

Kimyasal ve biyolojik afetlerde yönetim: yoğun bakım perspektifi

Prof. Dr. Serdar Epözdemir



Epözdemir, 1966 yılında Diyarbakır'da doğdu. Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesinden 1991'de mezun oldu. 2005 yılında Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Ana Bilim Dalı'nda uzmanlık eğitimi tamamladı. 2019 yılından beri Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi Pendik ve Çamlica SUAM hastanelerinde çalışan, Türk Yoğun Bakım Derneği Salgın Hastalıklar Afetler Çalışma Grubu başkanı olan Epözdemir edebiyat, müzik, felsefe ve doğaseverdir.

Kimyasal ve biyolojik afetler, insan sağlığını, çevreyi ve sağlık sistemlerini ciddi biçimde tehdit eden, yüksek mortalite ve morbidite oranlarına yol açabilen olağanüstü durumlardır (1). Tarihsel süreçte kimyasal ajanların savaş alanlarında kullanımı ve büyük ölçekli endüstriyel kazalar bu riskin boyutunu açıkça ortaya koymuştur (2). 1925 tarihli Cenevre Protokolü kimyasal ve biyolojik silahların kullanımını yasaklamış olsa da bu tehdit tamamen ortadan kalkmamıştır (3).

Yoğun Bakım Üniteleri (YBÜ), bu tür olaylarda ileri organ desteği sağlayabilen merkezler olarak kritik rol üstlenmektedir (4). Özellikle ani gelişen solunum yetmezliği, şok ve çoklu organ yetmezliği tablolarında YBÜ kapasitesi belirleyicidir.

Kimyasal Ajanlar

Kimyasal ajanlara maruziyet sonrası semptomlar genellikle dakikalar içinde ortaya çıkar. Tanı çoğunlukla klinikte ve tedavi gecikmeden başlatılmalıdır (5).

Sinir Ajanları (Sarin, Tabun, Soman, VX)

Sinir ajanları asetilkolinesteraz enzimini inhibe ederek kolinerjik kriz tablosuna yol açar (5). Muskarinik ve nikotinik reseptör aşırı uyarımı sonucu miyozis, bronkospazm, bronkore, salivasyon ve nöbetler görülür (6). Solunum yetmezliği mortalitenin temel nedenidir. Tedavide atropin, pralidoksim ve benzodiazepinler kullanılmalıdır (6). Erken dekontaminasyon ve kişisel koruyucu ekipman kullanımı hayati öneme sahiptir (5).





Yakıcı Ajanlar (Hardal Gazı)

Vezikanlar cilt ve mukozalarda gecikmeli bül oluşumuna neden olur (7). Semptomlar 24 saate kadar gecikebilir (8). Spesifik antidotu bulunmamaktadır ve tedavi destekleyicidir (8, 9). Göz ve cilt irrigasyonu erken dönemde yapılmalıdır.

Siyanidler (Kan Ajanları)

Siyanidler hücresel düzeyde sitokrom oksidazı inhibe ederek doku hipoksisine yol açar (10). Klinik tablo baş ağrısı, nöbet ve hızlı kardiyovasküler kollaps ile ilerleyebilir (10). Tedavide yüksek akımlı oksijen ve intravenöz hidrokalsiyum önerilmektedir (10).

Boğucu Ajanlar (Fosgen ve Klor)

Fosgen ve klor inhalasyon sonrası nonkardiyogenik pulmoner ödem gelişimine neden olabilir (11). Spesifik antidot yoktur; tedavi destekleyicidir (12). Gecikmiş solunum yetmezliği açısından yakın izlem gereklidir.

Biyolojik Ajanlar

Biyolojik ajanlar aerosol yoluyla yayılabilirler nedeniyle geniş kitleleri etkileyebilir. Klinik olarak başlangıçta nonspesifik bulgularla seyredebilirler.

Şarbon (Bacillus anthracis)

İnhalasyonel şarbon en ölümcül formdur ve mediastinit, sepsis ve şok ile sonuçlanabilir (13). Güncel tedavi yaklaşımlarında florokinolonlar ve doksisisiklin önerilmektedir (14).

Veba (Yersinia pestis)

Pnömonik veba insandan insana bulaşabilir ve tedavi edilmediğinde mortalite oranı yüksektir (15). Erken antibiyotik tedavisi ve izolasyon gereklidir (16).

Çiçek (Variola)

Çiçek hastalığı eradike edilmiş olsa da biyoterörizm açısından önemini korumaktadır (17). CDC tarafından geliştirilen klinik algoritma tanıda yardımcıdır (18). Spesifik antiviral tedavi sınırlıdır; aşılama en etkili korunma yöntemidir (17).

Tularemia (Francisella tularensis)

Pnömonik tularemia toplum kökenli pnömoni ile karışabilir (19). Tedavide aminoglikozidler önerilmektedir (20). İnsanlar arasında bulaş gösterilmemiştir (20).

Kimyasal ve biyolojik afetler, yüksek mortalite riskleriyle modern sağlık sistemlerinin dayanıklılığını test eden en kompleks krizlerdir. Bu olağanüstü senaryolarda kitlesel can kayıplarını önlemenin yolu yalnızca ileri organ desteği sağlamaktan değil; hastane öncesi dekontaminasyon alanlarından negatif basınçlı izole yoğun bakım ünitelerine, dakikalar içinde erişilebilen sistematik antidot stok yönetiminden kesintisiz lojistik ağlara uzanan bütüncül ve stratejik bir altyapı hazırlığından geçmektedir.



Botulizm (Clostridium botulinum)

Botulinum toksini nöromüsküler kavşakta asetilkolin salınımını inhibe ederek simetrik, aşağı doğru inen paraliziye yol açar (21). Erken dönemde heptavalent antitoksin uygulanmalıdır (22). Solunum desteği sıklıkla gereklidir.

Yoğun Bakımın Rolü

Yoğun bakım üniteleri şu alanlarda kritik rol oynar:

- İleri hava yolu yönetimi
- Mekanik ventilasyon
- Hemodinamik monitörizasyon
- Vazopressör tedavisi
- İzolasyon ve enfeksiyon kontrolü

Afet hazırlık planları, antitoksin stokları, kişisel koruyucu ekipman temini ve düzenli simülasyon eğitimleri mortaliteyi azaltmada etkilidir (4).

Dekontaminasyon ve İzole Yoğun Bakım Altyapısı

Kimyasal ve biyolojik afetlerde sekonder kontaminasyonun önlenmesi hem sağlık personelinin korunması hem de hastane içi yayılımın engellenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle dekontaminasyon süreçleri mümkün olduğunca hastane öncesi alanda gerçekleştirilmelidir. Ancak bu her zaman mümkün

olmadığından, hastane bünyesinde iyi planlanmış dekontaminasyon ünitelerinin bulunması gereklidir.

Dekontaminasyon alanlarının planlanmasında aşağıdaki unsurlar önem taşır:

Sinir ajanlarından biyoterörizm tehditlerine kadar uzanan geniş bir spektrumda, maruziyet sonrası ilk dakikalar hayatta kalma sınırını belirler. Akut kriz anlarında hızlı diferansiyel tanı, doğru antitoksin titrasyonu ve etkin kaynak kullanımı için tıbbi/klinik toksikoloji uzmanlığının yoğun bakım süreçlerine entegrasyonu bir tercih değil, zorunluluktur. Sağlık sistemini geleceğe hazırlamak; bu alandaki yan dal programlarını yaygınlaştıran stratejik insan gücü planlamasıyla mümkündür.

Fiziksel ayırım: Temiz ve kontamine alanların kesin olarak ayrılması

Tek yönlü hasta akışı: Kontaminasyonun geri yayılımını önleyecek şekilde giriş-çıkış planlaması

Açık alan veya negatif basınçlı sistemler: Aerosolize ajanların kontrolü

Atık ve sıvı yönetimi: Kontamine sıvıların güvenli uzaklaştırılması

Yoğun bakım düzeyinde ise, bu hastaların takibi için özel olarak yapılandırılmış izolasyon alanları gereklidir. Bu kapsamda:

- Negatif basınçlı yoğun bakım odaları
- Bağımsız havalandırma (HVAC) sistemleri
- HEPA filtreleme
- Ayı giriş-çıkış ve giyinme/soyunma alanları (doffing/doffing alanları)
- Sınırlı ve eğitimli personel erişimi

Bu tür altyapılar, özellikle biyolojik ajanlara bağlı salgınlarda ve aerosolize kimyasal maruziyetlerde hastane içi yayılımı önlemede belirleyici rol oynar.

Antidot ve Stok Yönetimi

Kimyasal ajan maruziyetlerinde antitoksinlerin erken dönemde uygulanması mortaliteyi doğrudan etkileyen en önemli

faktörlerden biridir. Bu nedenle ileri merkezlerde antidot stok yönetiminin sistematik bir şekilde planlanması gereklidir.

Antidot yönetiminde temel ilkeler şunlardır:

Kritik antidot listesi oluşturulması:

- Atropin
- Pralidoksim
- Hidroksikobalamin
- Sodyum tiyosülfat
- Benzodiazepinler
- Botulinum antitoksini

Minimum stok düzeylerinin belirlenmesi: Olası hasta sayısına göre (worst-case senaryolar dahil) hesaplanmalıdır.

Erişilebilirlik süresi: Antidotlara dakikalar içinde ulaşılabilir olması hedeflenmelidir.

Merkezi ve bölgesel stok sistemleri: Ulusal düzeyde antidot bankaları oluşturulması ve lojistik ağların planlanması önerilmektedir.

Son kullanma tarihi ve rotasyon yönetimi: İsrarı önlemek için düzenli stok kontrolü yapılmalıdır.

Bu sistemlerin eksikliği, özellikle kitlesel maruziyetlerde tedavi gecikmesine ve mortalite artışına yol açabilir.

Tıbbi/Klinik Toksikoloji Uzmanlığının Rolü

Kimyasal afetler ve toksik maruziyetlerin yönetimi, yüksek düzeyde spesifik bilgi ve deneyim gerektirir. Bu bağlamda tıbbi/klinik toksikoloji alanında eğitim almış uzmanların yoğun bakım süreçlerine entegrasyonu, hasta yönetiminde standardizasyonu ve bakım kalitesini artırabilir.

Toksikoloji uzmanlarının katkıları:

- Hızlı tanı ve diferansiyel tanı süreçlerinin yönetimi
- Uygun antidot seçimi ve doz titrasyonu

- Zehirlenme şiddetinin değerlendirilmesi
- Laboratuvar ve toksikolojik analizlerin yorumlanması
- Ulusal zehir danışma merkezleri ile koordinasyon

Literatürde, toksikoloji uzmanlarının sürece dâhil olduğu merkezlerde:

- Hastanede kalış süresinin azaldığı
- Komplikasyon oranlarının düştüğü
- Kaynak kullanımının daha etkin olduğu gösterilmiştir.

Ülkemizde tıbbi toksikoloji alanının henüz sınırlı düzeyde yapılandırılmış olması ve uzman sayısının yetersizliği dikkate alındığında, bu alanda stratejik insan gücü planlaması yapılması gereklidir.

Bu kapsamda:

- Yan dal uzmanlık programlarının yaygınlaştırılması
- Yoğun bakım ve acil tıp ile bütünleşmiş eğitim modellerinin geliştirilmesi
- Ulusal zehir danışma sistemlerinin güçlendirilmesi öncelikli hedefler arasında yer almalıdır.

Sonuç

Kimyasal ve biyolojik afetler, modern sağlık sistemleri için çok boyutlu ve kompleks tehditler oluşturmaktadır. Etkin bir yönetim; yalnızca klinik tedaviyle sınırlı olmayıp, altyapı hazırlığı, antidot yönetimi, uzman insan gücü planlaması ve enfeksiyon kontrol stratejilerini de kapsamalıdır.

Özellikle dekontaminasyon altyapısının güçlendirilmesi, antidotlara hızlı erişimin sağlanması ve klinik toksikoloji uzmanlığının sağlık sistemine entegrasyonu, mortalite ve morbiditenin azaltılmasında kritik rol oynamaktadır (1, 4).

Bu doğrultuda, ulusal düzeyde koordineli hazırlık planlarının oluşturulması, eğitim ve simülasyon programlarının yaygınlaştırılması ve yoğun bakım kapasitesinin sürdürülebilir şekilde artırılması sağlık sistemlerinin dayanıklılığını belirleyen temel unsurlar olacaktır.

Kaynaklar

1) Schultz CH, Koenig KL. *Weapons of mass destruction*. In: Marx JA, Hockberger RS, Walls RM, editors. *Rosen's Emergency Medicine: Concepts and Clinical Practice*. 10th ed. Philadelphia: Elsevier; 2023.

2) T.C. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). KBRN olaylarının tarihçesi. <https://www.afad.gov.tr/kbrn> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

3) Türkiye Büyük Millet Meclisi. Kimyasal Silahlar Sözleşmesi Kanunu. <https://www.tbmm.gov.tr> (Erişim Tarihi: 07.04.2026).

4) Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, et al. Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. *Ann Emerg Med*. 1996;28(2):129–135.

5) US Army Medical Research Institute of Chemical Defense. *Medical Management of Chemical Casualties Handbook*. 4th ed. 2023.

6) Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Nerve Agents (GA, GB, GD, VX). <https://wwwn.cdc.gov/TSP/MMG/MMGDetails.aspx?mmgid=523> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

7) Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Blister agents (vesicants). <https://emergency.cdc.gov/agent/vesicants> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

8) CDC. Sulfur Mustard (Mustard Gas) Facts. <https://emergency.cdc.gov/agent/sulfurmustard> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

9) ATSDR. Sulfur Mustard Medical Management Guidelines. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/MMG> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

10) Nelson LS, Lewin NA, Howland MA, et al. *Goldfrank's Toxicologic Emergencies*. 11th ed. New York: McGraw-Hill; 2019.

11) CDC. Phosgene (CG) Facts. <https://emergency.cdc.gov/agent/phosgene> (Erişim tarihi: 05.04.2026).

12) CDC. Chlorine Gas Exposure Guidelines. <https://emergency.cdc.gov/agent/chlorine> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

13) Abramova FA, Grinberg LM, Yampolskaya OV, Walker DH. Pathology of inhalational anthrax. *PNAS*. 1993; 90:2291–2294.

14) CDC. Anthrax Clinical Guidelines (Updated). <https://www.cdc.gov/anthrax/medical-care/index.html> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

15) CDC. Plague (*Yersinia pestis*). <https://www.cdc.gov/plague> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

16) CDC. Plague Clinical Resources. <https://www.cdc.gov/plague/healthcare> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

17) CDC. Smallpox Clinical Disease. <https://www.cdc.gov/smallpox/clinicians> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

18) CDC. Smallpox Diagnostic Algorithm. <https://www.cdc.gov/smallpox> (Erişim Tarihi: 05.04.2026).

19) Weber IB, et al. Tularemia clinical review. *Clin Infect Dis*. 2012;55(10):1283–1290.

20) Bennett JE, Dolin R, Blaser MJ, Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases. 10th ed. Elsevier; 2020.

21) Bennett JE, Dolin R, Blaser MJ. Botulism. In: Mandell... 10th ed. Elsevier; 2020.

22) Adalja AA. Biothreat agents. *Emerg Med Clin North Am*. 2018;36(4):835–849.