

Radyasyon Güvenliđi Raporları Serisi No.2

RADYASYON HASARLARININ TANI VE TEDAVİSİ

ÇEVİRENLER

Dr. Deniz DALCI, Dr. Güneş DÖRTER, İnci GÜÇLÜ

ÇNAEM

İSTANBUL, 2005

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) bu yayının çevirisi/yayımlanması/basılmasındaki yeterlik, güvenilirlik veya kalite veya doğruluk için sorumluluk almaz ve garanti vermez ve herhangi bir kayıp sonucu, doğrudan veya dolaylı olarak her ne şekilde ve herkime olursa olsun meydana gelecek zarardan dolayı sorumluluk kabul etmez.”

ISBN 975-8898-01-9

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
1.1. Ön bilgi.....	1
1.2. Amaç.....	1
1.3. Kapsam.....	2
1.4. Yapı	2
2. KAZA IŞINLANMALARININ TİPLERİ VE BUNLARIN TIBBİ YÖNETİMİ.....	2
2.1. Kaza tipleri.....	2
2.2. Radyasyon kaynakları ve ışınlama tipleri.....	3
2.3. Hasar görmüş kişilerin sınıflandırılması (Tasnifi).....	5
2.4. Kişilerin tıbbi yönetimi.....	6
3. DIŞ IŞINLANMA.....	8
3.1. Dış ışınlama tipleri.....	8
3.2. Lokal radyasyon hasarlarının tanı ve tedavisi.....	8
3.2.1 Klinik tablo.....	9
3.2.2. Başlıca tanı işlemleri.....	10
3.2.3. Tedavi.....	10
3.3. Akut radyasyon sendromunun tanı ve tedavisi.....	11
3.3.1. Tanı.....	11
3.3.2. Tedavi.....	15
3.3.3 Kemik iliği transplantasyonu.....	15
3.3.4. Hematopoetik büyüme faktörlerinin kullanılması.....	19
3.3.5. Terapi seçimi için kriterler.....	19
4. RADYONÜKLİDLERLE KONTAMİNASYON.....	19
4.1. Tanı.....	20
4.2. Tedavi.....	20
4.2.1 Dekontaminasyon.....	21
4.2.2. İç kontaminasyonun giderilmesi (dekorporasyon).....	22
5. BİRLEŞİK RADYASYON HASARLARI.....	23
5.1. Sınıflandırma.....	24
5.2. Tedavi.....	24
6. DANIŞMA SİSTEMİ.....	24
7. KAYITLARIN KORUNMASI.....	25
REFERANSLAR.....	26

EKİ:RADYASYON KAZALARINDA BİLGİ TOPLAMA FORMU ÖRNEKLERİ..29

EK II. SEZYUM-137'YE MARUZ KALMIŞ KİŞİLERİN TANI VE TEDAVİSİ..... 34
GOİÂNİA TECRÜBESİ.

II-1. Kaza.....	34
II-2. İlk Tıbbi gözetim.....	34
II-3. Klinik gözlemler.....	35
II-4. Goiâni' da radyasyon hasarlarının tıbbi yönetimi.....	36
II-5. Düşünceler.....	38

Bibliyografya.....39

TASLAKTA VE DERLEMEDE KATKIDA BULUNANLAR.....40

1. GİRİŞ

1.1. ÖNBİLGİ

Uluslararası Temel Güvenlik Standartlarına göre kaza; “işletme (çalıştırma) hataları, cihaz hataları veya diğer yanlış adımlardan kaynaklanabilecek olası sonuçları, korunma ve güvenlik açısından ihmal edilemeyen, kasıt içermeyen bir olaydır” [1].

Radyolojik kaza, kişilerin veya çevrenin radyoaktif materyal ile kontamine olduğu veya fazla ışınladığı beklenmedik bir olay olarak tanımlanır. Işınlanma gerçekten olabilir veya sadece olduğundan şüphelenilir. Bu ayırım önemlidir, çünkü deneyimler kazanın gerçek olduğunun gösterilmesine kadar beklemek yerine kazadan şüphelenildiği anda kaza planının yürürlüğe konmasının daha güvenli ve daha az masraflı olduğunu göstermektedir. Alışıldık diğer kazalarla karşılaştırıldığında radyasyon kazaları pek sık görülmemekle birlikte, son 50 yılda meydana gelen kazalar, radyasyon kazazedelerinin tıbbi yönetimi için yeterli veri sağlamıştır.

Mart 1979’da Amerika Birleşik Devletleri’ndeki Three Mile Island kazası halkta büyük endişe yaratmasına rağmen, radyasyon hasarlarına neden olmamıştır. Yakıtın erimesine rağmen, koruyucu zırh yakıtın bütünlüğünü koruduğu için reaktör binasının dışındaki kontaminasyon ve radyoaktif iyot salınımı ihmal edilebilir düzeyde kalmıştır. Bunun tersine, büyük nükleer ve radyolojik kazalar olan Ukrayna’daki Çernobil, ve Brezilya’daki Goiania kazaları radyasyon hasarlarının tanısı, monitörizasyonu ve tedavisi için önemli bilgiler sağlamıştır. Nisan 1986’da etrafında koruyucu zırhı olmayan Çernobil buhar patlaması, aşırı radyasyon dozuna maruz kaldığı saptanan 237 hastanın tedavi altına alınması ile sonuçlanmıştır. Bu 237 kişinin 134’ünde akut radyasyon sendromu (ARS) gelişti, bu hastaların da 28’i geniş radyasyon yanıklarının da eşlik ettiği ARS sonucu öldüler [2].

Eylül 1987’de, Brezilya, Goiania’da terkedilmiş bir teleterapi cihazında bulunan zırhlanmış ^{137}Cs kaynağı (50,9 TBq) koruyucu muhafazasından çıkartılarak kaynak etrafındaki zırh parçalandı. Sonuç olarak bir çok insan hem dış hem de iç ışınlama yoluyla yüksek dozda radyasyona maruz kaldı. Kazazedelerden 4 kişi öldü, 28 kişide lokal radyasyon hasarları gelişti. 249 kişide radyoaktif bulaşma belirlendi, bunlardan 129’unda hem iç hem dış kontaminasyon-bulaşma söz konusuydu [3]. Ayrıca binalarda, evlerde ve yüzey topraklarında yaygın radyoaktif bulaşma vardı. Bu kaza Ek II’ de detaylı olarak tartışılmıştır.

1989 San Salvador, El Salvador’da endüstriyel sterilizasyon ünitesinde bir radyolojik kaza meydana geldi. Kaza ^{60}Co kaynağının açık pozisyonunda takılı kalmasıyla gerçekleşti. Üç işçi yüksek radyasyon dozlarına maruz kaldı ve ARS gelişti. Özel tedavi ile akut etkiler sınırlandırıldı. Yine de bacakları çok ciddi hasar gören iki işçinin bacakları nerede ise tamamen kesilmek zorunda kaldı. En çok ışınlanan kişi 6 ay sonra öldü, ölümün residüel akciğer hasarı ve diğer hasarların katkısına bağlı olduğu düşünüldü [4]. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) bu kazalar hakkında ayrıntılı raporlar yayınlamıştır [3-6].

1.2. AMAÇ

Bu yayın, şiddeti belirlenmemiş bir ışınlamadan (kazanın şiddeti ve büyüklüğünün bilinemediği acil durumlarla ilgili olarak) sonraki ilk birkaç saatten veya günden başlayarak radyasyon hasarlarının yönetimi ile ilgili olan tıbbi profesyonelleri yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Deneyimler, acil vakaların tüm yönetiminin, meslek hastalıkları uzmanlarının yanı sıra, hematolog, onkolog, plastik cerrah, dermatolog, damar cerrahları,

psikiyatristler gibi çeşitli uzmanlık dallarından danışmanların katkıları ile yürütülmesinin uygun olacağını göstermektedir. Bu yayının temel amacı, tıbbi uzmanlara ilk yapılacak tanısal ölçümler ve acil tedavi konusunda bir rehber sağlamaktır.

1.3. KAPSAM

Bu yayında, dozların değerlendirilmesi için klinik belirtilere dayanan bilgiler tablolar halinde verilmektedir. Ayrıca, external (dış) radyasyonla tüm vücut veya lokal (bölgesel) ışınlamalar ile internal (iç) ışınlamalara uygun doz-etki ilişkisi tartışılmaktadır. Geleneksel tedavi süreçlerinin ayrıntıları bu raporun amaçları içinde değildir. Bununla beraber, özel tedaviler oluşturma konusunda öneriler yapılmaktadır. Radyobiyojoloji ve radyasyon patolojisinin temelini oluşturan bilgiler tartışılmayacaktır.

1.4. YAPI

Bölüm 2 de kaza ışınlamalarının farklı tip ve şekilleri ile ışınlanan kişilerin tıbbi tedavi ve hastane bakımı için önceliklerini belirlemekte önemli bir adım olan sınıflandırmayı da içeren tıbbi yönetim anlatılmaktadır. Bölüm 3 ve 4 dış ışınlama ve iç kontaminasyondan sonraki tanı ve tedavi ile ilgilidir. Bölüm 5 birleşik radyasyon hasarlarının sınıflandırılmasını ve bunların tedavilerini içerir. Bölüm 6 bir radyasyon kazası durumunda öneri ve yardım alınabilecek danışma sistemi hakkında bilgi sağlar ve Bölüm 7 hasta bakımı ile ilgili olarak verilerin nasıl toplanacağı konusunda bilgi vermektedir. Ek-I verilerin toplanması için örnek form kayıtlarını içerir. Ek-II Goiânia’da uygulanan tanı ve tedavileri tanımlar.

2. KAZA IŞINLANMALARININ TİPLERİ VE BUNLARIN TIBBİ YÖNETİMİ

2.1. KAZA TİPLERİ:

Bir kaza nükleer tesiste, özellikle de bir nükleer reaktörde gerçekleşirse nükleer kaza olarak isimlendirilir. Radyolojik kaza ise kapalı veya açık bir radyasyon kaynağından, çevreye iyonizan radyasyonun veya radyoaktif materyalin kontrolsüz şekilde salınması olarak tanımlanır. Söz konusu radyasyon kaynakları çoğunlukla tıpta ve endüstride kullanılan, X-ışını cihazları, kapalı radyoaktif izotop kaynakları (^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir gibi), nükleer tıp ve bilimsel araştırmalarda kullanılan açık kaynaklardır..

Potansiyel kaza tipleri:

- a) Bir radyoaktif kaynak yanlış yerde bulunabilir, kaybolabilir veya çalınabilir. Örn. Bir γ radyografi kaynağı taşıma kabı (konteyner) ile birlikte kaybolabilir. Kabi bulan kişi bunu açmaya çalışabilir ve neticede zırhlanmamış kaynaktan kendisinin ve başkalarının ışınlanmasına neden olabilir.
- b) Bir radyoaktif kaynak rutin çalışma sırasında bir problem sonucu zırhsız hale gelebilir. Örn. Bir γ -radyografi kaynağı bir arıza sebebi ile bir yerde takılı kalarak çekim sonrasında taşıyıcısına geri çekilemeyebilir.
- c) Bir radyoaktif materyal etrafa yayılabilir. Örn. Depolama sırasında radyoaktif bir çözeltiden sızıntı olabilir yada bir radyokimyasal tesisten önemli salınımlar olabilir.

Bütün bu durumlarda, uygun koruyucu önlemler alınmazsa kişiler kontrolsüz ışınlanabilir. Planlama açısından kazaları, şiddetine, etkilenen kişi sayısına (5 kişiden fazla ise büyük kaza gibi) ve bunların radyolojik sonuçlarına göre (dış ışınlama veya radyoaktif maddelerle iç ve dış bulaşma ve bunların bileşimi gibi) sınıflamak oldukça önemlidir.

2.2. RADYASYON KAYNAKLARI VE İşINLANMA TİPLERİ

X-ışınları ve radyoaktif maddelerin üretildikleri veya kullanıldıkları tesislerde, radyasyon kaynağı tipleri ve aktivite seviyelerine ait bilgiler, bir kaza söz konusu olduğunda uygun tıbbi düzenlemelerin yapılabilmesi için önceden tanımlanmalıdır.

En sık kullanılan radyasyon kaynakları Tablo I 'de listelenmiştir.

TABLO I. YAYGIN RADYASYON KAYNAKLARI, TESİSLER VE İşINLANMA TİPLERİ

Grup	Kaynak ve/veya Tesis	Dış İşınlanma	Radyoaktif bulaşma	Karışık
I	Kritik montaj Reaktör Yakıt Elemanı Üretimi Radyofarmasötik Üretimi Yakıt Yeniden İşleme Tesis	Evet	Evet	Evet
II	Radyasyon Cihazları v.b Partikül Hızlandırıcı X- Işını Üreteçleri	Evet Evet	a Hayır	a Hayır
III	Zırhlı Kaynak (sağlam) Zırhlı Kaynak (sızdıran)	Evet Evet	Hayır Evet	Hayır Evet
IV	Nükleer Tıp Laboratuarları Radyo Immuno -Assay (RIA) Laboratuarları	Evet Evet	Evet Evet	Evet Evet
V	Kaynak Taşımaları	Evet	Evet	Evet
VI	Radyoaktif Atıklar	Evet	Evet	Evet

^a : Nötronlar vücutta radyoaktivite oluşturabilir.

I.GRUP; Nükleer reaktörler, endüstriyel ve araştırma tesisleri gibi nükleer tesisleri kapsar.
II.GRUP kaynaklar hem endüstriyel hem de tıbbi tesislerde bulunur. III.GRUP'taki zırhlı

(kapalı) kaynaklar endüstri ve tıpta geniş bir şekilde kullanılır. En çok görülen kazalar zırhlı kaynakların kullanıldığı endüstri alanında meydana gelir. Çoğu henüz tıbbi literatürde rapor edilmemiş olmasına rağmen, çok ciddi hasarlar ve ölümler bu grupta olmuştur. IV.GRUP, tesislerin çoğunun bulunduğu gruptur, fakat düşük aktivite seviyeleri ve kısa yarı ömürlü radyonüklitlerin kullanımı nedeni ile bu grupta ciddi kazaların olması pek mümkün değildir. V.GRUP’ da, taşıma sırasında kaza potansiyeli olmasına rağmen, sadece çok az sayıda insanın etkilendiği ve çok ender olarak meydana gelen kazalar rapor edilmiştir.

TABLO II. RADYASYON HASARLARI İLE SONUÇLANAN RADYOLOJİK VE NÜKLEER KAZALAR:

Uygulama Alanı	Kaynak, Radyonüklid	Işınlanan Vücut Kısmı	Hasar Gören Tahmini Kişi Sayısı
<u>Endüstri</u>			
Sterilizasyon	Co- 60, Cs-137	Eller, tüm vücut	1-3
Radyografi	Ir-192, Cs-137	Eller, diğer kısımlar	1-10
Ölçüm Sistemleri	Ir-192, Cs-137	Eller, diğer kısımlar	1-2
<u>Tıp</u>			
Tanı	X - ışını Üreteçleri	Eller, yüz	1-10
Tedavi	Co-60, Cs-137 ve	Tüm vücut, eller ve	1-10
	Hızlandırıcılar	diğer kısımlar	(bu sayının üzerinde etkilenme nadiren görülür)
<u>Araştırma</u>	Reaktörleri de içeren geniş spektrumda kaynaklar	Eller, yüz ve diğer kısımlar	1-3 (araştırma reaktörlerinde bu sayının üzerinde olabilir)
<u>Kullanılmış kaynaklar</u>	Co-60, Cs-137 ve diğerleri	Eller ve diğer kısımlar	1-20 (bu sayının üzerinde etkilenme nadiren görülür)
<u>Nükleer Reaktörler</u>	Cs-137, Sr-90	Tüm vücut	1-500 (genellikle etkilenen kişilerin sayısından daha azdır)
	I-131	Tiroid bezi	
	Pu -210	Akciğer	

Tablo II radyolojik ve nükleer kazaları, kazaya neden olan radyoizotoplara, ışınlanan vücut kısımlarına ve hasar görmesi muhtemel kişilerin sayısına göre sınıflandırmaktadır.

Bir kazanın erken safhalarındaki en önemli ışınlama yolları şöyle sıralanabilir:

- Radyoaktif kaynak, nükleer tesisten ve salınan herhangi bir radyoaktif maddeden kaynaklanan direkt (doğrudan) radyasyon,
- Hava ile taşınan radyoaktif maddelerin (uçucular, aerosoller, partiküller), solunmasından,
- Radyoaktif maddelerin toprakta veya yüzeyde birikimi nedeni ile doğrudan radyasyon ışınlamalarından,
- Cilt ve giysilere bulaşan radyoaktif maddelerden kaynaklanır.

Bu ışınlama yolları içinde alınan radyasyon dozuna en fazla katkısı olan ışınlama yolu direkt radyasyon ışınlamasıdır [7,8]. Özellikle γ radyografi ile ilgili kazaların önemli radyolojik sonuçları bulunmaktadır. Nükleer kazalarda radyoaktif bulutun dış ışınlama için esas kaynak olarak davranması yanı sıra, özellikle iyot radyoizotopları gibi buharlaşıcı radyoaktif maddeler, tiroit bezinin iç dozunu önemli ölçüde artırırlar.

2.3. HASAR GÖRMÜŞ KİŞİLERİN SINIFLANDIRILMASI (TRIYAJ)

Hastaların hasar veya hastalıkları esas alınarak sınıflara ayrılmasının nedeni, uygun klinik bakım görmeleri, mevcut klinik hizmetler ve cihazların kullanımından maksimum yarar sağlamaları içindir. Sınıflandırmanın ana hedeflerinden biri gerekli acil bakım seviyesinin tayin edilmesidir. Eğer kazada az sayıda insan etkilenmişse, tıbbi yönetim açısından bu durum pek çok ülkede büyük bir problem yaratmayacaktır. Ancak, onlarca veya yüzlerce kişinin ışılandığı yada ışılandığından şüphelenildiği bir kaza durumunda, özellikle bu hastaların hastaneye yatırılmaları söz konusu olduğunda uygun şartlarda hastane bulmak açısından büyük zorluklarla karşılaşılabilir. Bu durumda planlama çok önemlidir ve afet durumları için önceden düşünülen yerler tıbbi bakım sistemine uyarlanmalıdır. Yardım personeli ve tesis kapasitesinin sınırlı olduğu durumlarda bu sınıflandırma zinciri veya tıbbi yardım kritik hale gelir. Sınıflandırma sadece radyasyon kazalarına özel değildir ve her çeşit afette yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tıbbi tedavi organizasyonu acillik durumuna göre değerlendirilmelidir. Acil tedavi başlangıçta, travma, yaralar, termal veya kimyasal yanıklar gibi konvansiyonel hasarlara göre belirlenir. Radyonüklidlerle kontaminasyon oldukça az vakada karşılaşılan bir problemdir. İster iç ister dış kontaminasyon olsun bu kişiler teşhis edilmeli ve anında kontaminasyona özel tedavi edilmelidirler. Her vakada radyasyon hasarlarının tedavisi için acil bir tedavi gerekmez ancak bazı temel ve etkin müdahaleler yapılmalıdır. Örneğin: Işınlamanın şiddetini belirlemek ve insan lenfosit antijeni (HLA) tiplemesi için kan örneğinin alınması gibi.

Erken klinik belirtiler radyasyona maruz kalan kişilerin sınıflandırılması ve kişisel seviyede yapılacak uygun tıbbi bakımın kararlaştırılmasında temel teşkil eder. En önemli prodromal (erken) klinik bulgular, bulantı, kusma, diare ile cilt ve mukoza yanıklarıdır (eritem). Tüm vücut ışınlaması (TVI) veya lokal ışınlamalarda (LI) hastaneye yatırma kararı, Tablo III de gösterilen erken klinik belirtilere göre yapılır.

TABLO III: ERKEN KLİNİK BULGULARA DAYANAN RADYASYON HASARLARININ YÖNETİMİ İÇİN REHBER

Klinik Bulgular		Karşılık gelen Doz (Gy)		Karar
TVI	LI	TVI	LI	
Kusma yok	Erken eritem yok	< 1	< 10	5 hafta hastaneye yatmadan kontrol edilir. (kan, cilt)
Işınlanmadan 2 – 3 saat sonra kusma	Işınlanmadan 12- 24 saat sonra, erken eritem, anormal duyarlılık	1-2	8-15	Genel bir hastanede takip ve sonrasında hastaneye yatmadan 3 hafta ayakta takip
Işınlanmadan 1 – 2 saat sonra Kusma	Işınlanmadan 8-15 saat sonra erken eritem, anormal duyarlılık	2-4	15-30	Hastanede Yanık Cerrahisi veya Hematoloji bölümüne hastanın yatırılması
Işınlanmadan sonra 1 saatten daha kısa sürede kusma ve/veya hipotansiyon gibi diğer şiddetli belirtiler	Işınlanmadan sonra 3 -6 saat içinde veya (daha erken) cilt ve/veya mukozada ödem ile erken eritem	> 4	> 30	Hematoloji veya cerrahi olarak iyi donanımlı bir hastaneye yatırılması ve radyasyon patolojisinde uzmanlaşmış bir merkeze nakledilmesi

2-4. KİŞİLERİN TIBBİ YÖNETİMİ

Burada ilk iş olarak, ışınlanmış (veya ışınlandığı düşünülen) kişiler radyasyon sebebi ile oluştuğu tahmin edilen hasarların şiddetine ve gerekli tıbbi bakımın seviyesine göre gruplandırılmalıdır. Işınlanmış kişiler üç ana kategoride tanımlanabilir.

İlk kategoriye yüksek doza maruz kalmış veya bundan şüphe edilen ve travma, yaralar, yanıklar ve/veya kimyasal kontaminasyon gibi konvansiyonel yaralanma bulgularını gösteren kişiler oluşturur. Bu kişilere herhangi bir acil tıbbi müdahalede olduğu gibi davranılmalıdır. Buna ek olarak ışınlanmanın şiddetini saptamak ve başlatılacak tedavinin esaslarını belirlemek üzere, gecikmeden özel testler (kan hücre sayımları, sitogenetik çalışmalar ve HLA tiplemesi için kan örneği alınması gibi) yapılmaya başlanmalıdır. Eğer yeteri kadar ilk yardım personeli varsa müdahale yerinde özel testler de en kısa zamanda yapılmalıdır.

İkinci kategori, dış ışınlanma olasılığı bulunan, iç ve dış kontaminasyonu olan veya ışınlandığından şüphelenilen ve değişik derecelerde tıbbi müdahaleye ihtiyaç gösteren kişileri içerir. Bu kategori önceden planlanmış eylemleri gerektirir. Bu kazazedeler tedavi merkezinde tekrar gruplara ayrılmalıdırlar. İkinci sınıflandırma üç alt grupta yapılır: Bunlar tüm vücudu ışınlanan kişiler (TVI), vücudun bir kısmı ışınlanan kişiler (LI) ve radyonüklidlerle kontamine olmuş kişilerden oluşur. Aynı zamanda, bölgesel ve/veya ulusal tıbbi olanaklar tespit edilmelidir. Işınlanmayı takip eden günlerde tıbbi tetkiklerin uygun olarak yapıldığından emin olmak için kazazedeler doktorlar tarafından kontrol altında tutulmalıdır. Bu temel tıbbi tetkikler kazaya müdahale etmekten sorumlu tıbbi merkez tarafından hazırlanmış olan özel bir

protokolde listelenmelidir. İkinci safhada, hastalığın şiddetine göre klinik ve biyolojik bulgular esas alınarak daha ayrıntılı bir sınıflandırma yapılabilir.

Son kategori sadece düşük doz alma olasılığı olan ve diğer herhangi bir hasarı olmayan kişilerden oluşur. Bu kişiler kayıt edilmeli ve birkaç gün ayakta hasta olarak izlenmelidir.

Hasarın ciddiyeti maruz kalınan doz seviyesine, doz hızına, ışınlanan dokuların radyasyona olan duyarlılığına, ışınlanan vücut bölgesi ve ışınlanmadan etkilenen organ sisteminin genişliğine bağlıdır. Tüm vücut ışımlandığında hasarın şiddeti daha fazladır. Aynı dozun vücuda kısmi uygulanması sağlık üzerine daha az etki yapar. Tıbbi tedavi yapılmamışsa 3,5 Gy civarında absorbe edilen bir radyasyon dozundan sonra ışınlanmış popülasyonun genellikle %50'sinin iki ay içinde ölmesi beklenir. Bu LD_{50/60} değeri yeterli destek tedavi ile 5,0- 6.0 Gy'e kadar yükselebilir. Tablo IV tüm vücut ışınlanmalarında kullanılan belli başlı tanı yöntemlerini göstermektedir.

TABLO IV. RADYASYON HASARLARININ ERKEN TANI METODLARI^a

İşlem	Bulgu	Ortaya çıkış zamanı	Minimum Işınlanma (Gy)
Klinik Gözlemler	Bulantı, Kusma	48 saat içinde	~ 1
	Eritem	Saatler- günler içinde	~ 3
	Epilasyon	2 – 3 hafta içinde	~ 3
Laboratuvar Tahlilleri			
Kan sayımı	Tam (Absolu) lenfosit sayımı ^b < 1G/L	24 – 72 saat içinde	~ 0.5
Sitogenetik ^c Tetkik	Disentrikler, halkalar, kromozom kırıkları	Saatler içinde	~ 0.2

^a : Kısmen [9]'dan

^b :Lenfositler saatler içerisinde azalabilir. İlk sayım mümkün olan en kısa zamanda yapılmalı ve sayım günlük olarak tekrarlanmalıdır. Lenfosit sayısı (G/L) 10⁹ hücre/L olarak gösterilmiştir.

^c : Analiz için 48 – 72 saat gerekir.

İşinlanmanın şiddeti genellikle alınan sonuçlara bakılarak yeniden değerlendirilir:

- (a) Çok erken bir sınıflandırma bulantı, kusma, ishal, eritem ve ateş gibi klinik belirtilere dayanır. Bunların ortaya çıkış zamanı kadar, sıklıkları ve derecesi de dikkatlice kayıt edilmelidir. Bu kayıtlar kazazedelerin, soğurulan dozun 2 Gy' den az veya çok olması şeklinde iki kategoride sınıflandırılmalarını sağlar.
- (b) Doğrulama ve daha doğru bir sınıflandırma özellikle ilk 2 gün içinde lenfositlerdeki azalmanın izlendiği hematolojik sayımlara dayanır, bu da doz 2 Gy'in üzerine çıktığında kategori içinde daha detaylı sınıflandırma yapılmasını sağlar.
- (c) Hastanede klinik ve laboratuvar bulgularının gelişimine, hematolojik tetkikler ve biyolojik (sitogenetik) ve fiziksel dozimetri gibi daha özel yöntemlerden alınan sonuçlara göre hastanın durumu daha ayrıntılı ve doğru olarak değerlendirilebilir.

Bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için (a-c) tıbbi müdahalenin önceden planlanması ve gerekli tıbbi personelin eğitimi çok önemlidir. Planlamanın etkinliği, afet durumundaki uygulanabilirliğine, tıbbi bakım ekibinin sürekli ve düzenli test edilmesine bağlıdır. Çok sayıda kazazedenin olduğu büyük çaplı kazaların tıbbi yönetimi yerel ulusal olanaklar ve mevcut kaynaklara bağlı olacaktır. Özel birimler ve/veya personel ihtiyacı uluslararası işbirliğini gerektirebilir.

3. DIŞ IŞINLANMA

3.1. DIŞ IŞINLANMA TİPLERİ

Dış radyasyona maruz kalan kişilerin prognozu ve tıbbi yönetimi, tüm vücudun ışınlaması veya ışınlamanın lokal olmasına bağlıdır. Soğurulan dozun vücut içinde nasıl dağılmış olduğunu bilmek prognoz ve tedavi seçimi için çok önemlidir. Doz dağılımı ışınlama durumuna ve kazanın koşullarına bağlıdır.

Eğer küçük boyutta bir kaynak vücuda çok yakınsa -cepte veya elle dokunulmuşsa- sadece lokal ışınlama söz konusu olur. Bunun tersine, eğer kişi kaynaktan nispeten uzakta ve/ veya kaynağın büyüklüğü kişinin vücudu ile orantılı ise ve kişi kaynak etrafında hareket etmişse, bu durum dozun neredeyse eşit dağıldığı bir tüm vücut ışınlamasına neden olacaktır. Kaynaktan daha da uzaklaştıkça ve kişinin hareketliliği ile daha eşit bir doz dağılımı olacaktır.

Eğer kaynak vücuda nispeten yakın yerleşmişse ve biraz zırlaması varsa kısmi veya lokal ışınlama olacaktır. Kaynak vücuda yaklaştıkça daha küçük bir bölge ışınlanır. İşinlanmanın süresi ve doz şiddeti de önemlidir. Eğer aynı doz daha kısa bir zamanda verilirse (daha yüksek doz hızı) daha şiddetli radyasyon etkileri gözlenecektir.

3.2. LOKAL RADYASYON HASARLARININ TANI VE TEDAVİSİ

Lokal radyasyon hasarı (LRH) tüm vücut ışınlamasından (TVI) çok daha sık meydana gelir, bu nedenle literatürde ayrıntılı olarak tanımlanmıştır [10]. Yüksek radyasyon dozlarının (> 8-10 Gy) neden olduğu lokal radyasyon hasarları, oluşturduğu bulgu ve semptomlar ile birkaç günden haftalara kadar uzayabilen gecikme dışında termal yanıklara benzer. LRH'nın şiddeti sadece radyasyon tipine ve şiddetine değil aynı zamanda ışınlanan

bölgenin büyüklüğüne ve yerleşimine de bağlıdır. Genellikle yaşamsal tehdit olmamasına rağmen gecikmiş etkiler tedavi edilemeyen ciddi sonuçlar yaratabilir.

3.2.1. Klinik tablo

Ciltte alt doku ile birlikte gittikçe artan reaksiyonların varlığı LRH' nın tipik bir özelliğidir. Genellikle soğurulan doz arttıkça patolojik bulguların gelişimi daha da hızlanır ve prognoz kötüleşir. Tedaviye dirençli ve şiddeti gittikçe artan ağrı tipik bir bulgudur ve hastanın tedavisinde başa çıkılması güç bir sorun yaratır. Tablo V'de, derinin γ radyasyonu veya yüksek enerjili X ışınlarına maruz kalması durumunda klinik bulguların başlangıç zamanı ve doz sınırları gösterilmektedir.

TABLO V. ALINAN DOZA BAĞLI OLARAK, CİLTTEKİ HASARLARIN VE KLİNİK BULGULARIN BAŞLANGIÇ ZAMANI.

Bulgular	Doz aralığı (Gy)	Başlangıç zamanı (gün)
Eritem	3 – 10	14 – 21
Epilasyon	> 3	14 – 18
Kuru desquamasyon (döküntü)	8 – 12	25 – 30
Islak desquamasyon	15 – 20	20 – 28
Blister oluşumu	15 – 25	15 – 25
Cilt ülserasyonu (yara)	> 20	14 – 21
Nekrozis (derin penetrasyon)	> 25	> 21

TABLO VI. ELLERİN DÜŞÜK ENERJİLİ RADYASYON İLE IŞINLANMASINI TAKİBEN LRH'NIN KLİNİK BULGULARI.

Akut fazda klinik bulguların ortaya çıkış periyodu					Geç faz etkilerinin gelişimi ve zamanı (Gün)	Gecikmiş etkiler	Tahmin edilen doz aralığı (Gy)
Primer eritem	Sekonder eritem	Blister	Erezyon, ülserleşme	Nekroz			
Yok	12-20 gün				30-35 Kuru desquamasyon	Yok	12-18 ^a 10-15 ^b
6-12 saat	6-14 gün	8-15 gün			40-50 Yaş desquamasyon epitelizasyon	Yok veya Hafif atrofi	20 – 30 ^a 18 – 25 ^b
4-6 saat	3 – 7 gün	5-10 gün	10-18 gün		50 – 70 Epitelizasyon	Atrofi, depigmentasyon, telenjektazi	35 – 80 ^a 30 – 70 ^b
1-2 saat	0-4 gün	3-5 gün	6-7 gün	6-10 gün	60 – 80 Skar oluşumu, cerrahi olmaksızın iyileşme olmaz	Atrofi, depigmentasyon, telenjektazi, fonksiyonel bozukluk	> 80

^a : Sadece Parmaklar, ^b : Tüm El

Cildin β radyasyonu veya düşük enerjili X ışınlarına maruz kalması bütün klinik bulguların daha erken görünmesine neden olur. Ancak iyileşmenin tahmini süresi-prognoz-Tablo VI' daki kadar ciddi değildir.

3.2.2. Başlıca tanı yöntemleri

Lokal radyasyon hasarının erken dönemleri için uygun bir biyodozimetrik yöntem olmadığı için fiziksel dozimetri çok önemlidir. Kazanın ayrıntılı bir hikayesi alınmalı ve kayıt edilmelidir. Fizik muayene ile cilt reaksiyonu günlük olarak gözlenmeli ve seri renkli fotoğraflar ile belgelenmelidir.

Bölgesel ışınlanmalarda Elektron Spin Rezonans yöntemi ışınlanmış bölgedeki dişler, elbiseler, düğmeler, küpeler veya herhangi bir organik maddeye uygulanarak dozun tayin edilmesinde faydalı olabilir [11, 12]. LRH' da sadece eritrosit sedimentasyon hızının artması veya orta şiddette lökositosis gibi spesifik olmayan değişiklikler görüldüğünden, bir kazayı takiben ilk hafta boyunca yapılan günlük kan sayımları, tüm vücut ışınlanma olasılığını ortadan kaldırmaya yardım edebilir [13]. 5-10 Gy' lik bir doz aralığında lokal bir ışınlanmada sadece az sayıda kültür lenfositinde kromozomal aberasyon bulunabilir ve ne kadar doza maruz kalındığından ziyade ışınlanmanın varlığı hakkında bilgi verir [14].

Lokal ışınlanmanın şiddetini değerlendirmek için iki tanısal işlem kullanılabilir: Bunlar termal ve radyoizotopik yöntemlerdir. Her iki yöntem de, ışınlanmış ve ışınlanmamış bölgeler birbiriyle karşılaştırıldığından son derece güvenilirdir.

Termografi herhangi bir hasarı tanımak ve derecesini tayin etmekte kullanılabilir. Özellikle klinik bulguların belirgin olmadığı erken ve gizli-latent- dönemlerde lokal radyasyon hasarlarının tanınmasında faydalı ve hassas bir tekniktir [15]. İlave olarak hem kontak termografi, hem de infrared teletermovision faydalıdır. İkinci teknik, özellikle el ve kolların etkilendiği kısmi vücut ışınlanmasının tanısında muhtemelen daha üstün olmakla beraber oldukça pahalıdır. Radyoizotopik yöntemde, ^{99}Tm perteknatın damar içine enjeksiyonunu takiben dağılımı bir sintilasyon kamerası ile izlenerek, vücudun bir kısmında veya organlardaki kan dolaşımı kaydedilebilir [16].

Termografi ve radyoizotopik yöntemler birbirini tamamlayıcıdır. Dozun kesin olarak değerlendirilmesini sağlamamakla birlikte radyasyon hasarının klinik ciddiyetini saptamakta yardımcı olabilirler. İnsan vücudunun radyasyonla kısmi ışınlanmasında indikatör olarak, saç/tüy kortikal hücrelerinin sayımı gibi ümit verici yeni teknikler araştırılmaktadır [17].

3.2.3. Tedavi

Eritem ve kuru desquamasyon (döküntü) belirtilere yönelik olarak tedavi edilebilir. Ödeme eşlik eden şiddetli eritem ile ilişkili semptomların hafifletilmesinde hidrokortizon içeren losyon veya spreylar kullanılabilir. Islak desquamasyonun tedavisi için, günlük pansumanlar ve antiseptik çözeltilerle hasarlı derinin yıkanması yararlıdır. Antibiyotikli kremler de kullanılabilir.

Ülserleşmelerde organın steril bir çevre içinde izole edilmesi veya antiseptik çözeltilerle günlük yıkama ve pansuman tavsiye edilir. Ağrı kesiciler veya daha güçlü opioidler (uyuşturucular) gerekebilir. İkincil enfeksiyon belirtileri olduğunda veya şüphelenildiği durumlarda topikal veya sistemik antibiyotik tedavisi düşünülebilir.

Nekroz için sadece cerrahi tedavi etkilidir. Bu tedavi, derin nekroz bölgesinin kesilerek çıkarılması yani eksizyonunu takiben bölgeye cilt grefti veya diğer greft tiplerinin konulmasını içerir. Cerrahi müdahalenin tipi, zamanlaması ve derecesi vakadan vakaya, kişilerin durumlarına göre değerlendirilmelidir. Cilt greftleme sadece altta yatan vasküler yapı sağlam olduğunda mümkündür, aksi takdirde myokutanöz flep veya pediküllü flep

yapılmalıdır. Cerrahi müdahaleye ülserektomi, nekrektomi ve amputasyon gibi geri dönüşümsüz değişimler görülür görülmez karar verilir.

Pratikte γ ışınlanması ile 20 – 25 Gy' lik lokal dozların aşıldığı hemen hemen bütün vakalarda kendiliğinden tamir söz konusu olmadığından cerrahi tedaviye karar verilebilir. Daha yüksek dozlarda yüzeysel epitelizasyon olsa bile sekonder ülserler ortaya çıkacağından dolayı iyileşme beklenmez. Klinik olarak bariz geri dönüşümsüz değişimler ortaya çıktığında, hastaya operasyonun gerekli olduğu anlatılıp operasyon mümkün olan en kısa sürede yapılmalıdır. Amputasyon için gerekli belirtiler; alt dokuların tahrip olduğu çok şiddetli lezyonlar, vasküler hasarlar, tedaviye dirençli ağrı ve enfeksiyonun kontrol edilememesidir. Tablo VII'de akut lokal radyasyon hasarlarının klinik özellikleri, mevcut tanı ve tedavi seçenekleri ve bunların kronik gelişimi gösterilmektedir [18].

3.3. AKUT RADYASYON SENDROMUNUN TANI VE TEDAVİSİ

3.3.1. Tanı

ARS' nun tanısı klinik ve laboratuvar verilerine dayanır. Prodromal faz, ışınlanmadan sonra birkaç saat içinde meydana gelebilir ve anoreksia, bulantı, kusma ile karakterizedir (Tablo-VIII). ARS' nun bu fazında, yaklaşık 0,5 Gy bir ışınlanmadan sonra laboratuvar bulguları hematopoetik hasarı gösterebilir (Tablo IX). Bu fazı semptomların genellikle gerilediği, doza bağlı olarak nispeten bulguların gözlenmediği bir ile üç hafta süren bir latent faz takip eder (Tablo X). Latent fazı kritik faz izler (Tablo XI).

Dolaşan kandaki lenfositler radyasyona en hassas hücre türlerinden biridir ve mutlak lenfosit sayısındaki düşme erken gözlem fazında radyasyon ışınlanmasının seviyesini tayin etmek için en iyi ve yararlı laboratuvar testidir (Tablo IX – XI). İmmünolojik bozukluklar 48 saat içinde ortaya çıkar. Gastrointestinal semptomlar 10-15 Gy'i aşan dozlarda gözlenir ve hatta bazen daha düşük dozlarda kemik iliği sendromu ile bir arada olabilir. Hızlanmış prodromal ve kısalmış latent fazları diare izleyebilir. Nörovasküler sendromlar 20 Gy'i aşan ışınlamalardan sonra meydana gelir ve şiddetli prodromal belirtilerin hemen başlaması ve vazomotor kollaps ile 1-2 gün içinde ölüme götüren belirtilerle karakterizedir.

Biyolojik dozimetri için yapılan tahliller arasında, kültüre edilmiş dolaşan kan lenfositlerinde yapılan kromozomal aberasyon analizi en fazla güvenilen ve kabul görenidir. Dünyada bir çok laboratuvarın iyi bir şekilde elde edilmiş doz-cevap eğrileri mevcuttur [14, 19-21]. Tekniğin duyarlılığı doza ve radyasyon tipine bağlıdır. Bu sitogenetik metodun kullanılması ile saptanabilen dozun en düşük sınırı, X ve γ ışınları için yaklaşık 0,2 Gy ve fisyon spektrum nötronları için yaklaşık 10-20 mGy' dir [22-24].

Kısmi vücut ışınlanmaları vakalarında bu tekniğin kullanımında bazı sınırlamalar vardır [25,26]. Kromozom aberasyonlarının varlığı radyasyon hasarını gösterebilir ancak kesin doz tayinine izin vermez. Ayrıca farklı radyonüklidlerin vücuttaki dağılımlarının farklı olması nedeni ile iç (internal) radyasyon kaynaklarından alınan dozlar, her zaman saptanamaz.

Lenfosit metafazları elde etmek için 48 saatlik kültür süresi gerekli olduğundan kromozomal aberasyonların sıklığına dayanan sonuçların analizi üç gün sürer. Ayrıca sayım uzun zaman alır ve uzman değerlendirmeler gerektirir.

Işınlanmış kişilerin daha hızlı taranması için, mikronukleus analizi yöntemi kullanılabilir [27-29]. Bu teknikte de lenfositlerin kültürü gereklidir; ancak sayım daha hızlı ve kolaydır. Özellikle bilgisayar destekli görüntü analizi, metafaz kromozomlarının analizi için gerekli olandan daha az çaba gerektirir [30].

TABLO VII. LOKAL RADYASYON HASARLARI İÇİN; KLİNİK VE TEŞHİS GÖRÜNÜŞLER VE TEDAVİ SEÇENEKLERİ AKUT FAZ

Işınlanma ↓		Doz hesapları	- Hikaye - Fiziksel dozimetri - Kazayı yeniden canlandırma - Biyolojik dozimetri	Vasküler sintigrafi Termografi
		Rutin tetkikler	- Periferal kan sayımı - Sperm sayımı - Göz muayeneleri - Renkli seri fotoğraf çekimleri	
		Özel çalışmalar	- Vasküler sintigrafi - CAT - MR - Termografi	
		1. günün sonu	1. haftanın sonu	1. ayın sonu
		PRODROMAL FAZ	LATENT FAZ	AKUT FAZ
Klinik Tablo	Semptomlar	Isı hissi Kaşınma Hassasiyet	Hafif kaşıntı ve ağrı olabilir	Ağrı Kaşıntı Parestezi Hiperaleji
	Bulgular	Geçici eritem	Hafif epilasyon olabilir	Eritem Ödem Bül oluşumu Yaş deskuamasyon
Tedavi		Semptomatik	Travmadan kaçınmak Aneljezikler Hidrasyon emülsiyonları (tatlı badem yağı gibi)	Ağrının hafifletilmesi Non-steroid anti-inflamator ilaçlar (NSAID) Lokal antibiyotikler Vasodilatörler, Debridement Epidermal büyüme faktörleri Platelet adhesiyonunu önleyen ilaçlar Yara iyileşmesini hızlandıran ilaçlar

TABLO VII. LOKAL RADYASYON HASARLARI İÇİN; KLİNİK VE TEŞHİS GÖRÜNÜŞLER VE TEDAVİ SEÇENEKLERİ KRONİK FAZ

Vasküler sintigrafi <u>Termografi</u> Biopsi (histo- immüno kimyasal araştırmalar) 	Vasküler sintigrafi Kemik tarama Termografi 1. yıl	Vasküler sintigrafi Kemik tarama Termografi 2.yıl
İYİLEŞME VEYA KRONİK GELİŞİM (SKLEROZİS VE FİBROZİS) (İKİNCİL ENFEKSİYON OLASILIĞI)		
Ağrı	Yaranın yeniden açılması Vaskülitis (olası) Ağrı Geç eritem Ödem	Ağrı Değişmiş duyuşal ve termal duyarlılık Parestezi Cilt kuruluğu
Ülserleşme Nekrozlaşma	Ülser Nekrosis (Spontan iyileşme imkansız)	Atrofi,telanjektazi, pigmentasyon değişiklikleri, keratoz, epilasyon veya saç problemleri, deformiteler(ankilozis),fonksiyonel bozuklukluklar
Cerrahi (nekrektomi, cilt grefleri, amputasyon)	Konservatif Analjezikler Non-steroidal anti-inflamatuar ilaçlar Cerrahi (nekrektomi)	Travmadan kaçınma Rehabilitasyon Süperoxide dismutase (Liposomal ve topikal) Cerrahi

14 TABLO VIII. AKUT RADYASYON SENDROMLARININ BAŞLANGIÇ FAZI

Semptomlar ve Tıbbi cevap	ARS'nun Derecesi ve Yaklaşık Akut TVI Dozu (Gy)				
	Hafif 1 – 2 Gy	Orta 2 – 4 Gy	Şiddetli 4 – 6 Gy	Çok şiddetli 6 – 8 Gy	Öldürücü >8 Gy
<i>Kusma</i> <u>Başlangıç zamanı</u>	Işınlanmadan 2 saat veya daha sonra	Işınlanmadan 1-2 saat sonra	Işınlanmadan sonra 1 saat içinde	Işınlanmadan sonra 30 dakika içinde	Işınlanmadan sonra 10 dakika içinde
% Görülme sıklığı	10 – 50	70 – 90	100	100	100
<i>Diare</i> <u>Başlangıç zamanı</u>	Yok	Yok	Hafif 3 – 8 saat	Ağır 1 – 3 saat	Ağır Dakikalar, 1saat içinde
% Görülme sıklığı	–	–	< 10	> 10	Yaklaşık 100
<i>Baş ağrısı</i> Başlama zamanı	Çok hafif	Hafif	Orta 2 – 24 saat	Şiddetli 3 – 4 saat	Şiddetli 1 – 2 saat
% Görülme sıklığı	–	–	50	80	80 – 90
<i>Bilinç</i> <u>Başlangıç zamanı</u>	Etkilenmez	Etkilenmez	Etkilenmez	Değişebilir	Bilinç kaybı (birkaç saniye/dakika) Saniyeler, dakikalar
% Görülme sıklığı	–	–	–	–	(>50Gy'de) 100
<i>Vücut ısı</i> Başlangıç	Normal	Artmış 1 – 3 saat	Ateş 1 – 2 saat	Yüksek ateş < 1 saat	Yüksek ateş < 1 saat
% Görülme sıklığı	–	10 – 80	80 – 100	100	100
<i>Tıbbi cevap</i>	Ayakta gözlem	Genel hastanede gözlem, gerekirse uzmanlaşmış hastanede tedavi	Uzmanlaşmış hastanede tedavi	Uzmanlaşmış hastanede tedavi	Palyatif tedavi (sadece semptomatik)

3.3.2.Tedavi

Tedavi gerçek semptomlar, bulgular ve rutin laboratuvar testlerinin sonuçlarına dayandırılmalıdır (TabloVII-XII). Başlangıç semptonları ve bulguları radyasyona özel değildir. Klinik belirtilerin aşikar hale gelmesi ve daha fazla bilgi toplanıncaya kadar değerlendirme yapabilmenin tek yolu dikkatli gözlem ve tekrarlı laboratuvar çalışmalarıdır [31-36]. Şiddetli hasarı 48 saat içinde ortaya çıkarabilmek için en yararlı ve tek laboratuvar analizi absolü lenfosit sayımıdır (TabloX).

Acil serviste bulantı ve kusma yakınmaları olan hastalara belirtilere dönük tedavi yapılmalı ve günlük kan sayımları kontrol edilmelidir. Dış radyasyon dozu 1 Gy'den daha az olan kazazedeler eğer absolü lenfosit sayımı ve doz değerleri uyumlu ise ayakta takip edilebilir. Dış radyasyon dozu 1 Gy'i aşanlar gözlenmelidir. Tablo XII'de ARS şiddetinin farklı seviyelerine karşılık gelen tedavi yaklaşımları özetlenmektedir.

ARS'nun daha ileri tedavisinde takip edilecek prensip, kemik iliği depresyonunda ortaya çıkabilecek komplikasyonları önlemektir. Bu yaklaşım, profilaktik antibiyotiklerin uygulanması ile kan ürünlerinin (plateletler ve eritrositler) transfüzyonunun yerine geçmiştir. Profilaktik platelet ve eritrosit transfüzyonları, platelet sayısı 20G/L (1G/L= 10^9 hücre/L) ve hemoglobin 100g/L'den az olduğunda yapılır. Profilaktik antibiyotiklerin kullanılmasına ve kan ürünlerinin uygulanmasına, hastaların antiseptik bir koğuştta izolasyonundan ve ateş, kanama, orofaringeal ülserasyonlar, nörolojik ve vasküler değişiklikler gibi klinik semptonların dikkatli gözlemlenmesinden sonra karar verilir. Mikrobiyolojik izleme etkili bir enfeksiyon tedavisi için önemlidir. Ateş 38 °C (98.6 °F) den daha yüksek olduğunda kan kültürüne başlanmalıdır.

Semptomatik ve destekleyici tedavi de gereklidir. Bu, sakinleştirici ve ağrıyı hafifleten ilaçların, destekleyici sıvıların kullanılmasını ve yeterli beslenmeyi içerir. Gerekli olduğunda sıvı, elektrolit ve beslenmeyi desteklemek için damar yolu açık tutulmalıdır. Hastane enfeksiyonunu önlemek için steril gıdalar tercih edilmeli, çiğ sebze ve meyvelerden kaçınmak gerekmektedir.

Hasta bakımı, agranülositozis ve immün yetersizliğin sonuçlarını önlemeye yönelik olacağından, hematolog veya onkologlardan yardım arzu edilir.

TABLO IX. AKUT TÜM VÜCUT IŞINLANMASI DOZUNA BAĞLI OLARAK, AKUT RADYASYON SENDROMLARININ İLK GÜNLERİNDE LENFOSİT SAYIMLARINDAKİ (G/L) DEĞİŞMELER.

ARS derecesi	Doz (Gy)	Işınlanmadan 6 gün sonra lenfosit sayısı (10^9 hücre/L)
Klinik öncesi faz	0.1 – 1.0	1.5 – 2.5
Hafif	1.0 – 2.0	0.7 – 1.5
Orta	2.0 – 4.0	0.5 – 0.8
Şiddetli	4.0 – 6.0	0.3 – 0.5
Çok şiddetli	6.0 – 8.0	0.1 – 0.3
Öldürücü	> 8.0	0.0 – 0.05

3.3.3. Kemik iliği transplantasyonu

Kemik iliğinin kendiliğinden iyileşmesini imkansız kılacak kadar yüksek dozlarla tüm vücudun ışınladığı durumlarda, kemik iliği transplantasyonu (KIT) kazazedeler için mantıklı bir tedavi gibi görünmektedir [2, 8, 35]. Buna rağmen, KIT'in bir çok kısıtlamaları vardır. Bunlar, doku uyumlu donörlerin belirlenmesi, yaş kısıtlamaları, lenfopenik hastalarda HLA (İnsan Lenfosit Antijeni) belirlenmesi, ek immünosupresyon ihtiyacı ve alıcıda doku naklinin yaratacağı (graft versus host gibi) risklerdir.

TABLO X. AKUT RADYASYON SENDROMUNUN LATENT FAZI

	ARS'nun Derecesi ve Yaklaşık Akut Tüm Vücut Dozu (Gy)				
	Hafif (1 – 2 Gy)	Orta (2 – 4 Gy)	Şiddetli (4 – 6 Gy)	Çok şiddetli (6 – 8 Gy)	Ölümcül (> 8 Gy)
Lenfositler (G/L)(3-6gün)	0.8 – 1.5	0.5 – 0.8	0.3 – 0.5	0.1 – 0.3	0.0 – 0.1
Granülositler (G/L)	> 2.0	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5	≤ 0.5	≤ 0.1
Diare	Yok	Yok	Nadir	6- 9. günlerde ortaya çıkar	4-5. günlerde ortaya çıkar
Epilasyon	Yok	Orta derecede 15. günde veya daha sonra	Orta derecede veya tam 11- 21. günlerde	Tam 11. günden önce	Tam 10. Günden önce
<u>Latent peryot</u> (gün)	21 – 35	18 – 28	8 – 18	7 gün veya daha az	Yok
Tıbbi cevap	Hastane gerekli değil	Hastaneye yatırılması tavsiye edilir	Hastaneye yatırılması gerekli	Acilen hastaneye yatırılması gerekli	Sadece semptomatik tedavi

TABLO XI. AKUT RADYASYON SENDROMUNUN KRİTİK FAZI

	ARS'nun Derecesi ve Yaklaşık Akut Tüm Vücut Dozu (Gy)				
	Hafif (1 – 2 Gy)	Orta (2 – 4 Gy)	Şiddetli (4 – 6 Gy)	Çok şiddetli (6 – 8 Gy)	Ölümcül (> 8 Gy)
Semptomların başlangıcı	> 30 gün	18 – 28 gün	8 – 18 gün	< 7 gün	< 3 gün
Lenfositler (G/L)	0.8 – 1.5	0.5 – 0.8	0.3 – 0.5	0.1 – 0.3	0.0 – 0.1
Plateletler (G/L)	60 – 100 10 – %25	30 – 60 25 – %40	25 – 35 40 – %80	15 – 25 60 – %80	< 20 80 – %100 50 Gy'den büyük dozlarda kan hücrelerinin azalmasından (sitopeni) önce ölüm
Klinik olarak gözlenenler	Yorgunluk Halsizlik	Ateş, enfeksiyonlar, halsizlik, kanama, epilasyon	Yüksek ateş, enfeksiyonlar, kanama, epilasyon	Yüksek ateş, diare, kusma, baş dönmesi, oryantasyon bozukluğu	Yüksek ateş, diare, bilinç kaybı
% Ölüm oranı ve başlangıcı	0	0 – 50 6 – 8 hafta	20 – 70 4 – 8 hafta	50 – 100 1 – 2 hafta	100 1 – 2 hafta
Tıbbi cevap	Profilaktik	10–20. günden itibaren hastaların izolasyonu; 14-20. günden itibaren özel profilaktik tedavi	Başlangıçtan itibaren hastaların izolasyonu; 7-10. günden itibaren özel profilaktik tedavi	Başlangıçtan itibaren hastaların izolasyonu; İlk günden itibaren özel tedavi	Sadece semptomatik tedavi

TABLO XII. AKUT RADYASYON SENDROMUNUN DERECEŚİ VE ŐİDDETİNE GÖRE TEMEL TEDAVİ YAKLAŐIMLARI

Tüm vücut Dozu (Gy)	1 – 2	2 – 4	4 – 6	6 – 8	> 8
ARS'nin Şiddeti	Hafif	Orta	Şiddetli	Çok şiddetli	Öldürücü
Tıbbi tedavi ve yönetimi	En fazla 1 ay süre için ayakta izleme	Hastanede bakım			
		Olabildiğince erken izolasyon			
		G-CSF veya GM-CSF İlk hafta içinde veya mümkün olduğunca erken		IL – 3 ve GM-CSF	
		Geniş spektrum aktiviteli antibiyotikler (latent periyodun sonundan itibaren) Antifungal ve antiviral ilaçlar (gerektiğinde)			
		Kan elemanlarının transfüzyonu; plateletler, eritrositler (gerektiğinde)			
		Tam parenteral beslenme (ilk hafta) Metabolizma düzenleyiciler, detoksikasyon (gerektiğinde)			
		Plasmaferesis (2. veya 3. hafta) Dissemine intravasküler koagülasyon (DIC) profilaksisi (2. hafta)			
				HLA'ya uyumlu allojen (KIT) (ilk hafta)	Sadece semptomatik tedavi

Çernobil’de ve İsrail’de Soreq [2, 37] ışınlama tesisindeki kazalardan kazanılan tecrübeler KIT’ in radyasyon kazazedelerinin tedavisinde rolünün sınırlı olduğu ve ancak az sayıda kişide faydalı olabileceğini düşündürmüştür. Bu tecrübelerle göre KIT sadece 8 –12 Gy aralığında doz alan, dozun tüm vücuda eşit bir biçimde dağıldığı, ciddi cilt hasarlarının olmadığı ve ciddi iç kontaminasyon ve konvansiyonel hasarların olmadığı durumlarda düşünülmelidir.

Greftlemenin zamanlaması önemlidir ve tüm tartışmalar KIT’in mümkün olduğu kadar erken yapılması hatta kazadan sonraki ilk hafta içinde yapılması lehinedir. Greftlemenin immünosupresyonun en yüksek olduğu dönemde yapılması, greftin reddedilme şansını azaltabilir. Bu durum klinik, biyolojik ve dozimetrik bulgularla doz seviyesinin ve vücut içinde doz dağılımının güvenilir bir şekilde saptanmasının önemini göz ardı etmektedir. Güvenilir fiziksel dozimetri ve hematolojik parametreler olmaksızın, allojenik KIT yapılmamalıdır.

3.3.4. Hematopoetik büyüme faktörlerinin kullanılması

Granülosit – koloni sitimule edici faktörler (G-CSF) ve Granülosit – makrofaj koloni sitimule edici faktörler (GM-CSF) ışınlanmadan sonra hastalarda hematopoetik iyileşme hızını artırır ve hala canlı kök hücreleri olduğunda KIT ihtiyacını ortadan kaldırabilir [38-40]. İnterleukinler (IL-1, IL-3), GM-CSF ile aynı tarzda etki gösterirler.

Bu faktörler, ölümcül sınırdaki radyasyon ışınlanmasından sonra kemik iliği tamirini hızlandırmak için yeterli potansiyele sahip olduklarından son 10 yıldır tavsiye edilmektedirler. Goiana, San Salvador, Soreq ve Nesvizh kazalarının, radyasyon kazazedelerinde başarı ile kullanılmışlardır [3, 4, 37, 41].

3.3.5. Terapi seçimi için kriterler

Tablo IX - XI’e dayanarak aşağıdaki tedaviler tavsiye edilir.

- (a) Eğer lenfosit sayısı ilk hafta içinde 0,2 –0,5 G/L (200 – 500 hücre/μl) ise kendiliğinden iyileşme mümkündür. Tedavi, hastanın izolasyonu, antibiyotikler ve platelet infüzyonlarını da içeren destekleyici tedaviden oluşur. Büyüme faktörleri kullanılabilir.
- (b) Lenfosit sayısı 1. haftada 0,2 – 0,5 G/L’ den daha düşükse, muhtemelen kök hücreler dönüşümsüz olarak hasar görmüştür. Tedavi yukarıdaki gibidir. Ek olarak büyüme faktörü tedavisi uygulanabilir.
- (c) Eğer ilk hafta içinde lenfosit sayısı 0,1 G/L’ den aşağı düşerse, büyüme faktörleri ile tedavi ve KIT düşünülmelidir [42, 43]

4. RADYONÜKLİDLERLE KONTAMİNASYON

Radyoaktif kontaminasyon-bulaşma internal (iç) veya external (dış) olabilir. Biyolojik ve olası sağlık sonuçları aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- (a) Giriş yolu;
- (b) Dağılım şekli;
- (c) Radyonüklidlerin organlardaki birikim bölgeleri;
- (d) Kontaminasyona sebep olan radyonüklidden yayılan radyasyonun özelliği;
- (e) Vücut içindeki veya üzerindeki radyoaktivite miktarı;
- (f) Kontamine edicinin fizikokimyasal yapısı.

Bu bilgiler kontamine olmuş bir kişinin yeterince değerlendirilmesi ve tıbbi bakımı için gereklidir.

4.1. TANI

Dış kontaminasyon durumlarında, yüzey kontaminasyon monitörleri (Geiger-Müller dedektörleri) gibi fiziksel ölçüm cihazları kullanılabilir (Tablo XIII). Ayrıca vücut yüzeyi, burun ve kulak deliği gibi bölgelerden silme örnekleri alınmalı ve ölçülmelidir. Solunum ve sindirim yolu ile, yaralar veya görünüşte hasarsız ciltten internal kontaminasyon durumunda; fiziksel ölçümler; tiroid sayımı, tüm vücut sayımı, gama kamera ölçümü, kan ve ekskresyonların analizleri ile yapılır. Daha sonrası için tüm idrar ve gaita örnekleri toplanmalı, etiketlenmeli ve örnek alma zamanları kaydedilmelidir (Tablo XIV).

Kontaminasyon tanısının amacı, radyoaktif maddenin vücuda alınışı (intake) zamanı, söz konusu radyoizotopların yapısı ve organizma yüzeyinde veya içinde dağılımları hakkındaki yeterli bilgiyi elde etmektir. Bir veya birkaç radyonüklidle basit kontaminasyonlarda başlangıçta hiç bir klinik belirti olmayacaktır.

TABLO XIII. KORUYUCU ÖNLEMLER İÇİN REHBER

Çalışmalara katılanlar için	İlgili tüm personele başlık, eldivenler, maske ve koruyucu giysiler dağıtılmalıdır. Maske ve eldiven kenarları bantlanmalıdır. Yardımcı ve ambulans personeli işleri bittikten sonra kontaminasyon taramasından geçirilmelidir.
Oda hazırlanması	Özel bir izolasyon odası veya genel acil servis alanından uzakta bir oda kullanılmalıdır. Hava sirkülasyonu engellenmeli, direnaj sistemi olan bir küvet veya hasta masası sağlanmalıdır. Atık su ve kontamine olması muhtemel olan her türlü malzemenin toplanacağı kaplar ve plastik torbalar gibi gereçlerin bulunması yararlı olacaktır.
Yüzey Ölçümleri	β ve γ dedeksiyonu için kapasitesi iyi olan bir Geiger-Müller sayıcısı genellikle yeterlidir. Cihaz göstergesinin yetersiz kalması yüksek ışınlama hızını belirtir ve ölçüm sınırı daha yüksek bir cihaz (iyon odası) gerekebilir. Tarama kişinin vücudundan yaklaşık 25 mm mesafede yapılmalı ve dedektör 50mm/sn'den daha hızlı hareket etmemelidir.
Personel dozimetreler	Film badge veya termoluminesans dozimetreler minimum gereklilik olarak kabul edilmekle birlikte, direkt okunan personel dozimetreler tercih edilir. Işınlanma seviyeleri makul olan en düşük seviyelerde tutulmalı fakat her şart altında ulusal yetkili otoritelerce tespit edilen limitler aşılmamalıdır.

4.2. TEDAVİ

Radyonüklid yıkamayla, çözme ile veya cildin ölü tabakasını kaldıran bir madde ile uzaklaştırılmalıdır. Maliyeti ne olursa olsun kontaminasyonun vücutta dağılması önlenmelidir. Cildin aşınmasından (abrazyonundan) kaçınmak kuraldır. Ayrıca cilt yüzeyindeki maddenin iç bölgelere geçişini kolaylaştıracak maddeler de kullanılmamalıdır. Başlangıçta cildin arındırılması noktasal yapılmalı ve vücudun temiz bölgelerine herhangi bir bulaşma olmamasına da özellikle dikkat edilmelidir. Radyonüklidin tamamen uzaklaştırıldığıının doğrulanması ve eğer gerekiyorsa giderilemeyen veya sabit kontaminasyonu uzaklaştırmak üzere çalışma bölgesindeki tıbbi tesiste daha ayrıntılı tedavi,

yürütülmelidir. Eğer radyoaktif kontaminasyon saptanırsa, olayla ilgili kişilerin korunması amacıyla; kaza bölgesinde, hastaların transferi sırasında ve tıbbi tesiste radyoaktif kontaminasyonun yayılmasını en düşük düzeyde tutmak için gerekli önlemler alınmalıdır (Tablo XIII ve Tablo XIV). İnternal kontaminasyonun bilindiği veya şüphelenildiği durumlarda dekorporasyon işlemleri mümkün olduğunca çabuk başlatılmalıdır.

4.2.1. Dekontaminasyon

Acil odasında ilk ve en dikkat gerektiren konu radyoaktivitenin yayılmasının önlenmesi ve en uygun dekontaminasyonun sağlanmasıdır (Tablo XV).

Kontamine olma olasılığı olan bir kişinin geleceğinin önceden bildirilmesi ön hazırlıkların yapılması için çok faydalıdır. Özellikle iyonik veya çözünmüş formdaki radyonüklidlerin soğurulması, kapiler ağın doğrudan maruz kaldığı bölgelerde çok hızlıdır. Ağız ve burun mukozası radyonüklidlerin diğer giriş bölgeleridir, ağzın ve burnun izotonik solüsyonlarla dikkatlice yıkanması kontaminasyon ve soğurulma seviyesini azaltabilir.

Bölgesel yüzey kontaminasyonu için tavsiye edilen işlem, kontamine olmamış bölgeyi temiz bir plastik örtü ile kapatarak kenarlarını bantlamak ve etkilenmiş bölgeyi sabun veya özel deterjanla yıkamaktır. Kontamine olmuş bölge daha sonra kağıt havlu ile kurulmalıdır. Başlangıçta hastanın bir banyoya daldırılması veya duş alması bir önlem olarak tavsiye edilmez çünkü bu şekilde kontaminasyon temiz bölgelere de yayılmış olacaktır. Parmak uçları, saçlar, burun delikleri ve kulak kanallarının dekontaminasyonun daha zor olduğu bölgeler olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Tırnakların kesilmesi işlemi kolaylaştıracaktır ve şampuanla yıkama sonrası kontaminasyon yeterince uzaklaştırılamamışsa saçların kesilmesi veya traş edilmesi düşünülebilir. Plastik veya lastik eldivenlerle gece boyunca ellerin ve ayakların terletilmesi bu bölgelerdeki kontaminasyonun atılmasına yardımcı olabilir. Yüksek oranda kontamine olmuş yaralarda kirleticilerin cerrahi müdahale ile uzaklaştırılması da gerekebilir.

Dekontaminasyonda aşırı zorlamadan kaçınmak gerekir. Çernobil'de (1986) ve Goiana'da (1987) meydana gelen kazalarda olduğu gibi, derinin yüksek oranda ısımlandığı kazalar hariç, kontaminasyonun zararlı etkilerinin görüldüğü hastalar son derece nadirdir. Dekontaminasyonun amacı sonradan oluşacak olumsuz sağlık etkilerinin gelişmesini önlemek ve aynı zamanda dekontaminasyon ve dekorporasyonun zararlı etkilerinden kaçınmaktır.

TABLO XIV. BAŞLANGIÇ KONTAMİNASYON ARAŞTIRMASI VE LABORATUVAR TESTLERİ

External-dış-kontaminasyon	Kontaminasyon monitoring cihazları kullanılır. Cilt, burun, kulak kanalları, yaralardan ucu pamuklu çubuklarla örnek alınır ve her bir örnek sayım için etiketlenmiş bir test tüpüne konur ^a .
İnternal-iç-kontaminasyon	Tüm vücut sayıcısı, gamma kamerası, tiroid sayıcısı gibi dedeksiyon cihazları kullanılır. Radyonüklidler kanda bulunabilir veya feçes ve idrarla dışarı atılıyor olabilir. Sayım için, kan örnekleri test tüplerine alınmalı ve vücut atıkları uygun kaplara konulmalıdır.

^a Her bir örnek açık bir şekilde etiketlenmeli ve etiketler, hastanın adını, örneğin tipini, alınma tarihi ve zamanını içermelidir.

TABLO XV. DEKONTAMİNASYON İŞLEMLERİ

Gerekli maddeler	Ilık su, sabun veya sıradan deterjanlar, yumuşak fırça, sünger, plastik örtüler, bantlar, havlular, çarşaflar, iyot tabletleri veya solüsyonu.
İşlem önceliği	Bütün giysiler çıkarılır ve plastik torbalara konur. Önce hayat kurtarıcı önlemler alınır. Kontamine olmuş bölgeler belirlenir, açık bir şekilde işaretlenir ve dekontaminasyon yapılınca kadar üzeri örtülür. Eğer varsa ilk önce yaraların dekontaminasyonuna başlanır ve sonra en çok kontamine olan alana geçilir.
Yara	Yara serum fizyolojik ile birkaç defa yıkanır. Bazı durumlarda cerrahi debridman düşünülebilir. Gözler ve kulaklar serum fizyolojik çözeltisi ile dikkatlice yıkanır.
Bölgesel kontaminasyon	Kontamine olmamış bölge plastik örtü ile tamamen kapatılır ve kenarları bantlanır. Kontamine bölge sabunla dikkatlice ovulur ve durulanır. Bu işlem aktivitede değişiklik gözleninceye kadar tekrar edilir. Her bir yıkama 2-3 dakikadan fazla sürmemelidir. Şiddetli fırçalama ve ovmanın oluşturacağı tahrişten kaçınılmalıdır. Kararlı bir izotop çözeltisi ile yıkama, işlemi daha da kolaylaştırabilir.
Yaygın kontaminasyon	Ciddi yaralanması olmayan kişilere duş aldırılır. Daha ciddi yaralanması olanlara sedyede veya operasyon masasında banyo yaptırılır. Sabunla yıkama, ovalama ve durulama sırası takip edilir.
Beklenen sonuç	Radyonüklid aktivitesi daha fazla dedekte edilemez veya azalır.
Profilaktik önlemler	Kontamine bölgeyi plastik örtü ile örtmek ve kenarlarını bantlamak. Eller için eldiven kullanılabilir. Cildi belli bir süre dinlenmeye bıraktıktan sonra yıkama-kurulama işlemleri tekrarlanır.

4.2.2. İç kontaminasyonun giderilmesi (Dekorporasyon)

Dekorporasyon işlemleri akut ve internal radyonüklid taşıyan kişilerin tedavisinde absorbe ettikleri radyasyon dozunu azaltmak ve dolayısı ile ileride ortaya çıkabilecek sağlık etkilerini azaltmak için tavsiye edilir (Tablo XVI). Bu amaçlara absorpsiyonun azaltılması, inkorporasyonun ve iç organlarda birikimin önlenmesi ile soğurulan izotopların en kısa sürede vücuttan atılımının hızlandırılması (erken safhada başlanması daha etkili olacaktır) ile ulaşılabilir. Gastrointestinal absorpsiyonu azaltmak için, midenin lavajı, hafif emetikler, purgatifler; radyoizotopların uzaklaştırılmasını hızlandırmak için aktive edilmiş kömür (charcaol), Prusya mavisi (sezyum için), alüminyum içeren antiasitler (stronsiyum için) ve baryum sülfat gibi radyoaktif maddeleri soğurucu maddeler kullanılır.

TABLO XVI: DEKORPORASYON İŞLEMLERİ

Prensip (amaç)	Seyreltme (dilüsyon), blokaj, bağlama (şelat), harekete geçirme ve kontamine edicileri uzaklaştırma.
Solunum	Nasofariks ve ağız irrigasyonu
Sindirim	Çözünmeyen maddeler için müsiller uygulamak, çözünebilen maddeler için zorlayıcı sıvılar ve idrar söktürücüler ile diürezisi sağlamak.

Kontamine edici radyonüklidlerin tipine ve metabolik yollarına bağlı olarak spesifik dekorporasyon işlemleri kullanılabilir. Bunlar seyreltici, durdurucu ve yer değiştirici ajanları içerir. Çoğunlukla tiroide yoğunlaşan radyoiyot için kullanılan kararlı iyot (stabil potasyum iyodür) kullanımı, tiroid bezinde radyoiyodun alımını bloke edecektir. Bu tedavinin etkinliği önemli ölçüde zamana bağlıdır. Kararlı iyot bileşiğinin radyoiyot alımından 4 saat sonra uygulandığında, tiroid dozunda sadece %50 azalma olacaktır. Radyoiyot alımından bir gün sonra yapılan tiroid blokajı ise etkisizdir. Kaza ile radyoiyot alımını takiben mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde günlük tek KI dozu, hastanın yaşına bağlı olarak aşağıdaki gibi verilmelidir: Anne sütü ile beslenmeyen bebeklerde 10 – 20mg, 1 – 10 yaş arası çocuklarda 20 – 50mg, 11 – 18 yaş arası 50 – 100mg ve yetişkinlerde 100 – 300mg dır. Bu tedaviye inek sütü, yeşil yapraklı sebzeler veya taze meyveler gibi ¹³¹I ile kontamine olmuş gıdaların yenmesi riskine karşılık birkaç gün devam edilebilir [44-47].

Tritiyum alınması durumunda, bir haftalık bir süre boyunca çok fazla miktarda sıvı (çay, su) seyreltici olarak uygulanmalıdır. Aynı zamanda, diüretikler de verilebilir [48].

Mobilize edici (yerdeğiştirici) ajanlar doğal dönüşüm işlemini arttıran maddelerdir, bundan dolayı vücut dokularından radyonüklidlerin atılmasını artırırlar. Bu maddeler ışınlanmadan hemen sonra verildiklerinde daha etkilidirler. Bununla birlikte, bazıları birkaç hafta içinde verildiklerinde de etkili olurlar. Dietilen triamin penta asetik asit (DTPA) (inhalasyon vakalarında aerosol formunda) ve desferoksamin gibi şelat yapıcı ajanlar, sistemik olarak veya lokal olarak cilde doğrudan veya akciğer lavajıyla uygulanabilir. Ancak bu gibi işlemler çok iyi eğitilmiş uzmanlarca ve sadece çok fazla miktarda kirletici varsa yapılmalıdır.

5. BİRLEŞİK (KOMBİNE) RADYASYON HASARLARI

Mekanik, termal ve kimyasal hasarların bir arada olduğu durumlarda birleşik radyasyon hasarları meydana gelir. Bu tür hasarlar iyileşmeyi olumsuz etkileyebilir. Bu durumda ölüm riski önemli ölçüde artar ve tanı, tedavi ve prognoz daha karmaşık bir hal alır. Kombine radyasyon hasarlarının tanısında bazı özellikler vardır. Laboratuvar testleri, hematolojik veriler ve diğerleri, birleşik hasarlardan radyasyon bileşenin tanısını zorlaştıracak şekilde etkilenebilir. Sitogenetik analizler de zehirli kimyasallardan etkilenebilir ve hassas değerlendirmeler için uygun olmayabilir.

5.1. SINIFLANDIRMA

Diğer faktörlerle radyasyon dozunun kombinasyonuna göre Birleşik Radyasyon Hasarları (BRH) aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- a) Termal BRH: Termal yanıklarla iç ve/ veya dış ışınlama,
- b) Mekanik BRH: Yara, kırık veya kanamalı iç ve/veya dış ışınlama,
- c) Kimyasal BRH: Kimyasal yanıklar veya kimyasal zehirlenmelerle dış ve/veya iç ışınlama.

5.2. TEDAVİ

Konvensiyonel travmalara tıbbi yaklaşım ve hayat kurtarıcı aktiviteler önceliğe sahiptir. Birleşik hasarların yapısı ve derecesine bağlı olarak tedavi, kişiselleştirilmelidir. Radyasyon hasarlarının latent periyodu bulunduğu için, birleşik radyasyon hasarlarının radyasyonla ilgili olmayan bütün önemli tedavileri ilk iki veya üç hafta boyunca yapılmalıdır. Kemik iliği ve ciltteki hasarların tedavisi için daha sonra çaba göstermek gerekecektir.

6. DANIŞMA SİSTEMİ

Özellikle yaralı hastaların olduğu radyasyon kazalarında, acil uzman tıbbi konsültasyonuna ve yardıma ihtiyaç ortaya çıkabilir. Eğer ulusal imkânlar yeterli değilse Dünya Sağlık Teşkilâtı (WHO), dünyanın çeşitli bölgelerinde, yardım alınabilecek merkezler belirlemiştir. Bunların listesi aşağıdadır. Genel tavsiye ve yardımlar IAEA ve WHO merkez bürolarından da elde edilebilir.

WHO Headquarters

WHO,
CH-1211 Geneva 27, Switzerland
Fax: 0041 22 791 0746
Tel: 0041 22 791 3763

IAEA

Headquarters
Wagramerstrasse 5, PO Box 100, A-1400 Vienna, Austria
Fax: 431 20607
431 2060 29309 (for emergency service office hours)
431 239270 (for emergency service 24 hrs)
Tel: 431 2060

7. KAYITLARIN KORUNMASI

Ayrıntılı rapor tutulması sadece hastanın tedavisi ve daha sonraki dozimetrik ve tıbbi izleme için değil aynı zamanda tıbbi ve hukuki açıdan da çok önemlidir. Kayıt tutulması ve saklanması işverenlerin veya resmi otoritelerin sorumluluğundadır.

Kazanın meydana geldiği tesisin radyasyon güvenliğinden sorumlu görevlisinin yardımı, kaza ile ilgili verilerin toplanması, doktorlar ve ilgili resmi otoritelerin birlikte değerlendirme yapabilmeleri için gereklidir. Görevli; kazanın tipi, radyoaktivite kaynakları ve türleri, etkilenen kişilerin ve çevrenin doz ölçümleri hakkında bilgi sağlamak durumundadır. Aşağıdaki yaklaşımlar tavsiye edilebilir.

- a) Renkli bir kamera kullanılarak seri, sık ve tarihli resim alınması büyük önem taşır.
- b) Bir video kamera ve ses kaydedici kullanılarak hasta mülakatları ile hikayenin kayıt edilmesi ve olayların yeniden yapılanması.
- c) Bütün verilerin bilgisayar ortamına aktarılması.

Ek I'de verilerin toplanması için kayıt formu örneklerini verilmektedir. Yukarda belirtilen teknik cihazlar ile birlikte, bu formların dikkatli kullanılması, hasarın çoğunlukla uzun süren klinik tedavisinde büyük değer taşıyacaktır.

REFERANSLAR

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, FAO, ILO, OECD/NEA, PAHO and WHO, International Basic Safety Standards for Radiation Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, IAEA, Vienna (1996)
- [2] ILYIN, L.A., Chernobyl-Myth and Reality. Megapolis, Moscow (1995)
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Goiania, IAEA, Vienna (1988)
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. The Radiological Accident in San Salvador, IAEA, Vienna (1990)
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident, Safety Series No. 75-INSAG-1, IAEA, Vienna (1986)
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1, Safety Series No. 75-INSAG-7, IAEA, Vienna (1992)
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Medical Handling of Accidentally Exposed Individuals, Safety Series No. 88, IAEA, Vienna (1988)
- [8] GUSKOVA, A.K., BARABANOVA, A.V., DRUTMAN, R.D., MOISEEV, A.A., The Manual of Medical Handling of Radiation Accident. Energoatomizdat, Moscow (1989)
- [9] HÜBNER, K.F., FRY, S.A. (Eds.), The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness. New York: Elsevier/North Holland (1980)
- [10] BARABANOVA, A., OSANOV, D.P., The dependence of skin lesions on the depth-dose distribution from b-irradiation of people in the Chernobyl Nuclear Power Plant accident, *Int. J. Rad. Biol.* **57** (1990)
- [11] ALEKHIN, I.A., et al., Experience from application of radioluminescence and electron paramagnetic resonance to dosimetry of accidental irradiation. *Atomnaya Energiya*, **53**, 91-95 (1982)
- [12] MIOT, E., et al., Quantitative magnetic resonance and isotopic imaging: early evaluation of radiation injury to the brain, *Int. J. Radiat. Oncol., Biol., Phys.* **32** (1995) 121-128
- [13] JAMMET, H., et al. (Eds), Radiation damage to skin, fundamental and practical aspects. *Br. J. Radiol., Suppl. No.* **11** (1986) 158
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Biological Dosimetry: Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment, Technical Report Series 260, IAEA, Vienna (1986)
- [15] KÖTELES, G.J. & BENKÖ, I., Thermography in radiation injuries, *Thermologie Österreich* **4** (1994) 55-65
- [16] NENOT, J.C., Medical and surgical management for localized radiation injuries, *Int. J. Radiat. Biol.* **57** (1990) 783-795.
- [17] HAMILTON, C., POTTEN, C., Hair cortical cell counts as an indicator of radiation dose and sensitivity in humans" Abstracts, *Int. Congr. Radiat. Res., Würzburg*, 24-30 (1995)
- [18] OLIVEIRA, A.R., "Clinical features of internal radiation exposure and main principles of medical handling", Interregional Training Course on Management of Radiological Accidents, Rio de Janeiro, 4-15 Dec. (1995) .
- [19] ISHIHARA, T., SASAKI, M.S., Radiation Induced Chromosome Damage in man. Alan R. Liss, New York (1983)

- [20] LLOYD, D.C., EDWARDS, A.A., MOQUET, J.E., FINNON, P., Doses in radiation accidents investigated by chromosome aberration analysis XX: Review of cases investigated 1991-1993, Nat. Radiat. Protec. Board. NRPB-R-268, Chilton, Didcot, UK (1994)
- [21] NATARAJAN, A.T., RAMALHO, A.T., et al., Goiânia radiation accident: results of initial dose estimation and follow up studies, Progr. Clin. Biol. Res., **372**, (1994) 145-154
- [22] BENDER, M.A., Cytogenetics research in radiation biology, Stem Cells **13**, Suppl. 172-181 (1995)
- [23] RAMALHO, A., CURADO, M.P., NATARAJAN, A.T., Lifespan of human lymphocytes estimated during a six year cytogenetic follow-up of individuals accidentally exposed in the 1987 radiological accident in Brazil, Mutat. Res. **331** (1995) 47-54
- [24] DARROUDI, F., A.T. NATARAJAN: Premature chromosome condensation, a novel method for biological dosimetry, Proceeding of the 10th International Conference on High Levels of Natural Radiation, (Eds. Sohrabi et al.), pp.479-485, IAEA, Vienna (1993)
- [25] WELLS, J., SIEBER, V.K., HOPEWELL, J.W., HALL, S.C., Biological dosimetry of non-uniform radiation exposure, CEGB Res. (1989) 17-22
- [26] FONG, I., CHEN, J.Y., TING, L.L., LUI, L.T., WANG, P.M., CHEN, W.L., Chromosome aberrations induced in human lymphocytes after partial body irradiation, Radiat. Res. **144** (1995) 97-101
- [27] LIVINGSTONE, G.K., FOSTER, A.E., ELSON, H.R., Effect of in vivo exposure to iodine-131 on the frequency and persistence of micronuclei in human lymphocytes, J. Toxicol. Environ. Health **40** (1993) 367-376
- [28] FENECH, M., The cytokinesis-block micronucleus technique: a detailed description of the method and its application to genotoxicity studies in human populations, Mutat. Res. **285** (1993) 35-44
- [29] KÖTELES, G.J., BOJTOR, I., Radiation induced micronucleus frequency alterations in lymphocytes from individuals of an urban population, Centr. Europ. J. Occup. Environm. Med. **1** (1995) 187-198
- [30] SZIRMAI, S., BÉRCES, J. & KÖTELES, G.J., Computerized image analysis for determination of micronucleus frequency, Environm. Health Perspectives **101** (1992) 57-60
- [31] CROSBIE, W.A., GITTUS, J.H., (Eds) Medical Response to Effects of Ionising Radiation. Elsevier, London & New York (1989)
- [32] MARX, J.L., First consensus development conference on the treatment of radiation injuries, Science, (1989) 244-767
- [33] BROWNE, D., WEISS, J.F., MACVITTIE, T.J., PILLAI, M.V., (Eds), Treatment of Radiation Injuries, Plenum Press, New York (1990)
- [34] RICKS, R.C., FRY, S.A., Eds., The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness II. Clinical experience and follow-up since 1979. Elsevier, London & New York, (1990)
- [35] FLIEDNER, T.M., The need for an expanded protocol for the medical examination of radiation-exposed persons, Stem Cells **13**, Suppl. **1**, (1995) 1-6
- [36] NENOT, J.C. & THIERRY, D., "Clinical approaches to treatment of radiation-induced haemopoietic injury", HENDRY, J.H. & LORD, B.J., (Eds.), Radiation Toxicology-Bone Marrow and Leucemia, Taylor & Francis, (1995), 195-243.
- [37] METTLER, JR.F.A., KELSEY, C.A., RICKS, R.C.: Medical Management of Radiation Accidents, CRC Press Inc., Florida, (1990)

- [38] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Soreq, IAEA, Vienna (1993)
- [39] GROOPMAR, J.E., Colony-stimulating factors. Present status and future applications. Hematol. **26** Suppl. 30 (1988)
- [40] TESTA, N.G., GALE, R.P., (Eds), Hematopoiesis. Long Term Effects of Chemotherapy and Radiation, Haematology, 8, Marcel Dekker, Inc., New York (1988)
- [41] APPLEBAUM, F.R., Clinical use of hematopoietic growth factors, Sem. Hematol. **26** Suppl.7 (1989)
- [42] LIESCHKE, G.J., BURGESS, A.W., Granulocyte colony-stimulating factor and granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (part I and II) NEJM **327** (1992) 28-35 and 99-106
- [43] BARANOV, A., Bone marrow transplantation in patients exposed due to the Chernobyl accident. In: Medical Aspects of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant, Romanenko, A.E. (Ed), 155-161, Zdorovya, Kiev (1988)
- [44] ILYIN, L.A., (Ed), Radioiodine as a Radiation Safety Problem. Atomizdat, Moscow (1972)
- [45] TURAI, I., TOIVONEN, M., Radiohygiene of fission isotopes of iodine, STL-A42, Helsinki (1983)
- [46] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Guidelines for Iodine Prophylaxis Following Nuclear Accidents, WHO Regional Office, Copenhagen (1989)
- [47] Walt, H., Lausmann, D., Conrady, J., Seher, C., Schutz der Schilddrüse vor radioaktivem Jod. Kaliumjodid-Propylaxe bei nuklearen Unfall, SAAS, Report, 386, Berlin (1990)
- [48] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment and treatment of external and internal radionuclide contamination, IAEA-TECDOC-869, Vienna (1996)

EK I

RADYASYON KAZALARINDA BİLGİ TOPLAMA FORMU ÖRNEKLERİ

Kaza Bilgi Formu Örneği

(Doktor tarafından doldurulacaktır.)

- 1- Bilgi veren kişinin kimliği
- 2- Kontamine olmamış hastaların durumu ve sayıları
- 3- Kontamine olmuş hastaların durumu ve sayıları
- 4- Kazanın büyüklüğü ve tarifi
 - a) Işınlanma şartları
 - Kaynak
 - Mesafe
 - Zaman
 - Tahmini Doz
 - b) Dış kontaminasyon
 - Olaydaki radyonüklidler
 - Aktivite düzeyi
 - Etkilenen vücut bölümü
 - c) İç kontaminasyon
 - Sindirim yoluyla
 - Inhalasyonla
 - d) Kontamine olmuş yara
 - e) Başlangıçta dekontaminasyon yapıp yapılmadığı
- 5- Hastaların özel tıbbi bakım ünitesine tahmini ulaşım zamanı

Tarih

İmza

RADYASYON KAZALARI İÇİN ÖRNEK HASTA TANITIM FORMU

HASTA TANITIM KARTI

(İlk yardım yerinde doldurulacak))

İsim:

Bölüm:

Kontaminasyon : E/H

Kontaminasyon yeri:

Yaralanma: E/H

Yaralanma yeri:

Aşırı doz: E/H

Alınan başlangıç önlemleri:

Tedavi:

İlk yardım:

Dekontaminasyon:

Hastane Personel Dekontaminasyon Merkezi veya Bölümüne,

Not: Kontaminasyon seviyesi dakikada parçalanma / 100cm^2 veya 100cm^2 'den daha az bir bölge etkilenmiş ise, bu bölge üzerindeki sayım belirtilmelidir. Hem α hem de β kontaminasyon düzeyleri ayrı ayrı belirtilmelidir. Eğer β - γ kontaminasyon düzeyleri yüksek ise, açık pencereli bir Geiger-Müller probu ile ölçülen mGy/saat değeri verilmelidir. Eğer mümkünse toplam kontaminasyon hesabı verilmelidir. Hem başlangıç kontaminasyon düzeyi hem de hastanın dekontaminasyon bölümüne gittiği andaki kontaminasyon düzeyi belirtilmelidir.

ÖRNEK TIBBİ BİLGİ FORMU

1- HASTANIN KİMLİĞİ

Adı Soyadı (Büyük Harflerle)

Yaş

Cinsiyet

2- FORMU DOLDURAN KİŞİNİN KİMLİĞİ

Adı Soyadı (Büyük Harflerle)

Unvanı

İşyeri (Bağlı olduğu)

Formun tamamlandığı

Tarih

Saat

3- KAZANIN TARİH VE SAATİ

İşinlanma Tarihi

Tahmini Saat

4- IŞINLAMA ŞARTLARI

Eğer biliniyorsa, ışınlamanın başlangıç saati

İşinlamanın sonu

Süresi

Hastanın pozisyonu

Hastanın çalışma özellikleri

4. 1. DOZİMETRİ BİLGİLERİ

Hasta bir dozimetre taşıyor muydu ?

Evet

Hayır

Eğer evet ise dozimetre numarası :

Dozimetre geri alınmış mı ?

Evet

Hayır

4.2. Solunum Korunması

Evet

Hayır

4. 3. Elbiselerin Kontaminasyon Durumu

Evet

Hayır

(Eğer kontrol edilmişse)

5- İLK SEMPTONLAR

5.1. Hastanın klinik durumu

(Semptomlar veya komplikasyonların varlığı, görünme zamanı, sayısı veya süresi mümkün olduğunca belirtilmelidir)

Bulantı zamanı Adet / Süre

Kusma zamanı Adet / Süre

Yaralar

Travma

Yanık

5.2. Tıbbi Bulgular (doktor tarafından doldurulacak)

Doktorun Adı Soyadı (Büyük harflerle)

Muayene Zamanı Tarihi

Gözlenen Semptomların/Bulguların Ayrıntıları

Halsizlik Evet Hayır

Baş ağrısı Evet Hayır

Bulantı Evet Hayır

Kusma Evet Hayır Sıklığı

Diare Evet Hayır Sıklığı

Ateş

Nabız

Kan basıncı

Bilinç Normal Anormal Ajitasyon
Delirium
Uykusuzluk
Koma

Denge Bozuklukları Evet Hayır

Koordinasyon Bozuklukları Evet Hayır

Deri ve Mukoza

Ödem Evet Hayır

Eritem Evet Hayır
Diğer

6- TEDAVİ VE ARAŞTIRMALAR

6.1. Alınan önlemler

Kıyafetlerin çıkarılması	Evet	Hayır
Dekontaminasyon	Evet	Hayır
DTPA uygulanması (Eğer Evet ise uygulama yolu)	Evet	Hayır
	Gaz	
	Yıkama	
	Intravenöz	

Kararlı iyot uygulaması (Tiroidi bloke edici doz)	Evet	Hayır
--	------	-------

6.2. Laboratuvar Testleri

Kan Örnekleri

İlk örnek (mümkünse 3. saatten önce)

Tarih Zaman

Kan Hücre Sayımı

Sitogenetik Analiz için Örnek (10ml) alındı Evet Hayır

Radyoaktivite Ölçümleri için Örnek Evet Hayır

İkinci örnekleme (mümkünse birinciden 2 saat sonra)

Tarih Zaman

Kan Hücre Sayımı

HLA Tiplemesi Evet Hayır

İdrar Örnekleri

(mümkünse radyoaktivite ölçümleri için) Evet Hayır

Kazadan sonraki ilk idrar mı ? Evet Hayır

7- HASTANIN HAVALİ EDİLMESİ

(Eğer daha ileri tedavi gerekiyorsa)

DOKTORLARIN SONUÇLARI

Tarih

İmza

EK II

SEZYUM-137'E MARUZ KALMIŞ KİŞİLERİN TANI VE TEDAVİSİ: GOİÂNIA TECRÜBESİ

Goiânia kazasında, 249 kişi çeşitli derecelerde tüm veya kısmi vücut ışınlanmasına maruz kalmış ve ilave olarak önemli iç ve dış kontaminasyon nedeniyle radyasyonla doğrudan etkilenmişti. Bunlardan 14 hastada çeşitli derecelerde kemik iliği supresyonu görüldü, sekiz kişide bariz bir şekilde akut radyasyon sendromunun hematolojik klinik belirtileri vardı ve dört kişi enfeksiyonlar ve hemorajik komplikasyonlar nedeniyle öldü. Yirmisekiz kişide koruyucu ve cerrahi tedavi gerektiren radyasyonun oluşturduğu birinci derece ile üçüncü derece arasında değişen akut, lokalize hasarlar vardı. ¹³⁷Cs'nin soğurulma ve/veya sindirim yolu ile alınması sonucu oluşan iç kontaminasyon Prusya mavisini kullanılarak etkin bir şekilde giderildi.

II-1. KAZA

Goiânia radyolojik kazasına daha önce bir radyoterapi ünitesinde kullanılan ¹³⁷Cs kaynağının Brezilya, Goiânia'da terkedilmiş bir klinikten alınması neden oldu. Aktivitesi 50.9 TBq (1375 Ci) olan sezyum kaynağı, terapi ünitesinin zırhlı taşıyıcısı içindeki bir çelik kapsül içine toz şeklinde sıkıştırılmıştı. Kapsülü eline alan kişiler çelik tarafından zayıflatılmış γ radyasyonuna maruz kaldılar. Toz halindeki sezyumu doğrudan eline alanlar içten ve dıştan kontamine oldular ve β ile γ radyasyonuna maruz kaldılar.

Hastalar kaynağa her gün farklı şekillerde defalarca maruz kaldıkları için kesin ışınlama süreleri hesaplanamadı. Kaynak-hedef geometrisi son derece değişkendi ve hastaların çoğunda toz halindeki sezyumun vücut yüzeyine doğrudan teması nedeniyle dış kontaminasyon söz konusuydu. Vücut ışınlaması düzenli dağılım göstermiyordu ve lokalize radyasyonun oluşturduğu yaraların vücutta dağılımı özellikle el ayacları ve parmaklar gibi uzuvlarda yoğunlaşmıştı.

II-2 İLK TIBBİ GÖZETİM

II-2.1. Kaza bölgesinde tıbbi gözetim

Kazanın büyüklüğü anlaşıldıktan sonra, uzmanlardan oluşan bir tıp ekibi 10 saat içinde Rio de Janeiro'dan Goiânia'ya ulaştı ve Olimpiyat Stadyumunda ön tetkikler ve tedaviye başladılar. Klinik ve laboratuvar tetkikleri (kan sayımları) yapılıyorken bir taraftan da gerekiyorsa ılık su ve sabunla dış bulaşma giderildi. Tıbbi ekip Goiânia Genel Hastanesi'nde hastaları yatırmak için acilen bir koğuş hazırladı ve kontaminasyonun yayılmasını önlemek için bir kontrol noktası oluşturdu. Koğuş kontrollü, denetimli ve temiz alan olmak üzere üçe bölündü. Her bir hastanın etkilenme seviyesi değerlendirilirken, dış ve/veya iç kontaminasyon varlığını saptamak için vücut yüzeylerinin ölçümü yanı sıra, klinik ve kaza hikayeleri ile hematolojik veriler göz önüne alındı.

Kazazedelerin çoğunluğunun düzenli olmayan ve uzun süreli kaza ışınlanmasının özelliklerini gösterdiği açıktı. Hastalar ciddi boyutlarda tüm vücut ve lokalize ışınlanmaya maruz kalmışlar aynı zamanda iç ve dıştan kontamine olmuşlardı. Tanı ve tedavi için çok önemli bir parametre olan kesin doz hesabının büyük bir problem olacağı başlangıçta belli olmuştu.

II-2.2. Kazazedelerin sınıflandırılması

Hasar görmüş kişilerin sınıflandırılmaları aşağıdaki kriterlere dayanmaktaydı:

- (a) Periferik lenfosit ve nötrofil sayımına dayanan hematopoietik sendromların şiddeti,
- (b) Lokal radyasyon hasarlarının şiddeti: deri ile ilgili reaksiyonların ortaya çıkış zamanı ve şiddeti. Örneğin: Eritem, vezikül ve bül oluşumu
- (c) Kaza hikayesine, yüzeyde radyasyon ölçümüne ve ardından in vitro bioassay'lere dayanan iç ve dış kontaminasyon derecesi

Sınıflandırmanın esas amacı en ciddi hasar görmüş kişileri teşhis ederek Rio de Janeiro' da mevcut uygun tıbbi birime nakillerini sağlamaktır. Bunun yanı sıra, sınıflandırma Goiânia Genel Hastanesinde hemen bakım altına alınması gereken kazazedeleri saptamak için de faydalı oldu.

II-3.KLİNİK GÖZLEMLER

II-3.1. Akut radyasyon sendromu (ARS)

Hastaneye yatırılmış 20 hastanın en azından 14'ü değişik derecelerde kemik iliği supresyonu gösterdi. En çok etkilenmiş olan kişiler hastaneye yatırıldıklarında genel sağlık durumları oldukça kötüydü. Sekiz hastada, ışınlanma sonrası iki ile dört saat arasında ortaya çıkan iştahsızlık, bulantı, kusma, sulu diare, baş ağrısı ve ateş gibi, ARS'unun klasik erken faz bulguları gelişmişti. Konjunktival hiperemi (göz kanlanması) ve geçici eritem gibi lokal radyasyon ışınlanma belirtileri de gözlemlendi.

Kritik evre temel olarak enfeksiyonlar ve hemorajik olgularla belirlendi. Kemik iliği supresyonu olan sekiz hastada enfeksiyon kaydedildi ve bu dört ölümden başlıca faktördü. Altı hastada mantar türlerinin neden olduğu, ağız içi, özefagus, vagina ve perine mukozalarını etkileyen enfeksiyonlar ortaya çıktı. Koruyucu antiviral tedavi yapıldığı için Herpesvirus ve Cytomegalovirus enfeksiyonları kaydedilmedi.

Hemoraji olgusu en ciddi sekiz hastanın dışında dört kişide saptandı ve ikisinde ölüme neden oldu. Hematemesis, melaena, ve epistaksis başlıca kanama belirtileriydi. Otopsiler tüm iskelet kasları boyunca ve çeşitli organlar içinde çok sayıda hemorajik alanlar olduğunu gösterdi.

Başlangıç ışınlanmayı takip eden dördüncü ve beşinci haftalar içinde ARS komplikasyonlarından dört hasta öldü. Diğer hastalarda hematopoietik sendromlar neredeyse tamamen kayboldu.

II-3.2. Lokal radyasyonun oluşturduğu hasarlar

Lokal semptomlar kaynak ile cilt yüzeyi arasındaki temastan sonraki birkaç saat içinde ortaya çıktı. Ağrı, bölgesel sıcaklık hissi, yanma ve kaşınma yanı sıra duyarlılıkta değişiklikler en sık rastlanan şikayetlerdi. Bazı hastalar etkilenmiş bölgelerde aynı zamanda geçici eritem görüldüğünü belirtmişlerdir.

Birkaç günle iki hafta arasında değişen bir latent periyottan sonra, kuvvetli ağrı ve ödem ile klasik bir sıcak yanığına benzeyen ikinci bir eritemle tanımlanan lokalize rahatsızlıkların ikinci dalgası olan 'kritik evre' ortaya çıktı. Bundan hemen sonra şişmiş bölgeler ile uyumlu olarak veziküller ve büller oluştu. Bu kabarcıklı epitel evresi yaklaşık iki hafta sürdü. Bazı vakalarda büller öyle yoğun ve acı vericiydi ki sıkıntılarını hafifletmek ve kol-bacak hareketlerine izin vermek için drenaj gerekti.

Ölü dokuların kaldırılması ile altta şişmiş görünümlü ve epitelizasyonu oldukça seyrek olan, son derece kötü bir alt deri ortaya çıktı. Bu evreyi yaranın dış kenarlarından başlayan,

ortaya doğru ilerleyen ve bitmesi ayları bulan doku granülasyonu ile tanımlanan oldukça yavaş bir yenilenme süreci izledi. Genellikle yaralı doku ince, yarı-şeffaf ve dokunmaya karşı çok duyarlıydı.

Yaranın son durumu genellikle büzülmüş görünüm nedeniyle sağlıklı değildi. Bazı hastalar asla iyileşmeyecek şekilde yoğun lokal ısınlanmaya maruz kalmışlardı. Bu vakalarda, deri yüzeyi alt deriye hafifçe tutturulmuş, oldukça ince fibrin tabakası ile kaplandı. En azından dört hastada nekrotik görünüm vardı. Yedi hastada daha şiddetli lokal radyasyon hasarları gelişti. Bunlarda, sezyumun zayıflamış (zırhlanmış) γ ışınları ve β yaymasından ortaya çıkan yüzeysel nekrotik bölgeler ile daha koyu tonda, daha derin nekrotik hasarlar vardı ve her ikisi de cerrahi müdahale gerektiriyordu. Bu vakalarda, iyileşme sürecinin zayıf olduğu gözlemlendi.

II-4. GOİÂNIA'DA RADYASYON HASARLARININ TIBBİ YÖNETİMİ

II-4.1. Akut radyasyon sendromu

Hastanede yatan 20 kişiye seri kan sayımları ile desteklenen günlük klinik değerlendirmeler yapıldı. Serumun kimyasal yapısı, karaciğer ve böbrek fonksiyonları belirtilere göre gün aşırı veya haftada iki kez değerlendirildi.

Göğüs röntgeni, kalp elektroları ve dışkılama kontrolleri rutin olarak veya klinik bulgular sonucunda gerek görüldüğünde yapıldı. Oftalmolojik kontroller (fluorosceinographic) en çok etkilenmiş hastalarda retinal venlerde değişiklikler olduğunu gösterdi. 5.0 Gy' lik bir doz aldığı hesaplanmış olan 56 yaşındaki bir hastada kazadan sonra bir yıl içinde göz merceğinde lentikular opasite belirtileri ortaya çıkmıştır. Cinsiyet bezleri için fonksiyon testi (sperm sayımı) yaptıran hastalarda, eğer tümünün kaybolması söz konusu değilse, seminal hücrelerde şiddetli bir azalma gözlemlendi.

Tıbbi bakım 24 saat içinde sağlandı. Bütün hastalar ayrı ayrı veya iki-yataklı odalarda izole edilerek bakım altına alındılar. Barsak dekontaminasyonu için trimethporin, sulphamethoxazole ve ardından norfloxacin uygulandı. Mantar enfeksiyonlarının tedavisi için ketaconazole ve herpesvirus aktivasyonunu önlemek için de acyclovir uygulandı. Granulositopeni olan ve ateşli hastalar kapsamlı bir antibiyotik tedavisi gördüler. Başlangıçta iki veya üç antibiyotik kullanıldı ve sonrasında klinik ve bakteriyolojik verilere göre antibiyotikler değiştirildi. Moniliasis, nistatin kullanılarak önlemlendi ve bu ilâca cevap vermeyen vakalarda amphotericin B verildi. İki hasta parenteral beslendi. Çiğ sebzelerden kaçınılarak, bütün yiyecekler pişirilmiş olarak verildi.

Hastalara hemoglobin seviyesinin güvenli sınırlar içinde kalmasını sağlamak için tüm kan nakli veya kırmızı kan hücreleri verildi. Platelet transfüzyonları, bu elementleri 20G/L üzerinde tutmak için veya 60G/L den az platelet sayısı olan hastalarda kanama olduğunda yapıldı.

Kemik iliği supresyonu olan sekiz kişinin tedavisinde GM-CSF kullanıldı. Dört hastada GM-CSF (günde, vücut yüzeyine $500\mu\text{g}/\text{m}^2$ dozlar halinde) uygulanmasından sonra, dolaşan kandaki nötrofillerin sayısında hızlı ve ani bir yükselme ile kendini gösteren belirgin myeloproliferative iyileşme ile tedaviye iyi cevap alınmıştı. Bir hasta kemik iliği tamiri için olumlu sinyaller göstermesine rağmen enfeksiyon komplikasyonları sonucu öldü. Diğer ölen iki kadın ve genç erkek önemli kemik iliği problemleri ve birçok organlarında bozukluklar gösterdiler. GM-CSF uygulanması ile platelet ve hemoglobin miktarları arasında bir ilişki görülmedi.

II-4.2. Lokal radyasyon hasarları

Önemli lokal radyasyon hasarlı kişiler, yaralarının derecelerinin saptanması ve uygun tıbbi tedaviye yönlendirilmek için özel işlemlerden geçtiler. Özel bir vakada, $^{99}\text{Tc}^m$ ile kırmızı kan havuzu görüntüleme çalışmalarında, sağ-ön kolda bulunan şiddetli radyonekrozla etkilenmiş alanda damarlanma olmadığı görüldü. Kanın ekonomik kullanılması ve bu hasarın sonuçlarını en aza indirmek için uzvun kesilmesi gerekti. Bir başka hastada aynı işlem, iltihabi reaksiyonlarla karakterize olan kritik evre boyunca kan temininin arttığı bölgeleri gösterdi. Bir hastanın kalçasının yan bölgesindeki hasar bilgisayarlı tomografi ile tarandığında, kasta ödem, şişme ve ayrıca etrafında etkilenmiş yapılar görüldü. Bu hasarın manyetik rezonans görüntüleme (MRI) sistemi ile araştırılması, derin kas dokuları ve kalça kemiğine ait femoral atardamarı da içine alacak şekilde perivaskular ödem olduğunu gösterdi. Radyasyondan doğrudan etkilenmiş olan kemik iliği bölümü de etkilenmemiş dokularla kıyaslandığında, farklılaşmış bir yoğunluk göstererek daha önceki bulgularla uyum gösterdi. Sadece infiltrasyonla uyumlu olan görüntüler ve derialtı dokuların ödemleri değerlendirildi.

Şiddetli lokal radyasyon hasarlı kişilerin el-ayak röntgen çekimleri, osteoporoz ile uyumlu bulgular gösterdi. Bir hastada distal falanksda radyasyon kökenli geç ve patolojik bir yapı saptandı ve cerrahi olarak parça alındı. Ağrıları gidermek için tıbbi ekibin çok sabırlı ve özverili olması gerekti. Lokal analjezikler yanı sıra merkezi etki tarzı olan analjezikler de ağızdan veya parenteral yolla uygulandı. Yine yoğun ve dayanılmaz ağrılar durumlarında Meperidine, chlorpromazine ve promethazine de uygulandı. İşkence edici ve çok keskin bir ağrıdan şikayet eden ve intihar etmeye niyetlenen bir hastaya sürekli peridural anestezi uygulandı.

Derinin kuruluşunu azaltmak için eller ve parmaklar borik asit çözeltisine batırıldı. Bazı hastalarda aşırı uyuşturucu uygulanmasından kaçınarak ağrıyı gidermek için yara etrafındaki bölgelere buzlu su püskürtüldü. Yarayı kapatıcı ve iltihabı engelleyici özelliklere sahip krem ve merhemler soyulmuş yara yüzeylerine bolca uygulandılar. Bir periferik vasodilatör kullanılarak yara bölgesine kan akışını hızlandırma girişimlerinde bulunuldu ve mikrosirkülasyon seviyesinde etkinlik gösteren, kanın viskozitesini azaltarak kanın akış özelliklerini düzenleyen bir ilaç (Pentoxifylline) kullanıldı. Vezikül ve bül'ler kaldırıldıktan sonra ışınlanmış yüzeyler neomycin'li yapışkan olmayan sargı ile kapatılarak korundu. Yaraların çoğu bakteri kolonileri göstermesine rağmen, hastane bakımı sırasında sadece birkaç enfeksiyon söz konusu oldu.

El, ayak ve kalçalarında derin ülserleşme veya nekrozlar olan bütün hastalar cerrahi operasyon geçirdiler. Cerrahinin başarısı sadece lezyonun derinliğine ve yerleştiği bölgeye değil, aynı zamanda doku transferinin yapılmış olduğu dokunun bütünlüğü ve canlılığına da bağlıydı.

Kalın, yağlı veya kaslı bölgeleri içeren geniş yaralarda iyi kanlanan alanlara ulaşınca kadar bütün nekrotik ve enfekte dokuların kesilip çıkarılması gerekti. Ancak ondan sonra yara yatağı iyi kalitede bir deri parçası ile kapatılabildi. İki vakada el ayalarındaki yaralar çok genişti ve neredeyse fleksör kaslar ve tendonların seviyesine kadar temizlenmesi gerekti ve arkasından ülserli bölge karından alınan bir et parçası ile yamandı. Parmaklardaki yaraların cerrahi tedavisi, hasarın kesilip çıkarılması ve arkasından bir deri dokusu ile kaplanması olmuştur. Bir vakada parmak kılcallarının anastomozu için tam bir damarlanma gösteren pediküllü bir doku parçasının transferi gerekti. İki hastada, parmaklarda nekroz ve kuru gangren gelişmesi, klinik ve laboratuvar bilgileri ile hasarın geri dönüşümsüz olduğu onaylandıktan hemen sonra amputasyonu gerektirdi. Son olarak, sağ kalçasının yan bölgesinde şiddetli bir hasar olan bir hastada, kazadan bir yıl sonra bölge kesilip temizlendi ve diğer bacadan alınan bir deri dokusu ile yara yatağı kapatıldı. Yaranın kapanmasına yardımcı olacağı düşünülerek, deri yüzeyini artırmak için bir dermoexpansor kullanma

girişimi başarısız oldu. Ne yazık ki genişleme sırasında meydana gelen enfeksiyon ve yarılmalar nedeniyle işlemin kesilmesi zorunluluğu doğdu.

II-4.3. Sezyum-137 dekorporasyonu

Toplam 46 kişiye 1 ile 10 gram arasında değişen dozlarda Prusya mavisi uygulandı. İlaç belirli bir toplam doza göre ve dozlar arasında en az iki saat olmak üzere, ağızdan günde iki, üç, altı veya on kere verildi. Prusya mavisi uygulanması ile sezyumun beklenen atılım modeli değişti ve gaita ile atılması baskın hale geldi. Prusya mavisinin etki tarzı, bağırsak boşluğunda sezyum iyonlarını bağlaması ve böylece sezyumun bağırsak çevrimine girmesini engelleyerek yeniden soğurulmasını önlemek yoluyla olmaktadır. İlaç kullanımı ile sezyumun yetişkinlerdeki yarılanma-süresi daha önceki çalışmalardan elde edilen yarılanma-süresinin azalması ile tutarlı olarak, normal değerlerin üç de birine kadar düşürüldü.

II. 4.4.Vücut yüzeyi dekontaminasyonu.

Hastaların hastanede yattıkları ilk iki gün içinde, daha fazla ¹³⁷Cs alımlarını önlemek, hastaların eşdeğer dozunu azaltmak ve koğuşun kontaminasyonunu azaltmak için geleneksel dekontaminasyon teknikleri uygulandı. Cild yüzeyinde β ve γ radyasyonunun neden olduğu sıcak noktaların ölçülmesi ile kontaminasyon bölgeleri kolayca doğrulandı. Böyle ölçümler iç kontaminasyondan gelen yüksek γ doz hızı ile karmaşık hale geldi. Hastaların dekontaminasyonunda aşağıdaki teknikler kullanıldı:

- (a) Kontaminasyon seviyelerini azaltmak için nötral sabun ve ılık su ile tekrarlı banyolar.
- (b) Sezyumun çözünürlüğünü arttırmak için asetik asit kullanımı ve böylece uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak.
- (c) El ayası ve tabanlarda büyük miktarlarda radyoaktif madde olduğu durumlarda, hidratlı lanolin ile titanyum dioksit uygulamaları. Hafif aşındırıcı etkisi nedeniyle tekrarlı titanyum dioksitin uygulamaları yüzeysel olmayan deri tabakalarından önemli miktarda sezyumun uzaklaştırılmasına yardımcı oldu.
- (d) Şiddetli taban kontaminasyonu olan hastalarda dekontaminasyon için ilave yöntemler kullanıldı. Örn. Sert kıllı naylon fırçalar, sünger taşı gibi nasır aşındırıcılar.
- (e) Yukarda belirtilen işlemlerden sonra, sezyumun potasyumla yer değiştirdiği bir iyon değişim reçinesi kullanıldı. Reçine, eldivenler ve plastik galoş içine yerleştirildi. Eller ve ayakların en azından 20 dakika reçineyle temasta kalması sağlandı. Sonuç olarak kalan sezyumun % 50'sinin uzaklaştırılması mümkün oldu.

II-5. DÜŞÜNCELER

Goiânia kazasının, özellikleri açısından meydana gelmiş en kötü radyolojik kaza olduğu kabul edilmektedir. Kazanın tipi ve şiddetinin ayrıntılı anlaşılması için geçen süre acil müdahale ekiplerini bir çok zorlukla yüz yüze getirmiştir. Sezyum içeren kapsülün yerinden çıkarılmasını takiben kaynağın parçalarının bir çok kişiye ve bölgeye dağılmış olması olayların uygun bir şekilde yeniden kurgulanmasını imkansız hale getirmiştir.

Akut radyasyon sendromlu hastalar için tedavi planlaması hastaların korunmasına dayanıyordu. GM-CSF kullanımı, kök hücrelerinin kaldığı ve bu faktörün kök hücrelerinin çoğalma ve farklılaşmalarını teşvik ederek ışınlanmış hastaların doğal savunma mekanizmalarının yeniden güçlenmesinde önemli bir rol oynayabileceği varsayımına dayanıyordu.

Lokal radyasyon hasarları, geleneksel tedavilerin şiddetli radyasyon hasarlarının klinik gelişimini büyük ölçüde değiştirmedigine işaret etmiştir. Ne yazık ki radyasyon hasarının

ayrıntılı büyüklüğü, sadece ışınlanmadan birkaç ay sonra doğru olarak değerlendirilebilir ve ancak o zaman daha kesin tedavi seçmek mümkün olur. Doktorları zorlayan iki problemden biri, hasarın büyüklüğünü tayin etmek ve hangi dokuların dönüşümsüz olarak hasar göreceğine karar vermek, diğeri ise cerrahi müdahale için en uygun zamanı seçmektir. MRI, bilgisayarlı tomografi, damar sintigrafisi yanı sıra biyopsi materyelinde histokimyasal ve immünotokimyasal çalışmalardan elde edilen veriler ve dozların derinlikteki dağılımlarını içeren topografik dozimetri ve klinik gözlemlerin hepsi birden göz önünde bulundurulmalıdır.

Prusya mavisi sezyum kontaminasyonu durumunda, bulaşmadan sonraki birkaç gün içinde uygulandığında mükemmel bir panzehir olduğunu kanıtlamıştır. Gün boyunca mide-barsak ortamında kalmasını sağlamak amacıyla düzenli aralıklarla yani her 8 saatte 1 g'lık dozlar (iki kapsül) halinde olmak üzere günlük optimum 3 g doz önerilir. İlaç eğer gerekirse aylarca kullanılabilir İlacın kesilmesi ifrazatta artık daha fazla sezyum saptanmaması ile belirlenir.

BİBLİOGRAFYA

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Goiânia, IAEA;Vienna (1988).

-Medical Handling of Accidentally Exposed Individuals, safety Series No.88, IAEA, Vienna (1988)

-Assessment and Treatment of External and Internal radionuclide Contamination, IAEA-TECDOC-869, Vienna (1996).

OLIVERIA, A.R., "Treatment of infectious complications of the haematopoietic syndrome", Treatment of Radiation Injuries (BROWNE, WEIS, J.F., MACVITTIE, T.J., PILLAI, M.V., eds), Plenum Press, New York (1990)95-100.

OLIVERIA, A.R., HUNT, J. G., VALVERDE, N.J.L., BRANDAO-MELLO, C.E., FARINA, R., Medical and related aspects of the Goiânia accident: An overview, Health Phys. 60(1991)17-24

VALVERDE, N.J.L., CORDEIRO, J.M., OLIVERIA, A.R., BRANDAO-MELLO, C.E. "The acute radiation syndrome in the ¹³⁷Cs Brazilian accident: 1987", The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness. II. Clinical Experience and Follow-up since 1979 (RICKS, R.C., FRY, S.A., Eds), Elsevier, London and New York (1990) 89-107.

TASLAKTA VE DERLEMEDE KATKIDA BULUNANLAR

Barabonova, A.	Institute of Biophysics, Russian Federation
De-Chang, W.	Institute of Radiation Medicine, China
De Luca, G.	Radiological and Health Protection Division, Italy
Desai, U.	Bhabha Atomic Research Centre, India
Iyer, G.K.	Bhabha Atomic Research Centre, India
Komar, V.E.	Central Research Institute of Roentgenology and Radiology, Russian Federation
Komarov, E.I.	Institute of Radiation Hygiene, Russian Federation
Köteles, G.J.	Frédéric Joliot-Curie National Research Institute of Radiobiology and Radiohygiene, Hungary
Naude, J.	Radiologische Klinik der Universität Wien, Austria
Nenot, J.C.	Commissariat à l'énergie atomique, France
Oliveria, A.R.	Industrias Nucleares do Brasil S.A., Brazil
Petrossian, L.M.	Institute of Biophysics, Russian Federation
Saenger, I.E.	Cincinnati Hospital, United States of America
Souchkevitch, G.	World Health Organization
Szepesi, T.	Radiologische Klinik der Universität Wien, Austria
Turai, I.	International Atomic Energy Agency
Webb, G.A.M.	International Atomic Energy Agency

WHO ile işbirliği yapan merkez ve enstitüler

Argentina	Department of Health Physics, POB 3268, Buenos Aires Fax +541 382 5680 or +541 381 0971 Tel: +541 382 5680
Armenia	Research Centre of Radiation Medicine and Burns, 375078 Davidasben, Yerevan Fax: +3742 340 800 Tel: +3742 341 144
Australia	Radiation Protection and Radiation Emergency, Yallambia, Victoria 3093 Fax: +613 9432 1835 Tel.: +613 9433 2211
Brazil	Radiation Protection and Medical Preparedness for Radiological Accidents, Avenida Salvador allende (vio9), Jorepogu, CP 37750, CEP 22780, Rio de Janeiro Fax: +5521 442 2539 or +5521 442 1950 Tel: +5521 442 1927 or +5521 442 9614
China	Institute of Radiation Medicine, 27, Tai Ping Road, 100850 Beijing Fax: +8610 821 4653 Tel: +8610 821 3044 or 821 4653
France	Centre International de Radiopathologie, BP No.34, Batiment 01, F-92269 Fontenay-aux-Roses Fax: +331 4638 2445 Tel.: +331 4554 7266
Germany	Institute for Occupational Health, University of Ulm, Pf.2060, D-890 Ulm Fax:+49 731 502 3415 Tel +49 731 502 3400
India	Bhabha Atomic Research Centre, 400085 Mumbai Fax: +9122 556 0750 Tel: +9122 551 1677
Japan	Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, 5-2 Hijiyama Park, Minami-Ku, J-732, Hiroshima Fax: +11 8182 263 7279 Tel: +11 8182 261 3131
Russian Federation	State Research Centre - Institute of Biophysics, 46, Zhivopisnaya Str., 123182 Moscow Fax: +7095 190 3590 Tel: +7095 190 5156 Central Research Institute of Roentgenology and Radiology, Pesochnij 2, 189646 St. Petersburg Fax: +7812 437 8787

Tel: +7812 437 8781
All-Russian Centre on Ecological Medicine, 17, Botkinskaya, 194175 St.Petersburg
Fax: +7812 541 8805
Tel: +7812 248 3419
Medical Radiological Research Centre, 4, Koroliev, 249020 Obninsk
Fax: +7095 956 1440
Tel: +7095 956 1439
Urals Research Centre for Radiation Medicine, Medgorodok, F1B, 454076 Chelyabinsk
Fax: +73512 344 321

UK National Radiological Protection Board, NRPB, Chilton Didcot Oxon, OX11
 ORQ
Fax: +441235 822 630
Tel: +441235 822 612

USA Radiation Emergency Assistance, REAC/TS, Oak Ridge, TN 37831-0117
Fax: 001 615 576 9522
Tel: 001 615 576 3450