

RADYOLOJİK NÜKLEER KAZA VE TERÖR OLAYLARINDA TIBBİ YÖNETİM

MEDICAL MANAGEMENT OF RADIOLOGIC AND NUCLEAR TERRORISM

Aslı AYAN^{1,2}, Semra DÖNMEZ¹

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nükleer Tıp Kliniği Ankara , Türkiye

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Eğitim ve Araştırma Enstitüsü, Tıbbi KBRN Anabilim Dalı

Ankara Eğt. Arş. Hast. Derg. (Med. J. Ankara Tr. Res. Hosp.) Cilt / Volume: 51 Sayı / Number: 2 Yıl / Year: 2018 ISSN:1304-6187
Sayfa/Page :154-162

ÖZET

Terörizmle mücadelede yıllarını geçiren ve mücadeleye devam eden ülkemizde, Radyolojik- Nükleer terörist olaylar ile hiç karşılaşmamış olmasına rağmen, sınır güvenliğinde bozulma ve kitlesel göç tehdidi altında, Tıbbi Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Savunma (Tıbbi KBRN) açısından güncelliğini kaybetmeyen bir olasılık olmaya devam etmektedir. Radyoaktif kaynaklar (tıp, endüstri, araştırma ve eğitim alanlarında kullanılan), nükleer santraller, reaktörler ile meydana gelebilecek kazalar ve terörist saldırılar insan yaşamını etkileyecek önemli risk kaynaklarıdır. Depolama, üretim ve dağıtım kontrolsüzlüğü her an bir tehdit unsurudur. Riski minimum düzeye indirecek tedbirlerin alınması, öncelikli müdahaleyi yapacak organizasyonun kurulması, müdahale ekiplerinin eğitilmesi ve müdahaleye yönelik planlamanın yapılması zorunluluktur. Nitelikli personel istihdamı ve kullanılacak araç gereçlerde yeterlilik sağlanmalıdır. Bu makalede radyolojik- nükleer kaza ve saldırılarda müdahale eden personelin radyasyondan korunması, olay yeri yönetimi, kurbanlara tıbbi yaklaşım özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: radyolojik ve nükleer terörizm, tıbbi savunma, radyasyondan korunma, KBRN, dekontaminasyon

ABSTRACT

Although never being encountered, nuclear terrorist attacks, remains a possibility under the threats of border security deterioration and mass migration in our country, which has spent many years fighting against terrorism and has been continuing to struggle, in terms of Chemical Biological Radiological Nuclear (CBRN) Defense .

Radioactive sources used in the fields of medicine, industry, research and education, nuclear power plants, accidents of reactors and terrorist attacks are important sources of risk that will affect human life. Uncontrolled storage, production and distribution are threats of all times.

Measures for minimizing the risk and establishing the organization of first responders, training of first responders, planning of management schemes are musts. The employment of qualified personnel and adequate equipment should be provided. In this manuscript we summarized radiation protection of first responders, management of radiologic nuclear terrorist attacks and medical management of victims.

Keywords: Radiologic and nuclear terrorism, medical defense, radiation protection, CBRN, decontamination

GİRİŞ

Nükleer silahların üretilmesine 1940'lerde başlandığı bilinmektedir. İngiltere'de 1941'de nükleer silah AR-GE çalışmalarının başlatılmasını takiben II. Dünya savaşında Almanya ile birlikte Birleşik Devletler ve müttefiklerinde de nükleer silah projeleri geliştirilmekteydi. 1945 yılında Hiroşima'ya atılan atom bombası ile 60.000-70.000, 3 gün sonra ise Nagasaki'ye atılan bomba ile 34.000 ani ölüm ortaya çıkmıştır (1). Bu iki bomba ile beş yılda toplamda çoğu sivil halk olmak üzere 340.000 ölüm meydana geldiği düşünülmektedir. Nükleer silah felaketi unutulsa da soğuk savaş yıllarından bu yana Dünyada nükleer silahların denenmesi amaçlı 2.000'den fazla nükleer test patlaması gerçekleştirilmiştir. 1968'de 187 ülkenin nükleer silahlanma karşıtı anlaşmalarıyla bu gelişmelere son verilmek istenmesine rağmen hali hazırda bazı ülkelerin aktif nükleer silah programları mevcuttur. Bununla birlikte, terörist or-

ganizasyonların nükleer silahları edinebileceğine dair kaygılar da artarak devam etmektedir.

Her ne kadar nükleer terörist saldırı sadece bir varsayım gibi kabul edilse de, radyoaktif kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilen birçok suikast ve terörist saldırıya uyarlanabilecek hırsızlık olayları da bildirilmektedir. Şüphesiz bunlardan en tedirgin edici olanları 1983-84 yılları arasında Ciudad Juarez-Meksika'da içinde 6.000 adet 1 mm çapında 16.7 TBq, Kobalt-60 bulunan teleterapi ünitesinin zırhının bir hurdalıkta kırılarak, tabletlerin hurdalığa yayılmasıdır. Bu tabletler dökümhanelere kadar ulaşmıştır. Kontamine hurda malzemenen üretilen masa iskeleti, inşaat çeliği gibi ürünlerin şans eseri otomatik radyasyon sensörleri tarafından saptanmasına kadar bir kaza olduğu fark edilememiştir. Kaza sonucunda bir kişi ölmüş, 4 kişi yaralanmış, 10'dan fazla kişi önemli düzeyde radyasyona maruz kalmıştır (2). 1991

Sorumlu Yazar / Corresponding Author:

Aslı AYAN

SBÜ Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nükleer Tıp Kliniği 06018 Etlik / ANKARA /TURKEY

Tel: +90 312 304 48 12 Gsm:+ 90 532 793 24 64 Faks: +90 312 304 48 00 e-posta: drasliayan@yahoo.com

yılında Bratsk- Rusya'da iki şirket yönetim kurulu üyesinin sandalyelerinin altına yerleştirilen Sezyum-137 kaynakları sebebiyle bir kişide radyasyon hastalığı tespit edilmiştir (3). 1993 yılında Moskovada yine bir şirket yöneticisinin koltuğunun altına konulan radyoaktif kaynak radyasyon hastalığı sonucu ölüme neden olmuştur. 1995 yılında Moskova-Rusya'da bir aracın kapı cebine konan Sezyum-137 kaynak, sürücünün ölümüne neden olmuştur. 2002 yılında Guangzhou, Çin'de tavan panelleri arasına yerleştirilen Ir-192 kaynağı 75 kişide radyasyon hastalığı bulgularına neden olmuştur. 2016 yılında Sakaryada kayıp İridyum -192 kaynağını bulan ve evine götüren 16 yaşındaki çocukta radyasyon maruziyetine bağlı cilt yaralanması saptanmış en az 10 yakını da radyasyondan etkilenmiştir (4). 2017 yılında yanlış paketlenen Ir-192 kaynağı kargo paketi olarak Kahire-Zürih- Brüksel yolcu uçakları ile taşınmış, 26 yolcunun radyasyona izin verilen dozlardan daha yüksek dozda radyasyona maruz kaldığı saptanmıştır (5).

Ülkemizi etkileyebilecek nükleer tehlikelerin zamanında belirlenebilmesi için TAEK uzmanları tarafından yapılan ve eş zamanlı çalışan 211 istasyon kurulmuştur. Düzenli olarak alınan doğal radyasyon doz hızı ölçüm sonuçlarının takibi, değerlendirilmesi, güncellenmesi ve internet üzerinden halkın erişimine sunulması sağlanmıştır. RESA'dan (Radyasyon Erken Uyarı Sistem Ağı) alınan veriler Avrupa ülkeleri arasında radyolojik bilgilerin toplanması için hazırlanan Avrupa Radyolojik Veri Değişim Platformuna (European Radiological Data Exchange Platform-EURDEP) gönderilmekte ve Avrupa ülkeleri tarafından EURDEP'e aktarılan veriler düzenli olarak takip edilmektedir (6). Gerçek meteorolojik verilerle nükleer ve radyolojik kaza yönetiminde karar destek sistemi olarak kullanılan Çevresel ve Atmosferik Dağılım Modelleme Sistemi (ÇADMS) TAEK tarafından düzenli olarak işletilmektedir (7).

Bir terör olayında şüpheli bombalar, inandırıcı nükleer tehdit mesajları, bulaşa neden olabileceği düşünülen alet veya muhtemel bulaş bulguları, ölçülen gamma dozu hızının şüpheli nesneden 1 metreden >100 µSv/sa üzerinde ölçülmesi, radyasyon hasarının tıbbi semptomlarının bulunması veya bir terörist olayın parçası olabileceği düşünülen çalınan kaybolan, hasar gören radyoaktif malzemelerin varlığı nükleer saldırı işaretçisi olabilir (8,9).

Radyolojik ve nükleer tehdit, radyoaktif materyalin taşınması, dağıtılması veya nükleer bir silahın patlatılması olarak karşımıza çıkabilir (8-10). Terörist saldırıda nükleer tehdit; kamu alanlarına radyoaktif maddenin toplumu ışınlayacak şekilde saklanması (radyasyona maruz bırakan düzenekler, RMBD) veya reaktörler ya da artık kullanılmayan nükleer silahların taşınması sırasında taşıyıcılara yapılan saldırılar neticesinde çevreye saçılma (radyolojik madde yayan düzenekler, RMYD) gibi iki şekilde karşımıza çıkabilir. Bir nükleer olayın RMYD veya RMBD açısından iyi ayırt edilmesi korunma ve koruma yöntemleri ve halk sağlığı açısından özel

önem taşımaktadır. RMYD'lerin en sık tekniği klasik patlayıcılara eklenen radyoaktif maddelerle oluşturulan kirli bombalar olduğu düşünülmekle birlikte; aerosol veya sprey ile de çevreye kasten radyoaktif madde saçılabilir. Bu tip saldırılarda nükleer silahların kilotonlarla ölçülen infilakı, elektromanyetik enerji, ısı, basınç ve yüksek doz radyasyon miktarı beklenmez. Ancak gerek RMBD gerekse RMYD terörizmin amaçladığı kitlesel korkuyu yeterince sağlayacak güçtedir (8-10).

RMYD'ler en basit teknolojiler ile üretilebilen, nükleer kaynak olarak bilimsel araştırmalarda, petrol veya havacılık mühendisliğinde, radyotermal enerjide ve tıpta kullanılan radyoaktif maddelerin eklenmesi ile oluşturulabilir (10). **Tablo 1**'de olası RMYD yapımında kullanılan kaynaklar ve maksimum kaynak radyoaktiviteleri verilmiştir.

Tablo 1: RMYD (Radyoaktif Madde Yayan Düzenekler) yapımında kullanılan kaynaklar ve maksimum kaynak radyoaktiviteleri

Radyonüklid	Kaynak	Kaynaktaki maksimum radyoaktivite
		Becquerel
Kobalt -60	Tıbbi terapötik ajan - Endüstriyel radyografi, Gıda ışınlaması	3.7x10 ¹⁵ -2.96x10 ¹⁷
Sezyum-137	Tıbbi tanı ve tedavi, kan ve kan ürünleri ışınlaması	3.7x10 ¹⁴ -9.25x10 ¹⁵
İridyum-192	Tıbbi tedavi - Endüstriyel radyografi, Gıda ışınlaması	3.7x10 ¹³
Amerisyum-241	Endüstriyel radyografi	7.4x10 ¹¹

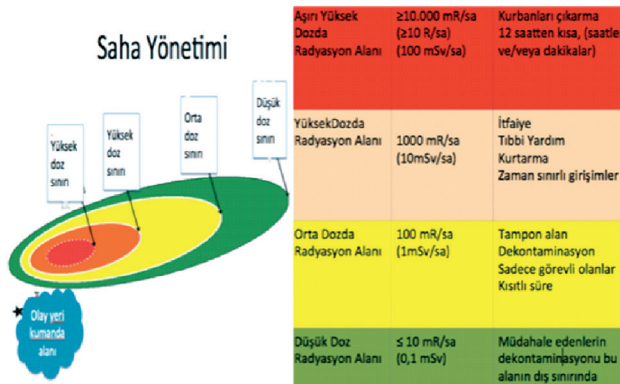
RMBD ve RMYD terörist tehditte ilk akla gelen yöntemlerdir. Eski KGB ajanı olan Alexander Litvinenko'nun 2006 yılında Londra merkezindeki bir otel odasında ²¹⁰Po (radyoaktif polonyum) ile zehirlenmesi RMBD'ye bir örnek olarak verilebilir. Bu olayda düşük miktarlarda radyoaktivitenin şehrin birçok yerinde bulunması ve mağdura müdahale edenlerin de aldıkları doz nedeniyle bir tek kişiden ziyade daha geniş bir topluluğun etkilendiği görülmektedir (11-13).

Terörist olayın gerçekleşmesi halinde müdahale ancak daha önce üretilen senaryolar üzerinden tatbikatı yapılmış, uygun müdahale eylem planlarının düzenlenmesi ile mümkün olabilir. RMBD veya RMYD gibi durum-

larda önceden geliştirilmiş müdahale eylem planlarının başarısı için temel radyasyon biyolojisi hakkında bilgilendirilmiş sağlık personeline, uygun tıbbi desteğe, olay sonrası tıbbi desteğin yetiştirilebilmesine, akut tedavi için bu konuda bilgili ve deneyimli kişilerin merkezlerle acil yönlendirilmesine ve uzun süreli takibe ihtiyaç vardır (14). Bu nedenle olay öncesinde iyi kurgulanmış ve düzgün uygulanan planlar hem kazazedelerin, hem de müdahale edenlerin daha az radyasyon dozu almasını sağlayacak, olay yerinde ve hastane içinde kaosu, aşırı stresi, klinik karar vermede güçlük çekilmesini azaltacaktır. Olay yerine müdahale edeceklerin radyoaktivite mağduru olmaması için dikkat edilmesi gereken ilk prensip, tüm radyoaktif olaylarda olduğu gibi tıbbi yardım esnasında mümkün olan en az dozu almaya yönelik ALARA (as low as reasonably achievable) prensibidir. Radyolojik terörizm olayına maruz kalan kurbanlara doğru müdahaleyi sağlamak ve tedaviyi uygulayabilmek için eğitilen sağlık personelinin radyasyon kazasını zamanında teşhis edebilmesi çok büyük kolaylık sağlayacaktır.

Radyolojik - Nükleer Kaza Ve Saldırılarda Kaza Alanına Müdahale

Radyolojik nükleer kaza ve saldırılarda müdahale eylem planlarında ilk basamak; radyasyondan korunmanın sağlanabilmesi için olay yerinin tetkiki ve kontrollü alan oluşturulmasıdır. Buna göre nükleer serpinti - tehlikeli olay zonu, ciddi, orta, hafif hasar zonları olmak üzere, dört konsantrik halka halinde hasar zonu oluşturulmalıdır. Buna bazen radyasyon uyarı bölgesi olarak adlandırılan beşinci bir halka eklenebilir (15) (Şekil 1).



Şekil 1: Radyolojik ve nükleer kazalarda saha yönetimi (15).

Bu zonda çevresel radyasyon maruziyet hızı 0.1 mR/sa'nın (1 mikroSv/sa) altında olmalıdır. Zonlar kirli bombalar gibi görece düşük düzey radyoaktif olay tehdidinde ise kordon altına alınmış alan ve sınırlı geçiş izin alanı şeklinde iki halkadan oluşur. Kordona alınacak alanların açık arazide, bina içinde veya yangınla birlikte olması durumunda olay yerine göre kordon mesafeleri 30 ile 400 metre arasında değişebilir. Bu zonlar ve genişlikleri yaşanan radyolojik- nükleer olayda doz hızlarına göre belirlenir. Ayrıca zonlara ve mesafelerine, kontrol noktalarının yerleşimine karar verirken rüzgar yönü ve şiddeti hakkında meteorolojik bilgiye de gereksinim

duyulur (15,16).

Arındır - Yıka - Durula - Ölç

Radyolojik ve nükleer terörist olaylarda tüm KBRN (Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer) olaylarında olduğu gibi arındırma- yıkama (dekontaminasyon) ve triyaj işlemleri sırasıyla ve titizlikle yerine getirilmelidir. Olay yerinde yapılacak dekontaminasyon işlemleri kazazede veya kurbanların çevreyi kontamine etmelerini, ilk yardımda bulunan kişilerin kontamine olmasını ve kontamine kişi sayısının sınırlandırılmasını sağlayacağı gibi, kazazedelerin tedavileri sırasında radyonüklidlerin internal kontaminasyonuna da engel olacaktır. Kontaminasyon tespit edilen olguların dekontaminasyon işlemlerinin hastane içindeki dekontaminasyon ünitelerine sevkindense, transport öncesinde ılık ve soğuk alan arasına yerleştirilmiş dekontaminasyon ünitelerinde gerçekleştirilmesi tercih edilmelidir. Dekontaminasyon salt kişilerin üzerlerindeki aktivitenin uzaklaştırılması alanı değil, aynı zamanda maruz kalınan aktivite hakkında delil toplandığı ve radyasyonun olası etkileri için ön verilerin sağlanabileceği bir çalışma alanıdır. Her iki kulak ve burun deliklerinden, yara yerlerinden dekontaminasyon öncesi alınacak sürüntüler kazazedelerde dahili bulaş riski olup olmadığı hakkında fikir verebilir. Alınan örnekler ayrı vial veya kapalı tüplere kimlik bilgileri, nereden ve hangi taraftan alındığı kaydedilerek saklanmalıdır. Bu örnekler salt klinik incelemeler için değil aynı zamanda adli incelemeler için de birer analiz kaynağıdır. Bu çalışma ve kayıt işlemleri yapılmaksızın sağlık tesislerine nakil hem radyasyon konusunda yeterli bilgiye sahip olmayan sağlık çalışanlarındaki korkuyu artırabileceği gibi sağlık tesislerinin kontaminasyonu ile de sonuçlanabilir.

Saçların silkelenmesinin, taranmasının, kıyafetlerin ve ayakkabıların çıkartılmasının bulaşı %90'dan fazla azalttığı genel bir kabuldür (14). Dekontaminasyon ünitesinin girişinde Radyasyon Görevlileri tarafından ölçülen kazazedelerin üzerindeki doz not edilmelidir. Kıyafetleri, gözlükleri ve diğer aksesuar ya da ortezleri çıkarılan kazazedelerin tekrar ölçümleri yapılmalıdır. Saçların taranması silkelenmesi önerilse de tıraş etmek önerilmez ancak saçlar uzun ve kazazede sayısı fazla ise kesilebilir. Arındır, yıka durula işlemleri baştan ayağa istikamette yapıldıktan sonra olgular tekrar doz hızları yönünden ölçülmelidir. Kontamine olan alanlardaki doz hızları da kaydedilmelidir. Üzerindeki doz bilinen zemin aktiviteden yüksek ise üzerindeki dozda azalma devam ettikçe olgular yıkanmalıdır. Her dekontaminasyon işlemi sonrasında ölçüm tekrarlanır. Eğer bir önceki doza göre ölçüm sonuçlarında %10'dan fazla azalma sağlanmıyorsa yıkamaya devam edilmemelidir. Açık yaralanmalı olgularda yara yerleri steril serum fizyolojik ile yıkanmalıdır. Bu alanların üzerindeki ölçümler özellikle kaydedilmelidir. Dekontaminasyon sırasında açık yaradaki radyonüklid ile kontamine şarapnellerin çıkartılması düşünülse de bu yaklaşımdan zaruriyet yoksa kaçınılmalıdır. Kontamine şarapnellerin olduğu açık yaralar tıbbi üsule uygun olarak yıkanır, kapatılır,

zırhlı ve normal dekontaminasyon prosedürü sonrasında hasta transfer edilir. Zırhlı ve zırhsız olarak doz hızı kaydedilir ve sağlık kurumuna transport sırasında hasta ile birlikte bir nüsha gönderilir. Eksternal dekontaminasyon işlemlerinin başarıyla yerine getirilmesi, radyonüklid veya radyonüklidlerin internalizasyonu olasılığını da azaltır (8,14,17).

Dekontaminasyonda sıcak sudan, sürterek temizlemekten kaçınılmalıdır. Sürterek yapılan arındırma ve yıkama işlemleri derideki stratum korneum katmanları arasına radyonüklid veya radyoaktif maddenin girmesine ve maruz kalınan dozun artışına sebep olabilir. Geri plandan hafif yüksek ölçülen dozların ise zaman içinde fizyolojik deskuamasyon ile normale indiği görülebilir. Bu kişilere evlerinde günlük duş almaları ile iç çamaşır ve kıyafetlerini günlük olarak değiştirmeleri önerilebilir. Kişilerden çıkartılan kıyafetler doz hızlarına göre sıcak-ılık alanda depolanmalıdır (9,10,15).

Yaraların debridmanı ile elde edilen dokular ve yıkama sıvıları ile yaraları örtmede kullanılan spanç, pet vb. örtücü malzemelerde de kontaminasyon analizi yapılmalıdır. Bu materyallerden çevreye bulaşın olmasına engel olacak radyasyondan korunma personeli görevlendirilmelidir (10,18).

Triyaj

Triyaj kitlesel yaralanmalarda olguların tıbbi tedavi alma önceliğinin belirlenmesi olarak tanımlansa da aslında KBRN olaylarında sadece tedavinin değil dekontaminasyon önceliğinin de belirlendiği dinamik bir süreçtir.

Radyolojik-Nükleer olaylarda ve terör saldırılarında kazazedelerin triyajı en hasta olanın en önce sağlık kurumlarına gönderilmesi şeklinde olmayıp imkanların azami tasarrufla kullanıldığı durumlarda azami fayda görecektir. Olay alanında genellikle fiziksel hasar durumuna göre basit triyaj ve hızlı tedavi (simple triage and rapid treatment-START), pediatrik hastalar için basit triyaj ve hızlı tedavi (jumpSTART) veya özellikle askeri alanda uygulanan DIME (delayed, immediate, minimal, expectant-geciktirilebilir, acil, minimal ve bekletilebilir) sınıflamaları kullanılabilir. Triyajda en çok sayıda hastaya, en iyi yardım amacı güdülen, her türlü müdahaleye rağmen kaybedileceği bilinenler bekletilebilir. Primer triyaj alınmış mekanik travma veya yanığa göre yapılmalıdır. Triyaj sırasında maruz kaldığı varsayılan doz miktarları hesaba katılmaz. Örnek olarak; hipotansiyonu olan bir hastada masif radyasyon hasarı değil travmaya bağlı hipovolemi ön planda tutulmalıdır. Hemoraji gibi düzeltilebilir nedenlerle hipotansif olan hastaların erken transportu sağ kalım oranlarını artıracaktır (8,10,16). **Tablo 2'**de görüldüğü gibi radyasyona maruz kalındığı düşünülen olgular, dozları Akut Radyasyon Sendromuna (ARS) sebep olacak kadar yüksek olsa bile triyaj öncelikle konvansiyonel yaralanmalara göre yapılır. Konvansiyonel yaralanması olmayan ancak radyasyona maruz kaldığı bilinen olgular ise minör yaralanma grubundadır.

Tablo 2: Olgu müdahale önceliği sistemi DIME sınıflaması ile tıbbi acillerde kurban müdahale önceliğinin belirlenmesi.

Tanım	Klinik Durum	Müdahale
Ölü	Havayolu açık olmasına rağmen, nefes almayan	Acil hastaların tamamına müdahale edilmedikçe bu hastalara müdahale edilmez
Acil	Solunum hızı>30/dk	Acil transport , erken müdahale (START, jump START ile ikincil triaj sistemlerine uygun olarak)
	Radial nabız yok , kapiller dolma zamanı >2 sn	
Geciktirilebilir	Basit komutları takip edemiyor	Geciktirilebilir ve minör grubundaki olguların genel durumunda değişim olması halinde tekrar değerlendirme yapılarak , müdahale sırası değiştirilir.
	Ölü kabul edilenler ve acil dışındaki hastalar	
Minör	Yürüyen yaralılar	

Radyolojik – Nükleer Saldırı Ve Terörist Olayda Kazazedeye Tıbbi Yaklaşım

Termal yanıklar ve mekanik travma olaydan sonra saatler içinde gerçekleşen ölümlerin çoğundan sorumludur. Salt radyasyon hasarı olan olguda uygun tedaviye rağmen ilk hafta içinde ölüm yüksek doza bağlı gastrointestinal sendrom veya kardiovasküler/santral sinir sistemi sendromuna neden olabilir. Bu nedenle nükleer terörist saldırıda müdahaleye karışan klinikler sadece radyasyonla uğraşan klinikler değil, hastanın ihtiyacına göre genel cerrahi, hematoloji, enfeksiyon hastalıkları, ortopedi, plastik cerrahi ve yoğun bakım servisleri olmalıdır. Yaralıların triyajı sonrasında yaşamı tehdit eden yanık ve yaralanmaların hızlı tedavisi, varsa eksternal bulaşın temizlenmesi, internal bulaşın önlenmesi için gerekli önlemleri almak, sağlık çalışanlarının radyasyon maruziyetini asgariye indirmek, olası internal bulaşı araştırmak amacıyla idrar ve gaitada radyoaktif madde araştırması yapmak, hasta taburculuğunda veya ayaktan mağdurlarda ileriye yönelik danışma hizmeti vermek deneyimli ve bilgili kliniklerde yapılmalıdır.

Radyasyon hastalıkları tıp fakültelerinde çok seyrek olarak okutulmakta ve bu nedenle hekimler ve diğer sağlık personeli karşılaştıkları bazı yaygın ön belirtilerin

(bulantı, kusma ve ishal) radyasyona bağlı bir sorundan kaynaklanmış olabileceğini bilmemektedir. Bu nedenle radyasyon hastalıklarının en azından teorik olarak bilen Nükleer Tıp ve Radyasyon Onkolojisi hekimlerinin nükleer kaza ve terörist atakta hastanın, hastalığın gidişatını ve sağaltımını öngörmede sorumluluğu mevcuttur.

Radyasyon tedavilerinin geçmişi analiz edildiğinde birçok olayda teşhisin geç yapıldığı görülmektedir. Geçmişte olan 4 büyük radyasyon kazasının irdelendiğinde kazanın gerçekleştiği andan nihai teşhisin konulmasına kadar geçen süre ortalamasının 22 gün olduğu belirtilmiştir. Bangkok-Tayland Şubat 2000, Meet Halfa-Mısır Mayıs 2000, Tammiku-Estonya Ekim 1994, Goiania-Brezilya Eylül 1987'de bilinen radyasyon kazalarının tamamı kaybolan radyoaktif kaynaklar nedeniyle ortaya çıkmıştır (19). Diğer yandan Japonya'daki Tokaimura'da kritik ve büyük kazada, olay bir sanayi bölgesinde gerçekleştiği için kazadan çok çabuk haberdar olunmuş ve tedbir alınmıştır. Kazalar bir sanayi bölgesinde ya da bir sağlık kuruluşunda gerçekleşmişse hemen kaza sonrasında, kayıp ya da çalınan bir radyoaktif kaynaktan meydana gelmişse olaydan 2-4 hafta sonra yani bazı hastalar ikincil olarak maruz kaldıktan ve radyasyon belirtileri görülmeye başladıktan sonra haberdar olunabilmektedir (8,19,20).

Kazade ile hekimin yaptığı ilk görüşmede eğer hasta harici olarak radyasyona maruz kaldığını biliyorsa, ne şekilde ışınlandığını, hastalık belirtilerinin oluşma zamanı ve belirtilerin ciddiyeti hakkında erken yorum yapılabilir ve erken dönemde riskler belirlenerek, gerekli önlemler alınabilir. Kazadedelerin ilk değerlendirilmesinde, öncelikli olarak tam kan sayımı yaptırılmalı ve aynı gün içerisinde tam kan sayımı 4-6 saat aralıklarla tekrarlanmalı ve lenfosit sayısındaki erken azalma miktarı araştırılmalıdır. Doz tespitini sağlayacak biyodozimetre sitogenetik çalışma için gerekli olan kan örnekleri de eş zamanlı ve kan transfüzyon öncesinde alınmalıdır.

Hastanın tıbbi tablosundaki radyasyon yaralanmasına maruz kaldığına dair ipuçları;

- 1) Radyasyon içeren bilinen bir kazanın gerçekleşmiş olması (hastanın böyle bir kazaya yakın yerden gelmesi)
- 2) Bilinmeyen metal bir obje bulmuş olması (örneğin floresan spektroskopisi ile çalışan, endüstriyel radyografide kullanılan ya da hurda metal yığınlarının atıldığı yerde bulunan bir metal parçası gibi),
- 3) Aile yakınlarında veya yakın arkadaşlarında deri lezyonları bulunanlar ve bulantı, kusma ve yorgunluk gibi belirtilere sahip olanlar,
- 4) Kusma, bulantı ve yorgunluk gibi belirtilerden şikayetçi olan ve bunlarla beraber başka bir açıklaması olmayan deri kızarıklıkları bulunanlar,

Bir nükleer kazadan sonra hastaların tıbbi tedavileri için görev yapacak doktorlar, sağlık personeli, çok az miktarda klinik bulgular gösteren ya da açıklanamayan bulantı, kusma veya açıklanamayan deri lezyonu belirtileri bulunan normal görünümlü hastalar ile ARS'nin bütün belir-

tilerini ve bulgularını gösteren ağır hastalar olmak üzere birbirinden farklı iki hasta tipi ile karşılaşacaklardır.

Radyolojik terörizm kurbanları; doğru zamanda tıbbi tedaviye, radyasyona maruz kalma oranlarının doğru değerlendirilmesine ihtiyaç duyarlar. Teşhis koyacak konumda olan sağlık personeli bu çok farklı hasta durumlarının bilincinde olmalıdırlar.

Radyasyona bağlı hastalıkların klinik olarak ortaya çıkması saatler veya günler alabileceğinden, hastanelerin acil servis görevlileri radyolojik terörizm olaylarının mağdurlarını geleneksel tıbbi yöntemler ve travma kriterlerini kullanarak aciliyetine göre sıralama kabiliyetine sahip olmalıdırlar. Hastaların önce tıbbi anlamda stabil hale gelmeleri sağlanmalı, klinik bulgular, maruz kalınan doz miktarı ve radyonüklid cinsi ve internal kirlenmenin mevcut olup olmadığı kriterleri dikkate alınmak suretiyle radyasyon yaralanmaları değerlendirilmelidir (2,20,21).

Radyasyon almış bir hastanın tedavisi; maruz kalınan radyasyon türüne (gama, nötron), radyonüklid tipine (sezyum, plütonyum, vs), maruz kalınan doza, maruziyet düzeyine (tam veya kısmi vücut), maruz kalma lokasyonuna (dahili veya harici), eş zamanlı travma veya yanık yaralanmalarının olup olmamasına göre değişebilir. Ayrıca, bir radyolojik nükleer olay veya terörist saldırı ortamında, bireylerin, diabet, hipertansiyon, kalp yetmezliği gibi eşlik eden hastalıkları olması kaçınılmazdır. Bunların içinde daha savunmasız bir nüfus, gebeler, yaşlılar, çocuk ve gençler bulunabilir.

Kitlesel etkilenmenin olduğu olaylarda kaynak sınırlamaları hasta bakımında bazı değişikliklerin yapılmasını gerekli kılabilir. Altın saat (travma-kaza olayından sonraki ilk saat) travma cerrahları tarafından genel olarak bir fırsat saati olarak tanımlanır. Bu zaman diliminde acil müdahale personelinin doğru sınıflandırma ve sonraki tedaviye göre hastaların önceliklerini belirlemedeki hızlı hareket etme yetenekleri ciddi şekilde yaralanmış olan kurbanların hayatlarının kurtarılmasını sağlayabilir. Kaza nedeniyle şok geçiren veya şoka girmeye çok yakın olan hastalar eğer bu altın saat içinde tedavi edilmezlerse ölebilirler. Radyasyonla kirlenmiş yaralardaki radyasyon hızı nadir olarak birkaç onluk $\mu\text{Sv/sa}$ 'i geçebilir, bu yüzden hastane personeli bu yaralı hastalar sebebiyle maruz kalabilecekleri radyasyon dozunun çok düşük seviyede ve önemsiz olacağını bilmelidir.

Bir terörizm olayında hastada ARS oluşması kesin olarak; kaybolan ya da çalınan bir radyoaktif kaynaktan nükleer bir cihazdan ışınlanmaya, radyoaktif maddelerin solunma ya da sindirim yoluyla vücuda girmesiyle mümkün olur (18).

Akut Radyasyon Sendromu

ARS, radyasyon hastalığı olarak da bilinir ve radyasyona maruz kaldıktan sonra oluşan belirti ve semptomlar olarak tanımlanır. Bu semptomlar, vücudun tamamının veya bir kısmının yüksek dozda ışınlanması sonucu or-

taya çıkar. Radyasyonun etkileri özellikle hızlı çoğalan hücreler için daha belirgindir. En hassas doku ve organlar deri, hematopoietik sistem ve bağırsaklardır. Klinik sendromlar deri, hematopoietik sistem, sindirim sistemi ve serebrovasküler sistemi kapsar (9,18,21).

ARS seviyesi; ışınlanan alana, doz oranına, radyasyon tipine (alfa, beta, gamma, nötronlar vs.), bunlara eşlik eden travma ve yanıklara bağlıdır. Travma ve yanıklar, ARS'nin klinik etkilerini artırır ve daha düşük dozlarda bile ölümcül sonuçlara sebep olabilir.

ARS Prodromal (öncü, ilk safha), Latent (gizli, belirti göstermeyen), Manifest (açıkça görülen), Recovery or death (iyileşme yada ölüm) olarak adlandırılan dört evreden oluşmaktadır. Ölümcül dozda radyasyon alan hastalar, bu safhaları birkaç saat gibi çok kısa sürede geçirebilir ve erken bir ölüme maruz kalabilirler.

Akut radyasyon sendromunun alt sendromları olan kutanöz sendromda 0.3-0.5 Gy dozlarda ışınlanmadan sonra birkaç saat içinde kaşıntının eşlik ettiği geçici eritem meydana gelebilir. Maruziyet alanında veziküller ve ışınlanma bölgesinde ülserasyon gözlenebilir. Çok yüksek cilt dozları ile alopesi, salgı bezlerinde hasar, atrofi, fibrozis, artmış ya da azalmış pigmentasyon, ülserasyonlar ve nekroz ortaya çıkabilir.

Hematolojik Sendrom 2-3 Gy dozlarda ortaya çıkar. Tam kan sayımı ve diğer tetkiklerle tanı konulmasını takiben özellikle olay anından sonraki 24 saat içinde miyeloid sitokinlerin (granülosit koloni stimulan faktör) uygulanması önem taşır. Hematolojik hasar semptom ve bulgu vermeden 1-3 haftalık latent faz sonrası da ortaya çıkabilir. Gerek erken dönemde, gerekse aşikar hematolojik sendromda kan ve kan ürünlerinin agresif kullanımı gerekebilir.

Gastrointestinal sendrom 5-6 Gy doza maruziyetten 5-6

gün sonra gelişebilir ve agresif tedaviye gereksinim duyar.

Nörovasküler sendrom ise 10 Gy'lik dozlarda ortaya çıkar ve genel olarak ölümcül seyredir. Olguların konforu için palyatif ve/veya destekleyici tedavi uygulanmalıdır.

Kombine yaralanmadan; belirgin fiziksel travma veya vücudun %20'sinden fazlasının yandığı durumlara eşlik eden 2 Gy veya daha fazla radyasyon dozu maruziyeti durumunda söz edilir. Bu durumda prognoz her bir travmanın tek başına görüldüğü durumlardan çok daha ciddidir (21,22).

ARS'nin tedavisi genel olarak akut, orta ve geç faza göre değişir. Travma, yanık, radyoaktif şarapnellerin cerrahi olarak çıkarılması ve psikolojik destek ile ilgili acil tıp ihtiyaçları ilk 72 saat içinde yerine getirilmelidir. Bu hastalarda ağrı yönetimi, antiemetikler, antidiareik ilaçlar ve yakın klinik takip gerekir.

Nötropenik hastalarda tedavinin ana bileşeni hematopoietik büyüme faktörleri, kan ürünleri ve antibiyotikler ile destek tedavisidir. Bu durumda olan ve radyasyona bağlı yanıkları ve yaralanmaları olan hastalardaki yaralar daha zor iyileşir. Kanamalar ve fırsatçı enfeksiyonlar görülür. ARS'nin patofizyolojisini tek bir organ yetmezliğine bağlamak eski bir yaklaşımken yeni yaklaşım bu olguları çoklu organ yetmezliği adayları olarak kabul etmektedir. Buna çoklu organ disfonksiyonu sendromu (multipl organ dysfunction syndrome-MODS) adı verilmiştir. Birden çok hedef organdaki hasar, sistemik inflamatuvar yanıt ile ilişkilidir (9,16,22).

Salt ciddi radyasyon maruziyeti varlığında REAC/TS (Radiation Emergency Assistance Center/Training Site) hastaneye yatırılan olguları hafif, orta, ciddi ve lethal olmak üzere dörde ayırmaktadır (**Tablo 3**). Klinik kaynakların kullanılmasında mekanik travma olmamasına rağmen DIME triyaj sınıflamasındaki gibi orta (2-5 Gy) ve ciddi (5-10 Gy) gruba girenlere sırasıyla öncelik tanınır.

Tablo 3: Maruz kalınan dozlara göre tedavi planlaması.

Maruz Kalınan Doz	Uygulanacak Tedavi
Grup 1 Hafif >2 Gy	Semptomatik triaj, Yakın takip ve Tam kan sayımları Yanık /travma yoksa ayaktan takip
Grup 2 Orta 2-5 Gy	Yataklı Tedavi, Tersine izolasyon Erken sitokin tedavisi düşünülmeli, Barsak dekontaminasyonu düşünülmeli (oral antibiyotik), Viral profilaksi, Erken antifungal tedavi düşünülmeli, Febril nötropeni için antibiyotik
Grup 3 Ciddi (5-10 Gy)	Yataklı Tedavi, Tersine izolasyon Erken sitokin tedavisi, Barsak dekontaminasyonu, Viral profilaksi, Erken antifungal tedavi, Beklenen ciddi febril nötropeni için erken antibiyotik
Grup 4 Lethal>10 Gy	Semptoma yönelik veya destekleyici tedavi, Düzelme olursa Grup 3'e aktar

Açıklama: Grup 2 ve 3 pansitopeni hakkında deneyimli hematolog ve dirençli fırsatçı enfeksiyonlar hakkında deneyimli enfeksiyon hastalıkları uzmanına ihtiyaç duyar.

Kazazedenin olay sırasında, olay merkezine uzaklığı, imkan bulunur bulunmaz yapılan kan tahlilleri ve ciltte radyasyon yanıklarının saptanması alınan radyasyon dozunu ve sağ kalımı tayin etmekte faydalıdır. Olaydan 24 saat sonra lenfosit sayısı normalin %10'u ise, tedaviye rağmen ölümcüldür. Lenfosit sayımı %90'ın üzerindeyse tedavi olmasa da bu olgularda ölüm beklenmez. Alınan doz ne kadar fazla ise iştahsızlık, bulantı, kusma, abdominal ağrı, eritem, ateş, hiperestezi, oligüri gibi akut radyasyon sendromuna bağlı prodromal belirtilerin ortaya çıkması o kadar hızlı ve şiddetlidir (21).

Yaralıların ne kadar radyoaktivite dozu aldığı sağ kalımı ve uygulanması gereken tedavileri belirleyebileceğinden maruziyet dozunun tahmini önemlidir. Bir hastanın ışınlanma miktarını tahmin etmede kullanılan klinik biyodozimetri, radyasyon maruziyeti ile kusma arasındaki süre, kusma sıklığı, lenfosit azalma kinetikleri, kromozomal aberasyon analizidir.

ARS'nin en erken belirtileri bulantı ve kusmadır. Alınan doz miktarı ile kusma sıklığı linear bir uyum gösterir. Bunun dışında kaza ile kusma başlangıç zamanı arasındaki süre azaldıkça maruz kalan dozun yüksek olduğu değerlendirilir.

Maruziyetten sonra 1 ile 2 saat içinde kusma gözlemlendiğinde tüm vücudu etkilemiş olan etkin radyasyon dozu en az 3 Gy'dir. Eğer 1 saatten önce kusma mevcutsa doz oranının 4 Gy'i aşmış olduğu anlaşılır (10,21).

Birçok kişinin maruz kaldığı bir toplu kaza olayı gerçekleştiğinde 4 saatten önce kusması olan hastalar profesyonel tıbbi bakım için sınıflandırılırken, 4 saatten daha sonra kusması olanlar acil kabul edilmeyip (ikincil olarak sınıflandırılır) minimal yaralanması olan hastaların tedavi edildiği daha az teşekküllü sağlık merkezlerine (sağlık ocağı vb.) yönlendirilebilir. 3 Gy ve daha az doz miktarlarında hastaların sadece %50'si bulantı ve kusma semptomları gösterir. Radyasyon maruziyeti ile kusma arasındaki süre kusma etiyojisinin çok çeşitli sebeplere dayanması nedeniyle kişinin ne kadar doz aldığını belirlemede çok da güvenilir olmayan basit bir belirteçtir (22).

Tahmini olarak bulunan doz miktarı hastanın rahatsızlığının seyrini öngörmek, ARS oluşması riskinin var olup olmadığını anlamakta ve özellikle hematolojik desteğe ihtiyaç duyup duymayacağını belirtmekte işe yarar. Alınan doz ile ilgili en iyi bağlantı sitogenetik yöntemlerin kullanılmasıdır. Sitogenetik çalışmalar göstermiştir ki lenfositlerdeki disentrikler ve halka kromozom sayısı radyasyon dozu ile direkt ilişki sergiler. Bu kromozomal değişiklikler ya radyasyonun direkt sonucudur ya da radyasyondan kaynaklanan hasarın düzeltilmesi teşebbüsünün sonucudur. Sitogenetik çalışmalar biyodozimetre için "Altın Standart" olarak kabul edilir (9,18,22). Bu yöntemde lenfositlerin inkübasyonu, kültürü ve karyotiplerinin okunması ise günler alır. Bu nedenle de akut biyodozimetre olarak kullanılmala-

rını yaralı sayısının fazla olduğu durumlarda, pratikte imkansız kılar.

Vücudun aldığı toplam radyasyon dozunu belirlemede lenfosit azalma kinetikleri çok iyi bir biyodozimetrik yöntem olarak kullanılmaktadır. Ancak lenfosit azalma kinetikleri çalışmalarından önce yapılan tam kan transfüzyonları, lenfosit azalma kinetiklerinin doğru çalışmasını engeller. Ayrıca, kentsel alanda meydana gelen bir nükleer patlamada büyük olasılıkla alınan doz miktarı homojen olmayacaktır. Duvarların ya da mobilyaların sağlayacağı kısmi koruma bazı organlardaki kök hücrelerde daha az etki olmasını sağlayacaktır. Bu durumda vücudun bazı anatomik kısımları yüksek doz alırken, diğer bazı organlar korunmuş olacaktır.

İnternal Kontaminasyon, Dekorporasyon

Bir nükleer terörist olayda ilk akla gelen durum alınan radyasyon ve ona ait etkiler olsa da Radyoaktif madde- nin inhalasyonu, yutulması, ciltten veya yara yerinden emilimi ile tarif edilen internal kontaminasyon, yaralıya yaklaşımı değiştirir.

İnternal bulaşta, bulaşın kendisinden daha fazla zarar vermemek üzere oral/nazofarengeal aspirasyon, mide lavajı, laksatifler, hidrasyon ve diürezin sağlanması, potasyum iyodür, amonyum klorid ve dietilentriamin-pentaasetik asit (DTPA) gibi kontaminant ajana özgü şelasyon ajanlarının kullanımını gündeme gelebilir.

İnternal dekontaminasyonun saptanması için gaita ve idrar örneklerinin alınması gerekir. Dekorporasyon tedavileri bulaşmış radyonüklide özgü olarak verilir. Örnek olarak, radyoaktif iyot bulaşında potasyum iyodür (KI) verilmesini hatırlamak önemli ve zamana bağlıdır. Maruziyetten 24 saat sonra KI verilmesi yararlı değildir. Bulaşan radyonüklid Sezyum-137 ise Prusya Mavis, Plütonyum-238 ve Amerikyum-241 için DTPA şelatör olarak verilmektedir (10,23,24).

Radyolojik- Nükleer Kaza Ve Saldırılarda Müdahale Eylem Planlaması

Radyolojik- nükleer kaza ve terörist atak öncesinde her zaman alarm durumunda olarak olası kazazade /kurban sayısının azaltılmasına yönelik çalışmaların güncel ve el altında tutulması gereklidir (7,9,23,25). Buna göre: 1-Öncelikle olası kaza durumuna yönelik müdahale eylem planlarının yapılması, 2- Müdahale eylem planlarına uygun tatbikatların yapılması, 3-Kaynak gereksinimlerinin doğru ve uygun tanımlanması, 4-Radyasyon kurbanlarının değerlendirilmesi, 5-Desteklenmesi 6-Tedavi için gerekli olan sağlık personelinin eğitilmesi 7-Kaza alanı doz hızı ölçümlerine göre güvenli yaklaşma sınırlarının ve kontaminasyon riski olup olmadığının belirlenmesi için ihtiyaç duyulabilecek gerekli cihaz, taşıt, koruyucu giysi ve donanımın temin edilmesi 8-Sahada insan sağlığı için olası olumsuz sonuçların

- önlenmesi veya azaltılması
 9-Beklenen (deterministik) sağlık etkilerinin oluşma olasılığının azaltılması
 10-Tahmini/olası (stokastik) sağlık etkilerinin oluşma olasılığının azaltılması
 11-Olası yeni olaylar için kontrol ve güvenlik tedbirlerinin gözden geçirilmesi
 12-Çevrenin ve canlı varlıkların korunması için gerekli önlemlerin alınması.

Nükleer Tıp Hekimi Ve Nükleer – Radyolojik Kaza Ve Saldırıları

TAEK, AFAD ve TSK'ya ait KBRN uzmanlarının hazırlıkları dışında Nükleer Tıp hekimleri ile radyasyonla uğraşan branşların da bilgi sahibi olması bir gerekliliktir. Bu nedenle radyoaktif hasta odalarının salt elektif hastalar (I-131, Lutesyum-177, vs) dışında nükleer terörist atak ve radyolojik- nükleer kazalarda travma ve yangın eşlik ettiği izole yoğun bakım odaları olabileceği de göz önünde bulundurularak bu odaların tefrişinin bu olgulara yaklaşımı kolaylaştırabileceği de düşünülmelidir. İnternal bulaş halinde verilmesi gereken şelatör ajanlar, bunların temin yerleri, dozları, infüzyon süreleri ile kontamine organlardaki dozlar, gaita ve idrar dozları ile bunların azalma grafiklerinin oluşturulmasında Nükleer Tıp hekimleri ve radyasyon güvenliği danışmanlarının aktif rol oynamak zorunda kalabileceği akılda tutulmalıdır. Nükleer Tıp hekimleri termal yanıklı ve blastik yaralanmalı olguların triajında radyasyon miktarının ölçülmesi ve hangi hastaların kurşun korumalı odalarda sağlık hizmeti alması gerektiğine karar vermek zorunda kalabilir. Hangi hastaların düşük doz radyoaktivite taşıdığına karar verecek hekim olduğu kadar, radyasyon güvenliği danışmanlarıyla birlikte idrar ve diğer atıkların saklanma gerekliliği ve diğer kliniklerdeki sağlık personellerine radyasyondan korunma ve güvenliğini sağlamak konusunda yönlendirici sağlık personeli olabilirler.

SONUÇ:

Olası radyasyon içeren terör olaylarına müdahalede başarıyı olay öncesi hazırlık, radyolojik ve nükleer olaylara müdahalede profesyonel organizasyon ve hızlı haberleşme belirler. Kısa süre içinde olaya müdahale edecekler arasındaki iletişim, halkın doğru bilgilendirilmesi ve yapılacaklar hakkında hızlı uyarıda bulunulması nükleer olay yaralılarında ölüm, yaralanma sayıları, hasar miktarı ile psikolojik yıkımı azaltacaktır. Günümüzde radyolojik- nükleer kaza ve nükleer terörist olaylarda iletişimin ve halkın bilgilendirilmesinin en kısa sürede nasıl sağlanabileceği konusunda çalışmalar devam etmektedir.

Bu makale daha önce başka bir dergide yayınlanmamış olup, çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

- 1.)Bozbiyık A, Hancı İH, Özdemir Ç, Demirkan Ö. Nükleer Silahlar Üretimi ve Etkileri. İçinde: STED. 2001. s. 386-7.
- 2.)Sabol J, Weng P-S. Introduction to Radiation Protection Dosimetry

- [Internet]. World Scientific; 1995 [a.yer 11 Ekim 2018]. Erişim adresi: <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/2612>
- 3.)Johnston R. Bratsk Radiological Assault, 1991 [Internet]. Johnston's Archive, Database of radiological incidents and related events. 2007 [a.yer 11 Ekim 2018]. Erişim adresi: www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents
- 4.)Johnston R. Nuclear Terrorism Incidents [Internet]. Johnston's Archive, Database of radiological incidents and related events. 2003 [a.yer 11 Ekim 2018]. Erişim adresi: www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents
- 5.)www.flander.news.be. Badly packaged nuclear consignment on plane to Brussels. 2017;
- 6.)Radyasyon Erken Uyarı Sistemi Ağı [Internet]. www.taek.gov.tr. 2018. Erişim adresi: www.taek.gov.tr
- 7.)ADME Eğitimi Kurs Notları. TAEK; 2013.
- 8.)Daniel J. Barnett, Cindy L, Parker, David W. Blodgett, Rachel K. Wierzba, Jonathan M. Links. Understanding Radiologic and Nuclear Terrorism as Public Health Threats: Preparedness and Response Perspectives. J Nucl Med. 2006;47:1653-61.
- 9.)Institute of Medicine. Assessing Medical Preparedness to Respond to a Terrorist Nuclear Event: Workshop Report [Internet]. Washington, DC: The National Academies Press; 2009. Erişim adresi: <https://www.nap.edu/catalog/12578/assessing-medical-preparedness-to-respond-to-a-terrorist-nuclear-event>
- 10.)REMM. Guidance on Diagnosis and Treatment for Healthcare Provider [Internet]. Radiation Emergency Medical Management: REMM. 2018. Erişim adresi: www.remm.nlm.gov
- 11.)Harrison J, Fell T, Leggett R, Lloyd D, Puncher M, Youngman M. The polonium-210 poisoning of Mr Alexander Litvinenko. J Radiol Prot. 20 Mart 2017;37(1):266-78.
- 12.)McFee RB, Leikin JB. Death by polonium-210: lessons learned from the murder of former Soviet spy Alexander Litvinenko. Semin Diagn Pathol. Şubat 2009;26(1):61-7.
- 13.)Polonium-210 as Weapon for Mass Destruction. İçinde: Sub-regional Workshop on Illicit Nuclear Trafficking Information Management and Coordination [Internet]. 2010 [a.yer 12 Ekim 2018]. Erişim adresi: http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:41061873
- 14.)TECDOC I. 86" Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination. 1996;
- 15.)Conference of Radiation Control Program Directors. Handbook for Responding to a Radiological Dispersal Device (Dirty Bomb): First Responder's Guide: The First 12 Hours (. Kentucky: CRCPD Publication; 2006.
- 16.)National Council on Radiation Protection and Measurements, editör. Responding to a radiological or nuclear terrorism incident: a guide for decision makers ; recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. Bethesda, Md: Nat. Council on Radiation Protection and Measurements; 2010. 202 s. (NCRP report).
- 17.)İnce S. Eksternal Kontaminasyon ve Dekontaminasyon Teknikleri. Nükleer Tıp Semin. 30 Kasım 2017;211-5.
- 18.)Christensen D, Parillo S, Glassman E, Sugarman S. Management of Ionizing Radiation Injuries and Illnesses, Part 2: Nontherapeutic Radiologic/Nuclear Incidents. J Am Osteopath Assoc. Mayıs 2014;114(05):383-9.
- 19.)Mickelson AB, Borden Institute (U.S.). Medical consequences of radiological and nuclear weapons. 2012.
- 20.)Goans RE, Waselenko JK. Medical management of radiological casualties. Health Phys. Kasım 2005;89(5):505-12.
- 21.)Li C, Ansari A, Etherington G, Jourdain J-R, Kukhta B, Kurihara O, vd. Managing Internal Radiation Contamination Following an Emergency: Identification of Gaps and Priorities. Radiat Prot Dosimetry. Eylül 2016;171(1):78-84.

22.)Nonstochastic effects of ionizing radiation. Ann ICRP. 1984;14(3):1-33.
23.)National Council on Radiation Protection and Measurements. Population monitoring and radionuclide decorporation following a radiological or nuclear incident [Internet]. Bethesda, Md.: National Council on Radiation Protection and Measurements; 2011 [a.yer 11 Ekim 2018]. Erişim adresi: [http://public.eplib.com/choice/](http://public.eplib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3382411)

publicfullrecord.aspx?p=3382411
24.)Emer MÖ. İnternal Kontaminasyon ve Dekorporasyon. Nükleer Tıp Semin. 30 Kasım 2017;3:207-10.
25.)Ortatatlı M, Sezigen S, Ayan HA, Balandız H, Kenar L. Terörizm Kapsamında Kimyasal, Biyolojik, Nükleer ve Radyasyona Bağlı Yaralanmaların Değerlendirilmesi. Turk Klin J Foren Med-Spec Top. 2015;1(2):44-52.