

RADYASYON MARUZİYETİNDE POSTMORTEM İNCELEMELER

Postmortem examination after exposure to radioactivity

Sait ÖZSOY¹, Mesut ORTATATLI², Özdeş EMER³, Harun TUĞCU¹

Özsoy S, Ortatatl M, Emer Ö, Tuğcu H. Radyasyon maruziyetinde postmortem incelemeler. Adli Tıp Bülteni 2011;16(2): 64-71

ÖZET

Radyoaktif maddelerin tanı ve tedavi amaçlı kullanımları dışında, yaralama ya da öldürme amacıyla da kullanılma ihtimali bu konunun adli tıp açısından değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Türk Ceza Kanunu'na göre; yaralanmaya neden olan etkenin vücutta meydana getirdiği hasarın ağırlık derecesi, mahkeme tarafından suçluya verilecek cezanın belirlenmesinde önem taşımaktadır. Kimyasal, biyolojik ve nükleer silâhlarla adam öldürme suçu Türk Ceza Kanunu'na göre “nitelikli kasten adam öldürme” kapsamında değerlendirilmekte ve ağırlaştırılmış müebbet hapis cezasını öngörmektedir. Bu kapsamda, radyoaktif madde kullanılarak gerçekleştirilen öldürme eylemlerinde, ölüm nedeninin belirlenebilmesi için otopsi ve postmortem incelemelerin yapılması yasal olarak hekimlerden talep edilebilmektedir.

Bu tür olguların otopsi işlemleri sırasında alınan genel güvenlik önlemlerinin yanı sıra ek güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu önlemler morg ve defin işlemlerini de kapsamalıdır. Radyasyondan korunma yöntemleri, radyoaktif maddenin fiziksel ve biyolojik olarak radyasyon yayım özelliği ile yarılanma ömrüne bağlıdır. Bu nedenle, otopsi öncesinde, radyasyon miktarı ölçülerek potansiyel risk değerlendirilmesi yapılmalı, gerektiğinde radyasyon güvenliği ile ilgili uzmanlardan yardım istenilmelidir.

Bu yazıda radyoaktif madde içeren cesetlerde yapılacak postmortem incelemeler sırasında dikkat edilmesi gereken konular ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Radyoaktif elementler, otopsi, güvenlik, iş sağlığı

SUMMARY

Radioactivity is used for diagnostic and treatment purposes, but it can also be used in criminal activity. Further evaluation of radioactivity use in criminal offenses by forensic medicine is necessary.

According to the Turkish Criminal law, the severity of destruction caused on the body by any agent carries importance in the decision making process by the court for final penalty. Homicide by chemical, biologic or nuclear weapons are considered to be purposeful homicide and punished with life sentence. In that regard, autopsy and post-mortem examinations can be requested from physicians to determine the cause of death after homicide cases in which radioactive material has been used.

During the autopsy, additional safety precautions should be taken and continued during morgue and funeral processes. The methods of protection from radioactive material depend on the type of radiation and the half life of the agent. Therefore, radiation quantity should be measured prior to autopsy and a risk assessment should be made. When necessary, help needs to be requested from the radiation safety specialists.

In this article, topics that need special attention during the post-mortem examinations of corpses that hold radioactivity are discussed.

Key words: Radioactive elements, autopsy, safety, occupational health

¹ Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Adli Tıp Anabilim Dalı

² Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Kimyasal Biyolojik Radyolojik Nükleer Savunma Anabilim Dalı

³ Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı

GİRİŞ

Radyoaktif maddelerin tanı ve tedavi amaçlı kullanımları dışında, yaralama ya da öldürme amacıyla da kullanılma ihtimalinin bulunması, bu konunun adli tıp açısından değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Türk Ceza Kanunu (TCK)'na göre; yaralanmaya neden olan etkenin vücutta meydana getirdiği hasarın ağırlık derecesi, mahkeme tarafından suçluya verilecek cezanın belirlenmesinde önem taşımaktadır. Kimyasal, biyolojik ve nükleer silâhlarla adam öldürme suçu TCK'ya göre “nitelikli kasten adam öldürme” kapsamında değerlendirilmekte ve ağırlaştırılmış müebbet hapis cezasını öngörülmektedir. Bu kapsamda, radyoaktif madde kullanılarak gerçekleştirilen öldürme eylemlerinde, ölüm nedeninin belirlenebilmesi için otopsi ve postmortem incelemelerin yapılması yasal olarak hekimlerden talep edilebilmektedir (1,2).

Otopsiler içerisinde radyoaktif maddelere maruz kalmış olguların sayısı çok azdır. Bu olguların ölü muayenesi ve otopsi işlemleri, postmortem inceleme için alınan biyolojik örnekler ve dokuların muhafazası, morg hizmetleri, cesedin nakli ve gömülmesi ile ilgili işlemlerde görevli kişilere ve çevreye radyasyon yayılma riski bulunmaktadır (3-6).

Dünya üzerinde doğal ya da yapay birçok radyoaktif madde bulunmaktadır. Canlılar atmosfer (%42), yer kabuğu (%16), kozmik ışınlar (%13), su ve yiyeceklerde (%9) genellikle ağır element izotopları şeklinde bulunan, tanımlanmış 70 kadar radyoaktif madde nedeniyle sürekli olarak doğal radyasyona maruz kalmaktadırlar. Doğal olarak bulunan önemli radyoaktif maddeler arasında radon, thorium, uranyum-aktinyum ve uranyum-radyum dizilerindeki radyoizotoplar sayılabilir. Uranyum (235U, 238U) ve thorium (232Th) serileri, çekirdeklerinin alfa-beta bozunmaları ve ek olarak gama uyarılmaları nedeniyle doğal olarak radyoaktiflerdir. Bu radyoaktif maddelerin tümü bir dizi bozunma sonucunda kurşuna (Pb) dönüşerek atom çekirdekleri kararlı duruma geçer ve radyoaktiflikleri son bulur (7-9).

Uzay kaynaklı yüksek enerjili kozmik ışınlar ise atmosferin üst tabakalarında sürekli olarak trityum (3H) ve karbon 14 (14C) gibi radyoaktif maddeler üretmektedir. Bu radyoizotoplar hava akımlarıyla ve yağışlarla yeryüzüne inerlerken, atmosferdeki hava molekülleriyle çarpışarak

yeni çekirdekler üretir, enerjilerini aktararak azalır ya da yitirirler. Kozmik ışınların şiddeti deniz seviyesinden yükseldikçe, her 1500 metrede bir, deniz seviyesinde ölçülen miktara göre iki kat daha fazladır. Deniz seviyesinde, kozmik ışın kaynaklı radyasyon dozu yıllık ortalaması 0.25–0.3 mSv iken, 10000 metrede ortalama 44 mSv'e yükselmektedir (7,8,10).

Canlılar bu doğal radyasyon kaynaklarına ek olarak tıbbi kaynaklar (%20) ve diğer (<%0.01: savaş, terör, kaza ya da nükleer sanayi) yapay radyasyona da maruz kalmaktadırlar. Radyasyon kazaları nadir meydana gelmelerine karşın, Chernobyl ve Fukushima kazalarında olduğu gibi potansiyel olarak çok geniş alanları etkilemektedir. Radyoaktif maddeler kullanılarak yapılan suikastların sıklığı kesin olarak bilinmemektedir (3,7,9,11,12).

Doğal veya yapay radyasyon kaynakları nedeniyle canlıların maruz kaldığı radyasyon dozunun dünya ortalaması 2.7 mSv/yıl'dır. Bu dozun 1.3 mSv/yıl kadarının yer kabuğundan kaynaklanan radon, thoron ve bunların bozunum ürünlerinin inhalasyonunun, insanların radyasyon maruziyetinin büyük kısmını oluşturduğu bilinmektedir. Maruz kalınan radyasyonun ortalama 0,4 mSv/yıl'ı ise nükleer sanayi, mesleki ve tıbbi girişimlerden kaynaklanmaktadır. Tüm bu sebeplere rağmen maruz kalınan radyasyon miktarının yaklaşık %80'i doğal radyasyon kaynakları nedeniyle oluşmaktadır (3,7,9,13-16).

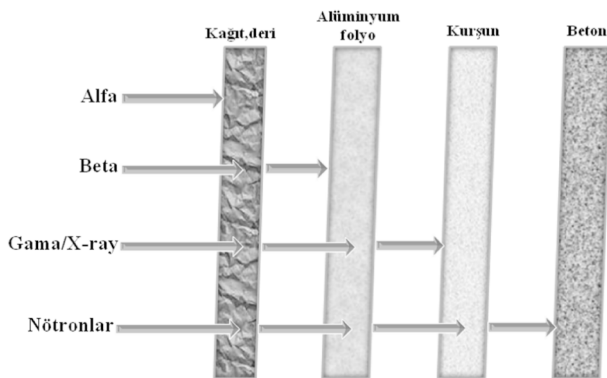
Radyasyon; elektron ve proton gibi parçacıkların oluşturduğu “parçacık radyasyon” ve fotonların oluşturduğu “elektromanyetik radyasyon” olarak iki kısımda incelenir. Parçacık ve elektromanyetik radyasyonlar da “iyonlaştırıcı” ve “iyonlaştırıcı olmayan” diye iki gruba ayrılırlar. Başlıca beş çeşit iyonlaştırıcı radyasyon vardır. Bunlar alfa ve beta parçacıkları, X-ışınları, gama ışınları ve nötronlardır (17).

Alfa (α) Partikülü; iki proton ve iki nötrondan oluşan bir helyum çekirdeğidir ve pozitif yüklüdür. Alfa partikül yayan radyoaktif maddeler doğal olarak bulunmaktadır. Nadiren sağlık alanında kullanılmaktadır (13,17). Alfa yayan radyoaktif maddeler nükleer silahlar ve reaktörlerdeki nükleer reaksiyonlar sonucunda ya da suikast amaçlı kullanılan Polonium 210 gibi maddelerden üretilmektedir (3). Alfa parçacıkları madde içinden geçerken, yolları üzerinde yoğun bir iyonizasyon oluşturur

ve enerjilerini kısa sürede kaybederler. Alfa parçacıklarının yaydığı kinetik enerji genellikle 4–8 MeV arasındadır. Bu enerji ile havada yaklaşık 4 cm, dokuda ise 0.003 mm. ilerleyebilirler. Kâğıt gibi ince materyallerden geçemezler. Alfa radyasyonun büyük çoğunluğu kıyafetler ve derinin epidermis tabakası tarafından durdurulur. Solunum ve sindirim yolu ile vücuda alındığında ya da canlı dokular içine uygulandığında oluşan “internal kontaminasyon” durumunda bireysel olarak bir risk oluşturabilir (13,17).

Beta (β) Partikülü; yüksek hızlı pozitif (pozitron) veya negatif (negatron) yüklü elektron benzeri partiküller olup, alfa parçacığı gibi atom çekirdeğinden kaynaklanırlar. Geçtikleri ortamlarda oluşturdukları iyonlaşma, alfa parçacıklarının oluşturduğuna göre daha az olmakla birlikte 100 kat daha fazla nüfuz edicidirler. Ancak ince bir alüminyum ya da plastik levha ile bu parçacıklar durdurulabilir (13).

Gama (γ) radyasyon ve X-ray radyasyon; elektromanyetik foton radyasyonlardır. Pek çok doğal ve yapay radyoaktif kaynak gama ışını yaymaktadır. Yapay gama ışını yayımı sıklıkla tıbbi tanı ve tedavi amacıyla kullanılmaktadır. Gama radyasyon radyoaktif maddelerden yayılırken, X-ray radyasyon makine kaynaklıdır. Her ikisinin de alfa ve beta parçacıklarına göre madde içine nüfuz etme kabiliyetleri çok daha fazla, iyonlaşmaya sebep olma etkileri ise daha azdır. Gama (γ) radyasyon ve x-ray radyasyonun bir kısmı, birkaç santimetre kalınlığındaki kurşun plakalar ile durdurulabilir (13).



Resim 1. İyonlaştırıcı radyasyonlar ve penetrasyon özellikleri

Nötronlar; yüksüz parçacıklar olması sebebiyle herhangi bir madde içine kolaylıkla nüfuz ederler. Doğrudan iyonlaşmaya sebep olmazlar, ancak geçtikleri ortamlardaki atomlarla etkileşip alfa, beta, gama veya X ışınlarının ortaya çıkmasına neden olabilirler. Nötronlar sadece kalın beton, su ve parafin bloklar gibi hidrojen zengin yapılarla durdurulabilir (13). “Uluslar arası Radyasyon Birimleri Komitesi” (ICRU) radyasyon çalışmalarında kullanılan kavramlar olan “aktivite, ışınlama dozu, soğrulma dozu ve doz eş değeri” için özel birimler tanımlamıştır. “Soğrulmuş doz”u gösteren birim Gray (Gy) olup, ortamdaki radyasyonu ölçmeye yarayan Geiger-Müller sayacı radyasyon dedektörlerinde kullanılan birimdir. “Doz eş değeri” ise bir Gy’lik X ve gama ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren radyasyon miktarı olup ölçü birimi Sievert (Sv)’dir. Sadece X ve gama radyasyonu ölçebilen Geiger-Müller sayacılarındaki soğrulmuş doz (Gy) ile eş değer doz (Sv) değerleri birbirine eşittir (13).

Radyoaktif Maddelerin Tıbbî Kullanımı

Güvenilirlik düzeyinin artmasıyla, 1940’lı yılların sonlarında yapay radyoaktif maddeler tıp alanında kullanılmaya başlanmıştır. Ancak yine de 1950’li yıllarda çizgisel/doğrusal tarayıcının keşfi ve 1960’lı yıllarda technetium-99m gibi görüntüleme izotoplarının geliştirilmesine kadar sınırlı şekilde kullanılmışlardır.

Tıp alanında radyoaktif maddelerin dört kullanım alanı bulunmaktadır (3);

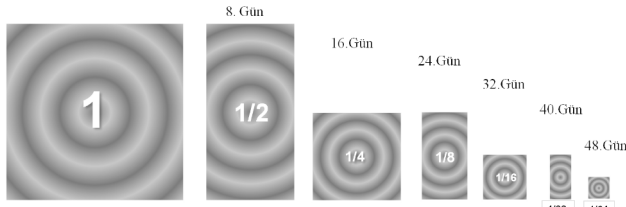
- Tanı amaçlı nükleer tıp uygulaması,
- Tedavi amaçlı nükleer tıp uygulaması,
- Brakioterapi ve radyoterapi uygulaması,

Laboratuvar koşullarında hastalık tanısı konulması ya da biyolojik örneklerde hormon veya ilaç düzeylerinin tespit edilmesi amacıyla da kullanılabilir.

Gelişmiş ülkelerde yılda yaklaşık olarak her 10000 kişiden üç kişide, tıbbi gerekçelerle radyoaktif maddelerin kullanıldığı bildirilmektedir. Pek çok tıbbi tanısal girişimde intravenöz enjeksiyonla nispeten kısa yarı ömürlü radyoaktif maddeler kullanılmaktadır. Günümüzde nükleer tıp alanında en sık kullanılan tanısal radyonüklid “Teknesyum (Tc-99m)”dur. Yarılanma ömrü 6,6 saattir. Bir hasta Tc-99m kullanımı sonrası öldüğünde nadiren sorun oluşturmaktadır. Tc-99m maddesinin aktivite derecesi 24 saat sonra %6’ya, 48 saat sonrasında ise %0,5’in altına düşmektedir. Tanısal amaçlı radyoaktif madde kullanımı

sonrasında ölen olgulara otopsi yapılması gerektiğinde radyoaktif kontaminasyon ve atık kontrolü dışında ek bir önlem almaya gerek duyulmadığı bildirilmektedir (11).

Radyoaktif yarı ömür; bir radyonüklidin orijinal radyoaktivite salınım miktarının yarıya düşmesi için geçen süreyi ifade eder. I-131'in yarı ömrü 8 gündür. Bu nedenle radyasyon salınım miktarının 1/16 seviyesine düşmesi için gereken süre 32 gündür. Bunun yanında Cs-137'nin yarılanma ömrü ise 30 yıldır (11).



Resim 2. Radyoaktif yarı ömür kavramına I-131 örneği (11).

Tanısal amaçlı kullanılan radyoaktif maddeler ve yarılanma ömürleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Nükleer tıp testleri ve radyoaktif madde yarı ömürleri (3)

Tanısal test	Radyonüklid	Temel radyasyon yayını (keV foton)	Yarılanma ömrü
Kemik/myokard/renal/paratiroid/beyin kan akımı görüntülemesi	Tc-99m	140	6.6 saat
Somatostatin reseptör görüntüleme	In-111	170	2.8 gün
Nöroektodermal tümör görüntüleme	I-123	170/245	13.2 saat

Kısaltmalar: Technetium 99m, Indium-111, Iodine 123

Brakiterapi yöntemi ile hastaların vücutlarına geçici olarak radyoaktif maddeler yerleştirilir. Tedavi amaçlı kullanılan radyonüklidlerin yarı ömürleri genellikle birkaç gün veya hafta ile sınırlıdır. Bu maddeler intravenöz, oral veya vücut boşluklarına enjeksiyon şeklinde kullanılabilir. Brakiterapi uygulanmasına ek olarak cerrahi yöntemlerle tümör ya da organların içine de tel, tüp ya da tanecik benzeri katı radyoaktif protezler yerleştirilebilir (3,18).

Tiroid malignitelerinde ve nöroendokrin hastalıklarda kullanılan Iodine-131 izotopu nükleer tıpta tedavi amaçlı en sık kullanılan radyonükliddir. Etkili bir terapötik ajan

olan, benign ve malign tiroid hastalıklarında kullanılan I-131 uzun fiziksel ve etkin yarılanma ömrü olması nedeniyle hasta ve hasta ile temas eden kişiler üzerinde belirgin potansiyel radyasyon riski oluşturmaktadır. I-131 tiroid dokusuna yoğunlaşmasına rağmen idrar, kan ve daha az miktarlarda feçes, ter, tükürük ve seminal sıvıda da bulunur. Radyoaktif I-131 tedavisi sırasında hayatını kaybeden olgular nedeniyle adli tıp uzmanları, patologlar ve morg görevlilerinin potansiyel riskler konusunda bilgilendirilmeleri gerekmektedir. Hasta giysilerinin, çarşafların ve hastanın temasta bulunduğu eşyaların da radyoaktif madde yayma potansiyeli olduğu bilinmelidir (3,19). Tedavi amacı ile kullanılan bazı radyoaktif maddeler ve yarılanma ömürleri tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Tedavi amaçlı kullanılan radyoaktif maddelerin yarılanma ömürleri (3)

Tedavi	Radyonüklid	Radyasyon yayını	Yarılanma ömrü
Tirotoksikoz/non-toksik guatr/tiroid karsinomu	I-131	364 keV foton 606 keV elektron	8.04 gün
Artrit/non-Hodgkin lenfoma/karaciğer karsinomu	Y-90	2270 keV elektron	2.7 gün
Polisitemia vera	P-32	1710 keV elektron	14.2 gün
Kemik metastazları	Sm-153	600-800 keV elektron/ 100 keV foton	46.2 saat
	Sr-89	1460 keV elektron	51 gün

Kısaltmalar: Iodine 131, Yttrium 90, Phosphorus 32, Samarium 153, Strontium 89

Start ve arkadaşları; sistemik hipertansiyon ve prostat kanseri tanıları olan 62 yaşındaki olguya yaptıkları otopsi sırasında prostat bezi içerisine yerleştirilmiş 5x1 mm ebadında metal bir cisim bulmuşlar, bunun üzerine yaptıkları araştırma sonucunda 33 ay öncesinde prostat kanseri nedeniyle I-125 radyonüklid içeren materyalin prostat içerisine yerleştirilmiş olduğunu öğrenmişler. Ölü muayenesi sırasında olgunun vücudunda ve elbiselerinde radyoaktif madde bulunduğunu gösteren bir bulgu saptanmamış ve klinik hikâyesinde de vücudunda bir radyoaktif madde yerleştirildiğine dair bilgi olmadığı ifade edilmektedir. I-125'in yarılanma ömrü 60 gün olması nedeni ile radyoaktif maddenin yarılanma ömrüne otopsi sürecinin de dâhil olduğu belirlenmiş ve tespit edilen bu I-125 kaynağının yaklaşık 3,2 kBq aktivite içerdiği ve

eşdeğer dozun 60 $\mu\text{Sv/saat}$ olduğu saptanmıştır (20). Lichtenstein ise I-131 tedavisi sonrasında ölen bir olgunun otopsi öncesinde uzman görüşleri doğrultusunda yaklaşık iki ton suyun dekontaminasyon amacıyla kullanıldığını bildirmiştir (21).

I-125 içeren implantlar, vücuda yerleştirilmelerini izleyen 3 yıl boyunca radyasyon yayarlar. Bu tür materyaller cenaze görevlileri üzerinde ve postmortem değerlendirme sırasında görevli sağlık personeli açısından risk oluşturabilir. Postmortem incelenme esnasında özellikle prostat diseksiyonu sırasında dikkatli olunmalıdır (2,3,18).

Parthasarathy ve arkadaşları tiroid papiller kanser ve metastazları nedeniyle 84,5 mCi dozunda I-131 tedavisi uygulanan ve tedavi sonrasında yedinci günde ölen 29 yaşındaki erkek olguya ailenin talebi üzerine otopsi yapmışlardır. Otopsi sırasında, cesede 10 cm mesafeden yapılan ölçümlerde 10 ve 50 mR/hr arasında değerler elde edildiği bildirilmiştir. Otopsi sırasında yapılan radyasyon ölçümleri Tablo 3'de, otopsi çalışanlarında ölçülen radyasyon ölçüm sonuçları Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 3. Ölüm sonrası cesette radyasyon düzeyleri. (22)

Vücut bölgeleri	Baş	Boyun	Göğüs	Üst batın	Alt batın
10 cm'den Radyasyon düzeyleri (mR/hr)	20	50	50	45	10

Tablo 4. Otopsi çalışanlarında ölçülen I-131 düzeyleri. (22)

Görevli personel	Tüm vücut (Rem)	Eller (Rem)	Tiroid (μCi)
1. Patolog	0.022	0.550	0.0
2. Patolog	0.008	0.012	0.0
Otopsi yardımcısı	0.013	0.059	0.0

Prostat kanserine bağlı kemik metastazı bulunan 87 yaşındaki erkek olguya kemik ağrılarının tedavisi amacıyla "Strontium-89 Chloride" radyoaktif maddesi uygulanmış. Strontium-89 Chloride uygulamasından 4 gün sonrasında hasta hayatını kaybetmiş. Schraml ve arkadaşlarının, radyasyon düzeyi güvenli aralığa düşene yani ölümden bir

gün sonrasına kadar bekledikleri ve daha sonra otopsi yaptıkları bildirilmektedir (23). Otopsi sırasında ölçülen radyasyon düzeyleri Tablo 5'de sunulmuştur.

Tablo 5. Otopside 5 cm mesafeden ölçülen Sr-89 radyasyon düzeyleri (23)

Lokalizasyon	Mr/hr	$\mu\text{ci/cc}$
Ksiphoidin 5 cm distali (omentum yerinde)	0.40	0.22
Ksiphoidin 5 cm distali (omentum çıkartılmış)	0.35	0.22
Kalp	0.20	0.03
Sağ akciğer	0.48	0.05
Sol akciğer	0.41	0.02
Dalak	0.16	0.02
Kalın bağırsak	0.36	0.04
Lomber vertebra (metastazlı)	1.90	0.21
Feçes	2.30	0.26
Supraorbital kafatası	0.80	0.09

Kalıcı radyoaktif implant yerleştirilen hastaların, yayılım süreci boyunca hastanede kalmaları sağlanmalıdır. Kalıcı implant uygulanan ve öldükten sonra yakılmak yerine gömülmeyi kabul eden hastalara bu implantların çıkartılması önerilmektedir. Ayrıca güvenlik önlemlerinin sağlanması için hasta bilgileri kayıt altına alınmalıdır. Alınacak önlemlere rağmen hastane kayıtları bulunamayabilir veya kayıtlar eksik ya da hatalı olabilir. Yahut hasta uyumunun yetersiz olması nedeniyle, hastaneden ayrıldıktan sonra hasta kontrolünün mümkün olmadığı ve benzeri durumlar için radyoaktif implant yerleştirilmiş kişinin durumunu belirtir bir "tanıtıcı kart ya da işaret" taşınması doğru yaklaşım olacaktır. (2,3,18)

Uluslar arası "Radyasyondan Korunma Komisyonu" (ICRP) tarafından belirlenen radyasyon çalışanları ve halk için alabilecekleri radyasyon doz sınırları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Radyasyon çalışanları ve toplum üyesi kişiler için doz sınırları (24)

Doz sınırları	Mesleki maruziyet (mSv/yıl)	Halk (mSv/yıl)
Etkin doz sınırı	20 (Ardışık beş yıl ortalaması)	1 mSv
	50 (Herhangi bir yılda)	
Göz lensi eşdeğer doz	150	15
Deri eşdeğer doz	500	50
El-ayaklar eşdeğer doz	500	-

Radyoaktif madde ile tedavi altında iken ölen kişilerin yakınları için de bilgilendirici önlemler alınmalıdır. Hastanede meydana gelen ölümlerde kontaminasyon olup olmadığı araştırılmalı ve eğer varsa cesetteki tüm radyoaktif maddeler çıkartılmalıdır. Konunun uzmanından konsültasyon alınarak risk değerlendirmesi yapılabilir ve alınması gereken güvenlik önlemleri uygulanabilir (3-5).

Otopsi Sırasında Alınması Gereken Güvenlik Önlemleri

Tıbbi tanı veya tedavi amaçlı radyoaktif madde kullanımını izleyen dönemde, hastanın ölümü sonrasında otopsi yapılması gerekebilmektedir. Bu gibi radyoaktif madde ile kontamine olmuş cesetlere otopsi yapılması durumunda, radyoaktif kontaminasyonu önleyici ek tedbirler alınmalıdır. Otopsi işlemi sırasında gerekli korunma önlemlerinin alınmadığı durumlarda, enfeksiyon hastalıklarında olduğu gibi radyasyonun da otopsi personeli ile morg çalışanları ve dolayısıyla toplum içinde yayılmasına neden olabileceği bilinmelidir (2-5,18).

Otopside önce tam ve ayrıntılı anamnez alınmayabilir. Cesette radyoaktif madde kullanıldığına dair bir "belirteç" in bulunup bulunmadığı büyük önem taşımaktadır. Ancak genellikle böyle bir belirteç bulunmamaktadır. Bu nedenle de özellikle operasyon nedbelerinin varlığı dikkatle incelenmelidir. Ölüm sonrasında da radyasyon riskinin devam ettiği unutulmamalıdır. Cesette radyoaktif madde bulunuyor ise bu radyoaktif maddenin tipi, lokalizasyonu, yarılanma ömrü araştırılmalıdır. Bu olgular için radyasyon güvenliği ile ilgili uzmanlardan yardım alınması doğru yaklaşım tarzıdır (2-5,18).

Vücudunda açık radyoaktif madde bulunan bir ceset için otopsi öncelikle, varsa tanımlayıcı bilgilerin değerlendirilmesi ile başlamalıdır. Böylelikle otopsi öncesi erken dönemde bilgilendirilmiş olunur ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınması imkânı doğar. Otopsi öncesi ve sırasında yarım ve bir metreden radyoaktivite ölçümleri yapılmalıdır. Radyoaktif madde yayılımı bulunan cesetlere yapılacak otopsinin geciktirilmesi tercih edilebilir ancak bu durum her zaman geçerli olmayabilir. Vücudunda radyoaktif materyal bulunan veya radyasyona maruz kaldığı saptanan olguların ölü muayenesi ve otopsi işlemleri süresince, sağlık görevlilerinin radyoaktif materyale az miktarda da olsa maruziyeti söz konusu olabilir (3-5).

Cesetle ilgili yapılan işlemler süresince bölgede geniş güvenlik önlemleri alınmalıdır. Tüm personelin giriş çıkışı kontrol altına alınmalıdır. Otopside önce radyasyon ölçülmeli, açık ve kapalı radyoaktif kaynakların ayırımı iyi yapılmalıdır. Vücut içerisinde kapalı radyoaktif maddelerin bulunması, otopside önce önemli bir risk oluşturmamaktadır. Açık radyoaktif kaynaklar söz konusu olduğunda ciltten kontaminasyon riski bulunmaktadır. Bu amaçla iki kat cerrahi eldiven ve özel giysiler giyilmesi, radyoaktif maddelerle çalışılan ortamlarda yiyecek ve içecek tüketilmemesi, radyasyonla çalıştıktan sonra ellerin yıkanması, kişisel ve çevresel radyoaktif kirliliği izlemek amacıyla alan monitörlerinin kullanımı ile kontaminasyon ihtimali en aza indirilebilmektedir (3-5,25). Otopside önce cesedin vücudundan radyoaktif materyal çıkartılmalıdır. Radyoaktif materyale doğrudan elle dokunmaktan kaçınılmalıdır. Bu amaçla yardımcı aletler kullanılmalıdır. Ayrıca radyoaktif materyal ile personel arasındaki mesafe mümkün olduğunca artırılmalı ve temas süresi kısa tutularak maruziyet azaltılmalıdır (3-5,25). Uluslar arası Atom Enerjisi Kurumu tarafından postmortem işlemler sırasında önerilen maksimum radyasyon ölçüm değerleri Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. Önerilen maksimum radyasyon ölçüm değerleri (26)

Radyonüklid	Otopsi/Tahnit (mBq)	Defin (mBq)	Yakma (mBq)
I-131	10	400	400
Y-90	200	2000	70
P-32	100	2000	30
Sr-89	50	2000	20

Eğer radyoaktif materyal çıkartılabilir durumda değilse, otopside normal güvenlik standartlarına ek olarak radyasyona spesifik güvenlik önlemleri alınmalıdır. Bu gibi durumlarda otopsi tekniği değiştirilebilir ve sınırlandırılabilir. Radyoaktif madde ile bulaşmış olan doku veya organlara karşı yüzü korumalı ve solunum yoluyla bulaşmayı engellemek amacıyla yüz maskesi kullanılmalıdır. Otopside tekrar kullanılabilir elbiselerin yerine tek kullanımlık elbiseler giyilmelidir. "Dozimetre" cihazları dış kaynaklı radyasyon dozunun ölçümünde kullanılabilir. Yüzük şeklindeki dozimetreler ayrıca ellerdeki deri tarafından alınan radyasyonu da ölçebilir (3-5).

Vücutta kalan radyoaktif maddelerin aktivite oranı, yakılacak cesetlerde özellikle Sr-89 ve I-125 gibi uzun ömürlü radyonüklidler açısından önem taşımaktadır. Yakılan cesetten arta kalan küllerin çevreye saçılması da ayrı bir riski oluşturmaktadır. Bu nedenle, vücutlarında bu tür radyoaktif maddeler bulunan cesetlerin yakılması en azından implantasyon sonrası 3 yıl boyunca ertelenmelidir (3,4). Katı ya da sıvı atıkların ve yeniden kullanılabilen aletlerin radyasyon ile kontamine olabileceği unutulmamalıdır. Kontamine olma ihtimali bulunan yüzeylerin “polietilen” malzeme ile kaplanması korunmada yardımcı olabilir. Ciltte herhangi bir kontaminasyon olduğunda; derhal su ve sabunla yıkanarak dekontaminasyon yapılmalıdır. Eldivenler kesilirse veya yaralanma olursa derhal sabunlu su ile yıkanmalıdır. Otopsi sonrasında bölgeyi terk ederken tüm personel mutlaka kontaminasyon açısından kontrol edilmelidir (3-5).

Acil servislerde travmatik acil hastaların yanı sıra internal veya eksternal olarak radyoaktif maddeye maruz kalınması da acil müdahale gerektiren bir durumdur. Bu amaçla kimyasal, biyolojik, nükleer ve radyolojik maruziyet durumlarında harekete geçen acil müdahale birimleri kurulmalıdır (3,19). Radyonüklidlerin etkileri, yarılanma ömürlerine göre değişmekle birlikte zamanla azalmaktadır. İster tedavi amaçlı ister başka sebeplerle vücudunda radyoaktif bir madde bulunan, yaşayan ya da ölü olgularla ilgili radyasyon güvenliği kontrolüne ihtiyaç olmadığını düşünmek büyük bir yanlılığı olacaktır. Özellikle adli tıp çalışanlarının karşılaşmaları muhtemel radyoaktif maddelere karşı önleyici ve koruyucu önlemleri almaları birincil öncelik olmalıdır. Sonuç olarak radyasyon maruziyeti sonucunda yapılan postmortem incelemelerde; cesette kalıcı radyoaktif madde ya da radyoaktif artık bulunup bulunmadığı konusunda risk değerlendirmesi yapılmalı, ek güvenlik önlemleri alınmalı ya da otopsi sınırlandırılmalıdır. Eğer çıkartılabilirse radyoaktif materyal çıkartılmalı ve konunun uzmanı kişilerden profesyonel yardım alınarak ayrıntılı dokümantasyon yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Türk Ceza Kanunu (Kanun No: 5237)
2. Tugcu H, Zeyfeoglu Y, Ortatatlı M, Toygar M, Safalı M. Kimyasal Ajanlara Bağlı Ölümelerde Otopsi Güvenliği. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi 2006;63(1,2,3):135-8.
3. Singleton M, Start RD, Tindale W, Richardson C, Conway M. The radioactive autopsy: safe working practices Histopathology 2007;51(3):289-304.
4. JL Burton. Health and safety at necropsy. J Clin Pathol 2003;56:254-260.
5. Nolte KB, Taylor DG, Richmond JY. Biosafety considerations for autopsy. Am J Forensic Med Pathol. 2002;2:107-122.
6. Hanzlick R. Medical Examiners, Coroners, and Public Health. A Review and Update. Arch Pathol Lab Med 2006;130:1274-1282.
7. World Health Organization. Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami. World Health Organization 2012. (NLM classification: WN 665).
8. A.S.Paschoa, F.Steinhäusler. Chapter-3: Terrestrial, Atmospheric and Aquatic Natural Radioactivity. (In: Radioactivity in the Environment). Vol. 17, 2010, pp:29-85).
9. H.Dörr, V.Meineke. Acute radiation syndrome caused by accidental radiation exposure - therapeutic principles. BMC Medicine 2011;9:126.
10. Atakan Y. İyonlayıcı Radyasyon. Bilim ve Teknik Dergisi. Tübitak Yayınları. Nisan 2006 Sayısı Eki.
11. Naoyuki Shigematsu, Junichi Fukada, Toshio Ohashi, Osamu Kawaguchi and Tetsuya Kawata. Nuclear Disaster after the Earthquake and Tsunami of March 11. Keio J Med 2012;61(1):28-34.
12. Cassel, G.; Eriksson, H.; Sandström, B. MASH scenarios, 2008; EU MASH project 2007209. In Proceedings of the 18th Nuclear Medical Defence Conference and EU-MASH-Symposium, Munich, Germany, 11-12 February 2009.
13. Togay YE. Radyasyon ve Biz. TAEK Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi, Ankara, 2002.
14. Forty-Sixth Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements. Hyatt Regency Bethesda One Bethesda Metro Center. March 8-9, 2010.

15. A.G. Nyberg, D.Stricklin, Åke Sellström. Mass Casualties and Health Care Following the Release of Toxic Chemicals or Radioactive Material—Contribution of Modern Biotechnology. Int. J. Environ. Res. Public Health 2011;8:4521-4549.
16. E. Cardis, M. Hatch. The Chernobyl accident -an epidemiological perspective. Clin Oncol (R Coll Radiol) 2011;23(4):251–260.
17. Beyzadeoğlu M, Ebruli CC. Temel Radyasyon Onkolojisi. GATA Basımevi, Ankara. 2008;7–67.
18. Dalgıç M, Tuğcu H, Can İÖ, Özarslan A. Otopside Biyogüvenlik. Adli Tıp Dergisi 2004;18(2):61–66.
19. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionising radiation, Vol. 1: Sources, Annex D, Medical radiation exposures. New York: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2000.
20. Start RD, Tindale W, Singleton M, Conway M, Richardson C. Radioactive prostatic implants: a potential autopsy hazard. Histopathology 2007;51(2):246–8.
21. Lichtenstein GR. Technical Considerations in the Handling of a Cadaver Having Received Radioiodine Prior to Death. The Journal of Nuclear Medicine Vol 33 no 11; 1992:2059-2060.
22. Parthasarathy KL, Komerek M, Quain B, Bakshi SP, Qureshi F, Shimaoka K, Rao U, Adamski JS, Bender MA. Necropsy of a cadaver containing 50 mCi of sodium 131 iodide. J Nucl Med 1982;23(9):777–80.
23. Schraml FV, Parr LF, Ghurani S, Silverman ED. Autopsy of a cadaver containing strontium-89-chlorid. J Nucl Med 1997;38(3):380–382.
24. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2–4).
25. Yaren H, Karayılanoglu T. Radyasyon ve insan sağlığı üzerine etkileri. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni 2005;4:4
26. https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/3_NuclearMedicine/TherapeuticNuclearMedicine/TNM_AccIncident.s.htm (Erişim Tarihi: Ocak 2013).

İletişim:

Dr.Sait ÖZSOY
Gülhane Askeri Tıp Akademisi
Adli Tıp Anabilim Dalı