biyolojik silahların birbirine bağlanmasında üç ana tehlike tespit etmiştir. Bu tehlikenin ilki, ilkel nanoteknoloji laboratuvarlarının internette 500 ABD dolarının altında bir fiyata satılmasıdır. İkincisi, bu teknolojinin biyolojik savaş ajanlarını üretmeyi, gizlemeyi ve taşımayı daha kolay ve ucuz hale getirmesidir. Son olarak teknolojiler yasal olarak düzenlenmediğinden dolayı büyük ülkelerin genel stratejik güvenliğini tehdit eden asimetrik bir silahlanma yarışına girmesidir (Nicholas Winstead, 2020). 11 Eylül 2001'den sonra silaha dönüştürülebilir araştırmalara ilişkin kılavuzlar ve bazı durumlarda düzenlemeler sağlanması yönünde büyük çabalar sarf edildi. Örneğin, 2002 yılında polio virüsünün sentetik üretimine ilişkin bir araştırma raporunun yayınlanmasının ardından ABD hükümeti, teröristlerin biyolojik araştırmaları kullanmasına karşı yönergeler hazırlamak üzere üst düzey bir danışma organı kurdu

(Erika Check,2004). O dönemdeki son durumu ele alan kapsamlı bir çalışma olan “Terör Çağında Biyoteknoloji Araştırmaları” başlıklı çalışma, 2004 yılında yayımlandı (Biotechnology Research in an Age of Terrorism, 2004).

2012 yılında ise biyolojik risklerin yanı sıra potansiyel kimyasal risklere de dikkat çekilen İnovasyon, Çift Kullanım ve Güvenlik adlı kitap yayınlandı (Jonathan B. Tucker, 2012). 2016 yılında Çinli bir şirketin, düzenlenmemiş bir şekilde karfentanil adı verilen sentetik bir opiodi Euro-Atlantik bölgesindeki ülkelere ihraç ettiği bir dava ortaya çıktı. Ancak bu kimyasal o kadar güçlü ki farkında olmadan birçok uyuşturucu kullanıcıyı öldürdüğü tahmin edilmektedir. Bu yüzden teröristlerin bunları kullanması göz ardı edilemez (Erika Kinetz and Desmond Butler, 2016). Bu olay, birçok madde ve cihaz için örnek teşkil etmektedir. Dahası Çin, son yıllarda devlet düzeyinde, bazı NATO’ya üye ülkelerde, endişeler artmaya başlamıştır. Ülkeler birçok bilimsel alanda sivil-asker entegrasyonunu sürdürmektedir. Bu da çoğunlukla ikili kullanımlı malların ortaya çıkmasıyla sonuçlanmaktadır (Meia Nouwensand Helena Legarda, 2018). 2021 yılında ABD, Çin’i biyolojik alanda silaha dönüştürülebilir araştırmalardan açıkça uzaklaşmamakla suçladı. Çünkü Çin, biyoteknoloji altyapısını geliştirmeye ve endişe duyulan ülkelerle bilimsel iş birliğini sürdürmeye devam ediyor. Çin’in askerî tıbbi kurumlarındaki araştırmacıların çalışmalarından elde edilen mevcut bilgilerde çok sayıda toksinin tanımlanması, karakterize edilmesi ve test edilmesi olası anormal nitelikte biyolojik aktiviteler olduğunu göstermektedir (Adherence and Compliance with Arms Control, 2021). ABD’nin olası çift kullanımlı biyolojik silah programıyla suçladığı diğer ülkeler ise Kuzey Kore ve İran’dır. KBRN alanında sivil-askerî ikili kullanımlı araştırmaların artması, açıkça erişilebilir bilginin kötü niyetli amaçlar için kullanılması riskini doğurmaktadır (Dominik Juling, 2023).

4.3. Gelecekte Olası Biyolojik Tehditler

Biyolojik tehditlerin gelecekte giderek daha da şiddetli olacağı düşünülmektedir. Bireysel tehditler, çoğu zaman uzman olmayanlar için anlaşılabilir olabilir. Çünkü biyolojik savaş; virüsler, bakteriler, mantarlar, böcekler veya bitkiler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Hemen hemen tüm hayvanlar olası vektörlerdir. Uzak bir gelecekte ise mekanik ürünler veya oldukça fazla manipüle edilmiş organizmalar bile olası vektörler olabilir. Ayrıca bunlara ilaveten sentetik biyoloji, nanoteknoloji ve DNA manipülasyonu, virüsleri ve bakterileri değiştirmek veya hatta tamamen yeniden

oluşturmak için bir olasılık yelpazesi sunmaktadır. Bu teknolojik gelişmeler bir süredir öngörülmektedir. Ancak bunların kamuoyunun dikkatini çekmesi, küresel salgınla gerçekleşti. Fakat biyolojik silahların olası türleri ne kadar karmaşık ve çeşitli olursa olsun, biyolojik mühendislik yoluyla biyolojik silahların etkinliğini artırma teknikleri de o kadar karmaşık ve çeşitlidir (Dominik Juling, 2023). 2013 yılında yayınlanan bir raporda biyolojik materyallerin silahlandırılması için olası teknikler listelenmiştir. Bu raporda bakterilerin manipüle edilmesi, tasarımcı patojenler, yanlış kullanılan gen terapisi bağlamında bireysel genlerin yok edilmesi veya değiştirilmesi, vücutta yalnızca dış veya iç aktivasyondan sonra etkisini gösteren gizli virüsler belirtilmiştir. Ayrıca yapay kansere neden olan tasarımcı hastalıklar ve kişiselleştirilmiş biyolojik silahlar da ifade edilmiştir. İkinci olarak da nüfus içinde yaklaşık olarak asemptomatik olarak yayılabilir ve yalnızca bir kişinin veya insan grubunun belirli genetik özelliklerini etkiler (Mackenzie Foley, 2013).

2002 yılında ABD’de yapılan bir çalışmada Michael J. Ainscough gelecekte olası 6 tehdidi tanımlamaktadır. İlk olarak, gasp veya güvenli kullanım için kullanılabilen ikili biyolojik silahlardan bahseder. Bunun için zararsız bir konak bakteri ve virülen bir plazmid ayrı ayrı izole edilip, etkileşime girerek etkisini üretecek olan ilişkili ikinci bileşenin salınmasıyla tehdit edilecektir. Tasarımcı genler söz konusu olduğunda araştırmacı, bunların çalışma sırasında basit değişikliklerle uzun zamandır son teknoloji olduğu sonucuna varmaktadır. Ayrıca geleceğin tasarımcı patojenleri çok daha karmaşık yeteneklere sahip olacak ve çok çeşitli değiştirilmiş özellikler sergileyebileceklerdir. Gen terapisinin iki genel sınıfı vardır: germ hücre hattı (üreme) ve somatik hücre hattı (terapötik). Germ hücrelerindeki DNA’da meydana gelen değişimler gelecek nesillere aktarılır. Somatik hücrelerin DNA’sındaki değişiklikler yalnızca bireyi etkiler. Bu yüzden gelecek nesillere aktarılamaz. Diğer yandan somatik hücrelerin manipülasyonu, germ hücrelerinin manipülasyonuna göre daha az etik incelemeye tabidir (Michael J. Ainscough, 2002). Önceden virüsler memeli hücrelerine gen eklemek için vektör olarak kullanılıyordu. Genetik olarak tasarlanmış virüs, vahşi yaşamda kuduzu önlemek için başarıyla kullanıldı.

Diğer bir kavram gizli virüs kavramıdır. Bu durumda, başlangıçta fark edilmeyen bir virüs insan hücrelerine girerek, dışarıdan veya içeriden bir sinyal bekleyebilir. Bunlara örnek aktive, oldukları anda kansere neden olan mutasyona uğramış genler de olan onkogenlerdir. Bazı virüslerin DNA’sında onkogenleri taklit eden parçalar bulunur. Biyodüzenleyiciler, fiziksel süreçler veya ultraviyole ışık gibi dış

etkenler de virüsü bu şekilde aktive edebilir. Gelecekte konakçı-değişimi hastalıkları ve tasarımcı hastalıklardan da bahsedilmektedir. Çünkü belirli bir hastalık örüntüsü için uygun patojenler yaratmak mümkün olabilir. Bu sayede bağışıklık sisteminin geçici olarak kapatılması veya belirli hücrelerde hücre ölümünün başlatılması mümkün olabilir (Michael J. Ainscough, 2002).

Kaliforniya Üniversitesinde yapılan bir araştırmada ise 2015'teki son teknolojiye dayanarak profesyonel laboratuvarlara erişimi olmayan devlet dışı aktörlerin yeni biyolojik silahlar üretmesini engelleyebilecek beş potansiyel engel olduğu sonucuna varılıyor. Bunların birincisi aktörün yeterli güvenliğini sağlayacak uygun bir koruyucu araştırma ortamını meydana getirmesi kolay değildir. İkincisi gerekli tüm malzemeleri internet üzerinden sipariş etmek mümkün olsa da çok tehlikeli maddeler için çok özel ekipmanlar ve çok sayıda test, çalışmanın maliyeti arttırmaktadır. Nihayetinde tehlikeli bir bakteri veya virüs türü ilk madde olarak kullanılıyorsa genellikle siparişi veren kişinin taranması istenmektedir. Bununla birlikte, internet üzerinden verilen çeşitli şüpheli malzemelerin siparişini otomatik olarak daha yakından incelemeye tabi tutan mekanizmalar mevcuttur. Bunun bir örneği Uluslararası Sentetik Biyoloji Derneği tarafından 2009 yılında yayınlanan gen sentezine ilişkin davranış kurallarıdır. Dördüncüsü, mevcut araştırmayı kendi amaçları doğrultusunda değiştirmek genellikle standart bir uygulamadır. Ancak modern biyolojik silahlara ilişkin özel araştırmalar elbette çok gizlidir. Fakat sivil çift kullanımlı literatürden bilgi toplamak hâlâ mümkündür. Yalnız bu, daha yüksek düzeyde uzmanlık gerektirir. Beşincisi, aktörün konuşlandırmadan önce potansiyel olarak kapsamlı testler ve ayarlamalar yapması gerekliliğidir. Yapılacak bu testler de kolayca şüphe uyandırabilir. Çalışmada ayrıca dünyanın birçok ülkesinde, kendilerine biyohacker adını veren yerleşik bir topluluğun varlığından da bahsediliyor.

Devlet dışı aktörler daha etkili hareket etmek için genellikle anonim olan bu tür bir internet hobi topluluğuna katılabilir (Zian Liu, 2015). Aynı zamanda, böyle bir biyohackerın bir kaza sonucu potansiyel olarak tehlikeli bir etkenin kontrolünü kaybetmesi de mümkündür. Çünkü amatör laboratuvarlarda genellikle daha zayıf güvenlik standartları gözlemlenmektedir. Sonuç olarak sentetik veya DNA ile tasarlanmış biyolojik silahlar, potansiyel olarak büyük bir hasara yol açabilir. Fakat daha yakından bakıldığında, en azından devlet dışı aktörler için, üretimin şu anda görüldüğü kadar kolay olmadığı ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte gelecekte bu

engellerin önemli ölçüde azalması beklenmektedir. Biyolojik silahlarla ilgili temel bilgileri internette online kurslar aracılığıyla öğrenmek mümkün olsa da çoğu durumda laboratuvar ekipmanlarıyla ilgili pratik deneyim kazanmak için sağlam bir akademik eğitime de ihtiyaç duyulmaktadır. Genetiği değiştirilmiş ajanlarla karşılaştırıldığında, mevcut doğal patojenler daha büyük bir tehlike oluşturabilir. Çünkü bunları silah haline getirmek için biraz daha az deneyim gerekir. Ayrıca bu tür patojenler için daha fazla kamuya açık araştırma ve potansiyel doğal kaynak alanları da bulunmaktadır. Örneğin 2014 yılında Tunuslu bir cihatçı grup, karmaşık patojenler üretmeye çalışmadı. Onun yerine bunların dizüstü bilgisayarlarında vebanın etken patojeninin (*Yersinia pestis*) enfekte hayvanlardan nasıl izole edilebileceği ve daha sonra silah olarak nasıl kullanılabileceğiyle ilgili kayıtlar bulundu. Bu da grubun kimyager ve fizikçilerinin kendi biyolojik silahını yaratmak için teorik bilgilere sahip olduğunu göstermektedir. Ancak maliyetlerin faydalarıyla karşılaştırıldığında çok yüksek olduğu anlaşıyor. Bu yüzden saldırı yapılmadan cihatçı saldırgan yakalandı (Bruce Goldman 2014).

Devlet dışı aktörlerin doğal bir salgından yararlanarak kendilerini enfekte etmeleri ve ardından mümkün olduğunca çok sayıda insanı enfekte etmeleri de nispeten kolay olacaktır. Bir hastalık salgını sırasında siyasi nedenlerle uygulanan karantinayı ihlal etmek de terörizm olarak sınıflandırılır. Çünkü dolaylı olarak insanlar öldürülebilir. Ancak doğal yolla oluşan bir virüsün ilk taşıyıcısı olarak kendini kasıtlı biçimde enfekte etmek nispeten zordur. Gelecekte saldırılarda kullanılabilecek nispeten basit bir biyolojik silah da böceklerin kitlesel olarak üretilmesidir. Bu da ürünlere yönelik etkili saldırılara yol açabilir. Ancak böcekler insanlara karşı hastalık taşıyıcısı olarak kullanılmaya başlandığında, sentetik bir patojen üretmekten çok daha az olsa da daha fazla çaba gerekebilir.

Böcek vektörlerinin kullanımı, II. Dünya Savaşı sırasında Japonlar tarafından gerçekleştirilen operasyonlarda oldukça etkili oldu. Geçmişte kullanılan şarbon ve ricin toksini gibi diğer biyolojik ajanlar da gelecekte tekrar kullanılabilir. Şu anda CDC, üç kategoriye ayırdığı 20'den fazla tehlikeli biyoterörizm ajanını listelemektedir (Bioterrorism Agents/Diseases 2023). Diğer yandan Çin Halk Cumhuriyeti'nin gizli bir ikili kullanımlı biyolojik silah programı işletmesine ilişkin doğrulanmamış çabaları da endişe vericidir (Elsa B. Kaniaand Wilson Vorndick, 2019). Ayrıca çeşitli devletlerin uluslararası anlaşmaları onaylamamış olması ve bazı durumlarda uluslararası standartlara uymaması da çok sorunludur. Bu durum, potansiyel olarak düşman devlet dışı aktörlere yayılmayı kolaylaştırabilir. İnternetin küresel yayılımı, yasal ve yasa dışı

emirler, eğitim kursları ve uzmanlaşmış biyolojik saldırı topluluklarının yanı sıra en son araştırmalar ve kamuya açık DNA/RNA veri tabanları aracılığıyla gelecekte de temel bir rol oynamaya devam edecektir. Teknolojik gelişmeler, ölümcüllüğü artırırken edinim eşiğini düşürmektedir. Fakat yine de çeşitli mevcut ve gelecekteki biyoteknolojik gelişmelerin, bulaşıcı biyolojik silahları sınırlama ve dolayısıyla belirli bir dereceye kadar kontrol etme potansiyeline sahip olduğunu belirtmek önemlidir (Dominik Juling, 2023).

4.4. Biyolojik Malzeme İçin Mevcut ve Gelecekteki Teslimat Yöntemleri

Biyolojik patojenlerin laboratuvar dışında çoğunlukla kararsız doğası nedeniyle yayılma yöntemleri de önemlidir. Soğuk Savaş'ın başlangıcında biyolojik silahlarla birlikte kullanılmak üzere parça tesirli bombalar ve balon bombaları da dâhil olmak üzere çok çeşitli bombalar geliştirildi. Bu gelişmelerin amacı, bitki patojenleri içeren düşman bitkilerini yok etmektir. İkinci Dünya Savaşı sırasında Japonya, patojenlerle dolu seramik bombalar kullandı. Kimyasal silahların çoğu, teslimat araçlarında daha uzun süreler saklanabilir. Böylece birçok yöntemle nispeten etkili bir şekilde kullanılabilir. Ancak biyolojik silahlar, genellikle çok daha zahmetli bir prosedür gerektirir. Frenlenmeyen bombaların ve füzelerin yüksek darbe enerjisi nedeniyle, biyolojik bir etkenin başarılı bir şekilde yayılması pek olası değildir. Bunun yanında büyük ölçekli bir dağılma mekanizmasına sahip paraşütlü bombaların başarılı olma olasılığı daha yüksektir. Bununla birlikte, şarbon sporlarının düşük verimli patlamalarla dağılmaya rağmen hayatta kalabildiği de bilinmektedir. Örneğin 1960'larda geliştirilen Amerikan E61, E120 veya M143 parça tesirli bomba alt mühimmatlarında şarbon sporlarının dağılmadan kurtulduğu bilinmektedir (Jeanne Guillemin, 2006). Ayrıca sofistike biyolojik silahlar için dikkatli bir patlayıcı dağıtım sisteminin devlet dışı aktörler tarafından kullanılması da çok zordur. Bir bomba veya bidon atmak için sivil bir uçak satın alınabilir veya kiralanabilir. Ancak böyle bir girişimin genel maliyeti, olası sonuca kıyasla çok daha yüksektir. Sivil pazar için tasarlanmış, nispeten yüksek taşıma kapasitesine sahip, kontrolü kolay, manevra kabiliyeti yüksek, düşük maliyetli İHA'lar (İnsansız Hava Aracı) son on yılda oldukça popüler hale geldi. Özellikle 2022 yılında Ukrayna-Rusya savaşında önemli oranda kullanıldı. Bunlara ek olarak kamera teknolojisi giderek küçülmemekte ve pillerde gelişmiş depolama kapasitesi artmaktadır.

Ayrıca küçük ve hafif uçuş kontrol cihazları, ivme ölçerler ve GPS (Küresel Konumlandırma Sistemleri) giderek yaygınlaşıyor.

Çoğunlukla Çin Halk Cumhuriyeti'ndeki seri üretim sayesinde modeller artık birçok fiyat aralığında ve yük taşıma kapasitesinde mevcuttur. Bu arada, görev odaklı İHA'ların nispeten kolay bir şekilde inşa edilebileceği kendin yap bileşenleriyle büyük bir pazar da oluşmuş durumdadır. Bunlar, hem sabit kanatlı bir uçak olarak hem de multikopter veya helikopter olarak da yapılabilir. Son yıllarda, profesyonel uygulamalarda uzmanlaşmış ve daha pahalı ancak yine de uygun fiyatlı ürünler sunan büyüyen bir pazar da ortaya çıktı (Dominik Juling, 2023). Yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 750.000 ticari ve eğlence amaçlı drone kayıtlı olduğu belirtilmiştir (Federica Laricchia, 2022). Diğer yandan bu ticari İHA'lara karşı etkili savunma hâlâ büyük bir zorluk olarak devam etmektedir. Pratikte kayıtlı ve yasal drone uçuşları ile olası saldırıları birbirinden ayırmak da zordur. Silahların Kontrolü, Enerji ve Çevre Çalışmaları Merkezi tarafından 2011 yılında düzenlenen bir etkinlikte İHA'larla ilgili bazı ilginç noktalara değinildi. Örneğin, büyük bir şehrin 100 metre yukarısına 900 gr silah sınıfı şarbonun salınacağı bir simülasyon yapıldı. Bu simülasyona göre uygun rüzgârlar olması durumunda yaklaşık 1,5 milyon kişi enfekte olacak ve güçlü kontrol önlemlerine rağmen on binlerce kişi ölecekti (Eugene Miasnikov, 2004). 2009 yılından beri daha fazla İHA multikopter olarak yapılandırılıyor. Bu modeller genellikle sabit kanatlı uçaklar kadar uzak mesafelere uçamazlar. Ayrıca uzun süre havada kalamazlar. Ancak daha fazla manevra kabiliyetine sahiptirler. Genellikle kullanımları da daha kolaydır.

Modern uzaktan kumandalı uçaklar 500 km/saatten çok daha hızlı uçabilir. Profesyonel uygulamalar için artık 100 kg'dan fazla yük taşıyabilen dronlar mevcuttur (Griff 300 Review, 2023). 2016 yılında İngiltere Başbakanı David Cameron, İHA'ların şehirlerin üzerine büyük miktarlarda radyoaktif madde saçabileceği konusunda uyarıda bulundu. Muhtemelen Başbakan teröristler için düşük eforlu, yüksek etkili bir teslimat aracı olan otomatik ilaçlama İHA'larının yaygın olarak bulunmasına atıfta bulunmaktadır. Çünkü bunlar, çok sayıda insan açık alanda bir araya toplandığında etkili olabilir. Sadece radyoaktif madde değil, kimyasal veya biyolojik madde de etkili bir şekilde yayılabilir (David Hambling, 2016). Profesyonel teknolojilere erişimi olan devlet aktörleri, aracı kurumlara özel daha ileri teknik çözümler geliştirecek kaynaklara sahiptir. KBRN malzemesinin konuşlandırılması için insanlı uçaklar devlet dışı aktörler tarafından pek dikkate alınmamıştır.

Geçmişte Aum Shinrikyo, Tokyo'ya zehirli gaz püskürtmek için bir Mil Mi-17 helikopterini modifiye etmeye çalışmıştı (Suzuki Nathie, 2019). 2001 yılında bir El Kaide teröristi, muhtemelen bir ilaçlama uçağıyla saldırı düzenlemek amacıyla ABD'ye gitmişti (Mowatt-Larssen, 2010). KBRN malzemesi, hava yoluyla konuşlandırılabilmesinin yanı sıra yerden de konuşlandırılabilir. 1984 Rajneeshee biyoterör saldırısında olduğu gibi patojenlerin doğrudan uygulanması, kara tabanlı bir saldırı olarak değerlendirilebilir. Aynı durum, Covid-19 veya diğer virüsler için de geçerlidir. Örneğin kapı kollarına veya kişiden kişiye kasıtlı olarak aktarma girişimleri şeklinde kara tabanlı bir saldırı olabilir. Biyolojik savaş ajanlarıyla gerçekleştirilen suikastlar da bu kategoriye dâhildir (Dominik Juling, 2023).

Entomolojik Savaş: Biyolojik savaşın bir alt kategorisi de entomolojik savaştır. Entomolojik savaşın iki uygulama alanı vardır. Birincisinde böcekler doğrudan silah olarak kullanılır. İkincisinde ise böcekler patojeni yaymak için kullanılır. Fakat böcek dışındaki hayvanlar da patojenleri kasıtlı olarak yaymak için kullanılabilir. Bu savaş türü ilk kez II. Dünya Savaşı sırasında sistemli olarak incelenmiş ve uygulanmıştır. Japonya, bu savaşta Çin halkını veba bulaşmış pireler ve kolera yayan sineklerle enfekte etti. Bu bulaşma yönteminin önemli derecede etkili olduğu kanıtlandı. Sarı sıçanlar da vektör olarak kullanılmak üzere büyük sayılarda yetiştirildi (Jeffrey A. Lockwood, 2010). II. Dünya Savaşı'ndan sonra Sovyetler Birliği, keneleri vektör olarak araştırdı. Kendi açıklamalarına göre, otomatik böcek üreme tesisi geliştirdiler (Jonathan Ban, 2000). ABD'de de sivrisinek ve pirelerin vektör olarak başarıyla test edildiği ve uçaklardan atıldığı böyle bir tesis planlanmıştı (William H. Rose 1981). Devlet dışı aktörler de böceklerin biyolojik silah olarak avantajlarını kabul ettiler. Örneğin, 1989'da "Üreticiler" adlı bir gruptan gelen bir mektup bulunduktan sonra o yıl Güney Kaliforniya'da Akdeniz meyve sineği istilasının kendine özgü modelleri tespit edildi (Jonathan Ban, 2000). Daha yakın tarihli vakalar tespit edilmedi. Prensipte olarak, vektörleri ölümcül hastalıklarla başarılı bir şekilde enfekte etmektense böcekleri silah olarak kullanmak daha kolaydır. Böylece kişinin kendisini tehlikeye atmasına neden olmaz. Böceklerin sebep olduğu büyük maddi hasarlar veya ürün kıtlıkları, insanlar için doğrudan ölümcül olmayan bir sonuç da olabilir (Dominik Juling, 2023).

Tam gelişmiş bir patojenin serbest bırakılıp yayılma olasılığı çok çeşitlidir. Engellenmesi neredeyse imkânsızdır. Örneğin cihatçı çevrelerde teröristlerden biri ilk taşıyıcı olurken diğer teröristler, belirli bir kişiye veya insan grubuna zarar vermek isteyebilir. Bulaştırmak için zehirli sudan halka açık salata büfelerine kadar birçok

yöntem vardır. Bu tür hayvanlar, eldeki gereksinimlere göre (hızlı bir şekilde çoğalmak ve yayılmak veya patojeni özellikle etkili bir şekilde iletmek için) yetiştirilebilir. Benzer şekilde gelecekte manipüle edilmiş hayvanlar ve manipüle edilmemiş hayvanlardan korunma da çoğu zaman zor olacaktır. Böylece salgının kaynağı gizlenebilir. Bu da terör saldırısı kisvesi altında bir devlet saldırısına yol açabilir. Patojenlerin biyolojik dağıtım araçları, yapay kuluçkahaneler yardımıyla önceden hazırlanabilir. Mümkün olan en kısa sürede kendilerini çoğaltacak şekilde programlanabilir. Gelecekte modifiye edilmiş organizmalar, belirli özelliklere dayanarak belirli insanları veya insan gruplarını tanımlayıp saldırabilir. Böylece onları enfekte edebilir. Benzer şekilde taşıyıcı hayvanlar, başka iklimlerde veya ortamlarda yerel nüfusa saldırımları veya yerli türlerin yerini almaları için manipüle edilebilir. İklim değişikliği bu tür müdahaleleri hızlandıracaktır.

Ayrıca gelecekte böcekleri veya küçük hayvanları yapay olarak kontrol edebilecek ve onları gizli silahlara dönüştürebilecek teknolojilerin var olması da mümkün olacaktır. Bu yolla KBRN malzemelerinin dikkat çekmeden, belli bir hedefe fark edilmeden ulaştırılması mümkün olabilecektir. Hastalığın başlangıcını veya ölümü kasıtlı olarak uzun süre geciktiren bir patojen, tespit edilmeden önce insanlarda veya hayvanlarda göze çarpmadan yayılmak için kullanılabilir (Dominik Juling, 2023). Daha önce anlatılan biyolojik materyalin iletilme yollarına ek olarak toprağı, suyu veya bitkileri kirletmek için kullanılabilecek başka yollar da vardır. Saldırgan daha önce açıklanan sistemlerden birini, örneğin tarımsal İHA'yı kullanabilir. Daha basit bir yol ise ajanı kişisel olarak korunmasız yerlere dağıtmaktır. Şarbon gibi biyolojik etkenlerin toprağı kalıcı olarak kirletme olasılığı da yüksektir. En bilinen iki örnek İskoçya'daki Gruinard Adası ve günümüzde Özbekistan ve Kazakistan sınırları içinde kalan Vozrozhdeniya Adası'dır. Her ikisi de şarbonun nedeni olan *Bacillus anthracis* ile yapılan testlerde kısmen kirlenmiştir. Çalışmalar, biyolojik silahın ilk dekontaminasyon girişimleri sırasında toprakta aşırı kalıcılığını kanıtladı (Zaria Gorvett, 2017). Ada daha sonra tamamen dekontamine edildi. Aral Denizi'ndeki eski Sovyet biyolojik silah test sahası da Sovyetler tarafından yeterince yok edilmediği için 2002'de ABD'den gelen fonlarla dekontamine edildi. Bununla birlikte canlı sporların, adanın bilinmeyen yerlerinde hâlâ bulunabilmesi muhtemeldir. Veba etkeni *Yersinia pestis* ve çiçek virüsü de Sovyet test alanında denenmiştir. Ancak bunların bugüne kadar hayatta kalmaları olası görülmemektedir (Zaria Gorvett, 2017).

Geçmişte, çoğunlukla insanların içme sularının kasıtlı olarak zehirlendiği konusu sıklıkla tartışıldı. Böyle bir durumda buna nokta kaynağı denir. 1972'de iki genç Chicago'nun içme suyunu biyolojik ajanlarla zehirlemeye çalıştılar fakat hedeflerine ulaşamadılar (Michael Miner, 2012). Bitkilerin veya hayvanların biyolojik ajanlarla kasıtlı olarak zehirlenmesi, İkinci Dünya Savaşı'ndan beri incelenen ve kısmen uygulanan bir alandır. Geçmişte Almanya, Fransa, Japonya, Irak, Birleşik Krallık, ABD ve Sovyetler Birliği bu tür programları büyük ölçüde yürüttüler (Jonathan Ban, 2000). Bulaşma yolları ya vektörler ya da böceklerin kendisidir. Ancak anti-kültür mantarlarının ve diğer bulaşıcı bitki hastalıklarının kullanımı da başarıyla test edilmiştir. Toprak kirliliğinde olduğu gibi, teröristlerin tarımsal terörizme başvurmasının da teorik olarak birden fazla motivasyonu bulunmaktadır. Kimyasal ve Biyolojik Silahların Kontrol Enstitüsü'nden Jonathan Ban, bazı motivasyonları şöyle sıralıyor: Bazı aktörler, diğer terörist eylemlerle aynı nedenlerle motive olabilir. Bir davaya dikkat çekmek, korku yaratmak, toplumu rahatsız etmek veya siyasi tavizler elde etme niyetiyle bu eylemler yapılabilir. Diğer aktörler de ekonomik çıkar, sabotaj veya intikam için harekete geçebilir (Jonathan Ban, 2000). Ban, tarım ürünlerini zehirleme ile tehdit edilen veya gerçekleştirilen birçok vakayı sıralıyor. Anlatılan vakalarda zehirlenme amacıyla cıva veya siyanür gibi kimyasallar kullanılmıştır. Fakat kendi kendine yayılan biyolojik silahlar kullanılmamıştır. Ayrıca, 1989'da Kaliforniya'da iddia edilen Akdeniz sineği saldırılarında hedef, gıda üretimidir. Burada amaç, meyvelerin seri üretimini engellemektir. Amerikan Bilim İnsanları Federasyonu, tarıma karşı biyolojik savaş olayları hakkında daha fazla bilgi sağlamaktadır. Irak, ayrıca mantar etkenini İran'ın buğday tarlalarına dağıtmak üzere tasarlanmış kutular da üretti. Sri Lanka'da 1980'lerin başında bir grup Tamil ayrılıkçısı, hükümeti zayıflatmak amacıyla kauçuk ve çay tarlaları arasında endemik olmayan bitki hastalıklarını yaymakla tehdit etti (Biowarfare Against Agriculture, 2023).

Gelecekteki sistemler gerçek canlıların biyonik avantajlarını kullanabilir. Ayrıca bunları teknik uygulamaların avantajlarıyla birleştirebilir. Örneğin, mevcut nükleer silahlarla karşılaştırıldığında öldürücü etki yaratmak veya salgın başlatmak için yalnızca birkaç gram çeşitli toksin veya patojen yeterlidir. Bu yüzden bu tür malzemelerin taşınması için nanorobotlar da kullanılabilir. Ayrıca askerî tesislerin güvenlik önlemlerini alt etmek için mekanik bir fare veya kuş gibi kamuflajlar da kullanılabilir. Devlet dışı aktörlerin bu kadar karmaşık askerî yüksek teknoloji teslimat araçlarını inşa edip işletmeleri pek olası değildir. Ancak bu tür teknolojilerin gelecekte ikili

kullanımları da mümkündür. Otonom araçlar geleceğin bir parçasıdır. Otonom İHA'lar ile birden fazla tespit edilen hedef arasında otomatik eşleştirme ve seçim yapılarak düşük kaliteli KBRN silahlarının bile verdiği hasar artırılabilir. Toplu olarak konuşlandırılan otonom araçlar, akla gelebilecek her türlü saldırıyı gerçekleştirebilir. Toplum arasında artan paniğe yol açabilir. Bu durum, KBRN malzemelerinin kullanılmasıyla daha da kötüleşir. Otonom dronlar, KBRN materyali taşıyarak kalabalıkları hedef alabilir. Bu sayede KBRN materyalinden tasarruf edilerek saldırı daha etkili hale getirilebilir. Çünkü tarımsal İHA'ların bile havada öldürücü bir ajan konsantrasyonu yaratma kapasitesi oldukça sınırlıdır (Dominik Juling, 2023).

4.5. Gelecekte Olası Aktörler

Çin ve onun ikili kullanımlı biyoteknoloji faaliyetlerinin yanı sıra olası biyolojik silah programını iki raporda açıklayan Kuzey Kore ve mevcut biyolojik silah iddiaları hakkında ayrıntılı bir makale hazırlayan Rusya Federasyonu'ndan da bahsetmek gerekir (Hyun-Kyung Kim, 2022). Ancak her iki ülke için de kesin bir kanıt yoktur. Rus hükümeti, Sovyetler Birliği'nin dağılmasının ardından Sovyet biyolojik silah programının önemli bir bölümünü devraldı. Bu büyük programın başına ne geldiği bir muammadır. ABD Dışişleri Bakanlığı'na göre, Rus hükümeti biyolojik silah programını hâlâ sürdürüyor. ABD hükümeti 2021 yılında birçok Rus askerî-biyolojik tesisine yaptırım uyguladı. Rusya, biyolojik araştırma teşebbüsü konusunda oldukça gizli davranışa ve mevcut bir biyolojik silah programına dair kesin bir kanıt olmasa da kamu kayıtları Rusya'nın Sovyet biyolojik silah programının hayatta kalan kısımlarını koruduğunu ve modernize ettiğini güçlü bir şekilde öne sürmektedir. Örneğin Rus hükümeti, Sovyet biyolojik silah programının büyük bir bölümünü devraldığını defalarca kabul etti ve sonraki yıllarda da bunu defalarca reddetti. Ayrıca Rusya'nın çeşitli yerlerinde biyolojik silahlar (öldürücü olmayan biyolojik silahlar dâhil) konusunda araştırmaların devam ettiğine dair kamuoyuna yansıyan işaretler bulunmaktadır. Bu arada, sözde genetik silahlarla ilgili tartışmalar ve siyasi kararlar, Rus liderlerinin yeni nesil gelişmiş biyolojik silahlar fikrine olan saplantısını göstermektedir. Rusya'nın yeni biyolojik silahlar üzerinde araştırma yapma yönündeki herhangi bir girişimi; yolsuzluk, kötü yönetim ve bu konuda yeterli uzmanın olmaması gibi ciddi engellerle karşılaşacaktır. Bununla birlikte Rus hükümeti, bu sorunları aşmak için biyolojik silahlara da yeterince önem vermektedir (Robert Petersen, 2022). İran'ın olası bir biyolojik silah programı hakkında kaynaklar ise sınırlıdır. Biyolojik silahları

araştırma, üretme ve konuşlandırma konusunda gelişmiş yeteneklere sahip olabilecek devlet aktörlerinden başlayarak eski devlet aktörleri, firariler veya sadakatsiz askerler gibi unsurlar da biyolojik silahlara el koyabilirler veya çalabilirler. Hem günümüz dünyasında hem gelecek dünyada, görünüşte özerk bir şekilde faaliyet gösteren ancak önemli ölçüde bir devlet aktörü tarafından desteklenen sözde devlet dışı aktörler de bulunmaktadır. Ekonomik, dinsel ve siyasal amaçlı aktörlerin yanı sıra devlet dışı aktörler alanında diğer gruplardan ayrılan tarikatlar da bulunmaktadır. Bunların amacı, sınırlama olmaksızın tüm insan yaşamını yok etmek olabilir. Teorik olarak gelecekte biyolojik silah kullanmayı planlayabilecek diğer devlet dışı aktör grupları arasında ekoterroristler, aşırı komplo teorisyenleri, siber teröristler, iç personel, asi bilim insanları veya laboratuvar güvenlik personeli yer alabilecektir. Diğer büyük kategori ise laboratuvarlarda meydana gelen kasıtsız kazalar veya evde biyohacker topluluğunun üyelerini ilgilendiren kazalardır. Örneğin 2004 yılında Çin'deki koronavirüs laboratuvarlarında en az iki kaza meydana geldi. 2007 yılında İngiltere'de ağız ve tırnak hastalığının yerel salgınının, Surrey'deki bir laboratuvarından kaynaklandığı tespit edildi (Robert Walgate, 2004). Çin'in biyolojik silah programının 1980'lerde aktif olduğu bildirilmektedir (Wuhanlabresearcher, 2021). Çin şu anda Biyolojik Silahlar Sözleşmesi'ni imzalayan ülkelerdendir. Çinli yetkililer Çin'in hiçbir zaman saldırgan askerî uygulamalara sahip biyolojik faaliyetlerde bulunmadığını belirtmiştir (RolandEverettLangford 2004). ABD istihbarat teşkilatı üyeleri, Çin devletinin 2015 yılı itibarıyla biyolojik ajanların araştırılması, geliştirilmesi, üretimi veya test edilmesiyle ilgili en az 42 tesise sahip olduğundan şüphelenmektedir (DanyShoham, 2015, . Smith, R. Jeffrey, 2021). 2017 yılında, Çin Halk Kurtuluş Ordusu Ulusal Savunma Üniversitesi tarafından yayımlanan Askeri Strateji Bilimi adlı bir ders kitabı, biyolojik savaşın "belirli etnik genetik saldırıları" da içerebileceğini göstermektedir (Kania, Elsa, 2019). Aynı yıl eski Halk Kurtuluş Ordusu generali Zhang Shibo, modern biyoteknoloji gelişiminin, belirli etnik genetik saldırılar da dâhil olmak üzere, saldırgan bir yeteneğin karakteristik, güçlü işaretlerini kademeli olarak gösterdiği sonucuna varan bir kitap yazdı (Kania, Elsa, 2019). 2020 yılında Çin Halk Kurtuluş Ordusu Ulusal Savunma Üniversitesindeki bir profesör, bir ırkı veya belirli bir insan grubunu yok eden hedefli bir saldırının muazzam bir savaş aracı olduğunu belirtti (Warrick, Joby, 2023, China Internet Information Center ,2023). ABD Savunma Bakanlığı'nın yayınladığı 2023 Çin Askeri Güç Raporu'na göre Çin Halk Cumhuriyeti, Biyolojik Silahlar Sözleşmesi'ne (BWC) uyum konusunda endişelere yol açan, ikili kullanımlı

uygulamalarla biyolojik faaliyetlerde bulunmaya devam etmektedir. Bu faaliyetlere askerî tıbbi kurumlarında çift kullanımlı uygulamalarla güçlü toksinler üzerinde yapılan çalışmalar da dâhildir. Bundan dolayı Çin Halk Cumhuriyeti'nin ABD, müttefik ve ortak güçler, askerî operasyonlar ve sivil nüfus için tehdit oluşturan kimyasal ve biyolojik savaşla ilgili birikimlere sahip olması muhtemeldir (ChinaMilitaryPower Report, 2023).

Ayrıca Sovyetler Birliği'nin en büyük biyolojik savaş programı olan Biopreparat'ın eski müdürü Ken Alibek, Çin'in 1980'lerin sonlarında biyolojik silah tesislerinden birinde ciddi bir kaza yaşadığını ifade etti. Alibek, Sovyet keşif uydularının Batı Çin'de nükleer savaş başlıklarının test edildiği bir sahanın yakınında bir biyolojik silah laboratuvarı ve tesisi tespit ettiğini iddia etti. Sovyetler, 1980'lerin sonlarında bölgeyi kasıp kavuran iki ayrı hemorajik ateş salgınının, Çinli bilim insanlarının viral hastalıkları silah haline getirdiği bir laboratuvarda meydana gelen bir kazadan kaynaklandığından şüpheleniyordu (William J Broad, 1999).

Biyoterörizmde diğer olası aktör Kuzey Kore'dir. Onlarca yıllık açık kaynaklı bilgiler de Kuzey Kore'nin biyolojik silah programı geliştirmeye ilgi duyduğunu doğrulamaktadır. Güncel ve güvenilir kamu bilgisinin eksikliği, mevcut kapasitesinin kapsamlı bir değerlendirmesini engellese de Kuzey Kore'nin biyolojik silah programı gerçekçi bir durum olarak değerlendirilmeli ve uluslararası toplum tarafından ele alınmalıdır. Birkaç rapor, Kuzey Kore'nin sahip olabileceği biyolojik ajan türlerini, bu ajanların silah haline getirilme durumunu ve Kuzey Kore'nin bunları hangi yollarla teslim edebileceğini ifade etmektedir (Phillipp E, 2017). Geliştirilmekte olan potansiyel ajanlar arasında şarbon, çiçek hastalığı, veba ve botulinum toksininin yer alabileceği belirtilmiştir. Bu etkenler; füzeler, top mermileri veya gizli operasyonlar yoluyla dağıtılabilir. ABD ve Güney Kore'den gelen istihbarat raporları, Kuzey Kore'de bir biyolojik savaş programının varlığını periyodik olarak göstermektedir. Ancak bu değerlendirmeler çoğu zaman sınırlı ve dolaylı kanıtlara dayanmaktadır. Zaman zaman Kuzey Koreli sığınmacıların açıklamaları, biyolojik savaş araştırma tesislerinin varlığına ve biyolojik ajanların olası silahlandırılmasına ışık tutmaktadır (Mint. Biswas, 2024). Ayrıca Kuzey Kore; füzeler, insansız hava araçları veya gizli operasyonlar aracılığıyla biyolojik ajanlar konuşlandırma kapasitesine sahiptir. Diğer yandan olası yöntemler arasında su kaynaklarını, gıda kaynaklarını veya yoğun nüfuslu alanları kirletmek yer alır. Ek olarak biyolojik saldırı tehdidi bile korku ve paniğe yol açarak halkın moralini ve ekonomiyi olumsuz etkileyebilir. Böylece ticareti sekteye uğratarak

ekonomik kayıplara yol açar. Kamu sağlık sistemlerine de aşırı yük getirir. Ayrıca, Kuzey Kore'nin herhangi bir biyolojik savaş unsurlarını konuşlandırması bölgeyi istikrarsızlaştırabilir. Potansiyel olarak askerî çatışmaların ve uluslararası müdahalelerin artmasına yol açabilir (KunHwang, 2024). Günümüzde Irak, İran, Libya, Suriye ve Kuzey Kore de dâhil olmak üzere bir birçok ülke, düşmanlarına karşı kullanmak üzere aktif olarak biyolojik savaş unsurlarını takip etmekte veya hâlihazırda elinde bulundurmaktadır (Robertson AG, 2002). Bir tıp doktoru açısından bakıldığında, Kuzey Kore'den gelebilecek potansiyel biyolojik savaş veya biyoterörizm tehditlerine karşı hazırlıklı olmak için sivil tıp uzmanlarının eğitilmesi şarttır. Uzmanlaşmış eğitim ve öğretim programları aracılığıyla bilgi ve becerilerini geliştiren doktorlar, biyolojik tehditlerin erken tespiti, etkili tedavisi ve kontrol altına alınmasında önemli rol oynarlar. Bu tür bir hazırlık yalnızca bireysel hastaları korumakla kalmaz, aynı zamanda genel halk sağlığı müdahalesini de artırır. Böylece olası bir biyoterörizm saldırısının etkisini azaltır (KunHwang, 2024).

5. BİYOLOJİK SİLAHLAR VE BİYOTERÖRİZME HAZIRLIK

5.1. Biyoterörizme Genel Hazırlık

Biyoterörist saldırı düşük riskli, yüksek etkili bir olay olduğundan etkili ve sürekli hazırlık, hem saldırının caydırılmasında hem de yönetilmesinde önemli bir bileşendir. Biyoterörist saldırı sonrası gelişen bulaşıcı hastalıklar, doğal olarak oluşan halk sağlığı acil durumlarıyla birçok ortak özelliğe sahip olmakla birlikte bazı önemli farklılıklar da barındırmaktadır. Çünkü burda zarar verme amaçlı kasıtlı bir eylem olduğundan bariz güvenlik hususları vardır. Sonuçta ortaya çıkan salgın, doğal olarak oluşan salgınlardan belirgin farklılıklar içerir. Örneğin, birçok kişinin aynı anda maruz kalmasıyla başlayan bir nokta kaynaklı salgın olma olasılığı daha yüksektir. Kullanılan bulaşıcı etkenin nadir olması ve bölgeye özgü olmaması muhtemeldir. Bu etken, mevcut ilaçlara ve aşılarla dirençli hale gelmesi için genetik olarak değiştirilmiş olabilir. Bu da etkenin bulaşmasını ve hastalık yapma ihtimalini arttırabilir. Bu yüzden, bir biyoterörist ajanla temastan sonra gelişen enfeksiyonda erken klinik semptomlar ve belirtiler olağan dışı olabilir. Bu da hastalığın hem tanınmasını hem de yönetimini zorlaştırabilir. Ayrıca bu etkenler toplumda daha fazla paniğe yol açabilir. Bulaşıcı hastalıklardan doğal olarak ortaya çıkan salgın hastalıklarla birçok benzerliğe rağmen, biyoterörist saldırılara karşı hazırlık daha karmaşıktır. Biyoterörist saldırılar birçok bakımdan kitlesel can kaybına yol açma özelliği taşır. Bu nedenle hazırlıklar, çok kısa bir süre içerisinde ağır hastaların tedavisi için gerekli olan özel altyapının güçlendirilmesini içermelidir. Tehlikeli patojenlerin ele alınması ve incelenmesi için standartlarla birlikte, ihtiyaç duyulduğunda erişilebilirliğini sağlamak için yeni profilaktik ve tedavi rejimleri de gereklidir. Biyoterörizme hazırlık kaçınılmaz olarak diğer bulaşıcı hastalıkları, özellikle de yeni ortaya çıkan veya yeniden ortaya çıkan bulaşıcı hastalıkları tespit etme ve kontrol etme yeteneğini arttıracaktır (Manfred S Green, et al, 2018). Biyoterörist saldırıların zorluklarıyla başa çıkmak için kullanılan önemli miktardaki kaynaklara rağmen SARS virüsünün neden olduğu salgın gibi durumlara karşı hazırlıkta önemli boşluklar ortaya çıkmıştır (Feng Z, 2011). 2014 yılında Batı Afrika Ebola virüsü salgınına yönelik yerel ve uluslararası müdahaleler, bulaşıcı hastalık salgınlarının yaygın bir şekilde yayılmasına izin verebilecek eksiklikleri ortaya koymuştur (Quaglio G, 2016).

5.2. Biyoterörist Ajanların Yayılması:

Biyoterörist ajanlar birden fazla yolla yayılabilse de aerosol yol ile yayılma, muhtemelen maruziyeti en üst düzeye çıkaracaktır. Solunum yoluyla bulaşan şarbon gibi bulaşıcı olmayan hastalıklarda hastalık vakalarının sayısı, neredeyse tamamen, maruz kalan nüfusun büyüklüğüne ve maruziyet sonrası antibiyotik profilaksisinin zamanlamasına bağlı olacaktır (Walden J, 2004). Aerosollü etkenler en büyük endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Ancak gıda ve su kaynaklarının güvenliği ve emniyeti de birincil derecede önemlidir.

Bir Biyoterör Tehdidini Değerlendirirken Dikkate Alınması Gereken Gıda ve Su Güvenliği Yönleri

- Özellikle ortak bir kaynağın olduğu, büyük bir gıda kaynaklı salgın sırasında gıdaların kasıtlı olarak kirletilmesi dikkate alınmalıdır.
- Salmonella ve Shigella türleri, enterohemorajik Escherichiacoli (tüm serotipler), Vibriochoerae, Cryptosporidiumparvum ve norovirüsler gıdaların kasıtlı olarak kirlenmesi için potansiyel adaylardır.
- Önemli bir salgına neden olmak için ajanın büyük miktarlarına ihtiyaç duyulması nedeniyle biyoterörizmin ana hedefi olması muhtemel olmasa da suyun biyolojik ajanlarla kirlenmesi yine de dikkate alınmalıdır. *C. parvum* ve norovirüsler diğer etkenlere göre klorlamaya karşı daha dirençlidir. Bu nedenle su temini için bir tehdit oluşturabilirler. Bu biyolojik etkenlerin gıda veya su yoluyla yayılması, nüfusun önemli ölçüde daha yüksek bulaşıcı dozlara maruz kalması durumunda öncesinde gözlemlenenden daha yüksek morbidite ve vaka ölüm oranları görülebilir.
- Tanımlayıcı, analitik ve moleküler epidemiyolojik araçlar kullanılarak salgınların gıda veya suyun kasıtlı olarak kirletilmesinin bir sonucu olma olasılığını ölçmek için algoritmalar geliştirilebilir (Sobel J, 2002, Kaluski DN, 2006, Buchholz U,2011, Meinhardt PL).

5.3. Biyoterörist Ajanların Neden Olduğu Hastalıkların Tanısı

Hem sağlık hem de güvenlik endişeleri nedeniyle biyoterör olaylarında hızlı tanı konulması acil bir durum haline gelir (Bush LM, 2001). 2001 yılındaki şarbon

mektupları olaylarından bu yana teşhis yeteneklerinde önemli ilerlemeler kaydedildi. Geçtiğimiz on yıldaki en büyük ilerlemelerden birisi de dizileme yeteneklerinin hızlanması ve maliyetinin düşürülmesidir (Arias A, 2016, Scaramozzino N, 2007). Son derece hassas ve spesifik PCR tabanlı sistemler, modern örnek hazırlama teknolojileriyle bir araya geldiğinde dizileme teknolojilerinin daha az maliyetli, daha taşınabilir ve çok kanallı hale gelmesini sağlamıştır. *Francisellatularensis* için bakım noktasında kullanılmak üzere hızlı, kartuş tabanlı bir test geliştirildi (Banada PP, 2016). Hem antikorları hem de antijenleri tespit etmek için hassas bir mikroküre teknolojisi kullanan bir sistem, artık Ebola virüsü ve Lassa virüsü enfeksiyonlarını teşhis etmek için kullanılabilir (Satterly NG, 2016). Şarbon antikorları için tanısal ELISA testleri mevcut olsa da hem örnek işleme hem de PCR amplifikasyonunu içeren kompakt bir sistem (GeneXpert) yaklaşık 90 dakikada sonuç verebilmektedir (Brenneman KE, 2011, Quinn CP, 2002, Banada PP, 2017). Analitik işlemler için antikor immün kolonu (ABICAP) immünofiltrasyonuna dayalı olarak bakım noktasında kullanılmak üzere çiçek virüsünü tespit etmek için hızlı ve hassas bir yöntem geliştirildi. Bu yöntem de 45 dakikada sonuç verebilmektedir (Stern D, 2016). Ancak, tanısal elektron mikroskobu hâlâ çiçek hastalığını ve diğer viral etkenleri tanımlamak için hızlı ve etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Gelderblom HR, 2018). Gelecekte yeni nesil dizileme ve yeni bilişim araçları, insan veya diğer nükleik asitleri de içeren örneklerde virüsleri tanımlayacaktır. Ayrıca laboratuvarların ağ oluşturması ve iş birliği, kasıtlı salgınlara verilen yanıtı da iyileştirecektir (Lipkin WI, 2013).

5.4. Bulaşıcı Hastalıkların Gözetimi ve Erken Teşhisi

Bulaşıcı hastalıkların etkili küresel sürveyansı, hem kasıtlı hem de doğal olarak meydana gelen salgınlara kontrol altına alınması için gereklidir (Morse SS, 2012). Sürveyans verileri bir salgının ilerleyişini izlemek ve risk iletişimi için kullanılabilir. Hızlı bir şekilde bilgi elde etmek için bir salgını düşündüren semptom ve işaret kalıplarını izlemek amacıyla sağlıkla ilgili verilerin sürekli olarak toplanmasına sendromik sürveyans denir (Kaufman Z, 2007, Plagianos MG, 2011, Milinovich GJ, 2014, Anema A, 2014). Aslında erken teşhis büyük ölçüde uyanık, hazırlıklı klinisyenlere bağlı olacaktır. Örneğin, 2001 şarbon saldırıları gerçekleştiğinde zeki bir klinisyen indeks vakayı tanımladı (Bush LM, 2001). Acil servis ve toplum hekimleri, en sık görülen biyoterörist etkenlerle ilişkili klinik belirti ve semptomlar konusunda

düzenli olarak bilgilendirilmelidir (Franz DR, 1997). Sendromiksürveyans sistemi, şüpheli veya doğrulanmış vakaların hekimler tarafından bildirilmesinden sonra daha da faydalı olacaktır. Spesifik olmayan arka plan hastalık oranlarına karşı sürveyans verilerinin odaklanmış bir analizi, değişiklikleri tespit edebilir ve hastalığın dinamikleri hakkında bilgi sağlayabilir. O zaman da tıbbi kayıtlara erişim sağlamak için yasal mevzuat gereklidir (Fairchild AL, 2004). Ayrıca internet, bulaşıcı hastalıklar hakkında potansiyel gözetim ve iletişim biçimlerini kolaylaştırır (Brownstein JS, 2009, Barboza P, 2014). Bu sistemlerden biri, kullanıcı topluluğu tarafından kurulan ve dünya çapındaki klinisyenleri ve bilim insanlarını birbirine bağlamada etkili olduğu kanıtlanmış olan ProMed'dir. Bu sistem teşhis edilmemiş ve teşhis edilmiş hastalıkların alışılmadık salgınları için erken uyarı sistemi olarak hizmet vermiştir. SARS ve MERS salgınları bunun örneğidir (Madoff LC, 2005). Diğer yandan sosyal medya da salgının izlenmesinde kullanılabilecek bir araçtır. Örneğin Haiti'deki 2010 kolera salgını sırasında sosyal medya ve haber medyası, epidemiyolojik modellerin tahmin edilmesini sağlamıştır (Chunara R, 2010). DSÖ, Uluslararası Sağlık Tüzüğü'nü 1969'da tanıtmıştır. 2005'te güncellenen versiyon biyoterörizm tehdidine dikkat çekmektedir (WHO. International Health Regulations, 2005). Bu düzenleme, ciddi sağlık risklerinin tüm üye ülkeler tarafından derhâl bildirilmesini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca DSÖ, Küresel Salgın Uyarı ve Müdahale Ağı'nı kurmuştur. Avrupa Birliği'nin üye devletler arasında biyolojik ve kimyasal saldırılara hazırlık ve müdahale konusunda iş birliğini geliştirmek için BICHAT adlı bir programı da bulunmaktadır. Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü, gıda üreten hayvan popülasyonlarına yönelik biyoterörizm saldırılarını tespit etmek ve bunlarla mücadele etmek için planlar geliştirmiştir. Ayrıca Kanada, halk sağlığına yönelik tehditlerin dünya çapında izlenmesi amacıyla Küresel Halk Sağlığı İstihbarat Ağı'nı kurmuştur (Mykhalovskiy E, 2006). Diğer yandan daha az resmî bir küresel iş birliğinin önemli bir faydası, hem doğal hem de kasıtlı salgınlar için erken uyarı görevi olarak kabul edilen bilgili bilim insanları ve klinisyenler arasında güven ağlarının geliştirilmesidir (Franz DR, 2012). Tek Sağlık girişimi, sağlık profesyonelleri arasındaki iş birliğini teşvik etmektedir. Bu girişim, biyoterörizme hazırlık için olduğu kadar, yeni ortaya çıkan bulaşıcı hastalıkların yönetimi ve antimikrobiyal direncin küresel yayılımı için de önemlidir (Rabinowitz P, 2006).

5.5. Hastaların Tedavisi

Biyoterörizm olayları sırasında enfekte olan hastaların yönetimi zorludur (Adalja AA, 2015). Tüm etkenler için destekleyici tedavi, tedavinin temelini oluştursa da son zamanlarda bazı hastalıkların tedavisinde önemli ilerlemeler olmuştur. 2001 yılındaki şarbon saldırısından bu yana, solunum yolu ile bulaşan şarbonun neden olduğu akut akciğer hasarı, akut solunum sıkıntısı sendromu, şiddetli sepsis ve septik şok tedavisinde gelişmeler kayıt edilmiştir (Adalja AA, 2015, Hendricks KA, 2014, Huang E, 2015). Şarbona bağlı oluşan plevralefüzyonlar rutin olarak boşaltılır. Ayrıca bu hastalarda daha fazla antimikrobiyal tedavi seçeneği vardır. Antibiyotikler, maruziyetten veya tanıdan sonraki 60 gün boyunca şarbon aşısıyla birlikte hâlâ önerilmektedir. Şarbon aşısının antibiyotik tedavisiyle birlikte uygulanması durumunda tedavi süresi kısalabilmektedir. Maymun çiçeği virüsüyle enfekte olmuş insan olmayan primatlar üzerinde yapılan deneylere göre, çiçek hastalığı için cidofovir veya ilgili bir asikliknükleozidfosfonat analogu gibi antivirallerin, ölüm oranını önlemede maruziyet sonrası aşılarından daha etkili görüldüğü belirtilmiştir (Israely T, 2012). Bu, antivirallerin çiçek hastalığı salgınına hazırlıkta önemli bir rol oynayabileceğini düşündürmektedir. Viralhemorajik ateşler için ribavirin, maruziyet sonrası profilakside kısmen etkili olabilir. Ebola virüsü enfeksiyonunun tedavisinde etkili olduğu görülen küçük molekülü bir antiviral ilaç olan GS-5734 geliştirilmiştir (Warren TK, 2016).

5.6. Hastaların İzolasyonu ve Temashların Karantinaya Alınması

Bulaşıcı hastalıkların kasıtlı ve diğer ani salgınlarında hastaların izolasyonu ve sağlık çalışanları için risklerin kontrol altına alınması, Ebola ve kuş gribi salgınlarında olduğu gibi zordur (Suwantarat N, 2015). Tesislerin hasta sayısına göre çok küçük olması durumunda sıkı bariyer hemşireliği ile daha düşük düzeyde izolasyon uygulanmalıdır. Çok büyük bir salgın olması durumunda ise kamu binalarında izolasyon tesislerinin kurulması gerekmektedir. Altyapısı zayıf bölgelerde, hastaların evlerinde tedavi edilmesi düşünülmelidir. Cenaze prosedürlerinin değiştirilmesi gerekebilir. Ancak yerel kültürün dinî uygulamalarına ve geleneklerine saygı göstermek için her türlü çaba gösterilmelidir. Karantinaya alınan nüfus hem maruz kalan hem de maruz kalmayan kişileri içerdiğinden hastalık bulaşma riski daha yüksektir. Batı Afrika'daki Ebola virüsü salgını sırasında, şüpheli vakalar negatif olarak temizlenene kadar

bekletilmiştir (Manfred S Green, et all, 2018). Ulusal düzeyde nüfus hareketlerinin azaltılması, hassas bir konu olup, potansiyel olarak ticareti etkileyebilir (Bogoch II, 2015). Okulların kapatılması, yayılmayı azaltmak için sosyal mesafeyi sağlamanın önemli bir yoludur. Bulaşıcı bir hastalığın salgını sırasında halkın maske kullanıp kullanmaması gerektiği daha az açıktır. Çünkü maskelerin etkinliği son derece değişkendir. Etkinliğin değişken olmasının en önemli nedenleri, yüz şeklinin farklı olması, yanlış uygulama ve kullanım süresidir (Osterholm MT, 2015).

5.7. Bulaşıcı Hastalık Salgınları Sırasında Sağlık Çalışanlarının Korunması

SARS ve Ebola virüsü salgınlarındaki vakaların ve ölümlerin önemli bir kısmı sağlık çalışanları arasındaydı. Bu Covid-19 salgını için de geçerliydi. Sağlık personeli, halk sağlığı çalışanları ve acil durum çalışanları için geçerli olan ve her bir etkene yönelik maske ve kişisel ekipman kullanımı ile ilgili yönergeler mevcuttur. Ulusal Ebola Virüsü Eğitim ve Öğretim Merkezi, ABD'de sağlık çalışanlarını eğitmek ve hastanelerin ABD ve diğer ülkelerdeki yüksek tehlikeli virüsle enfekte hastalara hazırlanmalarına yardımcı olmak için kurulmuştur. Laboratuvar çalışanları, tehlikeli patojenlerle çalışmak üzere eğitilmeli ve koruyucu ekipman giymelidir. Belirlenen tehdit patojenler, klinik laboratuvarlarda rutin olarak tanımlanan yaygın halk sağlığı patojenlerinden farklı bir dizi düzenleme altında depolanmalı, işlenmeli ve taşınmalıdır (CentersforDisease Control andPrevention (CDC)).

5.8. Temas Öncesi ve Temas Sonrası Aşılama

Bir saldırıda kullanılması muhtemel biyolojik etkenlerden toplumu korumak için bir olay meydana gelmeden önce önlemler alınmalıdır. Bir biyoterörist olayının rutin aşılama kapsamında olmayan biyolojik etkenlerden kaynaklanma olasılığı yüksek olduğunda temas öncesi profilaksi genellikle askeri kuvvetler, sağlık çalışanları ve acil müdahale personeli için yapılan aşılarla sınırlıdır. Nüfusun çoğunluğu için, yalnızca temas sonrası profilaksi önemlidir. Kasıtlı bir salgın için temas sonrası profilaksi, hem olay sırasında maruz kaldığı bilinen kişileri hem de başkaları tarafından enfekte edilen kişileri kapsayacaktır. Profilaksi, hem aşılardan hem de antimikrobiyallerden oluşabilir. Canlı, zayıflatılmış aşılar kullanıldığında nüfusun nispeten büyük bir kısmının bir tür bağışıklık yetmezliğine sahip olduğu dikkate alınmalıdır (Carlin EP, 2017, MacIntyre

CR, 2018). Günümüzde temas öncesi veya temas sonrası profilaksi için en çok kullanılması muhtemel aşılar çiçek ve şarbon aşılarıdır. Çiçek hastalığına karşı rutin aşılama 1980'lerde durdurulduğundan beri dünya nüfusunun %50'sinden azı aşılanmış durumdadır (Eichner M, 2003). Temas sonrası profilaksi, birincil temasların yoğun bir şekilde izlenmesini ve aşılanmasını, ardından ikincil temasların aşılanmasını ve son olarak da tanımlanmış bir bölgede etkilenen tüm insanların aşılanmasını gerektiren halkı aşılamayı içerir (Bozzette SA, 2003). Olay sırasında doğrudan temas edenlerin profilaksisi için temastan sonraki 3-4 gün içinde aşılama yapılırsa etkili olabilir (Mortimer PP, 2003). İlk vakaların temastan sonra tespit edilmesi zaman alabileceğinden aşı, genellikle ikincil ve sonraki temaslar için etkili olacaktır. Atopik dermatiti olan kişileri bağışıklayabilecek olanlar da dâhil olmak üzere daha yeni çiçek aşıları geliştirme aşamasındadır (Maksyutov RA, 2017, Darsow U, 2016). Doğal olarak oluşan inhalasyon şarbonu son derece nadir olduğundan, şarbon aşısının insanlarda güvenlik ve immünojenite profilleri oluşmuştur. Fakat etkinliği yalnızca hayvan modelleri üzerinde test edilmiştir. Henüz klinik çalışmalarda test edilmemiştir (Hopkins R, 2013, Crowe SR, 2010, Garman L, 2014, Dumas EK, 2017). Mevcut şarbon aşısı, *Bacillus anthracis* Vollum suşunun toksijenik, avirulan, kapsüllenmemiş bir mutantının kültür filtratlarından yapılır. Beş dozda kas içine uygulanır. Ardından yıllık ek doz yapılır. Koruyucu, antijen spesifik hafıza B hücreleri aşılamadan sonra uzun yıllar boyunca varlığını sürdürür (Garman L, 2014). Şarbon aşısı binlerce ABD askerî personeline verilmiş ve kayda değer olumsuz olaylar nadir görülmüştür (Martin SW, 2005). Şarbon aşısı gebelere önerilmemektedir. Ancak ABD ordusunda bulunan ve gebelik sırasında istemeden aşılanan kadınlarla ilgili bir çalışmada doğum sonrası herhangi bir anomali artışına rastlanmamıştır (Conlin AMS, 2017). ABD ordusu, tularemiye karşı yüksek riskli personel için canlı, zayıflatılmış bir aşığı araştırma aşamasında tutmaktadır. Aşı, temas öncesi profilaksi için yaygın olarak kullanılmamıştır. Temas sonrası profilakside de yeri yoktur. Tularemiye karşı yeni aşılar geliştirilmektedir, bunlardan biri veba ile tularemi arasında çapraz koruma sağlayabilir (Rotem S, 2014, Jia Q, 2016, Zauberman A, 2013). Botulinumtoksoid aşısı birkaç ay sonra etkili bağışıklık sağlar. Toksinlerin kısa latent süresi nedeniyle temas sonrası profilaksi için hiçbir değeri yoktur. Bu aşı, bağışıklık oluşturma yeteneğindeki düşüşler ve olumsuz yan etkileri nedeniyle 2012 yılında kullanımdan kaldırılmıştır (CentersforDisease Control andPrevention (CDC), 2011). Ruam ve Rift Vadisi ateşi aşılara ek olarak yeni rekombinant botulizm aşıları da geliştirilmektedir (Webb RP,

2017, Titball RW, 2017, Pittman PR, 2016). Sonuç olarak yeni aşıların ve diğer bağışıklık yaklaşımlarının geliştirilmesi ve üretilmesi için gereken süreyi büyük ölçüde kısaltmak için çalışmalar devam etmektedir. Bu yüzden bulaşıcı bir etkenle yapılan saldırı sonrasında yeni tedavi rejimlerinin hızla yaygınlaştırılması ve üretilmesi için gelişmiş teknolojiler önemlidir (Manfred S Green, 2018).

5.9. Biyoterörizmde İletişimin Önemi

Kasıtlı olarak başlatılan bir salgının büyük ölçüde öngörülemez doğası, belirsizliği artırma ve kamuoyunun yetkililere olan güvenini azaltma olasılığını arttıracaktır. Halkın eğitimi ve etkili risk iletişimi, halkın güvenini arttırarak tıbbi önlemlere olan uyumu da geliştirecektir (Sandman PM, 2003). Askerî personelde şarbon aşısı, aşının gerekliliği, güvenliği ve etkinliği konusunda önemli şüphelere yol açmıştır (Murphy D, 2003, Murphy D, 2012, Allen KC, 2015). Bu yüzden herhangi bir saldırıda klinisyenler ve halk sağlığı çalışanları güncel bilgilere ulaşabilmeli ve halka teknik olmayan bilgiler ve acil durumlarda nasıl hareket edileceğine dair basit talimatlar sunulmalıdır. Bu konuda uzmanlar, aşırı güven vermemek, belirsizliği kabul etmemek ve ikilemleri paylaşmamak gerektiğini öne sürmüşlerdir. Bu davranış da riskle ilgili yeni bilgiler kamuoyuna açıklandığında yalnızca aşırı tepkiye veya paniğe neden olur (Sandman PM, 2003). Biyoterör saldırısı meydana gelmeden önce, olaydan şüphelenildiğinde, olay doğrulandığında, olay sırasında ve sonrasında olmak üzere her aşamada iyi bir iletişim gerekecektir. Saldırının olduğu ülkenin saygın klinisyenleri, bilim insanları ve kamu görevlileri de dâhil olmak üzere güvenilir ve itibarlı sözcüler, bir olaydan önce yeterli şekilde bilgilendirilmelidir. Bir salgın sırasında vakaların atipik sunumu, tedaviye verilen farklı yanıtlar, yanlış pozitif ve yanlış negatif tanımlar gibi beklenmeyen sonuçlar meydana gelebilir. Görünüşte hastalığa maruz kalmayan kişiler hastalanırsa kamuoyunun yetkililere olan güveni sarsılabilir. Ayrıca sosyal ağların varlığı ve küresel yayılımı, yanlış veya yanıltıcı bilgilerin yayılma riskini artırır. Son olarak büyük bir bulaşıcı hastalık salgını, esneklik ve yerleşik hükümet politikalarında olası değişiklikler gerektirecektir (Manfred S Green, 2018).

5.10. Çevresel Faktörler

Biyolojik etkenlerin çevresel tespiti, araştırılması gereken bir diğer alandır. Bugüne kadar çevresel tespit sistemlerinin çoğu, şarbon saldırıları nedeniyle şarbon etkenine odaklanmıştır (Waller DF, 2016, Sharp NJ, 2016). Bu çalışmalar sonucunda yakın zamanda *B.anthraxis*'in saha ortamında hızlı taranması, tespiti ve tanımlanması için hassas ve spesifik bir rekombinasyonpolimerazamplifikasyon testleri seti geliştirilmiştir (Bentahir M, 2018). Aerosol biyoterörist saldırılarının nadir görülmesi ve muhtemelen küçük bir etkiye sahip olması, toplu taşıma sistemleri ve muhtemelen hedef olabileceği düşünülen bazı hükümet binalarıyla sınırlar (Manfred S Green, 2018).

5.11. Uluslararası Hazırlık

Birçok ülke, biyolojik veya kimyasal saldırı durumunda veya salgın boyutlarına ulaşabilecek ciddi salgınlar durumunda kullanılmak üzere ulusal ilaç ve aşı stoklarına sahiptir. Örneğin ABD, aşı ve diğer tıbbi önlemler için Stratejik Ulusal Stok bulundurmaktadır. Dünya genelinde çiçek aşısı depoları, tek tek ülkelerin elinde bulundurduğu depolara ek olarak DSÖ tarafından tutulmaktadır. Bazı ülkeler, orduda ve ilk müdahale ekiplerinde çiçek hastalığı ve şarbona karşı aktif aşılama programları yürütmektedir. Biyoterör olaylarına hazırlık, politikaların sürekli olarak yeniden değerlendirilmesini gerektirir (Cohen HW, 2004). 2009 H1N1 influenza pandemisinin veya Batı Afrika'daki 2014 ve 2016 Ebola virüsü salgınının kasıtlı olarak başlatıldığına dair bir kanıt olmamasına rağmen, yerel ve uluslararası yanıtlar biyoterör olaylarına yönelik mevcut hazırlık durumundaki güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koymuştur (Fineberg HV, 2009). Ebola virüsü salgını birçok ülkeye yayılmış, dünya çapında 20.000'den fazla vaka bildirilmiştir. Ölüm oranı %60'ın üzerindedir.

Ebola virüs salgınında görülen eksikleri ve alınan dersleri şu şekilde sıralayabiliriz (Manfred S Green, 2018):

- **Uluslararası Hazırlığın Eksikliği**
 - DSÖ'nün uluslararası endişe verici bir halk sağlığı acil durumu ilan etmesinde gecikmeli davranması
 - Koordineli uluslararası yardımın uygulanmasında gecikme
 - Salgın müdahalesine yardımcı olmak için destek sağlamada lojistik zorluklar

- DSÖ'nün bölgesel ve ülke düzeyindeki kapasitesindeki eksiklikler
- En az gelişmiş kent merkezlerinde yüksek riskli bir patojenin salgınına yönelik küresel planların eksikliği
- Umut vadeden aşı ve tedavi müdahalelerinin değerlendirilmesinde geç kalınması
- **Yerelde Hazırlıklarda Eksiklik Meydana Gelmesi**
 - Seyahat edenlerin giriş ve çıkışlarını düzenleyen sınır kontrollerinin uygulanmasındaki sorunlar hastalığın yayılma riskini artırdı
 - Karantina önlemleri tutarsız bir şekilde uygulandı
- **Ulusal tıbbi altyapının eksiklikleri**
 - Tanı testleri için uzmanlaşmış ekipman ve yüksek eğitilmiş bireylerin azlığı
 - Erken vakaların diğer endemik hastalıklarla karıştırılması, Ebola'nın salgın nedeni olarak tanınmasında gecikmeye yol açtı
 - Ebola tanısının doğrulanmasındaki gecikmeler karantinadaki diğer kişileri daha fazla riske soktu
 - Çok sayıda yüksek riskli hastayı tedavi edebilecek kapasitede hastane yatağı ve tıbbi personel eksikliği
 - Hastaların evde bakım kitleriyle tedavisi için yetersiz eğitim, kaynak ve beceriler sürekli bulaşma riskini artırdı
 - Kişisel koruyucu ekipmanların kullanımı konusunda uygun eğitime erişimin azalması
 - Tıbbi araştırma altyapısındaki eksiklikler potansiyel klinik müdahalelerin değerlendirilmesini geciktirdi
- **Yerel Gelenek ve Göreneklere Hazırlıkta Eksiklikler**
 - Geleneksel cenaze törenleri bulaşma riskini artırdı
 - Hastaların ve cesetlerin taşınması hastalığın yayılma riskini artırdı
 - Çok sayıda ölü için güvenli bir şekilde gömülmeyi sağlamada lojistik zorluklar
 - Risk altında olan yerel nüfus arasında müdahalelere karşı direnç, bazen müdahale edenler için güvenlik riskiyle sonuçlandı
- **Ebola virüsü hastalığının yetersiz anlaşılması**
 - Latent virüs, birkaç ay sonra sağ kalanlar tarafından cinsel yolla bulaştı
 - Sağ kalanlar arasında görülen Ebola sonrası sendromu

6. BİYOTERÖRİZMDE MİKROBİYOLOJİK GELİŞMELER

11 Eylül 2001 tarihinde New York ve Washington DC'de gerçekleşen saldırılar, dünya çapında terörizmle mücadele girişimine yardımcı olmak amacıyla biyolojik savaş (BW) ve diğer etkenler hakkında kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Soğuk Savaş döneminde eski adı ile SSCB, dünyanın en büyük ve en gelişmiş biyolojik savaş programını inşa etme etmek için gizlice muazzam miktarda biyolojik silah geliştirerek test etti ve stokladı. Bu laboratuvarlarda ve üretim tesislerinde geliştirilen bilgi, şüphesiz diğer rejimlere ve terör örgütlerine de yayıldı. Tüm bu etkenler, biyoterörist saldırı durumunda hem askerî personel hem de siviller için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Çeşitli potansiyel BW ajanlarının tam ölçekli genom dizilimi Sanger Merkezi, Genomik Araştırma Enstitüsü (TIGR) ve diğer kurumlarda devam etmektedir. BW patojenleri için beklenti, genom dizisinin daha iyi aşılardan, tanı testlerinin ve tedavilerin geliştirilmesine yardımcı olmasıdır. Böylece temel biyolojik süreçlerin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına giden yolun açılmasıdır. Ayrıca yerli olmayan genlerin tanıtılmasıyla patojeniteleri artırılmış, genetiği değiştirilmiş varyantların tespiti de mümkün olabilir. Son teknolojik ekipmanlar ile tüm genomların hızlı ve etkili bir şekilde dizilenmesine olanak sağlanmıştır (Rekha Seshadri,2004).

6.1. Tüm Genom Dizilimlerinin Belirlenmesi

Günümüzde bu yöntem, genomik DNA'lardan rastgele küçük kb ve orta boy eklemeli plazmid kütüphanelerinin oluşturulmasını, bu kütüphanelerden rastgele seçilen klonların her iki ucunun dizilenmesini, böylece genomun yaklaşık sekiz katı dizi kapsamının sağlanmasını ve TIGR birleştirici programları kullanılarak rastgele dizi parçalarının birleştirilmesini içermektedir. Çıkarılan genom yapısının genel doğruluğu ve tüm tekrar dizileri PCR ve yürüyen tekrarlayan ögelerle de doğrulanır. Genomun daha sonraki açıklaması, açık okuma çerçevelerinin (ORF'ler) ve genler arası bölgelerin tanımlanmasını optimize etmek ve diğer analizleri kolaylaştırmak için geliştirilen çeşitli hesaplama yazılımlarının kullanımını içerir. TIGR, akademik araştırma topluluğuna Dünya Çapında Ağ'daki TIGR Mikrobiyal Veritabanı (www.tigr.org/tdb/tdb.html)

aracılığıyla genom dizisine ve dizi analizi sonuçlarına tam erişim sağlar (Rekha Seshadri,2004).

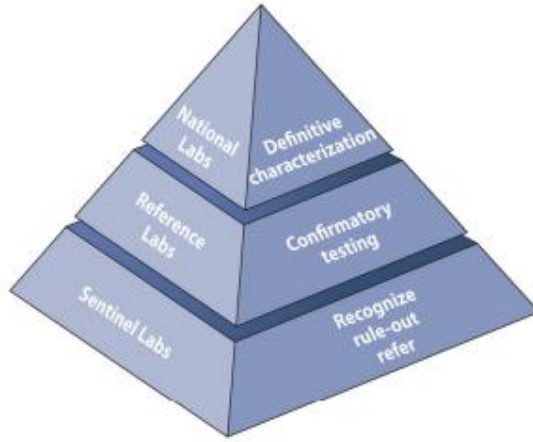
6.2. TIGR'de Biyosavunma Ajanlarının Sıralı Analizi

Konakçı ile patojen arasındaki etkileşim, saldırıların ve karşı saldırıların yapıldığı ve yıllar boyunca hem mikroorganizma hem de konakçı tarafından akıllıca taktiklerin geliştirildiği bir savaş olarak düşünülmelidir. Her patojen, konak savunmalarına karşı koymasını ve enfeksiyon oluşturmalarını sağlayan benzersiz bir parazitik "strateji" geliştirmiştir. Bu nedenle seçilmiş ajanlar, BW potansiyellerine ek bakteriyel patogeneze için önemli paradigmlar olarak hizmet eder. Ayrıca konak-patojen etkileşimleri ve adaptasyonları hakkındaki anlayışımızı daha da ileri götürür. BW patojenlerinin dizileme projelerinden elde edilen bilgiler, aşı adaylarının ve terapötik ve tanı reaktiflerinin belirlenmesi açısından da önemlidir. Genom dizisi ayrıca, bulaşıcı süreç sırasında gen ifadesini analiz etmek ve tür içi suşların patojenitesindeki farklılıklardan sorumlu olan konak özgüllük faktörlerini belirlemek için DNA mikrodizilerinin üretilmesine de olanak tanıyacaktır. Mikrodizi analizi karşılaştırmalı genom hibridizasyon çalışmaları veya değiştirilmiş gen ifadesi profillerinin doğrulanması yoluyla BW ajanları olarak işlev görecektir şekilde genetik olarak değiştirilmiş suşların belirlenmesinde de potansiyele sahiptir (Rekha Seshadri,2004).

6.3. Laboratuvar Müdahale Ağı

Klinik mikrobiyoloji uzmanları, aslında 11 Eylül 2001 terör saldırısından ve 2001'deki şarbon biyoterörizm saldırısından önce koordineli bir ulusal yaklaşım geliştirmişlerdir. Ancak ağ sistemi ve gelişimi de şarbon biyoterörizminden önemli ölçüde etkilenmiştir. 2001'deki şarbon saldırısından önce böyle bir saldırının potansiyelini fark eden CDC, FBI ve Halk Sağlığı Laboratuvarları Derneği (APHL), 1999 yılında Laboratuvar Müdahale Ağı'nı (LRN) geliştirmiştir (<http://www.bt.cdc.gov/lrn/biological.asp>; <http://www.aphl.org/aphlprograms/preparedness-and-response/partnerships-and-outreach/0>). LRN'nin amacı, kimyasal veya biyoterörizm eylemlerine, ortaya çıkan bulaşıcı hastalıklara ve diğer halk sağlığı tehditlerine ve acil durumlara hızlı bir şekilde yanıt verebilecek şekilde tam donanımlı,

ulusal ve uluslararası entegre bir laboratuvar ağı oluşturmaktır (Elizabeth Wagar, 2015). LRN genellikle bir piramit şeklinde gösterilir (**Şekil 6.1**).



Şekil 6.1. CDC laboratuvar müdahale ağı (LRN): (CDC'den uyarlanmıştır)
[<http://www.bt.cdc.gov/lrn/pdf/lrn-overview-presentation.pdf>]

Piramidin tabanında nöbetçi laboratuvarlar bulunur. Bunlar, bulaşıcı bir etkenin primer tanısının genellikle gerçekleştiği klinik mikrobiyoloji laboratuvarlarıdır. Bu laboratuvarlar, genellikle akut bakım hastaneleri veya daha büyük referans laboratuvarları ile ilişkilidir. ABD’de buna benzer binlerce laboratuvar bulunmaktadır. CDC'ye göre bir nöbetçi laboratuvar, mikrobiyoloji ajanları veya biyolojik toksinler içerebilecek örnekleri, numuneleri analiz etme veya bunları gönderme yeteneğine sahip laboratuvardır.

(<http://www.bt.cdc.gov/lrn/biological.asp>; <http://www.aphl.org/aphlprograms/preparednessand-response/partnerships-and-outreach/>).

Nöbetçi bir klinik laboratuvarın sorumlulukları, halk sağlığı açısından önem taşıyan tanısal örneklerin veya izolatların yerel veya eyalet halk sağlığı laboratuvarlarına gönderilmesine ilişkin politika ve prosedürleri içermesidir. Ayrıca laboratuvar personeli, bulaşıcı ajanların paketlenmesi ve nakliyesi için federal düzenlemelere uymalıdır. Laboratuvar, Amerikan Mikrobiyoloji Derneği'nin (ASM) "Şüpheli Biyolojik Tehdit Ajanları ve Ortaya Çıkan Bulaşıcı Hastalıklar İçin Sentinel Seviye Klinik Laboratuvar Protokolleri"ni yansıtan politikalara ve prosedürlere sahip olmalıdır (<http://www.asm.org/index.php/issues/sentinel-laboratory-guidelines>). Ayrıca laboratuvar, ASM yönergelerinde belirtilen testleri sürdürmeli ve yeterlilik testlerine veya tatbikatlarına katılarak yeterlilik göstermelidir. Tesiste biyogüvenlik kabini II. sınıf veya daha yüksek sertifikalı olmalıdır. Ayrıca laboratuvar, biyogüvenlik seviyesi II

(BSL-2) uygulamalarına ve geçerli İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi (OSHA) yönetmeliklerine uymalıdır. Son olarak laboratuvar, Select Agent Programının kurallarına ve yönetmeliklerine uymalıdır (Elizabeth Wagar, 2015). Piramidin tepesinde, örnekleri ve mikrobiyalizolatları kesin olarak tanımlayan ulusal laboratuvarlar yer almaktadır. Ayrıca CDC ve ABD Ordusu Bulaşıcı Hastalıklar Tıbbi Araştırma Enstitüsü (USAMRIID) laboratuvarı da biyogüvenlik seviyesi IV (BSL-4) özel muhafaza alanlarına sahiptir (Elizabeth Wagar, 2015).

6.4. Yüksek Riskli Etmenler İçin Mikrobiyolojik Risk Değerlendirmesi

Biyosürveyans, diğer adı ile biyogözetim terimi, biyoterörizm ve biyolojik olaylara yönelik daha kapsamlı bir yaklaşım için genel bir ifade haline geldi. Zamanla, halk sağlığı, veterinerlik tıbbı, jeopolitik olaylar ve biyoterörizm arasındaki ayrımlar daha az belirginleşti. Klinik mikrobiyoloji sonuçları, daha büyük etkinlikleri nasıl etkileyebileceği konusunda çok sayıda kafa karışıklığı oluşturabilir. Laboratuvar kayıtları, ister dâhili (mesleki maruziyet) ister harici (salgın hastalıklar veya biyoterörizm) olsun, bir salgının değerlendirilmesinde en sık kullanılan kayıtlardır (Margevicius K, 2014). Bireysel laboratuvarların biyosürveyanstaki rollerine ilişkin kişiselleştirilmiş bir risk analizi geliştirmek isteyebilecekleri çeşitli mekanizmalar vardır. Bunlar arasında (i) askerî ve biyoterörizm perspektifi, (ii) halk sağlığı bakış açısı ve (iii) laboratuvar güvenliği perspektifi yer alır. Teknoloji gereksinimleri ve maliyetinden dolayı biyolojik silahların üretimi nispeten kolay ve ucuzdur. Bu yüzden yüksek riskli kabul edilirler. Klinik mikrobiyoloji laboratuvarının olası bir biyoterörizm etkenine verdiği yanıt için dış kuruluşlarla etkili bir şekilde çalışma yeteneği kritik öneme sahiptir. Biyoterörizm ajanlarının askerî bir bakış açısıyla veri akışı etkileşimi ve raporlanmasıyla ilgili rehberler son zamanlarda yayınlandı (Karwa M, 2005, Cheng KE, 2012). Şarbon saldırısıyla ilgili yaygın bir farkındalık oluşmadan önce bile 1990 ile 1999 yılları arasında biyoterörizm ajanlarının fiili veya tehdit edici kullanımına ilişkin 153 vaka rapor edildi (Grundmann O. 2014). Nöbetçi laboratuvarlarından federal, eyalet, bölgesel ve yerel kurumlara bildirim mekanizmaları, bir biyoterörizm saldırısına ilişkin uyanıklığımız açısından önemlidir. Biyolojik olarak tehlikeli bir etkenin ortaya çıkışına ilişkin risk değerlendirmesi, temelini epidemiyolojinin oluşturduğu halk sağlığı raporlaması olarak da değerlendirilebilir. Halk sağlığı faaliyetleri, bir dizi laboratuvar bilimiyle (mikrobiyoloji, toksikoloji, davranışsal ve anket araştırmaları) ilgilidir.

Raporlama, epidemiyolojik dizinin temelidir. Bir bölgenin raporlanabilir bulaşıcı ajanlarının listesi, son derece bulaşıcı bir organizma alma riskini değerlendirmek için mükemmel bir bakış açısı sunar. Ayrıca bir bölgenin coğrafyası, sıklıkla önemli yerel enfeksiyöz ajanları vurgular. Örneğin *Yersinia pestis*, güneybatı ABD’de sylvatik veba olarak bulunur (Wimsatt J, 2009). Ulusal sınırları aşan göç, halk sağlığı senaryolarına katkıda bulunur. Örneğin *Trypanosoma cruzi*’nin ABD’deki yolculuğudur (Bern C, 2011). Mikrobiyoloji laboratuvar yöneticisi tarafından risk değerlendirmesinde dikkate alınması gereken diğer bir alan laboratuvar güvenliğidir. Biyogüvenlik seviyesine (BSL) dayalı önlemler, laboratuvar operasyonları içindeki risk yönetiminin esasında vardır. Dört BSL’nin her biri, laboratuvar uygulamaları, güvenlik ekipmanı ve tesis gereksinimlerini içeren kendi sınırlama kontrollerine sahiptir (US Department of Health and Human Services. 2009). Ayrıca, bilinmeyen yüksek riskli etiyolojik etkenlerle veya yeni keşfedilen etkenlerle çalışmaya yönelik prosedürlerin mevcut olması gerekir (Elizabeth Wagar, 2015).

6.5. Mikrobiyoloji Laboratuvarında Yeni Teknoloji

Bu teknolojiler, matris destekli lazer desorpsiyoniyonizasyon-uçuş zamanı (MALDI-TOF) kütle spektrometrisi olarak sağlanan kütle spektrofotometrisi, film dizisi ve benzeri multipleks PCR teknolojilerini içerir. Ticari olarak temin edilebilen iki MALDI-TOF sistemi de büyük biyomolekülleri incelemek için benzer şekilde geniş profilli bir kütle spektrofotometrik yöntem kullanır. Tipik olarak seçili bakterileri tanımlamak için kullanılabilen proteinleri hedefler (Seng P. 2009). MALDI-TOF yöntemlerinin *Francisellatularensis* alt türleri ve biyoterörizm açısından ilgi çeken diğer organizmalar da dâhil olmak üzere bakterilerin ayırt edilmesine olanak sağladığı açıktır (Lundquist M, 2005, Hsieh SY, 2008). Bu yöntemler, *Burkholderia* türlerini ve *Bacillus* sporlarını tanımlamak için de kullanılmıştır (Vanlaere E, 2008, Hathout Y, 1999). Biyoterörizm ajanlarının tespiti için MALDI-TOF kütle spektrometrisine ek olarak film dizisi ve diğer multipleks PCR teknikleri de uygulanmaktadır. BioFire (eski adıyla Idaho Technology) ve Roche, Ebola virüsü ve diğer biyolojik tehditleri tespit etmek amacıyla FDA’dan acil kullanım yetkisi aldılar. Film dizisi sistemi, numuneden sonuca otomasyonda moleküler testleri basitleştirmek için mikroakışkanlar, mikroelektronik ve mikrofabrikasyon dâhil olmak üzere nanoteknolojideki ilerlemeleri kullanır. İlk başarılı yaklaşım, *Bordetellapertussis* ve *Mycoplasmapneumoniae* dâhil

olmak üzere birden fazla virüsün yanı sıra bakteri temsilcilerini de içeren bir film dizisi solunum panelini içermektedir (Pierce VM, 2012). BioThreat-E FilmArray sistemi, 27 hedef ve 17 patojen için tespit reaktifleri içeren ayrı ayrı paketlenmiş BioThreat-E FilmArray poşetlerini içerir. *Bacillus anthracis*, *Francisella tularensis*, *Brucella* türleri, *Rickettsia*, *Coxiella burnetii*, Venezuela at ensefaliti (VEE) virüsü, *Yersinia pestis* ve ortopoksvirüsler için birden fazla hedef sağlanmıştır. Bu sistemin kullanımı kolay, tek numunelik kesesi ve geniş yelpazedeki tespit hedefleri, belirli etkenlerin rutin tespitini nöbetçi laboratuvar seviyesine getirme potansiyeline sahiptir. Yakın zamanda da ABD'de Ebola virüsü enfeksiyonunun tespitinde kullanılmıştır. BioFireFilmArray paneli, şu anda ABD'de Savunma Bakanlığı tarafından kullanılmak üzere sınırlandırılmıştır. Açıkçası bu yöntemler, hızla gelişmeye devam edecek ve biyoterörizm ajanlarının tespitinde nöbetçi laboratuvarlara önemli yardım sağlayacaktır. Bununla birlikte raporlama ve ağ değerlendirmelerini uygun şekilde standartlaştırmak için eyalet ve ulusal düzeydeki kamu sağlığı kuruluşlarının sürece dâhil olması gerekmektedir (Elizabeth Wagar, 2015).

7. SONUÇ

Devletler, ulusal güvenlik stratejilerini yeniden değerlendirdikçe, terör örgütleri de silahlarını geliştirmeye devam etmektedir. Diğer yandan bu tür silahların kullanılması sınırlı olmuştur. Ancak 2001 yılında ABD'de görülen şarbon saldırısı dikkatleri yine bu silahlara çevirmiştir.

Biyoterörizmde kullanılan silahlar, sıradan eylemleri bile "potansiyel olarak korkunç bir ölüme yol açan zehre" dönüştürebilir. Bu yüzden bu silahların kolaylıkla elde edilmesi ve üretilmesi gelecekte uluslararası ilişkilerde güvenlik strateji açısından önemli bir unsur olacaktır. Özellikle 11 Eylül saldırılarından sonra dünya, büyük ölçüde küreselleşmenin güçlü akımlarının etkisi ile ve buna bağlı olarak bilgi paylaşımının kolaylaşması sonucu, bilimsel bilgide ve silah kabiliyetlerinde önemli bir artışa tanık oldu. Bilginin paylaşılması ile birlikte dünyayı terörize etmeyi amaçlayan hem bireylerin hem de terör örgütlerinin oluşturduğu tehdit artmaktadır. Örneğin IŞİD (Irak İslam Şam Devleti) ve vb gibi terör örgütleri, küreselleşmenin etkilerini sürekli olarak kötüye kullanarak küresel çapta korku yaymaya devam edecektir. Biyolojik saldırılar nispeten küçük çaplı olsa da kitle imha silahları gibi daha yoğun silahlara dönüşme olasılıkları da bulunmaktadır. Bu olasılık da biyoterörizmin uluslararası güvenlik konusunda gelecekte ne kadar önemli bir unsur olacağını göstermektedir.

Ayrıca biyoterörizm, nükleer veya kimyasal silahlardan farklı olarak basit ve kolay bir şekilde elde edilmesi ve maliyetinin düşük olması nedeniyle terör örgütlerinin ilgisini çekmiştir. Bu da gelecekte bu tür silahların daha çok kullanılabileceğini göstermektedir. Küreselleşme ile birlikte teröristlerin bu silahları yapmak için ihtiyaç duydukları malzemeleri edinmeleri de artık kolaylaşmıştır. Çünkü bu malzemeler internet üzerinden rahatlıkla satılabilmektedir.

Biyoterörizm saldırılarını terör grupları açısından cazip kılan diğer bir sebep ise saldırının etkilerinin ortaya çıkması için gereken süredir. Diğer terör saldırılarında, etkiler hemen ortaya çıkar iken biyolojik saldırıda bu etkiler hemen görülmeyebilir. Bu yüzden gerekli önlemlerin alınması için yeterli süre olmadığı için, bu saldırıların yapacağı tahribat da büyük ihtimal büyük olacaktır. Ayrıca bir terörist biyolojik saldırıyı bir metro istasyonu, bir alışveriş merkezi veya havaalanı gibi açık bir alanda yaptığı zaman bireylerde hemen bir etki görülmemesi saldırganların kaçması için yeterli zamanı da sağlamaktadır. Bu da biyolojik saldırının diğer bir avantajıdır.

Terör örgütleri için biyolojik silah kullanımının diğer bir nedeni ise kullanılan maddenin bulaşıcı olması durumunda ölümcül bir salgına yol açmasıdır. Bu bulaşma hastalık kontrol önlemlerini aşma potansiyeline sahiptir. Böyle bir saldırı sadece belli bir alanı değil, çok daha kapsamlı bir alana yayılma ihtimali oluşturmaktadır. Yakın zamanda yaşadığımız Covid-19 salgını bunun en güzel örneğidir. Bu salgın ilk olarak Çin’de başlamış, hızla yayılarak tüm dünyayı etkilemiştir. Bu salgının yalnızca sağlık boyutu değil, aynı zamanda ekonomik boyutu da büyük olmuştur. Bundan dolayıdır ki biyoterörizmin neden olduğu sorunlar sağlık ve bakım sistemine ağır yükler getirebilir. Bu yüzden ülkeler için biyoterörist saldırılarına karşı koymak için iyi hastalık gözetimi, hızlı epidemiyolojik ve laboratuvar araştırması, etkili tıbbi yönetim ile bilgi, eğitim ve iletişim içeren etkili bir sağlık sistemi gereklidir.

Diğer yandan uluslararası ilişkiler açısından biyolojik silah kullanımına ilişkin artan korkular, ulusları bu tehdidi azaltmak için çeşitli stratejileri geliştirmeye neden olmuştur. Bu stratejilerden biri “Biyolojik Silahlar Sözleşmesi (BWC)”dir. Diğerisi ise Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi Kararı’dır. Bu sözleşmeler özellikle biyolojik silahların kullanımına yönelik kısıtlamalarla ilgili ilk yapılan antlaşmadır. Bu antlaşma, kitle imha silahlarının tümünün geliştirilmesi, üretilmesi ve stoklanmasını yasaklayan ilk çok taraflı silahsızlanma antlaşmasıdır. Böylece uluslararası ilişkilerde biyoterörizmin önüne geçilmesi için önemli bir adım atılmıştır.

Gelecekte biyoterörizmin riskini arttıracak bir diğer unsur eşitsizlik ve yoksulluktur. Örneğin Çin'de yaşam standardının büyük ölçüde artması sonucunda et tüketimi sıklıkla arttı. Çünkü bulaşıcı hastalıklar ile et üretimi arasında açık bir bağlantı olduğu unutulmamalıdır. Özellikle yetersiz hijyen ve güvenlik önlemleri ile fabrika üretimi, yeni zoonotik virüslere ve salgınlara yol açabilecektir.

Diğer yandan biyolojik saldırıların iyi tespit edilmesi gerekir. Örneğin ABD 2003 yılında Irak'a saldırmadan önce Irak'ın biyolojik silah programı olduğunu iddia etmişti. Bundan dolayı biyolojik tehditler genellikle 4 kategoride değerlendirilir. 1. Araştırmanın istenmeyen sonuçları. 2. Laboratuvar kazaları. 3. Bilgi eksikliği. 4. Dikkatsizlik. Bununla birlikte biyolojik bir saldırıya müdahalede, diğer bilimleri de içeren gelişmiş bir istihbarat perspektifi gerekir. Bu konuda uluslararası güvenlik uzmanları, özellikle kritik ve ilgili kuruluşların ağlarını savunma çalışmalarında ve biyoterörizmle etkili bir şekilde mücadelede kritik bir rol oynayacaktır. Bu nedenle güvenlik istihbaratı, biyolojik saldırı olayı gibi bir durumda ne olduğunu tespit ederek bir tehdidi veya en azından maliyetlerini azaltmak için uygun önlemlerin alınmasını sağlamakta oldukça yararlı olacaktır.

Biyoterörizm, yalnızca gelecek için değil, aynı zamanda bugün için de bir tehlikedir. Bu nedenle, potansiyel biyoterörizme karşı uygun önlemlerin alınması, ulusal güvenliklerin en önemli önceliklerinden biri olmalıdır. COVID-19 salgınından elde edinilen bilgiler ve deneyimler bu konuda bize çok faydalı olacaktır. 21. yüzyılda ve gelecekte bir ulusu savunmak ve çeşitli güvenlik tehditlerini ortadan kaldırmak veya azaltmak için klasik devlet merkezli yaklaşımların ötesine geçen, önleyici ve istihbarat odaklı bir yaklaşım gerekecektir. Benzer şekilde küresel sağlık güvenliğini güçlendirmek için geleneksel devlet merkezli yapıların güvenlik dışı aktörlerle aktif olarak yeniden düzenlenmesi gerekecektir. Ayrıca bununla ilgili disiplinler arası katkıda bulunmak üzere yeni bilim ve akademik aktörlere de ihtiyaç olacaktır.

Biyoterörizmle mücadele etmenin diğer bir yolu, ülkelerin bilgi paylaşımı konusunda sosyal ve kamusal sorumluluklarını değerlendirmeleridir. Bundan sonra ulusal

güvenliğin, geleneksel yöntem ve yaklaşımlarla sağlanması mümkün değildir. Bu yüzden ulusal güvenliğe ilişkin mevcut doktrin, kavram ve stratejilerin hukuksal ve çağdaş koşullara uyarlanması ve yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Patojenlerin güvenlik boyutu yirmi birinci yüzyılda kökten değişti. Gelecekte daha da değişmesi bekleniyor. Yeni teknolojiler ile birlikte, biyolojik ajanların daha etkili bir şekilde ulaşımı da mümkün olacaktır. Biyoteknolojideki bu başarı, düşman aktörlere ve çeşitli terör örgütlerine potansiyel tehlike yaratacak silahların üretilmesine neden olacaktır.

Biyolojik tehditler üzerinde önemli bir etkiye sahip diğer bir unsur iklim değişikliğidir. Çünkü iklim değişikliğinin coğrafi yayılmayı daha da artıracığı ve bulaşıcı hastalıkların bulaşma oranında net bir artışa yol açacağı düşünülmektedir. Diğer yandan daha önce bulunan patojenlerin veya vektörlerin daha kuzeydeki yeni yaşam alanlarına kasıtlı olarak sokulması, kısmen iklim değişikliğinin de mümkün kıldığı bir terörist yöntem olabilir. Böylece insan toplulukları önceden karşılaşmadıkları patojenlerle karşılaşabilirler. Aynı zamanda daha eski ve tamamen bilinmeyen patojenler de yer altında olup, gelecekte yüzeye çıkarak yeni enfeksiyonlara yol açabilir. İklim değişikliğinin önemli bir diğer etkisi, küresel hayvan ve bitki biyoçeşitliliğinin azalması nedeniyle bir türden oluşan büyük popülasyonların dengesiz bir şekilde dağılarak, biyolojik silah olarak kullanılan böcekler ve vektörler, hastalıkları bulaştırıp çoğaltırken bitkilere, insanlara ve hayvanlara daha etkili bir şekilde zarar verebilecektir.

Biyolojik tehditleri arttıran diğer etkenler; nüfus artışı, göç, kentleşme ve demografik değişim gibi bir dizi unsurlardır. Çünkü kalabalık nüfuslu ve hızla büyüyen büyük kentlerdeki kötü hijyen koşulları, patojenlerin yayılmasını daha kolay hale getirmektedir. Böylece biyolojik bir saldırı durumunda çok sayıda insan etkilenecektir.

Biyoteknoloji ve tıp alanındaki gelişmelerin yanı sıra biyoenformatik alanındaki gelişmeler; bakteri, virüs ve hayvanların manipülasyonunda önemli gelişmelere de neden olacaktır. Patojenleri manipüle ederek onları daha etkili hale getirecek yöntemlerin gelecekte daha ucuz, kullanımı daha kolay ve muhtemelen daha yaygın hale gelmesi beklenmektedir. Biyolojik tehditler gelecekte daha şiddetli olacaktır.

Çünkü sentetik biyoloji, nanoteknoloji ve DNA manipölasyonu, virüsleri ve bakterileri değiştirerek veya hatta tamamen yeniden oluşturarak yeni bir biyolojik tehdit oluşturacaktır. Bununla birlikte genetiği değiştirilmiş ajanlarla karşılaştırıldığında, mevcut olan doğal patojenler daha büyük bir tehlike oluşturabilmektedir. Çünkü bunları silah haline getirmek için biraz daha az deneyim gerekiyor. Doğal patojenlerin diğer bir avantajı ise daha fazla kamuya açık araştırmalara konu olması ve potansiyel olarak doğada yaygın olarak bulunmasıdır.

Biyoterörist saldırıları düşük riskli, yüksek etkili bir durum olduğundan etkili ve sürekli hazırlık yapmak gerekir. Bu hem saldırının caydırılmasında hem de yönetilmesinde önemli bir bileşendir. Diğer bir husus, tüm dünyada, tamamen yasal, tehdit edici olmayan uygulamalara sahip tesisler ve ekipmanlar, biyolojik ajanlar üretmek için kullanılabilir. Bu da biyoterörizmde kullanılan silahların üretim maliyetlerinin düşük olmasına, yoksul ölkelerin veya terör örgütlerinin bunları elde etmesinin veya yapmasının nispeten kolay olduğu anlamına gelecektir. Bu yüzden toplumda yıkıma neden olan etkili bir biyoterörizm saldırısı olasılığı derinden endişe verici olacaktır.

Bu tez çalışması ile ölkemizde özellikle biyoterörizm ile ilgili bilgi eksikliği giderilmeye çalışılmıştır. Tezin biyolojik ajanlarla ilgili tıbbi bilgiler kısmı geniş tutularak, bu konuda çalışacak uzmanların yararlanması amaçlanmıştır. Böylece konuyla ilgili yeterli donanıma sahip uzmanlar arttıkça, biyoterörizmle mücadele konusunda çok farklı fikirlerin çıkabilecektir. Ayrıca biyoterörizm konusunda uzmanlıkların oluşturulmasının, uluslararası alanda bu uzmanların gerekli eğitimleri almasının, farklı ölkelerden uzmanların dönem dönem bir araya gelmesi ve bilgi alışverişinde bulunmasının biyoterörizmle mücadele konusunda önemli avantajlar sağlayacağı düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Adalja, A. A., Toner, E. ve Inglesby, T. V. (2015). Clinical management of potential bioterrorism-related conditions. *N Engl J Med.*, 372, 954–962.
- Adherence and Compliance with Arms Control (2021). *Nonproliferation, and disarmament agreements and commitments*. Washington, DC: Department of State.
- Ainscough, M. J. (2002). Next generation bioweapon. *Usaf Counter Proliferation*. Paper No 14.
- Alguliyev, R. M., Imamverdiyev, Y. N., Mahmudov, R. S. ve Aliguliyev, R. M. (2021). Information security as a national security component. *Information Security Journal: A Global Perspective*, 30(1), 1-18.
- Alibek, K. ve Handelman, S. (1999). *Biohazard: The chilling true story of the largest covert biological weapons program in the world, told from the inside by the man who ran it*. Random House.
- Allied Command Transformation Strategic Foresight Work, 2023
- Allen, K. C., Hendricks, K., Sergienko, E., Mirza, R. ve Chitale, R. A. (2017). Notes from the field: Compliance with postexposure prophylaxis for exposure to *Bacillus anthracis* among U.S. military personnel— South Korea. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.*, 65, 1489-1490.
- Allison, E., Betus, M. K. J. ve Anthony, F. L. (2017). Terrorism and intergroup communication. *Oxford Encyclopedia of Communication*.
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228613.013.409>
- Amelie Bottollier-Depois (2020). How climate change could expose new epidemics.
- Andreas, Z., Julien, D. ve Christophe, C. (2013). Microreactor technology in warfare chemistry. *Military Medicine Science*, 82(2), 63–68.
<https://doi.org/10.31482/mmsl.2013.009>
- Anema, A., Kluberg, S., Wilson, K. vd. (2014). Digital surveillance for enhanced detection and response to outbreaks. *Lancet Infect Dis.*, 14, 1035–1037.
- Anita, S. ve Bruno, Z. (2018). Synergy of Microtechnology and biotechnology: Microreactors as an effective tool for biotransformation processes. *Food Technology & Biotechnology*, 56(4), 464–479.

- Arias, A., Watson, S. J. ve Asogun, D. (2016). Rapid outbreak sequencing of Ebola virus in Sierra Leone identifies transmission chains linked to sporadic cases. *Virus Evol*, 2, vew016.
- Asada, M. (2008). Security Council Resolution 1540 to combat WMD terrorism: effectiveness and legitimacy in international legislation. *Journal of Conflict & Security Law*, 13(3), 303-332. <https://doi.org/10.1093/jcsl/krp002>
- Ashraf, A. And Filippidou, A. (2017). *Terrorism and technology*. NATO/Centre of Excellence Defence against Terrorism.
- Bak, R. O., Gomez-Ospina, N. ve Porteus, M. H. (2018). Gene editing on center stage. *Trends in Genetics*, 34(8), 600-611.
- Banada, P. P., Deshpande, S., Chakravorty, S., vd. (2016). Sensitive detection of Francisella tularensis directly from whole blood by use of the Gene Xpert System. *J Clin Microbiol*, 55, 291–301.
- Banada, P. P., Deshpande, S., Russo, R., vd. (2017). Rapid detection of Bacillus anthracis blood stream infections by use of a novel assay in the Gene Xpert System. *J Clin Microbiol*, 55, 2964–2971.
- Barboza, P., Vaillant, L., Le Strat, Y., vd. (2014). Factors influencing performance of internet-based biosurveillance system used in epidemic intelligence for early detection of infectious diseases outbreaks. *PLoS One*, 9, e90536.
- Baylis, J. ve Smith, S. (2001). *The globalization of world politics: An introduction to international relations*. Oxford University Press.
- Bell, L. (2013). *Bioterrorism: A dirty little threat with huge potential consequences*. www.forbes.com
- Bentahir, M., Ambroise, J., Delcorps, C., Pilo, P. ve Gala, J. L. (2018). Sensitive and specific recombinase polymerase amplification set of assays for fast screening, detection and identification of Bacillus anthracis in a field setting. *Appl Environ Microbiol*, 84, 6–18.
- Bergdoll, M. S., Kadavy, J. L., Surgalla, M. J. ve Dack, G. M. (1951). Partial purification of staphylococcal enterotoxin. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 33, 259–262.
- Bern, C., Kjos, S., Yabsley, J. ve Montcomber, S. P. (2011). Trypanosomiasis and Chagas' disease in the United States. *Clin Microbiol Rev.*, 24, 655–681.
- Bhaskara, R. ve Milton, S. (2020). The causal relationship between eating animals and viral epidemics. *Microbial Physiology*, 30(1), 2–8. <https://doi.org/10.1159/000511192>
- Biotechnology Research in an Age of Terrorism* (2004). National Academies Press.
- Bioterrorism Agents Diseases (2023). Centers for disease control and prevention.

- Biowarfare Against Agriculture (2023). Case studies in agricultural biosecurity.
- Blatny, J. M. ve Lausand, P. L. (2012). *The threat of bioterrorism: Identifying the unknown*. FFI Focus. https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/FFI-Fokus_nr2_2012_Bio_web.pdf
- Bluestein, G. ve Martin, J. *Feds arrest 4 in alleged Ricin attack plot. The Washington times*. Associated Press.
- Bogoch, I. I., Creatore, M. I., Cetron, M. S. vd. (2015). Assessment of the potential for international dissemination of Ebola virus via commercial air travel during the 2014 west African outbreak. *Lancet*, 385, 29–35.
- Bozzette, S. A., Boer, R., Bhatnagar, V. vd. (2003). A model for a smallpox-vaccination policy. *N Engl J Med.*, 348, 416–425.
- Brenneman, K. E., Doganay, M., Akmal, A. vd. (2011). The early humoral immune response to Bacillus anthracis toxins in patients infected with cutaneous anthrax. *FEMS Immunol Med Microbiol*, 62, 164–172.
- Brownstein, J. S., Freifeld, C. C. ve Madoff, L. C. (2009). Digital disease detection—harnessing the web for public health surveillance. *N Engl J Med.*, 360, 2153–2155.
- Buchholz, U., Bernard, H., Werber, D. vd. (t.y.). German outbreak of Escherichia coli O104:H4 associated with sprouts. *N Engl J Med.*, 365, 1763–1770.
- Bui, H. T. ve Young, A. (2014). Chilling new details on cold-storage smallpox. www.USAToday.com
- Bush, L. M., Abrams, B. H., Beall, A. ve Johnson, C. C. (2001). Index case of fatal inhalational anthrax due to bioterrorism in the United States. *N Engl J Med.*, 345, 1607–1610.
- Carlin, E. P., Giller, N. ve Katz, R. (2017). Estimating the size of the U.S. population at risk of severe adverse events from replicating small pox vaccine. *Public Health Nurs.*, 34, 200–209.
- CDC Bioterrorism Agents/Diseases (2017). Emergency preparedness response.
- Centers for Disease Control and Prevention (1986). *Morbidity and mortality weekly report*. Tularemia.
- Centers for Disease Control and Prevention (1994). *Foodborne botulism*.
- Centers for Disease Control and Prevention (1997). Fatal human plague – arizona and colorado, 1996. *Morbidity and Mortality Weekly Report (1997)*, 617–620.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) ve Department of Health and Human Services (HHS) (2016). Possession, use, and transfer of select agents and toxins—addition of Bacillus cereus biovar anthracis to the HHS list of select agents

- and toxins. Interim final rule and request for comments. *Fed Regist.*, 81, 63138–63143.
- Centers for Disease Control and Prevention (2003). *Imported plague*.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2011). Notice of CDC's discontinuation of investigational pentavalent (ABCDE) botulinum toxoid vaccine for workers at risk for occupational exposure to botulinum toxins. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.*, 60, 1454–1455.
- Check, E. (2004). Terror watchdog set up for 'dual use' biology. *Nature*, 428(109). <https://doi.org/10.1038/428109a>
- Cheng, K. E., Crary, D. J., Ra, J. ve Safta, C. (2013). Structural model used in real-time biosurveillance outbreak detection and outbreak curve isolation from noisy background morbidity levels. *J Am Med Inform Assoc.*, 20, 435–440.
- Chevalier, M. S., Chung, W., Smith, J., Weil, L. M., Hughes, S. M., Joyner, S. N., Hall, E., Srinath, D., Ritch, J., Tathiah, P., Threadgill, H., Cervantes, D. ve Lakey, D. L. (2014). Ebola virus disease cluster in the United States – dallas county, Texas, 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report (2014)*, 63, 1087–1088.
- China Internet Information Center (2020). *Guangming daily*.
- Chunara, R., Andrews, J. R. ve Brownstein, J. S. (2012). Social and news media enable estimation of epidemiological patterns early in the 2010 Haiti cholera outbreak. *Am J Trop Med Hyg.*, 86, 39–45.
- Claire Delacour (2023). Why use a micro reactor for chemical processes? European Training Network for Continuous Sonication and Microwave Reactors.
- Cohen, H. W., Gould, R. M. ve Sidel, V. W. (2004). The pit falls of bioterrorism preparedness: The anthrax and smallpox experiences. *Am J Public Health*, 94, 1667–1667.
- Conlin, A. M. S., Seveck, C. J., Gumbs, G. R., Khodr, Z. G. ve Bukowinski, A. T. (2017). Safety of inadvertent anthrax vaccination during pregnancy: An analysis of birth effects in the U.S. military population, 2003–2010. *Vaccine*, 35, 4414–4420.
- Cordesman, A. H. (2017). *President Trump's new national security strategy*. <https://www.csis.org/analysis/president-trumps-new-national-securitystrategy>
- Crompton, R. ve Gall, D. (1980). Georgi Markov – death in a pellet. *The Medico-Legal Journal*, 48, 51–62.
- Crowe, S. R., Ash, L. L., Engler, R. J. vd. (2010). Select human anthrax protective antigen epitope-specific antibodies provide protection from lethal toxin challenge. *J Infect Dis.*, 202, 251–260.
- Daniels, J. (2017). Mini-nukes and mosquito-like robot weapons being primed for future warfare. *CNBC*.

- Darsow, U., Sbornik, M., Rombold, S., Katzer, K., von Sonnenburg, F., Behrendt, H. ve Ring, J. (2016). Long-term safety of replication-defective smallpox vaccine (MVA-BN) in atopic eczema and allergic rhinitis. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 30(11), 1971-1977.
- DARPA Microsystems, 2019.
- Dominik Juling (2023). Future bioterror and biowarfare threats for NATO's armed forces until 2030. *Journal of Advanced Military Studies*, 14(1).
- Drew, T. W. ve Mueller-Doblies, U. U. (2017). Dual use issues in research-a subject of increasing concern? *Vaccine*, 35, 5990–5994.
- Drew Harvell, C. vd. (2002). Climate Warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296, 5(576), 158–162. <https://doi.org/10.1126/science.1063699>
- Drociuk, D. (2005). Epidemiological investigation of a ricin-containing envelope at a postal facility – South Carolina, 2003. Centers for Disease Control and Prevention.
- Drone Tech Planet (2023). Griff 300 Review: Drone that Can Lift 500 Pounds.
- Dumas, E. K., Garman, L., Cuthbertson, H., ve ark. (2017). Lethal factor antibodies contribute to lethal toxin neutralization in recipients of anthrax vaccine precipitated. *Vaccine*, 35, 3416–3422.
- Eichner, M. (2003). Analysis of historical data suggests long-lasting protective effects of smallpox vaccination. *Am J Epidemiol*, 158, 717–723.
- Elsa B. Kania and Wilson VornDick. CRISPR, Military-Civil Fusion, and the New Revolution in Military Affairs. Center for a New American Security 2019.
- Emond, R. T., Evans, B., Bowen, E. T. ve Lloyd, G. (1977). A case of Ebola virus infection. *Br Med J*, 2(6086), 541-544.
- Erbguth, F. J. (2008). From poison to remedy: The chequered history of botulinum toxin. *Journal of Neural Transmission*, 115, 559-565.
- Espinosa, R., Tago, D. ve Treich, N. (2020). Infectious diseases and meat production. *Environmental and Resource Economics*, 76(4), 1019-1044.
- Fairchild, A. L. ve Bayer, R. (2004). Public health Ethics and the conduct of public health surveillance. *Science*, 303, 631–632.
- Feng, Z., Li, W. ve Varma, J. K. (2011). Gaps remain in China's ability to detect emerging infectious diseases despite advances since the onset of SARS and avian flu. *Health Affairs (Millwood)*, 30, 127–135.
- Fidler, D. P. (2002). Bioterrorism, public health, and international law. *Chicago Journal of International Law*, 3(1), 15.

- Fineberg, H. V. (2014). Pandemic preparedness and response—lessons from the H1N1 influenza of 2009. *New England Journal of Medicine*, 370(14), 1335-1342.
- Franz, D. R. (2012). *Op-Ed—With the changing biological threat...smart international engagement policy would lower cost and increase national security*. <http://www.virtualbiosecuritycenter.org/blog/op-ed-with-the-changing-biological-threat-smart-international-engagement-to-lower-cost-and-increase-national-security>
- Franz, D. R. (2015). Implementing the select agent legislation: perfect record or wrong metric? *Health Security*, 13(4), 290-294.
- Franz, D. R., Jahrling, P. B., Friedlander, A. M., McClain, D. J., Hoover, D. L., Bryne, W. R., ... Eitzen, E. M. (1997). Clinical recognition and management of patients exposed to biological warfare agents. *Jama*, 278(5), 399-411.
- Franz, D. R., Pitt, L. M., Clayton, M. A., Hanes, M. A. ve Rose, K. J. (1993). Efficacy of prophylactic and therapeutic administration of Antitoxin for Inhalational Botulism. B. R. Das Gupta (Ed.), *Botulinum and tetanus neurotoxins: Neurotransmission and biomedical aspects* (ss. 473–476). Plenum.
- Fredens, J., Wang, K., De La Torre, D., Funke, L. F., Robertson, W. E., Christova, Y., ... Chin, J. W. (2019). Total synthesis of Escherichia coli with a recoded genome. *Nature*, 569(7757), 514-518.
- Garman, L., Smith, K., Farris, A. D., Nelson, M. R., Engler, R. J. ve James, J. A. (2014). Protective antigen-specific memory B cells persist years after anthrax vaccination and correlate with humoral immunity. *Toxins*, 6(8), 2424-2431.
- Gelderblom, H. R. ve Madeley, D. (2018). Rapid viral diagnosis of orthopoxviruses by electron microscopy: optional or a must? *Viruses*, 10(4), 142. <https://doi.org/10.3390/v10040142>
- Gill, D. M. (1982). Bacterial toxins: A table of lethal amounts. *Microbiological Reviews*, 46(1), 86-94.
- Goldman, B. (t.y.). How-to manual for making bioweapons found on captured Islamic state computer. Scope. 2014
- Gorvett, Z. (2017). The Deadly Germ Warfare Island Abandoned by the Soviets. *BBC*.
- Green, M. S., LeDuc, J., Cohen, D. ve Franz, D. R. (2019). Confronting the threat of bioterrorism: Realities, challenges, and defensive strategies. *The Lancet Infectious Diseases*, 19(1), e2-e13.
- Gronvall, G. K. (2017). Biodefense in the 21st century. *Science*, 356, 588.
- Grundmann, O. (2014). The current state of bioterrorist attack surveillance and preparedness in the US. *Risk Management and Healthcare Policy*, 177-187.
- Guillemin, J. *Biological weapons: From the invention of state-sponsored programs to contemporary bioterrorism*. Columbia University Press.

- Hambling, D. (2016). Could ISIS really attack the west with a dirty drone. *Popular Mechanics*.
- Hathout, Y., Demirev, P. A., Ho, Y. P., Bundy, J. L., Ryzhov, V., Sapp, L., ... Fenselau, C. (1999). Identification of Bacillus spores by matrix-assisted laser desorption ionization–mass spectrometry. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(10), 4313-4319.
- Henderson, D. A. ve Arita, I. (2014). The smallpox threat: A time to reconsider global policy. *Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice, and Science*, 12(3), 117-121.
- Henderson, D. A., Inglesby Jr, T. V., O'Toole, T. ve Mortimer, P. P. (2003). Can postexposure vaccination against smallpox succeed? *Clinical Infectious Diseases*, 36(5), 622-629.
- Hendricks, K. A., Wright, M. E., Shadomy, S. V., Bradley, J. S., Morrow, M. G., Pavia, A. T., ... Bower, W. A. (2014). Centers for disease control and prevention expert panel meetings on prevention and treatment of anthrax in adults. *Emerging Infectious Diseases*, 20(2), e130687.
- Hill, E. V. ve Victor, J. (1947). *Summary report on BW investigations*. Archived at the US Library of Congress.
- Holzer, E. (1962). Botulism caused by inhalation. *Medizinische Klinik*, 57, 1735-1738.
- Hopkins, R. J., Daczkowski, N. F., Kaptur, P. E., Muse, D., Sheldon, E., LaForce, C., ... Bernton, E. (2013). Randomized, double-blind, placebo-controlled, safety and immunogenicity study of 4 formulations of Anthrax Vaccine Adsorbed plus CPG 7909 (AV7909) in healthy adult volunteers. *Vaccine*, 31(30), 3051-3058.
- Hsieh, S. Y., Tseng, C. L., Lee, Y. S., Kuo, A. J., Sun, C. F., Lin, Y. H. ve Chen, J. K. (2008). Highly efficient classification and identification of human pathogenic bacteria by MALDI-TOF MS. *Molecular & Cellular Proteomics*, 7(2), 448-456.
- Huang, E., Pillai, S. K., Bower, W. A. vd. (2015). Antitoxin treatment of inhalation anthrax: A systematic review. *Health Secur.*, 13, 365–377.
- Hudspeth, J. (2005). Chapter 4 Tularemia. İçinde G. L. Zubay (Ed.), *Agents of bioterrorism: Pathogens and their weaponization* (ss. 43–58). Columbia UP.
- Hwang, K. (2024). Possible bioterrorism by North Korea and South Korea's preparedness. *Infection & Chemotherapy*, 56(3), 300. <https://doi.org/10.3947/ic.2024.0068>
- Hylton, W. (2017). How ready are we for bioterrorism? *Nytimes*.
- Inglesby, T. V., O'Toole, T. ve Henderson, D. A. (2000). Preventing the use of biological weapons: improving response should prevention fail. *Clinical Infectious Diseases*, 30(6), 926-929.

- International Civil Aviation Convention (ICAO) (2020). States established it in 1944 to manage the (Chicago Convention). <https://www.icao.int/abouticao/Pages/default.aspx>
- Israely, T., Paran, N., Lustig, S., Erez, N., Politi, B., Shafferman, A. ve Melamed, S. (2012). A single cidofovir treatment rescues animals at progressive stages of lethal orthopoxvirus disease. *Virology Journal*, 9, 1-12.
- Jaax, N. K. ve Franz, D. R. (1997). "Chapter 32." Medical aspects of chemical and biological warfare. İçinde F. R. Sidell, E. T. Takafuji ve D. R. Franz (Ed.), *Borden institute* (ss. 631-642). Walter Reed Army Medical Center.
- Jackson, L. S., Zhang, Z. ve Tolleson, W. H. (2010). Thermal stability of ricin in orange and apple juices. *Journal of Food Science*, 75(4), T65-T71.
- Jason, B., Katherine, K. ve Nele, M. P. (2021). (Ed.), NATO 2030: Towards a new strategic concept and beyond. *Henry A. Kissinger Center for Global Affairs*, Johns Hopkins University.
- Jeffrey, A. L. (2010). *Insects: Tougher than anthrax*. Boston Globe.
- Jia, Q., Bowen, R., Lee, B. Y., Dillon, B. J., Masleša-Galić, S. ve Horwitz, M. A. (2016). Francisella tularensis Live Vaccine Strain deficient in capB and overexpressing the fusion protein of IglA, IglB, and IglC from the bfr promoter induces improved protection against F. tularensis respiratory challenge. *Vaccine*, 34(41), 4969-4978.
- Johnson, K. Y. ve Nolan, P. M. (2016). *Biological weapons: recognizing, understanding, and responding to the threat*. John Wiley & Sons.
- Jonathan, B. (2000). *Agricultural biological warfare: An overview*. NCJRS Virtual Library.
- Jonathan, B. T. (2012). (Ed.), *Innovation, dual use, and security: Managing the risks of emerging biological and chemical Technologies*. MIT Press.
- Kaluski, D. N., Barak, E., Kaufman, Z., Valinsky, L., Marva, E., Korenman, Z., ... Green, M. S. (2006). A large food-borne outbreak of group A streptococcal pharyngitis in an industrial plant: potential for deliberate contamination. *IMAJ-RAMAT GAN*, 8(9), 618.
- Kania, E. B. ve Vorndick, W. (2019). Weaponizing biotech: How China's military is preparing for a 'new domain of warfare.
- Kania, E. B. ve Vorndick, W. (2019). Weaponizing Biotech: How China's military is preparing for a 'new domain of warfare. *Defense One*, 14.
- Karwa, M., Currie, B. ve Kvetan, V. (2005). Bioterrorism: Preparing for the impossible or the improbable. *Critical Care Medicine*, 33(1), S75-S95.
- Kaufman, Z., Wong, W., Peled-Leviatan, T., Cohen, E., Lavy, C., Aharonowitz, G., ... Green, M. S. (2007). Evaluation of a syndromic surveillance system using the

- WSARE algorithm for early detection of an unusual, localized summer outbreak of influenza B: Implications for bioterrorism surveillance. *IMAJ-RAMAT GAN*, 9(1), 3.
- Kim, H. K., Philipp, E. ve Chung, H. (2017). *North Korea's biological weapons program*. Harvard Kennedy School
- Kimball, D. (2012). The Biological Weapons Convention (BWC) at a glance. *Arms Control Association*.
- Kindhauser, M. K. (2003). *Communicable diseases 2002: Global defence against the infectious disease threat*. World Health Organization
- Kinetz, E. ve Butler, D. (2016). *Chemical weapon for sale: China's unregulated narcotic*. Associated Press.
- Klein, P. (2009). International Convention for the Suppression of the Financing of Terrorism. *United Nations Audiovisual Library of International Law*, 1-5.
- Kouadio, I. K., Aljunid, S., Kamigaki, T., Hammad, K. ve Oshitani, H. (2012). Infectious diseases following natural disasters: prevention and control measures. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 10(1), 95-104. <https://doi.org/10.1586/eri.11.155>
- Kvitko, E. (2001). *Smallpox: As bad a weapon – an interview with general pyotr burgasov*. Moskovskie Novosti.
- Langford, R. E. (2004). *Introduction to weapons of mass destruction: radiological, chemical, and biological*. John Wiley & Sons.
- Laricchia, F. (2022). Consumer and Commercial Drones Worldwide—Statistics and Facts.
- Lawrence, D. (2019). Genetic engineering and human-animal hybrids: How China is leading a global split in controversial research. *Conversation*.
- Levine, M. M., Kaper, J. B., Black, R. E. ve Clements, M. L. (1995). New knowledge on pathogenesis of bacterial enteric infections as applied to vaccine development. *Clinical Microbiology Review*, 8(1995), 48-86.
- Li, S., Jiang, Q., Liu, S., Zhang, Y., Tian, Y., Song, C., ... Zhao, Y. (2018). A DNA nanorobot functions as a cancer therapeutic in response to a molecular trigger in vivo. *Nature Biotechnology*, 36(3), 258-264. <https://doi.org/10.1038/nbt.4071>
- Lipkin, W. I. (2013). The changing face of pathogen discovery and surveillance. *Nature Reviews Microbiology*, 11(2), 133-141.
- Liu, Z. (2015). Bioweapons for Dummies? *Bulletin of the Atomic Scientists*.
- Long, R. (2018). *Bioterrorism in the 21st century*. https://wp.nyu.edu/schoolofprofessionalstudies-ga_review/bioterrorism-in-the-21st-century/

- Louis, M. E. (1988). Botulism from chopped garlic: Delayed recognition of a major outbreak. *Annals of Internal Medicine*, 108, 363–368.
- Lundquist, M., Caspersen, M. B., Wikstrom, P. ve Forsman, M. (2005). Discrimination of *Francisella tularensis* subspecies using surface enhanced laser desorption ionization mass spectrometry and multivariate data analysis. *FEMS Microbiol Lett*, 243, 303–310.
- MacIntyre, C. R., Costantino, V., Chen, X., Segelov, E., Chughtai, A. A., Kelleher, A., ... Lane, J. M. (2018). Influence of population immunosuppression and past vaccination on smallpox reemergence. *Emerging Infectious Diseases*, 24(4), 646.
- Mackenzie, F. (2013). Genetically engineered bioweapons: A new breed of weapons for modern warfare. *Dartmouth Undergraduate Journal of Science*.
- Madoff, L. C. ve Woodall, J. P. (2005). The internet and the global monitoring of emerging diseases: Lessons from the first 10 years of ProMED-mail. *Archives of Medical Research*, 36(6), 724-730.
- Maksyutov, R. A., Yakubitskyi, S. N., Kolosova, I. V. ve Shchelkunov, S. N. (2017). Comparing new-generation candidate vaccines against human orthopoxvirus infections. *Acta Naturae (англоязычная версия)*, 9(2 (33), 88-93.
- Management of Hazard Group (2014). *Advisory committee on dangerous pathogens*. Public Health England.
- Margevicius, K. J., Generous, N., Taylor-McCabe, K. J., Brown, M., Daniel, W. B., Castro, L., ... Deshpande, A. (2014). Advancing a framework to enable characterization and evaluation of data streams useful for biosurveillance. *PLoS One*, 9(1), e83730. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0083730>
- Markotter, W. (2020). *Why it matters that scientist continue their search for source of 'patient zero's infection*. https://www.up.ac.za/news/post_2880755-covid-19-why-it-matters-that-scientists-continue-their-search-for-source-of-patient-zeros-infection
- Martin, S. W., Tierney, B. C., Aranas, A., vd. (2005). An overview of adverse events reported by participants in CDC's anthrax vaccine and antimicrobial availability program. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety*, 14(6), 393-401.
- Meia Nouwensand, H. L. (2018). China's pursuit of advanced dual-use technologies. *International Institute for Strategic Studies*.
- Meinhardt, P. L. (2005). Water and bioterrorism: preparing for the potential threat to US water supplies and public health. *Annual Review of Public Health*, 26(1), 213-237.
- Merriam, E. (2014). The international legal regime affecting bioterrorism prevention. *National Security Law Journal*, 3(1), 1-46.
- Meselson, M., Guillemin, J., Hugh-Jones, M., Langmuir, A., Popova, I., Shelokov, A. ve Yampolskaya, O. (1994). The Sverdlovsk anthrax outbreak of 1979. *Science*, 266(5188), 1202-1208.

- Miasnikov, E. (2004). Threat of terrorism using unmanned aerial vehicles: technical aspects. Moscow, Russia: Center for Arms Control, Energy, and Environmental Studies, Moscow Institute of Physics and Technology.
- Mikulak, R. J., McDermott, R. ve Beauregard, M. (Ed.). (2008). *The basics of FMEA* (2. Baskı). Productivity Press.
- Milinovich, G. J., Williams, G. M., Clements, A. C. ve Hu, W. (2014). Internet-based surveillance systems for monitor ingemerging infectious diseases. *Lancet Infect Dis.*, 14, 160–168.
- Military and Aerospace Electronics (2019). DARPA microsystems exploration seeks revolutionary advances in military embedded computing technologies.
- Miner, M. (2012). The terrorist mind—a look back at a 1972 plotto poison. *Chicago Reader*.
- Mint, B. S. (2024). *North Korea's bioweapons program, including 'Poison Pens', raises alarm: US Report*. <https://www.livemint.com/news/world/north-koreas-bioweapons-programincluding-poison-pens-raises-alarm-us-report-11713449940057.html>
- Miranda, M. E. G. ve Miranda, N. L. J. (2011). Reston ebolavirus in humans and animals in the Philippines: A review. *The Journal of Infectious Diseases*, 204(3), S757-S760.
- Morse, S. S. (2012). Public health surveillance and infectious disease detection. *Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice, and Science*, 10(1), 6-16.
- Mowatt-Larssen, R. (2010). *Al qaeda weapons of mass destruction threat: Hype or reality?* Belfer Center for Science and International Affairs.
- Murphy, D., Marteau, T. M. ve Wessely, S. (2012). A longitudinal study of UK military personnel offered anthrax vaccination: Informed choice, symptom reporting, uptake and pre-vaccination health. *Vaccine*, 30(6), 1094-1100.
- Murphy, D., Marteau, T., Hotopf, M., Rona, R. J. ve Wessely, S. (2008). Why do UK military personnel refuse the anthrax vaccination? *Biosecurity and Bioterrorism: Biodefense Strategy, Practice, and Science*, 6(3), 237-242.
- Mykhalovskiy, E. ve Weir, L. (2006). The Global Public Health Intelligence Network and early warning outbreak detection: A Canadian contribution to global public health. *Canadian Journal of Public Health*, 97, 42-44.
- Nathie, S. (2019). Prophet of terror: The story of Shoko Asahara, Aum Shinrikyo, and the danger of religious terrorism. Suzuki's Thoughts.
- NATO (2023). Allied command transformation strategic foresight work.
- NCBI Virus (2023). National Library of Medicine.

- Norqvist, A., Kuoppa, K. ve Sandström, G. (1996). Construction of a shuttle vector for use in *Francisella tularensis*. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 13(3), 257-260.
- Osterholm, M. T., Moore, K. A., Kelley, N. S., Brosseau, L. M., Wong, G., Murphy, F. A., ... Kobinger, G. P. (2015). Transmission of Ebola viruses: What we know and what we do not know. *MBio*, 6(2), 10-1128.
- Oxford Dictionary (2017).
- Parker, D. T., Parker, A.C. ve Ramachandran, C.K. (1996). “Part 3.” *Joint technical data source book* (Cilt 6). Joint Contact Point Directorate, US Dugway Proving Ground.
- Parkman, F. (1899). *The conspiracy of pontiac and the Indian warafter the conquest of Canada*. Little, Brown & Comp.
- Pauwels, E. (2019). *The new geopolitics of converging risks: The UN and prevention in the era of AI*. United Nations University Centre for Policy Research.
- Pennsylvania teen charged with sending poison card to love rival (2015). *Reuters*.
- Petersen, R. (2022). The Russian biological weapons program in 2022. *Bulletin of the Atomic Scientists*.
- Phillipp, E., Kim, H. K. ve Chung, H. (2017). North Korea’s biological weapons program: The knownandunknown. *Belfer Center for science and international affairs*. Harvard Kennedy School.
- Pierce, V. M., Elkan, M., Leet, M., McGowan, K. L. ve Hodinka, R. L. (2012). Comparison of the Idaho Technology FilmArray system to real-time PCR for detection of respiratory pathogens in children. *Journal of Clinical Microbiology*, 50(2), 364-371.
- Piñero-Lambeck, C., Bodelón, G., Fernández-Periáñez, R., Cuesta, A. M., Álvarez-Vallina, L. ve Fernández, L. A. (2015). Programming controlled adhesion of *E. coli* to target surfaces, cells, and tumors with synthetic adhesins. *ACS Synthetic Biology*, 4(4), 463-473. <https://doi.org/10.1021/sb500252a>
- Pirc, J. ve Gragido, W. (2016). *Security intelligence an overview*. <https://www.sciencedirect.com/topics/computerscience/security-intelligence>
- Pittman, P. R., McClain, D., Quinn, X., Coonan, K. M., Mangiafico, J., Makuch, R. S., ... Peters, C. J. (2016). Safety and immunogenicity of a mutagenized, live attenuated Rift Valley fever vaccine, MP-12, in a Phase 1 dose escalation and route comparison study in humans. *Vaccine*, 34(4), 424-429.
- Plagianos, M. G., Wu, W. Y., McCullough, C. vd. (2011). Syndromic surveillance during pandemic (H1N1) 2009 outbreak. *Emerg Infect Dis.*, 17, 1724–1726.
- Politico, J. (t.y.). *Everett dutschke sentenced in ricin case*. Politico Associated Press.

- Pourya, N. (2021). *National security: Countering pandemics and the threats of bioterrorism*. National Interest No.4 <https://sc01.tcithaijo.org/index.php/NIT/login>
- Preston, R. (2002). *The demon in the freezer*. Random House.
- Quaglio, G., Goerens, C., Putoto, G., Rübig, P., Lafaye, P., Karapiperis, T., ... Zachariah, R. (2016). Ebola: lessons learned and future challenges for Europe. *The Lancet Infectious Diseases*, 16(2), 259-263.
- Quinn, C. P., Semenova, V. A., Elie, C. M., Romero-Steiner, S., Greene, C., Li, H., ... Perkins, B. A. (2002). Specific, sensitive, and quantitative enzyme-linked immunosorbent assay for human immunoglobulin G antibodies to anthrax toxin protective antigen. *Emerging Infectious Diseases*, 8(10), 1103.
- Rabinowitz, P., Gordon, Z., Chudnov, D., Wilcox, M., Odojin, L., Liu, A. ve Dein, J. (2006). Animals as sentinels of bioterrorism agents. *Emerging Infectious Diseases*, 12(4), 647.
- Rasmus O Bak, Daniel P Dever , Matthew H Porteus. CRISPR/Cas9 genome editing in human hematopoietic stem cells. *Nature Protocols* volume 13, pages358–376 (2018)
- Riley, K. (2017). Bioterrorism threats require common global experimentation oversight, expert says. *Homeland and Preparedness News*.
- Ritchie, H. (2019). Which Countries Eat the Most Meat? *BBC*.
- Robertson, A. G. (2002). Vaccine development: The biological weapon imperative. *Developments in Biologicals*, 110, 91-97.
- Roland Everett Langford, Introduction to Weapons of Mass Destruction: Radiological, Chemical, and Biological, Wiley-IEEE, 2004.
- Rotem, S., Cohen, O., Bar-Haim, E., Bar-On, L., Ehrlich, S. ve Shafferman, A. (2014). Protective immunity against lethal *F. tularensis* holarctica LVS provided by vaccination with selected novel CD8⁺ T cell epitopes. *PLoS One*, 9(1), e85215.
- Rusnak, J. M., Kortepeter, M., Ulrich, R., Poli, M. ve Boudreau, E. (2004). Laboratory exposures to staphylococcal enterotoxin B. *Emerging Infectious Diseases*, 10(9), 1544.
- Sample, I. (2018). Synthetic biology raises risk of new bioweapons. *Guardian*.
- Sandman, P. M. (2003). Bioterrorism risk communication policy. *Journal of Health Communication*, 8(S1), 146-147.
- Satterly, N. G., Voorhees, M. A., Ames, A. D. ve Schoepp, R. J. (2017). Comparison of MagPix assays and enzyme-linked immunosorbent assay for detection of hemorrhagic fever viruses. *Journal of Clinical Microbiology*, 55(1), 68-78.

- Scaramozzino, N., Ferrier-Rembert, A., Favier, A. L., Rothlisberger, C., Richard, S., Crance, J. M., ... Garin, D. (2007). Real-time PCR to identify variola virus or other human pathogenic orthopox viruses. *Clinical Chemistry*, 53(4), 606-613.
- Schmidt, M. S. ve Shear, M. D. (2015). A drone, too small for radar to detect, rattles the White House. *The New York Times*.
- Scott, A. B. (1989). Botulinum, toxin therapy of eye muscle disorders. *Ophthalmology*, 96, 37-41.
- Seng, P., Drancourt, M., Gouriet, F., La Scola, B., Fournier, P. E., Rolain, J. M. ve Raoult, D. (2009). Ongoing revolution in bacteriology: routine identification of bacteria by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry. *Clinical Infectious Diseases*, 49(4), 543-551.
- Seshadri, R., Read, T. D., Nierman, W. C. ve Paulsen, I. T. (2005). Genomic efforts with biodefense pathogens. İçinde *Biological weapons defense: Infectious diseases and counterbioterrorism* (ss. 417-433). Humana Press.
- SETA (2020). Coronavirus: A human security issue. *Daily Sabah*. <https://www.setav.org/en /coronavirus-a-human-security-issue/>
- Sharp, N. J., Molineux, I. J., Page, M. A. ve Schofield, D. A. (2016). Rapid detection of viable bacillus anthracis spores in environmental samples by using engineered reporter phages. *Applied and Environmental Microbiology*, 82(8), 2380-2387.
- Sheftick, G. (2014). *Army developing robotic insect*. US Army.
- Shoham, D. (2015). China's biological warfare programme: An integrative study with special reference to biological weapons capabilities, institute for defence studies and analyses. *Journal of Defence Studies*, 9(2), 131-156.
- Smith, R. J. (1993). China May have revived germ weapons program, U.S. Officials Say. *Washington Post*.
- Snipe, P. T. ve Sommer, H. (1928). Studies on botulinus toxin: 3. acid precipitation of botulinus toxin [with discussion]. *The Journal of Infectious Diseases*, 152-160.
- Sobel, J., Khan, A. S. ve Swerdlow, D. L. (2002). Threat of a biological terrorist attack on the US food supply: The CDC perspective. *The Lancet*, 359(9309), 874-880.
- Spinney, L. (2020). Is factory farming to blame for Coronavirus? *Guardian*.
- Stern, D., Olson, V. A., Smith, S. K., Pietraszczyk, M., Miller, L., Miethe, P., ... Nitsche, A. (2016). Rapid and sensitive point-of-care detection of Orthopoxviruses by ABICAP immunofiltration. *Virology Journal*, 13, 1-7.
- Suhayati, M. (2016). Undang-undang pencegahan dan pemberantasan tindak pidana pendanaan terorisme dari perspektif hak asasi manusia. *Negara Hukum: Membangun Hukum Untuk Keadilan Dan Kesejahteraan*, 4(2), 231-245. <https://doi.org/10.22212/jnh.v4i2.206>

- Switzerland. World Health Organization. Communicable Diseases. Global Defense Against the Infectious Disease Threat. By Mary K. Kindhauser. Geneva: 2003.
- Taufika, R. (2020). *The militarization of COVID-19: mixing traditional and non-traditional security?* <https://csis.or.id/publications/the-militarization-of-covid-19-mixing-traditional-and-non-traditional-security>
- Titball, R. W., Burtnick, M. N., Bancroft, G. J. ve Brett, P. (2017). Burkholderia pseudomallei and Burkholderia mallei vaccines: Are we close to clinical trials? *Vaccine*, 35(44), 5981-5989.
- Tucker, J. B. (2000). *Toxic terror: Assessing the terrorist use of chemical and biological weapons*. MIT.
- Tucker, J. B. (2001). *Scourge: The once and future threat of smallpox*. Atlantic Monthly.
- United Nations Office on Drugs and Crime (2016). The international legal framework against chemical, biological, radiological and nuclear terrorism. https://www.unodc.org/documents/terrorism/for%20web%20stories/1-WS%20CBRN%20modules/CBRN_module_-_E.pdf
- United States Department of Defense (2023). *Military And Security Developments Involving the People's Republic of China*. <https://media.defense.gov/2023/Oct/19/2003323409/-1/-1/1/2023-MILITARY-AND-SECURITY-DEVELOPMENTS-INVOLVING-THE-PEOPLES-REPUBLIC-OF-CHINA.PDF>
- US Department of Health and Human Services. (2009). *Biosafety in microbiological and biomedical laboratories* (5. Baskı). HHS Publication no.
- Vanlaere, E., Sergeant, K., Dawyndt, P., Kallow, W., Erhard, M., Sutton, H., ... Vandamme, P. (2008). Matrix-assisted laser desorption ionisation-time-of-flight mass spectrometry of intact cells allows rapid identification of Burkholderia cepacia complex. *Journal of microbiological methods*, 75(2), 279-286.
- Wagar, E. (2015). Bioterrorism and the role of the clinical microbiology laboratory. *Clin Microbiol Rev.*, 29, 175-189. <https://doi.org/10.1128/CMR.00033-15>
- Wagner, D. (2017). Biological weapons and virtual terrorism.
- Walden, J. ve Kaplan, E. H. (2004). Estimating time and size of bioterror attack. *Emerging Infectious Diseases*, 10(7), 1202.
- Walgate, R. (2004). SARS escaped Beijing lab twice. *Genome Biology*, 4(1), spotlight-20040427.
- Waller, D. F., Hew, B. E., Holdaway, C., Jen, M. ve Peckham, G. D. (2016). Rapid detection of Bacillus anthracis spores using immunomagnetic separation and amperometry. *Biosensors*, 6(4), 61.

- Walsh, M. (2014). Bioterrorism.
- Walt, S. (2020). *The realist's guide to the coronavirus outbreak*. <https://foreignpolicy.com/2020/03/09/coronavirus-economy-globalization-virus-icurealism/>
- Warren, T. K., Jordan, R., Lo, M. K. vd. (2016). The therapeutic efficacy of the small molecule GS-5734 against Ebola virus in rhesus monkeys. *Nature*, 531, 381–385.
- Warrick, J. ve Brown, C. (2023). China's quest for human genetic data sparks fears of a DNA arms race. *The Washington Post*.
- Webb, R. P., Smith, T. J., Smith, L. A., Wright, P. M., Guernieri, R. L., Brown, J. L. ve Skerry, J. C. (2017). Recombinant botulinum neurotoxin Hc subunit (BoNT Hc) and catalytically inactive Clostridium botulinum holoproteins (ciBoNT HPs) as vaccine candidates for the prevention of botulism. *Toxins*, 9(9), 269.
- William, H. R. (1981). *An evaluation of entomological warfare as a potential danger to the United States and European NATO Nations*. Army Dugway Proving Ground.
- William, J. B. (1999). Soviet defector says China had accident at a germ plant. *The New York Times*.
- Williams, P. ve Wallace, D. (1989). *Unit 731: Japan's secret biological warfare in World War II*. The Free Press.
- Wimsatt, J. ve Biggins, D. E. (2009). A review of plague persistence with special emphasis on fleas. *J Vector Borne Dis.*, 46, 85–99.
- Winstead, N. (2020). *The applications and implications of nanotechnology*. American University.
- World Health Organization (2005). *International health regulations* (2. Baskı). WHO.
- World Health Organization (2021). *Weekly operational update on COVID-19 - 24 May 2021*. <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-operationalupdate-on-covid-19>
- Worsham, P. L., McGovern, T. W., Vietri, N. J. ve Friedlander, A. M. (2007). Chapter 5 plague. *Medical Aspects of Biological Warfare*. Ft. Sam Houston, TX: United States Army Medical Department Center and School, 91–119.
- Wuhan lab researcher linked to military scientists (2021). *NBC News*. <https://www.nbcnews.com/now/video/the-struggles-of-living-with-long-covid-five-years-after-the-start-of-the-pandemic-234140229770>
- Yaksa, E. (2021). Bioterrorism: The development and its regulations according to the international law. *Lampung Journal of International Law (LaJIL)*, 3(1), 29-40.
- Zauberman, A., Flashner, Y., Levy, Y., Vagima, Y., Tidhar, A., Cohen, O., ... Mamroud, E. (2013). YopP-expressing variant of *Y. pestis* activates a potent

innate immune response affording cross-protection against yersiniosis and tularemia. *PloS One*, 8(12), e83560.

Zelicoff, A. P. (2003). An epidemiological analysis of the 1971 smallpox outbreak in aralsk, Kazakhstan. *Critical Reviews in Microbiology*, 29(2), 97–108.

Zhang, J. C., Sun, L. ve Nie, Q. H. (2010). Botulism, where are we now? *Clinical Toxicology*, 48, 867–879.

Zilinskas, R. A. (1997). Iraq's biological weapons. The past as future? *The Journal of the American Medical Association*, 278, 418–424.