T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

SAĞLIK HİZMETLERİ

RADYOLOJİ ÇALIŞMALARI

Ankara, 2017

- Bu materyal, mesleki ve teknik eğitim okul / kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 2
1. RADYOLOJİ 2
1.1. Radyasyonun Temel İlkeleri 3
1.1.1. Doz Sınırlama Sistemi İlkeleri 3
1.1.2. Radyasyon Zaman, Mesafe ve Zırhlama İlişkilerine Dair İlkeleri 4
1.2. Radyasyonun Biyolojik Etkileri 5
1.2.1. İyonizasyon Radyasyonun Biyolojik Etkileri 6
1.2.2. Radyasyonun Biyolojik Sistemler Üzerine Etkileri 7
1.2.3. Doza Bağlı Etkiler 9
1.3. Radyasyondan Korunmada Temel Güvenlik Standartları 11
1.3.1. Radyasyon Görevlileri İçin Temel Güvenlik Standartları 11
1.3.2. Stajyer Öğrenciler İçin Temel Güvenlik Standartları 11
1.3.3. Toplum Üyeleri İçin Temel Güvenlik Standartları 11
1.3.4. Diğer Bazı Güvenlik Standartları 12
1.4. Radyografi Çekim Alanlarının Özellikleri 12
1.5. Radyografi Çekim Alanlarında Bulunan Araç Gereçler 13
1.6. İleri Tıbbi Görüntüleme Alanları ve Özellikleri 15
1.7. Görüntüleme cihazları 15
1.7.1. Röntgen Cihazları 15
1.7.2. Bilgisayarlı Tomografi Sistemi 16
1.7.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme Sistemi 17
1.7.4. Kemik Mineral Densitometre Cihazı 17
1.7.5. Anjiyografi Sistemleri 18
1.7.6. Ultrasonografi-Doppler Cihazları 18
1.7.7. Gama Kamera, PET (Siklotron), SPECT 19
1.7.8. PET (Positron Emission Tomogrophy - Pozitron yayılım tomografisi) 20
1.8. Radyoterapi Ünitesi 21
1.8.1. Ekternal (Dıştan) RT 21
1.8.2. Brakiterapi (Yakından Tedavi) 22
1.8.3. Radyoterapinin Önemi 22
1.9. Portabl (Seyyar) Röntgen Cihazı 22
1.10. Diğer Radyografi/Radyoskopi Alanları 23
UYGULAMA FAALİYETİ 25
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 26
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 28
2. RADYOLOJİ ÜNİTELERİNDE KULLANILAN KORUYUCU EKİPMANLAR 28
2.1. Koruyucu Ekipmanlar 28
2.1.1. Kurşunlu Önlükler 28
2.1.2. Yüz Koruyucular 29
2.1.3. Boyun Koruyucular 29
2.1.4. Kurşunlu Gözlükler 29
2.1.5. Kurşunlu Eldivenler 29
2.1.6. Kurşunlu Paravanlar 30
2.2. Koruyucu Ekipmanların Kullanım Amacı 30

2.3. Hasta ve Toplum Üyelerinin Radyasyondan Korunması 31
2.3.1. Hastaları Radyasyondan Koruma 31
2.3.2. Toplum Üyelerini Radyasyondan Koruma 35
2.4. Radyolojik İnceleme İçin Hastanın Hazırlanması 38
2.5. Radyolojik İnceleme İçin Hastaya Verilecek Pozisyonlar 39
2.5.1. Röntgen Çekiminde Hasta Pozisyonları 39
2.5.2. Bilgisayarlı Tomografik Çekiminde Hasta Pozisyonları 58
2.5.3. Manyetik Rezonans Görüntülemede Hasta Pozisyonları 60
UYGULAMA FAALİYETİ 61
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 62
MODÜL DEĞERLENDİRME 63
CEVAP ANAHTARLARI 64
KAYNAKÇA 65

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Sağlık Hizmetleri**
DAL	**Sağlık Bakım Teknisyenliği**
MODÜLÜN ADI	**Radyoloji Çalışmaları**
MODÜLÜN SÜRESİ	40/32
MODÜLÜN AMACI	Öğrenciye, radyoloji ünitelerinin hazırlanması ve radyolojik incelemelerde sağlık profesyoneline yardım etme ile ilgili bilgi ve becerileri kazandırmaktır.
MODÜLÜNÖĞRENME KAZANIMLARI	**1.** Radyasyondan Korunma Mevzuatı'na göre radyoloji ünitelerinin hazırlanmasına yardım edebileceksiniz. **2.** Radyasyondan Korunma Mevzuatı'na göre radyolojik incelemelerde sağlık profesyoneline yardım edebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Sınıf / Laboratuvar **Donanım:** Bilgisayar, İnternet, projeksiyon, yazılı ve görsel materyaller, laboratuvar araç gereçleri.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Bireysel öğrenme materyali içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrencimiz,

Bu modül sonunda, Radyasyondan Korunma Mevzuatı'na göre radyoloji ünitelerinin hazırlanmasına yardım edebilecek ve radyasyondan korunma mevzuatına göre radyolojik incelemelerde sağlık profesyoneline yardım edebileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

ÖĞRENME KAZANIMI

Radyasyondan korunma mevzuatına göre radyoloji ünitelerinin hazırlanmasına yardım edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sağlık kurumlarından Radyoloji ünitelerinde yapılan çalışmalar hakkında bilgiler toplayınız.
- "Önce can sonra canan" deyiminden yola çıkarak radyoloji çalışmaları sırasında radyoaktif madde ve ışınlarına karşı kendini ve hasta yakınını korumanın önemini çeşitli kaynaklardan araştırarak öğreniniz ve öğrendiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız

1. RADYOLOJİ

Radyoloji cihazları, radyasyon kullanarak görüntülenme sağlayan cihazlardır. Röntgen cihazları, istenilen sürede, istenilen kalite ve miktarda x-ışınının elde edilmesini sağlar. Bu cihazlar, inceleme yapılacak organ, vücut bölgesi veya inceleme çeşidine göre değişik şekil, büyüklük ve güçte üretilir. Röntgen cihazları, genel olarak radyografi ve radyoskopi cihazları olmak üzere iki guruba ayrılır. Günümüzde bunlar da kendi aralarında konvansiyonel ve dijital olmak üzere ayrıca ikiye ayrılmaktadır. Her iki aygıtın da birçok özellikleri birbirine benzemektedir.

Radyografi aygıtlarıyla statik bir görüntüleme yapılırken radyoskopi aygıtlarından dinamik bir görüntüleme elde edilmektedir. Radyoskopi aygıtlarıyla röntgen filmine görüntü alınabilmesi de mümkündür. Radyografi ve radyaskopi cihazları, gelişmiş bilgisayar teknolojilerinin entegrasyonu ile dijital hâle getirilmiştir (dijital röntgen). Bunun için hastayı geçen x-ışınları, röntgen filmi veya fluoroskopi ekranına değil, monitöre aktarılarak görüntü oluşturulmaktadır.

Radyografi aygıtlarında, masada veya dikey kaset yerleştirilebilen **statif** adı verilen ünitede radyografi çekilebilir. Radyografide, hastanın incelenecek bölgesi röntgen filmini taşıyan kaset üzerine veya kasetin bulunduğu kaset taşıyıcılar üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. Çekilecek bölgeye göre organ-tüp mesafesi ayarlanarak röntgen tüpünden incelenecek bölgeye x-ışını gönderilir. Röntgen cihazlarında temel olarak kumanda masası,

X ışını tüpü, hasta masası, statif ve tüp tutucu gibi ana elemanların yanı sıra bunlar üzerinde kullanılan çeşitli aksam ve aksesuarlar mevcuttur.

X-ışınlarının incelenecek olan vücut bölgesinden geçirildikten sonra film üzerine düşürülerek görüntü elde etme yöntemine, **radyografi** denir. Film üzerindeki görüntü banyo işleminden sonra oluşmaktadır.

1.1. Radyasyonun Temel İlkeleri

Radyasyon, dalga, parçacık veya foton olarak adlandırılan enerji paketleri ile yayılan enerjidir. Radyasyon, daima doğada var olan ve birlikte yaşadığımız bir olgudur. Radyo ve televizyon iletişimini olanaklı kılan radyo dalgaları; tıpta, endüstride kullanılan x-ışınları, güneş ışınları günlük hayatımızda alışkın olduğumuz radyasyon çeşitleridir.

Radyasyon genellikle bir atomun çekirdeğinde başlar. Atomları da, proton ve nötronların oluşturduğu bir çekirdek ve bu çekirdeğin etrafında dönen elektronlar oluşturur. Ağır elementler (çekirdeğinde 83'ten fazla proton barındıranlar), kararsız oldukları için daha küçük atomlara dönüşürler. Bu parçalanma sırasında, çekirdekten parçacıklar ve enerji dalgaları ortaya çıkar. Bu yolla enerji veren elementlere radyoaktif elementler adı verilir.

Radyoaktif elementler temel olarak Alfa, Beta ve Gama olmak üzere, 3 ana tip enerji salınımında bulunurlar. Alfa radyasyonu, (+) yüklü parçacıklardan oluşur ve bir kâğıt parçası tarafından durdurulabilir. Beta radyasyonu, elektronlardan oluşur. İnce bir alüminyum levha bu elektronları durdurmak için yeterlidir. Gama radyasyonu ise ışık hızında hareket eden enerji dalgalarından oluşmaktadır.

Alfa, Beta ve Gama radyasyonu aynı zamanda iyonlaştırıcı radyasyon olarak da adlandırılır. Bir başka deyişle diğer atomların elektronlarını ayıracak yeterli enerjiye sahiptir. Bu tür radyasyonlara maruz kalma süresine, radyasyonun şiddetine ve maruz kalınan vücut bölgesine bağlı olarak hücreyi parçalayabilir, zarar verebilir veya herhangi zararlı bir etkisi olmadan geçip gidebilirler.

Radyasyondan korunmada temel ilkeler, doz sınırlama sistemi ilkeleri ile radyasyonun zaman, mesafe ve zırhlama ilkeleri olarak incelenir.

1.1.1. Doz Sınırlama Sistemi İlkeleri

Doz sistemi ilkeleri; Gereklilik, Optimizasyon ve Doz Limitleri İlkesi olmak üzere üç başlık altında incelenir.

- **Gereklilik İlkesi**

Radyasyonun zararlı etkileri göz önünde bulundurularak radyasyon ışınlanmasını gerektiren uygulama yapılmasının gerçekten kabul edilir olup olmadığıdır. Kullanım amacına karşılık radyasyonun ortaya çıkabilecek olumsuz etkisi önemli bir bedel olarak görülmelidir ve bu uygulama sonunda elde edilecek fayda ile kıyaslanmalıdır.

Aynı amaca radyasyon içermeyen diğer teknikler kullanılarak ulaşılabiliyorsa bu fayda-bedel analizi bu teknikler için de yapılmalıdır.

Bu nedenle uygulamaların kabul edilebilirliğinin kararı çok önemli olup radyasyondan korunmanın ötesinde bu konuda yetkili otoritelerin ilke bazında bir anlayışı geliştirmelerini gerektirmektedir.

X-ışınlarının tıp alanında kullanılmasından doğan kişisel ve kollektif dozların yüksek olmasına karşılık sağladığı faydalar şüphe götürmez. Bununla beraber herhangi bir tıbbi işlemin kabul edilebilirliği ayrıca değerlendirilmelidir. Örneğin; bir organın kanser tedavisinde uygulanan X-ışınları daha fazla kanser oluşumuna sebep olabilir ve bu riskin tedavinin getirisinden yüksek olduğu durumlarda bu kabul edilemez. Ayrıca hamilelerin tıbbi amaçlı ışınlanmaları kararı çok dikkatli verilmeli ve hassas teknikler kullanılmalıdır. Bunların yanı sıra çocuk oyuncakları, giysiler ile kozmetik ürünlerinin radyoaktif madde içermesi gibi durumlar kesinlikle kabul edilemez.

- **Optimizasyon İlkesi**

Radyografi çekimlerinde aşırıya kaçmadan mümkün olabilecek en düşük dozun alımının sağlanmasıdır. Örneğin; sadece başparmak grafisi çekilmesi gereken hastanın, elinin tamamını görüntü alanı içerisine alarak tüm elin radyasyona maruz bırakılmaması gerekir.

- **Doz Limitleri İlkesi**

Radyasyon uygulamalarının kullanılıp kullanılmayacağına karar verilirken uygun yaklaşım bedel fayda analizi yöntemidir. Radyasyondan korunmada bu yöntem önemli gelişmeler kaydetmektedir. Bu yöntem sayesinde gelecekte sağlanacak doz seviyeleri üzerindeki etkisini tahmin etmek zordur. Bu yaklaşım, radyasyonun zararlı etkilerinin parasal açıdan değerlendirilmesini gerektirir. Radyasyonun zararlı etkilerinin parasal karşılığı, etkileri azaltmak için yapılması gereken harcamalar ile doğrudan karşılaştırılır. Radyasyonun zararlı etki oluşturma riski kollektif doz ile belirlenir.

Analizlerde kollektif dozlar kullanılsa da insan sağlığı üzerinde ölüme kadar varan zararlı etkilere parasal olarak değer biçmenin getirdiği etik zorluklar göz ardı edilemez. Bu zorluk, gelecek nesillerde ortaya çıkabilecek zararları hesaba katma gereği ile daha da artar. Bu sayısal analiz, alternatif önlemlerin getireceği sonuçların değerlendirilmesiyle açıklığa kavuşturulabilir ancak yine de duyarlı bir irdeleme yapmak gerekir. Radyasyondan korunmada bu tür etik zorluklar garip değildir. Parasal kaynakların daha iyi bir şekilde kullanılıp kullanılamayacağını göstermesidir.

1.1.2. Radyasyon Zaman, Mesafe ve Zırhlama İlişkilerine Dair İlkeleri

Tıbbi ve endüstriyel alanlarda çalışanların radyasyon tehlikesinden korunmak için dikkat edilmesi gerekli olan üç kural vardır.

- **Doz-zaman ilişkisi**

Radyasyondan alınan doz miktarı ile zaman doğru orantılı olduğundan bir radyoaktif kaynağın yanında harcadığımız zaman ne kadar kısa olursa o kadar az doz almış oluruz. Bu amaçla pozlama süreleri mümkün olduğunca kısa tutulmalı ve gereksiz ışınlamalardan (tekrar çekimlerinden) kaçınılmalıdır.

- **Doz-mesafe ilişkisi**

Radyoaktif kaynağa olan uzaklığımız arttıkça alacağımız radyasyon miktarı da azalır. Bu yüzden, radyasyondan korunma kuralları uyarınca çalışma bölgeleri ve bu bölgelerdeki maksimum doz değerleri belirlenmiştir. Alman radyasyondan korunma kurallarına göre çalışma bölgeleri gösterilmiştir. Bu bölgeler sırasıyla yasak bölge, kontrol bölgesi, çalışma gözetim bölgesi ve çalışma dışı gözetim bölgesidir.

- **Yasak bölge:** Bu bölgeye özel cihaz ve giysili yetkili kişiler dışında hiç kimse giremez. Bu şu anlama gelmektedir: Radyasyon yayan cihazlarda meydana gelebilecek kazalar söz konusu olduğunda radyoloji alanlarında çalışan personel bu bölgeye girip olaya müdahale edemez.
- **Kontrol bölgesi:** Bu bölge radyasyon uyarı işaretleri (şeritleri) ile belirlenmeli ve bu bölgeye film çeken personel dışında hiç kimse girmemelidir.
- **Çalışma gözetim bölgesi:** Radyoaktif kaynağın kumanda edildiği bölgedir. Bu bölgede de film çeken personel dışında hiç kimsenin olmaması gerekmektedir.
- **Çalışma dışı gözetim bölgesi:** Çalışma bölgelerinin radyoaktif kaynaktan ne kadar uzakta olduğu radyoaktif kaynak cinsine ve arada ışınımı zayıflatacak engel (zırhlama) olup olmamasına bağlıdır.

- **Doz-bariyer (zıhlama) ilişkisi**

Mesafe ve zaman ile birlikte zırhlanma (radyasyon kaynağı ile canlı arasına uygun kalınlıkta soğurucu malzeme yerleştirme) dış radyasyonlardan korunmada oldukça önemli yer tutar. Kullanılacak maddenin cins ve kalınlığı radyasyonun türü, enerjisi, akışı, radyasyon kaynağının boyutu ve şiddetine bağlıdır.

1.2. Radyasyonun Biyolojik Etkileri

1895 yılında Röntgen tarafından X ışınlarının ve 1900 yıllarının başında Curie tarafından radyoaktivitenin keşfinden sonra radyasyon, radyasyonun etkileri ve korunma konularına ilgi artmıştır. Radyasyonun insan sağlığı üzerine ilk etkileri, X ışınının keşfinden 6 ay sonra görülmeye başlamıştır. Radyasyona maruz kalan insanlarda yapılan gözlemler sonucunda, radyasyon dozu ile biyolojik etkisi arasında belirgin bir ilişki olduğu görülmüştür. Aşırı derecede radyasyon dozunun kansere neden olduğu 1902 yılında birçok tıp dergisinde yayınlanıp bilimsel makalelerle ispatlanmaya başlamıştır.

Hayvanlar üzerinde 1920'lerin sonunda yapılan deneyler sonucunda, radyasyonun genetik bozukluklara neden olduğu anlaşılmıştır.

İyonize radyasyonun canlı üzerine etkilerini Radyobiyoloji bilim dalı inceler. Canlılar üzerine radyasyonun etkisi moleküler ve hücresel düzeylerde, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar çeşitli değişikliklere yol açmaktadır. Bu değişiklikler, radyasyonun cinsine, miktarına ve süresine göre onarılabilen veya kalıcı tipte olabilir.

İyonlaştırıcı radyasyonlar, X ve gama ışınları, alfa, beta parçacıkları, nötronlar içinden geçtikleri hücrelerde önce moleküler düzeyde değişikliğe sebep olur. Hücre içerisindeki molekülleri ve atomları iyonize ederek uyarır (Ekzite hâle geçirir.). Fazla enerjilerini bu moleküllere aktararak temel seviyeye inmeye çalışır. İyonize radyasyonların gittikleri yol boyunca birim uzaklık başına neden oldukları enerji salınımlarına **lineer enerji transferi** (LET) denir.

1.2.1. İyonizasyon Radyasyonun Biyolojik Etkileri

İyonlaştırıcı radyasyon tarafından kaybedilen enerji, radyasyonun geçtiği madde içerisinde uyarma ve iyonlaşma enerjisi olarak çıkmaktadır. Bu işlem, radyasyonun moleküler, hücresel düzeyde ve biyolojik sistemler üzerine etkileri olarak değişiklik göstermektedir.

- **İyonize radyasyonun moleküler düzeyde etkileri**

Moleküler değişiklik; doğrudan (direkt) veya dolaylı (indirekt) yolla olur. Direkt yolda, değişikliğe uğrayan molekül doğrudan doğruya iyonize radyasyona maruz kalır ve ekzite duruma geçer. İndirekt yolla ise iyonize radyasyon sonucu oluşan bazı ara ürünler başka bir dizi kimyasal reaksiyona girerek moleküllerin değişmesine neden olur (İyonize radyasyonun hücrede bol miktarda bulunan su molekülünün ayrışmasına sebep olarak serbest radikallerin oluşumuna yol açtığı düşünülmektedir.).

Burada oluşan hidrojen ve hidroksil grupları iyon olmayıp kısa ömürlü ve oldukça reaktif radikallerdir. Bu radikallerin iyonizasyon sonucu kovalent bağları nedeniyle en dış elektron yörüngelerinde boşluklar vardır. Bu nedenle boşlukları doldurabilecek başka atomlar arar ve yüksek reaktiviteleri yüzünden tekrar birbiriyle de birleşebilir.

Bu durumda oluşan ürünler (örneğin hidrojen peroksit) çok kuvvetli oksitleyici olarak hücre içindeki önemli moleküllerle reaksiyona girip onların yapısını ve fonksiyonunu bozar. Radyasyonun reaksiyona girdiği molekül tamamıyla rastlantısaldır ve herhangi bir karbonhidrat, lipit, protein, enzim veya DNA ya da RNA gibi bir nükleit asit olabilir. Örneğin; serbest bir hidroksil radikali, karbonhidrat ve lipitlerle doymuş ya da doymamış bağları bozarak polimer yapılarını değiştirebilir. Proteinlerde ise özellikle aminoasitlerin yan zincirleri ile reaksiyona girerek proteinin yapısını ve fonksiyonunu bozabilir (denatürasyon). Karbonhidrat, lipit ve proteinler hücre içinde bolca bulunduklarından genellikle radyasyona maruz kalmada kritik hedef olmaz. Radyasyon için asıl kritik hedefler, hücre zarı yapısında bulunan karmaşık yapıdaki lipitler, metabolik olarak önemli enzimler ve nükleik asitlerdir.

Bunların hasara uğraması ve fonksiyonların bozulması hücrenin normal fonksiyonunu yitirmesi ve ölümüne yol açabilir.

- **Radyasyonun hücresel düzeyde etkileri**

Radyasyona dirençli hiçbir hücre yoktur. Hücreyi oluşturan yapılardan çekirdek ve özellikle de bölünme hâlindeki kromozomlar, radyasyona hücre sitoplazmasına göre çok daha duyarlıdır. Radyasyonun hücre düzeyindeki en belirgin etkilerinden biri hücre büyümesini baskılamasıdır. Özellikle hücre bölünmesi sırasında (mitoz) radyasyona maruz kalan hücrelerde büyüme kesintiye uğrar. Genel olarak mitotik (bölünme) aktivitesi fazla olan hücrelerin radyasyona duyarlılığının da fazla olduğu düşünülür.

Radyasyon; kromozomların kırılmasına, birbirlerine yapışmasına, kenetlenmesine ve kıvrılmasına yol açabilir. Kromozom kırıkları yeniden organize olabilir, aynı kalabilir veya bir başka kromozomla birleşebilir. Tüm bu değişiklikler mutasyonla sonuçlanabilir veya hücrenin ölümüne yol açabilir.

Radyasyon bundan başka dev hücre oluşumuna da sebep olabilir (gaint cell). Bölünme başlamadan önce radyasyona maruz kalan hücreler artık bölünmez. Metabolik aktiviteleri bir süre daha devam edebilir ve bölünmedikleri için büyümeye devam eder. Dev hücreler hâline gelip sonunda ölür. Oksijen, ısı ve basınç gibi çevresel faktörlerin artışı da hücrelerin radyasyona duyarlılığını artırır.

1.2.2. Radyasyonun Biyolojik Sistemler Üzerine Etkileri

Radyasyonun biyolojik sistemler üzerine etkilerini; Biyolojik sistemleri oluşturan hücreler, Hematopoetik Sistem, Lenfatik Sistem, Reprodüktif Sistem, Gastrointestinal Sistem, Deri, Göz, Merkezî Sinir Sistemi ve Diğer Organlara etkileri şeklinde sınıflandırabiliriz.

- **Biyolojik sistemleri oluşturan hücreler**

Radyasyonun etkisine göre üç grupta incelenebilir. Prekürsör hücreler, farklılaşmakta olan hücreler ve olgun hücreler. Bu hücrelerin herhangi bir biyolojik sistemdeki sayısal oranlarına göre radyasyonun o sistem üzerindeki etkisi değişiklik gösterir.

- **Prekürsör (A**na-kök hücre) **hücreler:** Genellikle mitotik olarak aktiftir.Radyasyona çok duyarlıdır. Bunlar, hematopoetik sistem ve spermatogonia hücreleridir.
- **Farklılaşmakta olan hücreler:** Ana hücrelerden gelişen ve genel özelliklerini kaybederek bazı özel nitelikler kazanmaya başlamış hücrelerdir(hematopoetik serinin prekürsör hücreleri, endotel hücreleri, fibroblastlar). Bunlarda da bölünme olur ve radyasyona duyarlıdır.

- **Olgun hücreler:** Belirli bir fonksiyonu olan hücrelerdir. Mitotik aktiviteleri çok azdır ve rölatif olarak radyasyona dirençlidir(karaciğer hepatositleri, böbrek, tükürük bezi epiteli, nöronlar, eritrositler, kas hücreleri).

➢ **Hematopoetik Sistem**

Kan hücrelerini yapan organlar, radyasyona son derece hassastır. Pratikte, radyasyonun etkilerini araştırmada, lökosit sayımı ve periferik yayma yol gösterici olur.

➢ **Lenfatik Sistem**

Dalak, lenf bezleri ve timus, radyasyona oldukça duyarlıdır. Dalak da radyasyona bağlı olarak mitotik aktivite inhibisyona uğrar, kütlesi azalır. Lenf bezlerinde ise küçülme meydana gelir. Alınan doza göre şişme, ödem ve hemoraji görülebilir. Timusun boyutları ve aktivitesi azalır.

➢ **Reprodüktif Sistem**

Reprodüktif sistem hücreleri radyasyon etkilerine son derece hassastır. Erkekte ana hücreler ve çoğalmakta olan spermetogonia oldukça duyarlıdır. Kadınlarda radyasyon hem ovumu hem de gelişmekte olan folliküleri harap eder. Bu, hormon üretimini azaltır. Total doz, doz hızı ve yaş önemli faktörlerdir.

➢ **Gastrointestinal Sistem**

Mukoza epiteli radyasyona oldukça hassastır. İlk önce mitoz durur. Ödem, dejenerasyon ve nekroz görülür. Bu değişiklikler bulantı, kusma, ishal ve iştahsızlıkla seyreden belirtilere neden olur.

➢ **Deri**

Deri, radyosensitif bir organdır. Deriye radyobiyolojik etkiler; total doza, doz hızına ve radyasyon kalitesine bağlıdır. Radyasyon etkilerini eritem (deride kızarıklık), tırnak ve saçlarda değişiklikler, kıllanmada azalma gibi belirtilerle gösterir. Yüksek dozlarda ise pigmentasyonda bozulma, ülserasyon ve dermatit oluşabilir.

➢ **Göz**

Gözün radyasyona en hassas bölümü lenstir. İyonize radyasyon, düşük dozlarda bile katarakt formasyonuna neden olan lens hasarına yol açar.

➢ **Merkezî Sinir Sistemi**

Radyasyona en dirençli sistemdir. Beyin, medulla spinalise göre daha hassastır. Ancak bu hassasiyet çok yüksek dozlarda oluşur.

- **Diğer organlar**

Kalp, böbrek, karaciğer, pankreas, gibi organlar radyasyona dirençlidir. Ancak çok yüksek dozlarda kanama, enfarktüs, nekroz ve ödem gibi değişiklikler meydana gelebilir.

1.2.3. Doza Bağlı Etkiler

Maruz kalınan radyasyonun miktarına göre gözlenen etkiler iki grupta incelenebilir.

- **Düşük doz radyasyonun biyolojik etkileri**

Radyoloji ve nükleer tıp tetkiklerinde maruz kalınan radyasyon, düşük doz radyasyon olarak kabul edilir. Düşük doz radyasyonun insan üzerindeki etkilerini direkt olarak kanıtlamak mümkün değildir. Genel olarak hâkim olan görüş, radyasyonun oluşturduğu riskin düşük dozlarda bile alınan radyasyon dozuyla direkt orantılı olduğudur. Düşük doz radyasyonun biyolojik etkileri üç başlık altında toplanabilir. Genetik etkiler, kanser indüksiyonu, fetus ve embriyo üzerine etkilerdir.

- **Genetik etkiler:** Radyasyon, canlıların genetik materyali üzerinde kalıcı değişikliklere yol açabilir. Buna **mutasyon** denir. Mutasyon, somatik hücrelerde olursa o hücre ölür veya fonksiyon kaybı görülür. Ancak bu bir sonraki jenerasyona aktarılmaz. Gonat hücrelerinde ise radyasyon sonucu oluşan mutasyon, sonraki jenerasyonlara da aktarılır ve onları etkiler. Radyasyona maruz kalan kromozomlarda ya yapısal ve sayısal değişiklikler oluşur ya da DNA'yı oluşturan kök ve şeker kısmında kırık veya eklenmeler meydana gelir.
- **Kanseronejik etkiler:** Radyasyonun, özellikle düşük doz radyasyonun somatik hücreler üzerindeki önemli bir etkisi de kanser oluşturma potansiyelidir. Kanser yapıcı etki dokuların hassasiyetine, radyasyona maruz kalınan yaşa ve cinse göre değişiklikler gösterir. Örneğin Japonya'da Hiroşima'ya atılan atom bombasından kurtulanlar arasında akut lenfoblastik lösemi, akut ve kronik miyeloblastik lösemi gibi kemik iliği kanserleri ayrıca tiroid ve meme kanserleri insidansında artış olduğu bildirilmiştir.
  Radyasyonun kanser oluşturma mekanizması henüz bilinmemektedir. Mutasyon yoluyla veya latent onkojenik virusları aktive ederek kansere yol açtığına dair görüşler öne sürülmüştür.
- **Embriyo ve fetus üzerine etkileri:** Gebelik sırasında fetusun önemli miktarlarda radyasyona maruz kalması, konjenital anomaliler, büyüme geriliği, doğum sonrası kanser riskinde artma ve ölüme neden olur. Günümüzde embriyo ve fetus üzerindeki diğer sigara, alkol, çeşitli ilaçlar, beslenme bozuklukları ve çevre gibi risk faktörlerinin yanında radyasyonun tek başına kesin bir risk faktörü olduğunu söylemek güçtür. Ancak fetüs üzerinde hasar olasılığını artırdığı ve bu olasılığın artan dozla daha da arttığı söylenebilir.

- **Yüksek doz radyasyonun biyolojik etkileri**

Yüksek doz radyasyonun etkileri akut somatik etkiler ve kronik somatik etkiler şeklindedir.

- **Akut somatik etkiler:** Birkaç dakika ile birkaç saatlik bir sürede, bir defada tüm vücudun büyük miktarlarda radyasyona maruz kalması sonucu oluşan klinik belirtiler ve laboratuvar bulgularının tümüne akut radyasyon sendromu denilmektedir. **Akut radyasyon sendromu şu evrelerden oluşur:**
    - **Başlangıç evresi:** 0-48 saat arasında olur. İştahsızlık, bulantı, terleme, yorgunluk gibi belirtiler ortaya çıkar.
    - **Latent evre:** 48 saat ile 2-3 hafta arasında görülür. Birinci evredeki bulgularda düzelme ile seyreder.
    - **Ağır hastalık evresi:** 2-3 hafta ile 6-8. hafta arasında görülür. Ateş, enfeksiyon, cilt hassasiyeti, saç dökülmesi, hemoraji, diare, letarji, şuur ve algılamada bozukluklar, kardiyovasküler kollaps ortaya çıkabilir. Bu bulguların ortaya çıkışı tamamıyla alınan doza bağlıdır.
    - **İyileşme evresi:** 6-8 haftadan birkaç aya kadar sürebilir.

Akut radyasyona maruz kalmada fonksiyonu ilk bozulan sistem, hematopoetik sistemdir. Hedef organ kemik iliğidir. Kemik iliğindeki hücresel yapılar azalır ve yağlı ilik ile yer değiştirir. Bu yağlı madde, kemik iliğini tamamen doldurabilir. Belirtiler 2-3 hafta içinde ortaya çıkar. Anemi, kanamalar, immün sistemde zayıflama sonucu yorgunluk, ateş, lökopeni, trombositopenik purpura (kılcal damarların, deri içine kanamaları) oluşabilir. Ölüm 3-8 haftada meydana gelir eğer radyasyon dozu biraz daha yüksekse gastrointestinal etkiler ortaya çıkar. 3-5 gün içinde yorgunluk, iştahsızlık, bulantı, kusma, ishal, ateş, dehidratasyon, elektrolit kaybı, dolaşımsal kollaps olabilir. 3-14 gün içinde ölümle sonuçlanabilir.

Çok yüksek dozlarda ise rölatif olarak daha dirençli olan merkezî sinir sisteminde oluşan hasar ölüme yol açar. Etkiler 15 dk ile 3 saat içinde ortaya çıkar. Letarji, tremor (titreme), konvilsüyon, ataksi, koma gelişebilir. Kan beyin bariyeri yıkılır. Ödem, vaskülit ve kafa içi basıncında artma olur. Ölüm 2 gün içinde gelişir. Aslında bu dozda hematopoetik sistem etkilenmiştir. Ancak beyin hasarı nedeniyle çok kısa sürede ölüm oluştuğu için hematolojik bozuklukların ortaya çıkmasına zaman kalmaz.

- **Kronik somatik etkiler:** Radyasyonun kronik somatik etkileri arasında ciltte değişiklik, yanıklar, dermatitlerin kansere dönüşümü, yaşam kalitesinin düşmesi, fizyolojik yaşlanma sürecinin hızlanması, lösemi insidansında artış, selim ve habis tümör insidansında artış sayılabilir.

1.3. Radyasyondan Korunmada Temel Güvenlik Standartları

Radyoloji alanında X ışını kullanarak teşhis ve tedavi amacıyla birçok cihaz kullanılmaktadır. Bu cihazlar, kullandıkları X ışını nedeniyle hastalara kullanım amaçlarına bağlı olarak değişik oranda ışın vermektedir. Radyasyonun tıbbi uygulamaları, toplum için en çok radyasyon dozuna maruz kalınan üst sınır doz (MPD) değerleri uluslararası standartlara uygun olarak belirlenmektedir.

Radyasyon Güvenliği ve Radyasyondan Korunmanın birincil amacı, ışınlamaların yararlı uygulamalarını gereğinden çok sınırlamadan insan yapısı iyonize radyasyonun zararlı etkilerine karşı uygun koruma standardı sağlamaktır. Konu ile ilgili olarak Avrupa Birliği tarafından "Council Directive Euratom 96/29" ile düzenlemeler yapılmış ve Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu tarafından Temel Güvenlik Kuralları serisi olarak da yapılması gerekenler ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

1.3.1. Radyasyon Görevlileri İçin Temel Güvenlik Standartları

Radyasyon görevlileri için etkin doz sınırı 50 mSv/yıl, ardışık beş yılın ortalama 20 mSv olarak belirlenmiştir. El, ayak ve deri için yıllık eş değer doz 500 mSv, göz merceği için 150 mSv'dir (mili Sievert: Radyasyon ölçü birimidir.).

Hamileliği belirlenmiş kadın görevlilerin, çalışma şartlarının yeniden düzenlenmesi amacıyla yönetime haber verilir. Hamileliğin bildirilmesi engel teşkil etmez. Gerekirse çalışma koşulları yeniden düzenlenir. Doğacak çocuğun alacağı dozun mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutulması gerekir ve eş değer doz sınırı 1 mSv olarak sınırlandırılmıştır. Toplum için belirlenen doz sınırlarına uyulması gerekir. Emzirme dönemindeki kadın çalışanlar, radyoaktif riski taşıyan işlerde çalıştırılmaz.

1.3.2. Stajyer Öğrenciler İçin Temel Güvenlik Standartları

TAEK mevzuatı gereği, 18 yaşından küçükler radyasyon uygulaması işinde çalıştırılamaz. Eğitim amaçlı olmak koşuluyla eğitimleri radyasyon kaynaklarının kullanılmasını gerektiren 16-18 yaş arası stajyer ve öğrenciler için etkin doz herhangi bir yılda 6 mSv'i geçemez. Ancak el, ayak, deri için yıllık eş değer doz sınırı 150 mSv, göz merceği için 50 mSv olarak sınırlandırmıştır.

1.3.3. Toplum Üyeleri İçin Temel Güvenlik Standartları

Toplum üyesi kişiler için etkin doz yılda 1 mSv'i geçemez. Özel durumlarda; ardışık beş yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere yılda 5 mSv'e kadar izin verilir. Cilt için yıllık eş değer doz sınırı 50 mSv'dir. Göz merceği için 50 mSv olarak sınırlandırılmıştır.

1.3.4. Diğer Bazı Güvenlik Standartları

Görevli tüm personel, tanı ve tedavinin gerektirdiği radyasyon güvenliği konularında eğitilmiş olmalıdır. Gerek görülen hâllerde tıbbi tanı ve tedavi altındaki hastalara gönüllü ve bilinçli olmak koşuluyla yardım etmek isteyen veya hasta ziyareti için gelen kişilerin alacakları etkin doz, tanı ve tedavi süresince 5 mSv olarak belirlenmiştir.

Doğal radyasyon kaynağı radonun solunumla alınan dozun yıllık dünya ortalaması 1.3 mSv olarak belirlemiştir. Günümüzde enerji korumaya yönelik iyi havalandırılmayan evler ve iş yerlerinin yapılması radondan alınan radyasyon miktarını artırmaktadır.

Radyasyondan korunma, Ulusal ve Uluslararası Yasa, Tüzük ve Yönetmeliklerle sağlanmaktadır. ICRP (Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu) dünya genelinde radyasyon ve biyolojik etkileri üzerine yapılan araştırmaların sonuçlarına dayanarak radyasyondan korunmanın daha etkin yapılması için yayınladığı öneriler ışığında Ulusal Yasa, Tüzük ve Yönetmelikleri güncelleştirmektedir.

1.4. Radyografi Çekim Alanlarının Özellikleri

- Alt, üst ve bitişik alanları daimi mesken olarak kullanılmayan alanlar tercih edilmelidir.

- Oda boyutu x-ışını cihazının özelliğine göre değişmekle birlikte 15 m^2 den küçük olmamalıdır.

- Duvar kalınlıkları en az 29 cm dolu tuğla veya 15 cm beton olmalıdır. Duvar malzeme yapısının farklı olması veya kalınlığının bu değerlerin altında kalması durumunda eşdeğer korunmayı sağlayacak kalınlıkta kurşun plaka ile kaplanmalıdır.

- Birden fazla x-ışını cihazı aynı odaya kurulamaz. Kumanda ünitesi aynı olan cihazlar araya paravan (kurşun veya duvar) konularak kurulabilir.

- Odanın tercihen tek giriş kapısı olmalı ve bu kapı radyasyon sızıntısına izin vermeyecek şekilde 2.0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.

- Oda tetkik dışında başka hiçbir amaçla kullanılmamalıdır.

- Oda kapısı tetkik sırasında mutlaka kapalı tutulmalıdır.

- Cihazın x-ışını tüpü kapıya mümkün olan en uzak bölgeye yerleştirilmelidir. Kumanda ünitesi de tüpten mümkün olan en uzağa konulmalı ve önüne üzerinde hasta gözetlemesini sağlayacak uygun kalınlıkta kurşun eşdeğerli cam bulunan, kullanıcının saçılan radyasyona karşı korunmasını sağlayacak boyut ve tasarımda uygun kalınlıkta kurşun plaka ile kaplanmış paravan bulundurulmalıdır.

- Cihazın x-ışını tüpü direkt kapıya, kumanda ünitesine ve arkası sürekli kullanılan alanlara yönlenmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Saçılan radyasyon için gerekli görülen yerler (masa altı ve akciğer statif arkası gibi) uygun kalınlıkta kurşun plaka ile kaplanmalıdır.

- Odanın havalandırılması aspiratör, vasistas tipi pencere veya merkezî havalandırma sistemi ile sağlanmalıdır.

- Hasta soyunma kabinleri 2.0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.

- Hastaların ve refakatçilerin bekleme yeri oda dışında ayrı bir yerde olmalıdır.

- Odanın bitişik alanı film banyo odasına açılıyor ise duvara açılacak kaset alış veriş penceresi her iki yönden 2.0 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmalıdır.

- Laboratuvar kapılarında ve gerekli görülen yerlerde radyasyon ikaz işaretleri bulundurulmalıdır.

- Işıklı ikaz uyarı sistemi konulmalıdır.

- Odanın radyasyon güvenliği yönünden gerekli koşulları sağlayıp sağlamadığı nihai olarak yerinde yapılacak radyasyon kontrol ve denetimi sırasında tespit edilir.

1.5. Radyografi Çekim Alanlarında Bulunan Araç Gereçler

Radyografi cihazları, x-ışınları kullanan cihazlardır. Modern tıp tarihinde de ilk icat edilen görüntüleme cihazlarıdır. En büyük dezavantajları X-ışını kullanmaları ve bu ışının olumsuz etkisine hem hastaları hem de doktorları maruz bırakmasıdır.

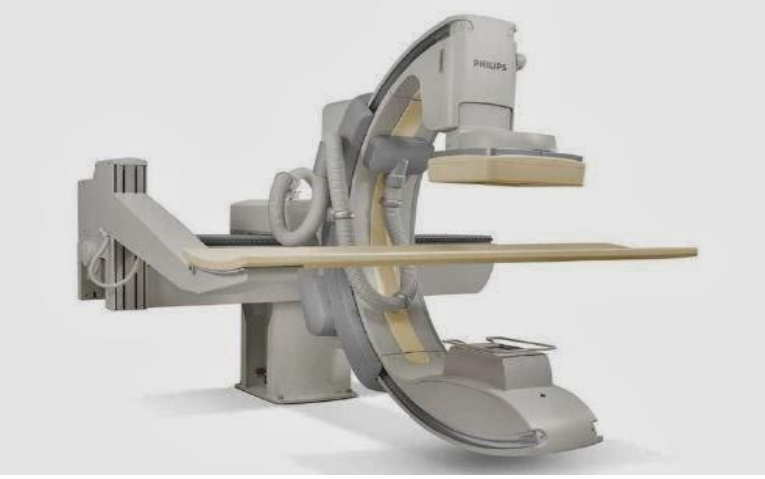
Konvansiyonel Radyografi ve Floroskopi olarak iki ana kola ayırabiliriz. Basitçe bir benzetme yaparsak konvansiyonel radyografi vücudun fotoğrafını çekmek, floroskopi ise canlı videosunu çekmeye benzetilebilir. Tomografi ve MR tetkikleri çok yaygınlaşmasına rağmen bu teknikler de hala yoğun olarak kullanılmaktadır.

Radyografi, daha çok bilinen adı ile röntgen, daha çok sert dokuların görüntülenmesinde (kemik kırıkları, diş görüntüleme vb.) ve akciğer gibi organlarda lezyonların belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bazı durumlarda radyografide de kontrast madde kullanılabilmektedir.

Radyografi cihazları çok çeşitlidir. Konvansiyonel röntgen, mobil röntgen, mammografi gibi cihazların tümü bu kategoriye girmektedir. Eski cihazlar doğrudan filme çeken (analog) cihazlar iken günümüzdeki cihazlar dedektörleri sayesinde çektikleri görüntüleri doğrudan bilgisayara aktarmaktadır (dijital). Aslında analog sistemler de CR Cihazı (Computed Radiography-filmleri tarayarak dijitale çeviren sistemler) sayesinde dijitale dönüşebilmektedir.

Resim 1.1:Röntgen cihazı

Floroskopi, gerçek zamanlı görüntüler almak için kullanılmaktadır. Burada verilen doz, radyografiden çok daha az ama süreklidir. Mide görüntüleme ve anjiyo en çok bilinen örnekleridir. Görüntüleme için kontrast madde adı verilen ve iç organların çalışmasını daha iyi gösteren yardımcı maddeler de kullanılabilir. Bu maddeler kullanılan organa göre baryum, iyot veya hava olabilmektedir. Floroskopi ameliyatlarda da (kemiğe çivi çakılması, kalp pili takılması vb. operasyonlar) yol gösterici olarak kullanılabilir.



Resim 1.2: Floroskopi cihazı

X-ışını kullanan cihazların içinde bulunduğu odaların çok iyi yalıtılması gerekir. Bunun için genellikle 2 mm kalınlığında kurşun levhalar ile odanın 4 duvarı, tavanı, tabanı ve kapıları kaplanmaktadır.

1.6. İleri Tıbbi Görüntüleme Alanları ve Özellikleri

İleri tıbbi görüntüleme odası, radyo dalgalarına karşı geçirgen olmayacak şekilde düzenlenmektedir. Yine kontrol paneli önündeki inceleme odasının görülmesini sağlayan cam da radyo dalgalarına karşı dirençlidir. İnceleme odasının radyo dalgalarına karşı dirençli olması, bilgisayarlardan, TV istasyonlarından veya diğer hastane cihazlarından gelebilecek radyo dalga etkileşimini engeller.

1.7. Görüntüleme cihazları

İnsan bedeni, büyük bir bölümü su olmak üzere kemikler, gazlar ve çeşitli minerallerden meydana gelmiştir. Vücudun içyapısını görüntüleme çalışmaları 1895 yılında William K. Röntgenin X-ışınlarını keşfetmesine kadar uzanır. Tıbbi görüntüleme amacıyla damar içine kateter yerleştirmekten ağız yoluyla alınan boya maddelerine, radyoaktif madde enjekte etmekten ultrasona kadar çok çeşitli teknikler kullanılmıştır. 1950'li yıllardan itibaren hızla gelişen tıbbi görüntüleme teknikleri 1970'li yıllarda bilgisayarlı tomografinin uygulama alanına girmesiyle en üst noktalara ulaşmıştır. Günümüzde nükleer manyetik rezonans gibi yeni görüntüleme tekniklerinin de kullanılması sonucu bu alandaki teknolojik gelişmeler büyük bir hız kazanmıştır. Klinik amaçlarla kullanılan tıbbi görüntüleme sistemleri 5 temel tekniğe dayanmaktadır. Bunlar:

- İnsan vücudundan geçirilen X-ışınlarının ölçülmesi yöntemi,
- Gönderilen ultrason dalgalarının çeşitli dokulardan yansıyarak dönmesi ve ölçülmesi yöntemi,
- Damara enjekte edilen radyoaktif maddelerden yayılan gama ışınlarının ölçülmesi yöntemi,
- Vücuttaki hidrojen atomlarının yüksek manyetik alana maruz bırakılması esasına dayanan nükleer magnetik rezonans yöntemi,
- Termal görüntüleme tekniklerdir.

1.7.1. Röntgen Cihazları

Röntgen, kemiklerdeki ve göğüs dokusu gibi bazı vücut dokularındaki anormallikleri göstermek için 1895 yılından beri kullanılan bir görüntüleme tekniğidir. Radyolojik tanıda kullanılan en geleneksel yöntem olan röntgen, X ışınları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu geleneksel yönetimin son aşamasını sayısal (dijital) tekniklerle çalışan cihazlar oluşturmaktadır. Röntgen cihazları X-ışınlarının vücuttaki dokulardan geçerken dokunun özelliğine göre enerjisini kaybetmesi prensibine göre çalışır ve dokunun film üzerinde değişik gri tonlarda görüntülenmesini sağlar.

Analog röntgen cihazları, görüntüleri fotoğraf baskısına benzer bir yöntemle film üzerine kaydeder. Filmler banyo işleminden sonra incelenebilir hâle gelir.

Dijital röntgenlerde görüntü bilgisi sayısallaştırılarak bilgisayar ortamında saklanabilir. Bu görüntüler otomasyon ağı ile farklı departmanlarda bulunan bilgisayarlar aracılığıyla kolayca incelenebilir hatta uluslararası uzmanlara iletilerek konsültasyon yapılabilir.

Resim 1.3:Röntgen cihazı

1.7.2. Bilgisayarlı Tomografi Sistemi

Bilgisayarlı tomografi x-ışını (röntgen) kullanılarak vücudun istenen bir bölgesinin kesitsel görüntüsünü oluşturmaya yönelik radyolojik teşhis yöntemidir.

Resim 1.4: BT(CT) Bilgisayarlı tomografi cihazı

İnceleme sırasında hasta, bilgisayarlı tomografi cihazının masasında hareket etmeden yatar. Masa elle ya da uzaktan kumanda ile cihazın "gantry" adı verilen açıklığına sokulur. Cihaz bir bilgisayara bağlıdır. X-ışını kaynağı incelenecek hasta etrafında 360 derecelik bir dönüş hareketi gerçekleştirirken "gantry" boyunca dizilmiş dedektörler tarafından x-ışını demetinin vücudu geçen kısmı saptanarak elde edilen veriler bir bilgisayar tarafından işlenir. Sonuçta dokuların birbiri ardı sıra kesitsel görüntüleri oluşturulur. Oluşturulan görüntüler, bilgisayar ekranından izlenebilir. Görüntüler filme aktarılabileceği gibi CD'ye aktarılabilir.

Ayrıca görüntüler bilgisayar tarafından işleme tabi tutularak birbirine dik eksenlerde yeniden yapılandırılmış görüntüler elde edilebilir. Bu görüntülerin de yardımıyla 3 boyutlu görüntüler oluşturulabilir.

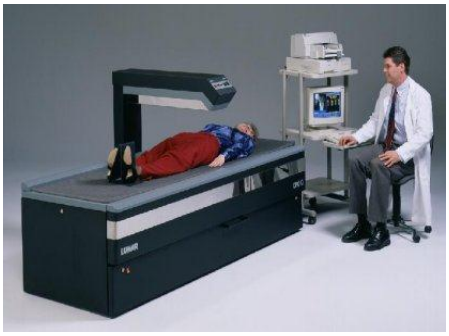
1.7.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme Sistemi

Manyetik rezonans görüntüleme (MR) iyonlaştırıcı olmayan radyo frekansı (RF) kullanan yeni bir görüntüleme yöntemidir. Bu yöntemde manyetik alan içine yerleştirilen vücudun herhangi bir düzleminin görüntüsü elde edilir. Yöntem, görüntü elde etmek için hücre sıvısı ve lipidler içerisindeki hidrojen çekirdeğinin yoğunluğunun dağılımını ve çekirdeğin hareketleri ile ilgili parametreleri kullanır. Başlıca yumuşak dokuları inceleyen bir yöntemdir. Lezyonları daha iyi göstermek amacıyla RF pulsunun uygulama şekli değiştirilerek farklı dokular arasındaki kontrastın artırılabilmesi gibi bir avantajı vardır. Yumuşak doku kontrast çözümleme gücü en yüksek olan radyolojik tanı yöntemidir.

Resim 1.5: EMAR (MRI) manyetik rezonans görüntüleme cihazı

1.7.4. Kemik Mineral Densitometre Cihazı

Kemik densitometre cihazı (DXA-Dual enerji X ray absorpsiyometri) kemik erimesi hastalığının teşhis ve izlenmesinde kullanılan cihazdır. Kemik densitometre cihazı hastaya iki farklı dalga boyunda röntgen ışını göndererek bunların emilimindeki farklılıklardan kemikteki mineral madde miktarını ve yoğunluğunu tespit etmektedir.



Resim 1.6: Kemik mineral densitometre cihazı

1.7.5. Anjiyografi Sistemleri

Anjiyografi; insan vücudundaki tüm damarların içlerine kontrast madde verilerek görüntülerinin çekilmesi anlamında, genel bir tanımlamadır. İnsan vücudundaki tüm organların damarlarının anjiyografileri yapılmaktadır. Yapılan bu anjiyografiler sayesinde damarlar ile ilgili birçok hastalığa sağlıklı biçimde tanı koymak mümkündür.

Anjiyografik işlemler, en sağlıklı şekilde özel olarak geliştirilmiş DSA (Digital Subtraksiyon Anjiyografisi) cihazlarında yapılmaktadır. Bu işleme uygun olmayan cihazlar ile yapılan incelemelerde, tanıda yanılgılar olabilmektedir. Anjiyografi sırasında incelenmesi istenilen damar içine özel olarak geliştirilmiş kateter adı verilen ince bir tüp sistemi ile girilerek kontrast madde verilmekte ve bu sırada seri biçimde görüntüler alınmaktadır.

Resim 1.7: Anjiyografi sistemi

1.7.6. Ultrasonografi-Doppler Cihazları

Ultrason, insan kulağının işitemeyeceği kadar yüksek frekanslı ses dalgalarını kullanarak iç organları görüntüleyen bir tanı yöntemidir. Ultrasonda radyasyon kullanılmaz. Bu nedenle gebelerde ve bebeklerde rahatlıkla kullanılabilir. Cihazdan gönderilen ses dalgaları, hasta vücudundan yansıdıktan sonra gene aynı cihaz tarafından algılanır. Yansıma farklılıkları organdan organa değişir.

Bu nedenle farklı yansımaların olduğu yapılar, farklı görüntüler verir. Normal yapılar içindeki bir tümör ya da kist, ses demetlerini farklı yansıttığı için farklı yapıda gözlenir ve tanı konulur. Görüntü oluşturulması sırasında "prob" hasta vücudunda gezdirilirken altında kalan bölümün kesit görüntüleri, hareketli organlar gibi ekranda kayar. Bu esnada radyolog tanı koyar.

Resim 1.8: US (Ultrason) Cihazı

1.7.7. Gama Kamera, PET (Siklotron), SPECT

Gama kamera 1957 yılında Hal Anger tarafından geliştirilmiştir. Orijinal tasarım halen bazı kaynaklarda Anger kamerası olarak belirtilmektedir. Gama kameralar nükleer tıpta kullanılan tıbbi görüntüleme cihazlarıdır. Gama kamera radyonükleidlerden yayılan gama ışınları ile görüntü oluşturur.

Resim 1.9: Gama kamera

Bir gama kamera gantry'e monte edilmiş bir ya da daha fazla sayıdaki dedektörden oluşan karmaşık bir cihazdır. Cihaz, bir tarama sistemi ve görüntü depolama biriminden oluşur. Görüntüler, hastaya damardan bir kanülle verilen talyum–210 veya sodyum iyodürden yayılan gama fotonlarının incelenen organ etrafında döndürülen dedektörler tarafından algılanır. Bu sinyaller bir bilgisayara aktarılır. Bilgisayar elde ettiği sinyalleri renkli görüntüye çevirerek analizini yapar.

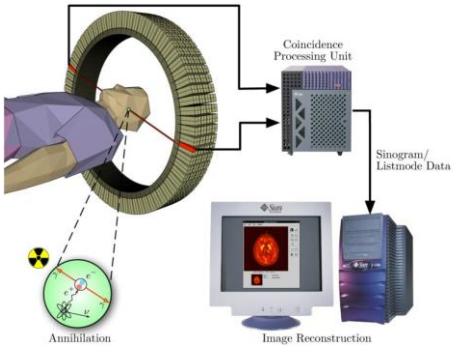
1.7.8. PET (Positron Emission Tomogrophy - Pozitron yayılım tomografisi)

Tarayıcı şekil itibariyle bilgisayarlı tomografi (BT) cihazına benzemekte olup yatar pozisyonda hastanın içinden geçebileceği bir boşluk ve bunun etrafında hasta vücudundan gelen radyoaktif ışınları tespit eden bir gantri ünitesi ile gelen bilgilerin aktarıldığı ve işlendiği bir bilgisayar kısmından oluşur. Görüntülemenin süresi esas olarak tarayıcıdaki algılayıcı kristalin tipine bağlıdır. Gantrideki boşluk çevresinde paketlenmiş küçük parçalar tarzında dizilmiş olan kristaller, hastadan gelen radyoaktif ışınları algılayarak görünebilir ışık hâline çevirir. Kristal sayısı arttıkça sistemin uzaysal çözünürlüğü bir noktaya kadar artar. Uzaysal çözünürlük (ayırım gücü) kabaca, sistemin görebileceği en küçük lezyon boyutunun bir ifadesidir.

Resim 1.10: PET (siklotron) sistemi

1.7.9. SPECT (Single Photon Emission Computerized Tomography - Tek foton yayılım bilgisayarlı tomografi)

Bilgisayarlı tomografi cihazlarına benzeyen ve gama ışınlarıyla gerçekleştirilen nükleer tomografik görüntüleme tekniğidir. SPECT bir gama kamera tarafından farklı açılardan taranan 2 boyutlu görüntüleri, bilgisayar yardımıyla 3 boyutlu tomografik görüntü hâline dönüştürür. Çalışma prensibi açısından gama kameradan hiçbir farkı olmamasına rağmen SPECT sensörleri genellikle180–360 derece dönebilecek şekilde tasarlanmışlardır. Çekim süresi yaklaşık 15–20 dk kadardır.



Resim 1.11: SPECT sistemi

1.8. Radyoterapi Ünitesi

Radyoaktif ışınlar, tıpta teşhis (radyoloji) ve tedavi (radyoterapi) amacıyla yaygın olarak kullanılır. Radyoterapide daha güçlü ışınların kullanılmasına rağmen hasta, tedavi sırasında röntgen çekiminde olduğu gibi işlemi hissetmez. Radyoterapi yüksek enerjili parçacıkların hücre üzerinde oluşturduğu etkiden yararlanılan bir tedavi şeklidir. Radyasyonun tehlikeleri hakkındaki yaygın endişelere karşın tıp, bugün radyasyonun kullanılmasında bilgili ve deneyimlidir. Radyasyon tedavisi, gereği gibi kullanıldığında riski çok az, yararları ise çok daha fazla olan bir tedavi yöntemidir.

Radyoterapi, değişik sistem ve kaynaklardan elde edilen iyonlaştırıcı radyasyonun kanserli dokulara yöneltilerek kanserli dokuların tedavi edilmesidir. Hedef tümörün çevresindeki dokuları tahribata uğratmadan tedavi etmektir. Işın ve şua tedavisi olarak da adlandırılır. Kanserli hücrelerin kromozom ve DNA'larının tahrip edilmesi için iyonize radyasyon kullanılır. Kanserli olgularda ameliyat ve kemoterapi, diğer tedavi yöntemleridir. Radyoterapi tek başına uygulanabileceği gibi ameliyat esnasında, ameliyat öncesi ve sonrası veya kemoterapi ile beraber de uygulanır.

İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturan radyasyon tipidir. Radyoterapide uygulama tekniği olarak iki yöntem mevcuttur. Bunlar ekternal radyoterapi (dıştan) ve brakiterapi (yakından tedavi) yöntemidir.

Resim 1.12: Radyoterapi cihazı

1.8.1. Ekternal (Dıştan) RT

Radyoterapide kullanılan en kolay yöntemdir. Bu yöntemde radyasyon kaynağı, hastadan belirli uzaklıkta bulunur. Işınlama hastaya tek bir alandan verildiği gibi karşılıklı 2 paralel alandan veya 3 ile 4 alandan verilir.

1.8.2. Brakiterapi (Yakından Tedavi)

Radyasyon kaynağı, hastada lokal olarak ışınlanacak yere konularak tedavi sağlanır. Amacı radyoaktif kaynağı hastanın dokusunun içerisine ya da doğal vücut boşluğuna konularak sadece o bölgeye ışın uygulamaktır. Bu tedavi ikiye ayrılır:

- **İnterstisyer tedavi:** Doku ya da tümör içerisine yerleştirilen iğne veya tüp içine radyoaktif madde konularak yapılan tedavidir.

- **İntrakavitar tedavi:** Radyoaktif kaynak, hastanın vücut boşluğu içerisine yerleştirilerek bu bölgenin istenilen dozda ışınlanması sağlanır. Uygulanan radyoaktif kaynağa yakın doku veya tümörde, en yüksek oranda doz dağılımı olur.

1.8.3. Radyoterapinin Önemi

Tanımlanmış tümör hacmine yüksek doğrulukta ölçülmüş maksimum homojen radyasyon dozunun, tümörü çevreleyen sağlıklı dokuya en az zararı vermesi radyoterapinin önemi ve amacını oluşturur. Ayrıca tümörün içindeki hastalıklı hücrelerin ileri hücre bölünmelerini veya çoğalmalarını devamlı olarak durdurmak, tümörün yok olmasını sağlamak, yaşam kalitesini artırmak ve süresini uzatmak, radyoterapi tedavisinin amaçları arasında yer alır.

Radyasyonun tehlikeleri hakkında endişeler olsa da radyoterapi ve radyocerrahi ile kanser tedavisinde başarılı sonuçlar alınır. Radyoterapi tedavisi son teknoloji ürünü olan cihazlarla uygulandığında hastanın hayat kalitesini yükseltir ve tedavi süresini kısaltır.

Tümörlere tedavi amacıyla yüksek enerjili ışın uygulanması olan radyoterapi, kanser tedavisinde kullanılan en etkin tedavilerden biri olarak kabul edilir. Yalnızca kanserli tümörlere değil, kanser olmayan iyi huylu tümörlere de uygulanır. Kanserli hücrelerin büyümesini, üremesini engelleyerek ve normal dokulara yayılmasını önler.

Radyoaktif ışınlar, tedavi edilen bölgedeki kanser hücrelerini yok ederek etkilerini gösterir. Bu arada tedavi alanı içindeki normal hücreler de bu ışınlardan kötü etkilenseler de onların kendilerini onarma yetenekleri vardır. Radyasyona bağlı normal doku hasarı çoğu kez geçicidir. Muhtemel yan etkilerden olabildiğince kaçınmak amacıyla radyoterapide verilmesi planlanan toplam doz seanslara bölünerek verilir. Genellikle haftanın beş günü günde bir seans şeklinde uygulanır ve hafta sonu hastanın dinlenmesi gerekir. Böylece normal hücrelerin iyileşmesine de fırsat tanınmış olur.

1.9. Portabl (Seyyar) Röntgen Cihazı

Bu cihazlar, radyoloji ünitesine gidemeyecek ya da götürülmesi zor hastalar için kullanılan cihazlardır.

Portabl röntgen cihazları, hastanelerin acil servislerinde, yoğun bakım ünitelerinde, ameliyathanelerde, klinik ve servislerde hasta yatak başında çekim yapmak için kullanılmaktadır. Özetle acil röntgen çekilmesi gereken, röntgen ünitesine gidemeyecek durumda veya götürülmesi zor olan hastaların yatağına bu cihaz götürülerek çekim yapılmaktadır.

Bu cihazla çekim esnasında hastanın kendi yatağında daha rahat pozisyon alabilmesi sağlanmaktadır. Daha az radyasyon kullanılarak çekilen grafiler, hastane içerisindeki ağ bağlantısı aracılığıyla hastayı muayene eden hekimin bilgisayarına gönderilebilmektedir. Cihazlardaki dijital sistem özelliğiyle film almak için bekleme ve hastaların ellerinde röntgen filmleriyle klinik klinik dolaşması devri sona ermiştir. Ayrıca bu sayede hastalara verilen filmlerin doğada oluşturduğu kimyasal atığın da önüne geçilmiştir. Cihazlar özellikle durumu acil olan vatandaşlarımızın hastalıklarına süratle tanı konulmasına ve buna göre de uygun tedavi protokollerinin hazırlanmasına büyük katkı sağlayacaktır.

Resim 1.13: Dijital Portabl Röntgen Cihazı

1.10. Diğer Radyografi/Radyoskopi Alanları

- Radyografi cihazları özellikle borular, basınçlı kazanlar, her türlü makine aksamları, kaynak dikişleri, araç lastik ve jantları, uçak kanatları gibi malzemelerdeki hata ve aşınmaları tespit etmekte kullanılır. Radyasyonun malzemeden geçerek görüntünün film yerine monitörden alınması ise radyoskopi olarak adlandırılır. Bu teknik özellikle jant, lastik, elektronik kart gibi malzemelerin yapısındaki hataların izlenmesinde yaygın olarak kullanılır.

- Demir, çelik, lastik, kâğıt, plastik, çimento, şeker gibi birçok sanayi ürününün üretim aşamasındaki kalınlık, seviye, nem ve yoğunluk ölçümleri radyasyondan yararlanılarak yapılmaktadır. Kalınlık, seviye, nem ve yoğunluk ölçümü, malzemenin içerisinden geçen radyasyon şiddetinin zayıflaması esasına dayanmaktadır.

- Havaalanı pisti ve yol yapımı gibi çalışmalarda zemin malzemesinin nem ve yoğunluk ölçümleri taşınabilir (mobil) radyasyon kaynaklarından yararlanılarak yapılmaktadır.

- Akarsularda debi ölçümü, barajlarda su kaçaklarının tespiti, yeraltı sularının hareketlerinin takibi gibi diğer endüstriyel uygulamalar radyasyon sayesinde hem daha ucuz hem de daha kolay bir şekilde yapılmaktadır. Petrol aramalarında belirli derinliklerdeki nem ve yoğunluk ölçümünde de radyoaktif kaynaklar kullanılmaktadır.

- Radyasyon ile ışınlama yöntemi; gıdaların raf ömürlerinin uzatılmasında, tek kullanımlık atılabilir tıbbi malzemelerin sterilizasyonunda, plastik malzemelerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinde, tarımda tohumların daha verimli ve dayanıklı hâle getirilmesinde kullanılır.

- Havaalanı, kargo, gümrük, liman, alışveriş merkezleri gibi yerlerde güvenlik amacı ile araç, çanta, bagaj ve paketlerin içlerinin görüntülenmesinde radyasyon kaynakları kullanılmaktadır. Paket/bagaj kontrol cihazlarında X-ışını kaynağı bulunmaktadır. Sınır kapılarında insan ve malzeme kaçakçılığının önlenmesi amacıyla tır, kamyon gibi yük taşıma araçlarının içerisinin görüntülenmesinde ise lineer hızlandırıcılar veya Co-60 kaynakları kullanılmaktadır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını tamamladığınızda radyasyonun biyolojik etkilerini öğrenerek radyasyondan korunma önlemlerini alınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Işınlamalarda gereklilik ilkesine uyunuz.	➢ Ülkemizde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) önerilerini İnternet ortamında ve diğer kaynaklardan okuyabilirsiniz.
➢ Optimizasyon ilkesi doğrultusunda hastaları mümkün olan en az radyasyon dozuna maruz bırakınız.	➢ ICRP tarafından belirlenen tüzük ve yönetmelikleri İnternet ortamından ve diğer kaynaklardan okuyabilirsiniz.
➢ Doz limitleri ilkesi esas alınarak belirlenmiş doz (MPD) değer sınırlarını aşmayınız.	➢ ICRP tarafından önerilen ve ulusal yönetmeliklere giren en son doz sınırlarını İnternet ortamından ve diğer kaynaklardan okuyabilirsiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi akut radyasyona maruz kalmada ilk fonksiyonu bozulan sistemdir?
A) Merkezî sinir sistemi
B) Diğer organlar
C) Gastrointestinal sistem
D) Reprodüktif sistem
E) Hematopoetik

2. Düşük doz radyasyonun somatik hücreler üzerinde oluşturduğu etki aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?
A) Kanser
B) Nefrit
C) Astım
D) Siroz
E) Pnomöni

3. Gebelik sırasında fetusun önemli miktarlarda radyasyona maruz kalması aşağıdaki hangi fonksiyon bozukluklarını ortaya çıkarır?
A) Pepsin ve asit salgısında azalma
B) Lenf bezlerinde küçülme
C) Yanıklar
D) Konjenital anomaliler, büyüme geriliği
E) Emilimde bozulma

4. Aşağıdakilerden hangisi iyonlayıcı radyasyon kullanılın odaların yerinin belirlenmesi için doğru ölçüt <u>değildir?</u>
A) Havalandırmanın çok iyi sağlanması gerekir.
B) Sağlık merkezinin bahçesinde, bağımsız bir alanda olması gerekir.
C) Mümkün olduğunca zemin kat ve dış mekânlara komşu kesimlerin tercih edilmesi gerekir.
D) Bol güneş alabilmesi gerekir.
E) Alt, üst ve bitişik alanlarının daimi mesken, okul, iş yeri vb. olarak kullanılmaması gerekir.

5. Radyofrekans (RF) dalgaları kullanarak görüntü elde etme yöntemi Radyolojinin hangi alanı ile ilgilidir?
A) Bilgisayarlı tomografi
B) Ultrasonografi
C) Manyetik rözenans görüntüleme
D) Radyoterapi
E) Radyoskopi/Floroskopi

6. Radyasyonun zararlı etkileri göz önünde bulundurularak radyasyon ışınlanmasını gerektiren uygulama yapılmasının gerçekten kabul edilir olup olmadığı aşağıdaki hangi doz sınırlama sistemi ilkesini kapsamaktadır?
A) Gereklilik limit ilkesi
B) Limit ilkesi
C) Doz limit ilkesi
D) Optimizasyon ilkesi
E) Gereklilik ilkesi

7. Akut radyasyona maruz kalmada fonksiyonu ilk bozulan organ hangisidir?
A) Kemik iliği
B) Dalak
C) Karaciğer
D) Akciğer
E) Kalp

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplar+ınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

ÖĞRENME KAZANIMI

Radyasyondan korunma mevzuatına göre radyolojik incelemelerde sağlık profesyoneline yardım edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sağlık kuruluşlarının Radyoloji ünitelerini inceleyerek yapılan radyolojik incelemeler hakkında bilgi toplayarak arkadaşlarınız ile paylaşınız.

2. RADYOLOJİ ÜNİTELERİNDE KULLANILAN KORUYUCU EKİPMANLAR

Radyoloji ünitelerinde çalışan personel radyasyonun zararlı etkisinden korunmak için koruyucu ekipmanları mutlaka kullanmak zorundadır.

2.1. Koruyucu Ekipmanlar

2.1.1. Kurşunlu Önlükler

Radyasyon çalışanları, radyoloji laboratuvarında çalışırken kurşunlu önlük kullanmalıdır. Kurşunlu önlükler direk x-ışınından değil, ikincil (yansıyan) radyasyona karşı bir koruma sağlamak üzere tasarlanır. Uzun süre, giyilebilmeleri için mümkün olduğu kadar hafif olmaları gerekir. Direk gelen radyasyon ışınından korunmak için ışın kaynağının gücü ve mesafesine göre 1.5mm, 2mm Pb veya daha yüksek koruma sağlayan kurşunlu paravan gibi ürünlerin kullanılması gerekir.

Resim 2.1: Kurşunlu önlük

Koruyucu önlüklerin özelliklerini kaybetmemeleri için doğru şekilde asılmalarına, direk güneş ışınları veya ısı yayan radyatör gibi yerlerden uzak muhafaza edilmeleri gerekir.

2.1.2. Yüz Koruyucular

Bunlar, yüzü radyasyondan koruma amaçlı ışığa karşı saydam özellikteki aksesuarlardır.

2.1.3. Boyun Koruyucular

Radyasyon yayımının yüksek olduğu alanlarda korunma amaçlı, tiroid (kalkan) bezini korumak için boyun etrafını saran kurşunlu boyun koruyucusudur.

Resim 2.2: Tiroid koruyucu

2.1.4. Kurşunlu Gözlükler

Radyasyon görevlilerinin gözlerini radyasyondan korumak amacıyla camları kurşun içeren gözlükler kullanılır. Tv donanımlı olmayan floroskopi cıhazlarıyla yapılan incelemelerde bu gözlükler kullanılır. Gözlükler incelemeye başlamadan en az 10 dk önce takılır.

Resim 2.3:Kurşunlu gözlükler

2.1.5. Kurşunlu Eldivenler

Özellikle floroskopi cihazları ile yapılacak incelemelerde kurşunlu önlüklerle beraber, kurşunlu eldivenler de kullanılır. Kurşunlu eldivenler, ön, arka ve bilekler dâhil zırhlayabilecek özellikte olmalı ve 150 Kv değerine kadar olan cihazlarda kurşunlu eldivenler en az 0,25 mm kalınlıkta olmalıdır.

Kurşunlu eldivenler katlanmadan saklanmalıdır. Çünkü katlanan yerlerde oluşan çatlaklıklar radyasyonu yeterince absorbe edemez ve gerekli korunma sağlanamaz. Bu nedenle çatlamış olan kurşunlu eldivenler kullanılmaz.

2.1.6. Kurşunlu Paravanlar

Radyoloji departmanında, kumanda masası dışarıda değil ise kumanda masası önünde en az 2 m eninde ve 2,25 yüksekliğinde kurşunlu paravan bulundurulur. Kumanda masası ile inceleme masası arasında en az 1,5 m mesafe olmalıdır. Işınlama sürecinde radyasyon kaynağında uzak durmaya önem gösterilmelidir. Radyografi sırasında kurşun paravan arkasında durulmalı, yardıma ihtiyacı olan hastalar olduğu zaman gerekli önlemler alınarak hasta yakınlarından yardım istenmelidir.

Resim 2.4:Kurşunlu Paravan

2.2. Koruyucu Ekipmanların Kullanım Amacı

Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nde geçen Doz Sınırlama Sisteminin Temel İlkeleri'nden Optimizasyon ilkesine göre; radyasyona maruz kalmaya sebep olan uygulamalarda, olası tüm ışınlanmalar için bireysel dozların büyüklüğü, ışınlanacak kişilerin sayısı, ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurularak mümkün olan en düşük dozun alınması sağlanmalıdır. Ayrıca Yönetmelik hükümlerine göre; yapılan işin niteliğine uygun koruyucu giysi ve teçhizat kullanılmalı, buna ek olarak denetimli alanlar içinde koruyucu giysi ve araçlar kullanılması gerekliliğini gösteren uyarı işaretleri bulunmalıdır.

Radyoloji ünitelerinde çekim sırasında yalnızca radyasyon görevlisi kişiler içeriye alınabilir. İçerideki personelin mutlaka koruyucu giysi kullanması ve radyasyon kaynağından mümkün olduğunca uzakta durması gerekmektedir. Lisanslı röntgen laboratuvarlarında çekim sırasında kurşun paravanla veya oda dışında bulunan kurşun eşdeğer gözetleme penceresi ile korunan kumanda ünitelerinde bulunan personelin ayrıca koruyucu giysi kullanması zorunlu değildir. Ancak girişimsel radyoloji uygulamalarında denetimli alan içinde bulunan tüm personelin uygun koruyucu giysi ve hareketli koruyucu paravan kullanması gerekmektedir.

Yönetmelik hükümlerine göre; gerek görülen hâllerde tıbbi tanı ve tedavi altındaki hastalara gönüllü ve bilinçli olmak koşuluyla yardım etmek isteyen veya hasta ziyareti için gelen kişilerin alacakları etkin doz, tanı ve tedavi süresince 5 mSv değerini aşamaz. Bu kapsamda çekim sırasında hastaya yardım etmek amacıyla zorunlu olarak denetimli alanda bulunan hasta yakınlarının hastadan saçılan ışınlardan korunmaları için mutlaka kurşun önlük kullanmaları sağlanmalıdır.

Ayrıca özellikle çocuk hastaların gonad bölgesi birincil ışına maruz kalacak ise çekilecek bölgeyi kapatmayacak şekilde gonad koruyucu önlük veya uygun boyutta kesilmiş kurşun levhalar ile hastanın korunması sağlanmalıdır.

Koruyucu giysinin cinsi ve giysinin kurşun kalınlığı yapılan radyoloji uygulamasına uygun şekilde seçilmelidir. Röntgen cihazları ile çalışılıyor ise kullanılan koruyucu giysi kalınlığı en az 0.25 mm, girişimsel radyoloji çalışmalarında ise en az 0.5 mm kurşun kalınlığında olmalıdır. Girişimsel radyoloji uygulamalarında, tiroidin ayrıca korunması gerekir. Kurşun önlükler kullanılan enerjiye bağlı olarak radyasyonu ortalama % 90-95 oranında durdurmaktadır.

2.3. Hasta ve Toplum Üyelerinin Radyasyondan Korunması

2.3.1. Hastaları Radyasyondan Koruma

Hasta ve toplum üyelerini radyasyondan koruma, genel ve özel durumlarda hastaları radyasyondan koruma olmak üzere iki başlık altında anlatılacaktır.

- **Genel durumlarda hastaları radyasyondan koruma**

En yüksek radyasyon dozunu, tetkiki yapılan hasta almakla birlikte, personel kendi aldığı dozun hastanın aldığı doz ile orantılı olduğunu bilerek her zaman gerekli önlemleri almalıdır. Temel radyasyon güvenliği standartlarına uygun olarak radyolojik tetkiki talep eden doktorun ışınlanmanın zararlı sonuçlarını göz önünde bulundurarak net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulaması için talepte bulunmamalı; radyolojik tetkiki yapacak personel de düzenli aralıklarla kalite kontrol denetimi yaparak kullandıkları cihazların daima doğru çalışmasını sağlamalıdır.

Genellikle hastanelerde, radyoloji bölümlerine gidemeyen, yatan hastaların yanına götürülebilen hareketli X-ışını cihazları bulunur. Tetkik esnasında hastanın yanında başka hastalar ve tetkike yardımcı personel bulunabileceği için bu cihazların kullanımında özel önlemlerin alınması gerekir. Personel bu durumda alması gereken önlemler hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Örneğin; uzatma kablosu en az 2 m uzunluğunda olmalı ve çekimler kablonun uzanabildiği en uzak noktadan yapılmalı, her hareketli cihazın kendisine ait bir koruyucu önlüğü olmalıdır. Hareketli cihazlar, sadece hastanın röntgen bölümüne gidemediği durumlarda kullanılmalıdır.

Gereksiz radyasyon dozlarından kaçınmak için aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir.

- Radyoloji teknisyeni, hekimin yazılı kararı olmayan hiçbir ışınlamayı yapmamalıdır.

- Radyolojik yönden incelenmesi gereken hastaların öncelikle varsa eski film veya raporları değerlendirilmelidir.

- X-ışını tüpü çalışırken teşhis odasında hasta, hekim ve teknisyen dışında hiç kimse bulunmamalıdır.

- Laboratuvar kapıları, çalışma anında sürekli kapalı tutulmalıdır.

- X-ışını tüpü birincil ışın doğrudan kapıya, pencereye, kontrol paneline, meşgul edilen alanlara yönlendirilmemeli; birincil ışının meşgul edilmeyen alanlara yönlendirilmesi tercih edilmelidir.

- Faydalı ışın demetini klinik sahada sınırlayabilecek uygun tertibatlar olmalı (diyaframlar, koniler veya ayarlanabilir kolimatörler) faydalı ışın demetinin profilini göstermek için bir ışıklı yer tayin edici kullanılmalıdır.

- Radyografik uygulama sırasında mümkün olan en küçük alan kullanılmalıdır. Çocuk doğurma çağındaki kadın hastaların karın bölgeleri ve erkeklerin gonadlarını koruyucu önlemler alınmalıdır. Örneğin, testisler ışın alanının sadece birkaç cm dışındayken bile on kat daha az radyasyon dozu alır.

- Bütün teşhis çalışmalarında hastanın ve görevli personelin ve gerektiğinde yardımcı personelin gonadlarının korunması için özel dikkat gösterilmeli ve önlem alınmalıdır. Çocuk hastaların tetkik çalışmalarında sabitleştirici malzemelerin kullanılması aynı filmin tekrar tekrar çekilmesini önleyecektir.

- Filim çekimi sırasında görevli personel hiçbir şekilde hastaları elle tutmamalıdır. Eğer tutması gerekiyor ise özellikle çocuk hastalar, hasta yakınları tarafından tutulmalıdır. Bu esnada hastayı tutan şahıs kurşunlu önlük ve eldiven giymelidir. Gereğinde mekanik destekleyicilerden yararlanılmalıdır.

- Şiddetlendirici ekran veya hızlı film kullanılması hasta dozunu azaltacaktır.

- Mümkün olduğu ölçülerde yüksek kV ve düşük mA' da çalışılmalıdır.

- Diyafram kontrol düğmeleri, hekim veya teknisyenin ellerinin ışınlanmasını önleyecek şekilde zırhlanmış olmalıdır.

- Floroskopik tetkiklerde kurşunlu önlük ve troid koruyucusu kullanılmalıdır. (Kurşunlu önlük en az 0.25 mm kurşun eşdeğerinde olmalıdır. Gerektiğinde kullanılmak üzere kurşunlu eldivenlerde aynı eşdeğerde olmalıdır.).

- Kurşunlu önlük ve eldivenler, yırtılma ve çatlamalarını kontrol etmek için belirli aralıklarla skopi veya radyografi ile kontrol edilmelidir.
- Kullanılan skopi sandalyesi 1.5 mm kalınlığında kurşun plaka ile kaplanmış veya aynı korumayı verebilecek eşdeğerde olmalıdır.

- Skopi çalışmalarında, hasta dozunu minimum tutabilmek için;

  - Düşük tüp akımı (mA) ile çalışılması,
  - Hızlı ekran kullanılması,
  - Mümkünse görüntü şiddetlendiricileri kullanılması,
  - Diyaframların ayarlanması,
  - Uygun filtrelerin kullanılması,
  - Hekim veya teknisyen tarafından kırmızı cam gözlük kullanılarak gerekli karanlık adaptasyonu sağlanması,
  - Gerekli tetkik zamanı minimum tutulmalı ve toplam ışınlama zamanını ölçmek için zaman ayarlayıcının kullanılmaması gerekir.

- Tomografik tetkiklerde ise X-ışın alanı dikkatli bir biçimde pozisyonlandırılmalıdır. (Örneğin kafa çekimlerinde gantriye verilecek doğru açı hassas organların özellikle gözlerin ışın alanının dışında tutulmasını sağlar.).

- Radyasyonla çalışan kişiler düzenli olarak cep veya film dozimetresi kullanmalıdırlar.

- Hayati önem arz etmedikçe hamile ve hamile olma ihtimali bulunan bayanların filmleri çekilmemelidir.

- Röntgen filmi çekenlerin bu iş için önceden eğitilmiş olması şarttır. Ayrıca yetkili şahıstan başkası röntgen cihazını kullanmamalıdır. Yetkili şahıs, kanunların bu iş için izin verdiği şahıstır.

Bu hususlara uyulması her zaman mümkün olmayabilir ancak radyasyonun doğru uygulama prensipleri ve As Low As Reasonable Achievable (ALARA) prensibi gereğince hasta dozunu en aza indirmek için bütün imkânlar kullanılmalıdır. Hasta dozunun en aza indirilmesinin, mesleki ışınlanmalara bağlı olarak alınacak dozların da en aza indirilmesini sağlayacağı unutulmamalıdır.

- **Özel durumlarda hastaları radyasyondan koruma**

Bu koruma şekli; hamile olasılığı olan hastaları, hamileliği bilinenleri, hamile radyasyon görevlilerini, üreme organlarına yönelik koruyucu önlemler ve diğer özel durumlardaki hastaları radyasyondan koruma olmak üzere beş grupta ele alınır.

- **Hamile olasılığı olan hastaları radyasyondan koruma:** Hamile olma olasılığı olan hastalara, pelvis bölgesinden farklı diğer vücut bölgelerine radyolojik tetkik yapılacaksa uygun kolimasyon yapılarak ve pelvis

bölgesi kurşun koruyucularla örtülerek yapılır. Pelvis bölgesine ve bu bölgeye yakın bölgelere radyolojik tetkik yapılacaksa menstrüasyon başladıktan sonraki 10 gün içinde yapılmalıdır. Radyoloji departmanlarında hamileleri uyarıcı yazılar bulunmalıdır.

Resim 2.5:Hamile uyarı yazısı

- Hamileliği bilinen hastaları radyasyondan koruma: **Hamile olduğu bilinen**hastalarda, öncelikle ilk üç ay içinde radyolojik tetkik, mümkün olduğunca yapılmamalıdır. Hastaya radyolojik tetkik yapılacaksa radyolog veya sorumlu hekim durumu tekrar gözden geçirmelidir. Eğer çekimin yapılması zorunlu ise mümkün olduğunca az radyografi çekilmelidir. Floroskopi yapılacaksa zaman mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Radyolojik incelemeler yapılırken karın kısmı kurşun örtü ile korunur.
- Hamile radyasyon görevlilerini radyasyondan koruma: Hamileliği belirlenmiş kadın radyasyon çalışanı, çalışma şartlarının yeniden düzenlenebilmesi amacıyla yönetimi haberdar eder. Hamileliğin bildirilmesi kadın çalışanın çalışmasına engel teşkil etmez; gerekiyorsa çalışma koşulları yeniden düzenlenir. Bu nedenle doğacak çocuğun alacağı dozun mümkün olduğu kadar düşük düzeyde tutulması sağlanır ve toplum için belirlenen doz sınırlarına uyulur.

Emzirme dönemindeki kadın çalışanlar, radyoaktif kontaminasyon riski taşıyan işlerde çalıştırılmazlar. Çalışma durumu söz konusu olduğu durumlarda ise kurşun koruyucular kullanılır.

- Üreme organlarına yönelik koruyucu önlemler: İncelenen alanı engellemediği sürece her türlü durumda gonadlar kurşun bir tabaka ile örtülerek korunmalıdır. Özellikle seri çekim gerektiren doğuştan bel çıkıklığı olan çocuklar korunma çok önemlidir.
- Diğer özel durumlarda hastaları radyasyondan koruma: Büyüme ve gelişme geriliği olan çocuklarda, klinik ve laboratuvar incelemeleriyle üriner sistem patolojisi saptanmamışsa ürografi (İVP) incelemesi

yapılmamalıdır. Ayrıca hipertansiyon araştırmasında da ürografi incelemesinden kaçınılmalıdır. Lokalize bulgu mevcut değilse paranasal sinüslerin radyolojik incelemesi yapılmamalı, kalbin rutin fluoroskopik incelemesinden de kaçınılmalıdır.

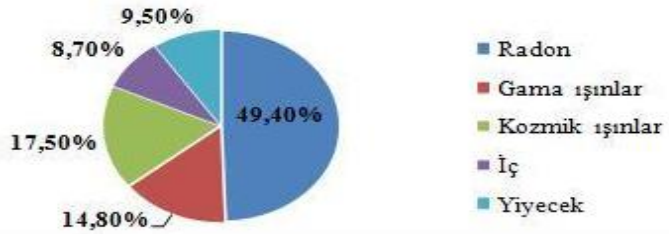
2.3.2. Toplum Üyelerini Radyasyondan Koruma

Toplum üyesi kişinin doğal radyoaktivite dışındaki tüm nedenlerden dolayı maruz kalacağı radyasyon dozu, çevreye radyasyon ve radyoaktif madde yayılmaları yönetmelikler+e göre kontrol edilir.

- **Toplumu doğal ve yapay radyasyonlardan koruma**

Toplum üyeleri doğal ve yapay radyasyonların etkisi altındadır. Doğada mevcut radyoaktif elementlerden yayılan gamma ışınları ve radon gazı ile tıbbi ve endüstriyel uygulamalar, radyoaktif madde içeren tüketici ürünleri gibi birçok faktör toplumun maruz kaldığı radyasyon miktarını etkilemektedir. Buna göre; yaşanan yer, bölgenin toprak yapısı, binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava koşulları vb. faktörlere bağlı olarak toplum üyelerinin maruz kaldığı radyasyon miktarı değişmektedir. Ancak doğal ve yapay radyasyonlar karşısında toplum üyelerinin maruz kaldığı yıllık ortalama radyasyon miktarının dünya ortalaması 2,7 mSv kadardır.

- **Doğal radyasyon kaynakları:** İnsanoğlu ve diğer canlılar, milyonlarca yıldan berievrenden gelen kozmik ışınlar ve yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayılan radyasyonla ışınlanmaktadır. Soluduğumuz hava ile içtiğimiz su ve toprakta bulunan doğal radyoaktif maddelerden dolayı bütün yediklerimiz ve içtiklerimiz bir miktar radyoaktiftir. Tüm canlılar varoluşlarından bu yana sürekli olarak doğal radyasyonla iç içe yaşamaktadırlar.



Grafik 2.1: Doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan küresel radyasyon dozlarının oransal değerleri

- **Kozmik radyasyon:** Dünyamız, uzaydan gelen yüksek enerjili parçacıklarla sürekli olarak bombardıman edilmektedir. Yüksek enerjili parçacıkların büyük bir çoğunluğu atmosfere ulaşan protonlardır. Güneşteki patlamalara, yerin manyetik alanına ve yerküreden yüksekliğe bağlı olarak kozmik ışınların yoğunluğu değişir. Dünyaya ulaşan bu radyasyonun önemli bir bölümü atmosfer (özellikle ozon tabakası) tarafından soğrulur. Aynı zamanda hidrojen atomları radyoaktif izotop (H3) hâline dönüşür. Bu nedenle kozmik ışın yoğunluğu, ekvatordan

kutuplara gidildikçe artar. İnsanların aldığı radyasyon enlem arttıkça artar. Bu ışınların büyük bir kısmı dünya atmosferinden geçmeye çalışırken tutulurlar. Yani atmosferimiz kısmi olarak radyasyonu zırhlar. Bu yüzden atmosferimiz de bir radyoaktif kaynağıdır.

Deniz seviyesine yaklaştıkça kozmik ışınların yoğunluğu dolayısıyla doz miktarı da azalır. Bir pilotun uçuş süresince maruz kaldığı kozmik ışın miktarı ise deniz seviyesindeki insanlara göre 20 kat daha fazladır.

- **Radon gazı:** Doğal radyoaktif elementlerin yaydığı gamma ışınları nedeniyle topraktan alınan radyasyon dozunun dünya ortalaması yılda 0,46 mSv olarak bulunmuştur. Yer kabuğunda yaygın olarak bulunan Radyum-226 tarafından salınan radon gazı yüzeye çıktığında binaların içine girerek dış ortamdan yüzlerce kat daha fazla etkide bulunabilir. Radon kimyasal olarak etkisizdir, doğal olarak ortaya çıkan bu radyoaktif gaz kokusuz ve renksizdir. Radon gazı, topraktan havaya kolaylıkla sızar ve alfa partikülleri denen iyonlaştırıcı radyasyon yayar. Bu partiküller solunum yollarımıza yerleşebilir ve DNA'ya zarar vererek akciğer kanserine yol açabilir. Radon gazı evlerimize; bina çatlaklarından, zemindeki boşluklardan ve drenajdan girer. Evlerde radona daha az maruz kalmak için bina çatlaklarını kapatmak ve toprağa yakın katları havalandırmak gerekir. Radon, içme suyunda da bulunabilir ve konsantrasyonu suyun kaynağına göre değişir ve konsantrasyon, zaman zaman tehlikeli seviyelere ulaşabilir
- **Yiyecek içecekler**: Radyoaktif maddeler doğada her yerde bulunduğundan yiyecek ve içeceklerimizde de bulunmaktadır. Yediğimiz içtiğimiz her şey, su dâhil biraz radyoaktiftir. Toprakta ve suda bulunan doğal radyoaktif maddeler, su ile birlikte bitkilere geçer. Bu bitkileri tüketen hayvanlar da bir miktar radyoaktif hâle gelir. İnsanlar da beslenme zincirinde bulunan hayvansal besinleri tüketerek radyoaktif madde alırlar. Özellikle kabuklu yiyecekler daha fazla radyoaktif madde içerirler ve bu ürünleri fazla miktarda tüketen insanlar, bu ortalamanın üzerinde bir radyasyon dozu alırlar.
- Yiyecek, içecek ve teneffüs ettiğimiz havadan maruz kaldığımız dozun dünya ortalaması 0.25 mSv/yıl'dır.
- **Dış ışınlanma**: Oluşumundan itibaren, yerkürede bazı radyoaktif maddeler bulunmaktadır. Yer kabuğuna ait radyasyon düşük konsantrasyonda bütün toprak ve kayalara dağılmış olarak bulunur. Doğal radyasyon dozu bölgeden bölgeye değiştiğinden yaşanacak bölge tercihinde bu durumu dikkate alınmalıdır.
- **Ultraviyole ışınlar**: Ultraviyole ışınların en büyük kaynağı güneştir. Güneşten yayılan enerjinin yaklaşık % 9'u ultraviyole radyasyonudur. Güneş tarafından yayılan şiddetli ultraviyole ışınlarının büyük bölümü, atmosferin ozon tabakasında süzülür ve dünya yüzeyine, yaşam için gerekli olan az bir kısmı ulaşır. Ultraviyole ışınlar, canlılar üzerinde deride, kızarma (eritem) ve göz kamaşması (kar körlüğü) gibi fotokimyasal etkilerde bulunabilir. Bu tür fotokimyasal etkilere karşı

plastikten yapılmış koruyucu gözlükler ve opak (ışığı tutan) elbise ve perdeler kullanılmalıdır.

- **Laser ışınlar**: Laser ışınları, göz merceği tarafından retina tabakası üzerine odaklanarak hasara yol açabilir. Bu nedenle laser ışınlarına çıplak gözle bakılmamalı; lasere uygun gözlükler kullanılmalıdır.
- **Kızılaltı Işınlar:** Bu ışınlar, güneşin gönderdiği ışınların büyük bölümünü teşkil eder. Kızılaltı ışınların canlılar üzerinde ısı etkisi olduğundan, kısa vadede deri yanmaları, uzun vadede ise katarakt denen göz hastalığına yol açabilir. Bu nedenle; kızıl ötesi ışınların göz üzerindeki etkisine karşı koruyucu gözlükler kullanılmalıdır.

➢ **Yapay radyasyon kaynakları**

Bu kaynaklar; tıbbı uygulamalar, endüstriyel uygulamalar, nükleer serpinti, nükleer güç santralleri ve tüketici ürünleridir.

- Tıbbi uygulamalar
  Tıbbi alandaki radyasyon uygulamaları, radyasyonla görüntü elde edebilme ve radyasyonun hücre veya tümörleri yok edebilme yeteneğine sahip olması temeline dayanır. Bu iki özelliğinden dolayı radyasyon hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli rol oynar. Tanı ve tedavi amaçlı tıbbi uygulamalarda halkın maruz kaldığı radyasyon dozunun yıllık dünya ortalaması 0,3 mSv olup bu hususta daha önceki faaliyetlerde yer verilen koruyucu önlemlere uyulmalıdır.

- Endüstriyel uygulamalar
  X ve gama ışınlardan yararlanılarak röntgen filmleri çekilen endüstriyel ürünlerin (borular, buhar kazanları, her türlü makine aksamları, vb.) herhangi bir hata içerip içermediği tespit edilebilmektedir. Radyografi dışında radyasyondan yararlanılarak yine bir çok sanayi ürününün (demir, çelik, lastik, kâğıt, plastik, çimento, şeker, vb.) üretim aşamasındaki seviye, kalınlık, nem ve yoğunluk ölçümleri yapılmaktadır. Tohumlar radyasyonla mutasyona uğratılarak daha verimli ve dayanıklı hâle getirilebilmektedir. Akarsuların debi ölçümü, barajlarda su kaçağı tespiti ve yeraltı sularının hareketleri gibi birçok endüstriyel uygulamalarda toplumun korunması, ilgili mevzuat kapsamında yetkililerce sağlanmaktadır.

- Nükleer Serpinti
  Atmosferde gerçekleştirilen nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen radyoaktif serpintiler, radyoaktif çevre kirliliğine neden olan en büyük yapay radyasyon kaynağıdır. Bununla birlikte, yer üstü ve hatta yer altında yapılan bu tür denemeler bölgesel kirliliğe neden olmaktadır. Bu yolla maruz kalınan radyasyon dozunun yıllık dünya ortalaması 0,007 mSv dolayındadır.

- Nükleer güç santralleri
  Ağır radyoaktif (Uranyum gibi) atomların; bir nötronun çarpması ile daha küçük atomlara bölünmesi (fisyon) veya hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturması (füzyon) sonucu çok büyük bir miktarda enerji açığa çıkar. Bu enerjiye, nükleer enerji denir.

  Nükleer kazalarda öncelikle halkın yaşadığı bölgedeki radyasyon düzeyleri ve beslenme zincirindeki radyoaktif bulaşma ölçülmektedir. Bu ölçümlere göre yapılan değerlendirme sonuçları dikkate alınarak yetkililerce halka iyot tabletleri verebileceği gibi bölgenin boşaltılması veya ilgili gıda maddelerinin tüketimden kaldırılması söz konusu olabilmektedir. Bu konuda halk basın ve yayın organlarıyla aydınlatılmaktadır.

2.4. Radyolojik İnceleme İçin Hastanın Hazırlanması

2.4.1. Hastanın Röntgen İçin Hazırlanması

Hasta, ismi okunarak radyografi çekimi için inceleme odasına çağırılır ve kendisine çekilecek radyografiyle ilgili bilgi verilir. Hamilelik durumu söz konusu olan hastalar uyarılarak radyografi çekimi yapılmaz. Üzerindeki giysi ve artefakt oluşturabilecek nesnelerin çıkarılması sağlanır ve önlük giymesi için radyografi hazırlık kabinine girmesi söylenir. Radyasyondan koruyucu önlemler alınır. Hastanın üzerinde görüntüyü etkileyecek herhangi bir nesne kalmadığından emin olunur.

2.4.2. Hastanın Bilgisayarlı Tomografi (BT) İçin Hazırlanması

Hasta inceleme odasına alınır. Üzerindeki kesit alanına girebilecek metal aksesuar veya protezler çıkarttırılır. Hasta tarama ünitesindeki masanın üzerine yatırılır ve çekim boyunca hareketsiz kalması belirtilir.

2.4.3. Hastanın Manyetik Rezonans (MR) İçin Hazırlanması

MR görüntülemede hasta hazırlığı iki aşamada gerçekleşir.

- **MR görüntüleme öncesi hasta hazırlığı:** Radyoloji kliniğine MR incelemesi için gelen hastaya randevu ile birlikte MR bilgilendirme formu verilir. Bu form hasta veya hasta refakatçisi tarafından dikkatli bir şekilde eksiksiz olarak doldurulur ve imzalanır. Hastaya refakat eden kişinin MR odasında bulunması gerekiyorsa refakatçi içinde ayrı bir form doldurulur. Hastada pace maker, anevrizma klipsi, beyine uyarı gönderen cihazlar, kalp stenti, metalik implantlar, protez vb. bulunup bulunmadığı sorulduktan sonra randevu verilir. Kadın hastaların hamilelik durumu sorulur. Hasta hamile ise MR görüntüleme için hastanın doktorunun kararı alınması gerekir.

- **MR görüntüleme esnasında hasta hazırlığı:** İşlemden önce MR bilgilendirme formu kontrol edilir, eksik bölümler varsa doldurulur. Hastada pace maker, anevrizma klipsi, protez vb. gibi metalik yabancı cisimler bulunup bulunmadığı sorulmalıdır. Gerektiğinde metal el dedektörü ile hasta MR odasına girmeden taranmalı ve radyografi çekilerek yabancı cisim bulunmadığı doğrulanmalıdır.

İnceleme odasına alınmadan önce hastanın üstünü değiştirmesi hasta önlüğü giymesi sağlanır. Hasta üzerindeki toka, saat, gözlük vb. gibi tüm aksesuar ve takıları varsa çıkarılabilen diş protezi, işitme cihazı çıkartılır. Güçlü manyetik ortamda etkilenebilecek banka ve kimlik kartları ile inceleme odasına girilmemelidir. Kadın hastalarda demir oksit içeren makyaj malzemeleri ile yapılan makyaj görüntüde artefakt oluşturabileceğinden makyaj silinmelidir.

Hastaya, yapılacak işlem hakkında bilgi verilir. İşlemin süresi, ortamın gürültülü olması ve işlem boyunca inceleme masasında hareketsiz yatması gerektiği anlatılır. Hastaya kulak tıkacı verilerek tetkik sonrası gelişebilecek duyma şikâyetleri önlenmiş olur.

Hasta, gerektiğinde kontrast madde kullanılabileceği ve kontrast maddeler konusunda bilgilendirilir.

Acil hastaların MR çekim odasına alınmadan önce üzerinde bulunabilecek metal cisimler, nabız veya kalp ritmi algılama cihazları ve oksijen tüpü vb. bulunup bulunmadığına bakılmalıdır. Bu cihazlardan herhangi birinin olması hâlinde MR uyumluluğu sorulmalı veya radyoloji uzmanına haber verilir.

Çocuk ve bilinci kapalı hastaların tetkik sırasında hareketsiz kalabilmeleri için anestezi doktoru eşliğinde uyutulmaları ve anestezili çekim yapılması gerekir.

Her inceleme için görüntüde hasta kimlik bilgilerinin, kurum bilgilerinin, inceleme tarihinin ve taraf (sağ, sol vb.) bilgilerinin yer alması sağlanır.

2.5. Radyolojik İnceleme İçin Hastaya Verilecek Pozisyonlar

2.5.1. Röntgen Çekiminde Hasta Pozisyonları

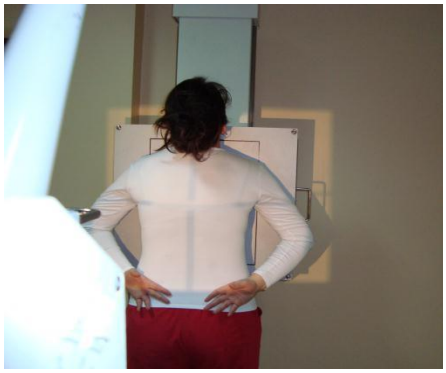
- **Akciğer ve kalp radyografileri**

Akciğer ve kalp radyografilerinde verilen hasta pozisyonları aşağıdaki başlıklar altında
incelenebilir.

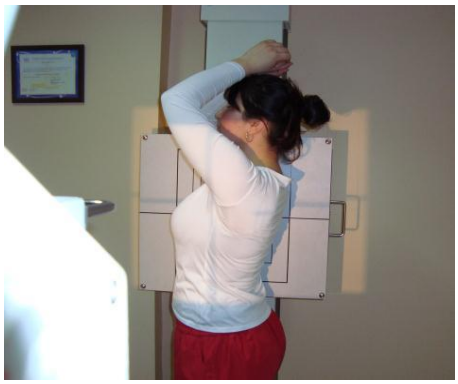
- **Akciğer P-A radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Radyografi, genellikle ayakta çekilir. Hasta, statifin önüne alınır. Çenesini statifin üst kenarına koyar. Kasetin üst seviyesi, boynun alt kesimine gelecek (7.servikal vertebra) şekilde yerleştirilir. Kollar dirseklerden bükülerek el sırtları kalçalar üzerine gelecek şekilde yerleştirilir.

Scapulaların akciğer alanlarına süperpozisyonu önlemek için kıvrılmış olan dirsekler mümkün oldukça öne ittirilir. Hastanın omuzları buckye doğru bastırılır. Yenidoğan bebeklerde, tüpe 5°-10° kaudal açı vererek supin pozisyonda A-P radyografisi alınır.

- **Akciğer lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Radyografi ayakta çekilir. Hasta statifin önüne gelir. İncelenecek taraf statif ile temas ettirilir. Hasta hafif öne eğilir ve kolları havaya kaldırılarak başın üzerine konur. Kasetin, üst seviyesi boynun alt kesimine gelecek şekilde yerleştirilir.



Resim 2.6:Akciğer P.A radyografi pozisyonu

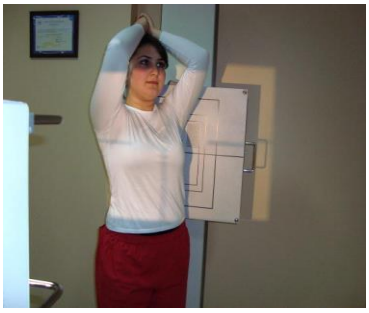


Resim 2.7: Akciğer lateral radyografi pozisyonu

- **Akciğer sağ oblik radyografi çekiminde hasta pozisyonu**: Hasta statifin önünde ayakta durur. Sağ taraf kaset ile temas ettirilir. Eller başın üzerinde birleştirilerek sol taraf filmden uzaklaştırılıp filmle 45° bir açı yapılır.

- **Akciğer sol oblik radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta statifin önünde ayakta durur. Sol taraf kaset ile temas ettirilir. Eller başın üzerinde birleştirilerek sağ taraf filmden uzaklaştırılıp filmle 45° bir açı yapılır.

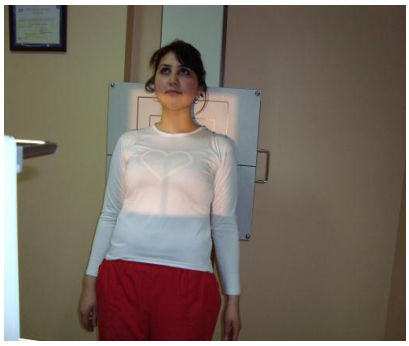
Resim 2.8: Akciğer sağ oblik radyografi pozisyonu



Resim 2.9: Akciğer sol oblik radyografi pozisyonu

- **Apikolordotik radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta statifin önüne gelir ve yüzü tüpe doğru ayakta durur. Buckye doğru dönük arkasını arkaya doğru eğdirilir. Omuzlar hizasında sırtı buckye yanaştırılır ve göğsünü ileri doğru çıkartarak vücut ile kaset arasında 30º' lik açı verilir. Hastanın occipitalinin alt kenarı statifin üzerine temas ettirilir.

- **Lateral decubitis radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, lateral pozisyonunda masaya yatırılır ve alttan desteklenerek kaset seviyesinden daha yüksekte olması sağlanır. Kaset, hastanın arkasına dik olarak konur. Kolları başın üzerine koydurulup pozisyon verilir.



Resim 2.10: Apikolordotik radyografi pozisyonu

Resim 2.11: Lateral decubitis radyoradyografi pozisyonu

- **Mikrofilm radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Radyografi ayakta çekilir. Hasta statifin önüne gelir. Çenesini statifin üst kenarına koyar. Kasetin üst seviyesi, boynun alt kesimine gelecek (7.servikal vertebra) şekilde yerleştirilir. Kollar dirseklerden bükülerek el sırtları kalçalar üzerine gelecek şekilde yanlarda tutturulur. Böylece scapulaların akciğer alanlarına süperpozisyonu önlemek için kıvrılmış olan dirsekler mümkün oldukça öne ittirilir. Hastanın omuzları, buckye doğru bastırılır. Küçültme işlemi, makine tarafından otomatik olarak yapılır.

- **Tele P-A radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta ayakta ve önü statife dönüktür. Göğsü statife temas eder. Çenesini statifin üst kenarına koyar. El sırtları kalçaların üstüne koyulacak şekilde kollar her iki yanda, dirsekler skapulanın süper pozisyonunu önlemek için fleksiyonda öndedir. Omuzlar statife doğru bastırılır. Kaset üst kenarı 7. servikal vertebra hizasına gelecek şekilde yerleştirilir. Kalp büyüklüğünün değerlendirilmesi için radyografi "insprium" sırasında çekilmelidir.

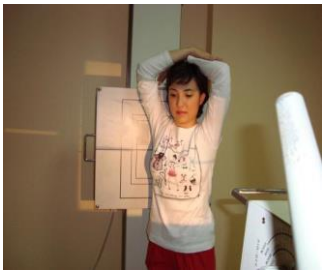
Resim 2.12: Mikrofilm radyografi pozisyonu

Resim 2.13: Tele P-A radyografi pozisyonu

- **Tele lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta ayakta durur.İncelenecek taraf statife temas eder. Hasta hafif öne eğilir ve kollar başın üzerinde birleştirilir. Kaset, üst kenarı 7. servikal vertebra hizasına gelecek şekilde yerleştirilir. Radyografide pozisyonun tam lateral olmasına dikkat edilmelidir. Radyografi hasta derin inspiriyumda iken çekilir.

- **Tele sağ oblik radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta statifin önünde olacak şekilde sağ tarafı kasete yaklaştırılır. Sol tarafı coranal çizgi film ile 55°lik açı yapacak şekilde kasetten uzaklaştırılır. Kollar kafa üzerine veya statifin üzerine yerleştirilir. Radyografi, hasta derin inspiriyumda iken çekilir.

Resim 2.14: Tele lateral radyografi pozisyonu



Resim 2.15: Tele sağ oblik radyografi pozisyonu

- **Tele sol oblik radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, statifin önünde olacak şekilde sol tarafı filme yaklaştırılır. Sağ tarafı coranal çizgi film ile 40°- 45°lik açı yapacak şekilde kasetten uzaklaştırılır. Kollar başın üzerine veya statif üzerine yerleştirilir.

Resim 2.16: Tele sol oblik radyografi pozisyonu

- **Alt ekstremite radyografileri**

Alt ekstremite radyografilerinde verilen hasta pozisyonları aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir.

- **Pelvis A-P radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masa üzerine supin (sırt üstü) pozisyonda yatar. Hastanın ayak başparmakları birbirine bakar şekilde yaklaştırılıp iç rotasyona getirilir. Ayak tabanlarının da masaya dik olmasına dikkat edilir. Bucky tepsisine yerleştirilen kasetin üst kenarı, krista iliakanın (crista iliaca) 4 cm üzerine gelecek şekilde ayarlanır.

- **Pelvis lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masa üzerine yön belirtilmemişse sağ tarafına yan pozisyonda yatar. Pozisyonun korunmasını sağlamak amacıyla kalça ve diz eklemleri hafifçe bükülür. Hastanın hareketsizliğini sağlamak amacıyla komprasyon bandı ile tespit edilir. Bu pozisyonda, asetebulum ve iskiyal çıkıntıların üst üste düşmesi gerekir. Kasetin üst kenarı krista iliakanın 4 cm üzerine gelecek şekilde ayarlanır.

Resim 2.17: Pelvis A-P radyografi pozisyonu

Resim 2.18: Pelvis lateral radyografi pozisyonu

- **Pelvis oblik radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta masa üzerine, supin pozisyonda yatar. Radyografisi çekilecek taraf, filme yakın olacak şekilde masaya temas ederken diğer taraf 30˚- 40˚ kaldırılır. Kaset, üst kenarı krista iliakanın 4 cm üzerine gelecek şekilde ayarlanır.

- **Kalça eklemi A- P radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masa üzerine supin pozisyonda yatar. Hastanın ayak başparmakları birbirine bakar şekilde yaklaştırılıp iç rotasyona getirilir. Ayak tabanları masaya dik konumdadır. Bucky tepsisine yerleştirilmiş olan radyografi kasetinin üst kenarı spina iliaka anterior

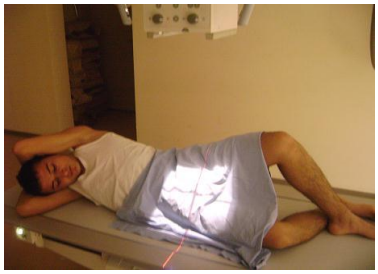
superior seviyesine; dış kenarı ise cildi geçecek şekilde ayarlanır. Gonat bölgesine gonat koruyucu yerleştirilir.

Resim 2.19: Pelvis oblik radyografi pozisyonu

Resim 2.20: Kalça eklemi A-P radyografi pozisyonu

- **Kalça eklemi lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masaya radyografisi çekilecek tarafı üzerine yan yatar. Radyografisi çekilecek taraftaki femur düz; diz hafif fleksiyondadır. Diğer taraf femur dışa rotasyonda; diz kısmen fleksiyonda ve ayak tabanı masa üzerine basar durumdadır. Kasetin üst kenarı, simfizis pubisin 6 cm üzerine gelecek şekilde ayarlanır.

- **Her iki kalça eklemi lateral (kurbağa pozisyonu) radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masa üzerine supin pozisyonda yatar. Ayak tabanları birbirine temas edecek şekilde, bacakları abduksiyon; dizleri fleksiyon durumuna getirilir. Dizleri masaya doğru bastırarak bacaklar dış rotasyona getirilir. Radyografi kaseti pelvisi ortalayacak şekilde ayarlanır. Gonat bölgesine, gonat koruyucu yerleştirilir.



Resim 2.21: Kalça eklemi lateral radyografi pozisyonu

Resim 2.22: Her iki kalça eklemi lateral radyografi pozisyonu

- **Kalça eklemi ve femur A- P radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masaya supin pozisyonda yatar. Ayak tabanı masaya dik olacak şekilde; ayak başparmakları birbirine yaklaştırılarak iç rotasyon yaptırılır. Radyografi kaseti; üst kenarı simfizis pubisin 6 cm üstüne gelecek seviyede, dış kenarı ise cildi geçecek seviyede ayarlanır. Kalça eklemi ile femur arasında belirgin bir kalınlık farkı varsa kompansatuar filtre ya da graduated (kademeli) ranforsatör kullanılmalıdır. Gonat bölgesine gonat koruyucu yerleştirilir.

- **Kalça eklemi ve femur lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masaya radyografisi çekilecek tarafı üzerine yan yatar. Radyografisi çekilecek taraftaki femur düz olup diz fleksiyondadır. Diğer taraftaki bacak geriye alınarak femura dış rotasyon yaptırılır, kruris (cruris) ise kısmen fleksiyondadır. Ayak tabanının masaya temas etmesi sağlanır. Radyografi kaseti üst kenarı; simfizis pubisin 6 cm üstüne gelecek seviyede, dış kenarı ise cildi geçecek seviyede ayarlanır. Kalça eklemi ile femur arasında belirgin bir kalınlık farkı varsa. kompansatuar filtre ya da graduated (kademeli) ranforsatör kullanılmalıdır.

Resim 2.23: Kalça eklemi ve femur A-P radyografi pozisyonu

Resim 2.24: Kalça eklemi ve femur lateral radyografi pozisyonu

- **Femur A-P radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Radyografi için hazırlığı yapılmış hasta, hasta masasına supin pozisyonda yatırılır. Radyografisi alınacak femur, kasetin üzerine yerleştirilir ve tam ekstansiyon pozisyonuna getirilir. Aynı taraftaki ayağa, 10˚ medial rotasyon yaptırılarak patellanın filme paralel olması sağlanır. Diğer femur çekim alanından uzaklaştırılır.

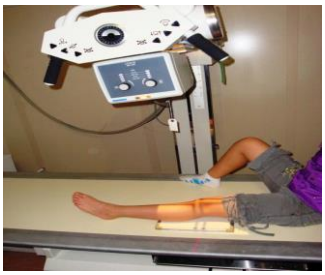
- **Femur lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta masaya supin pozisyonda yatırılır. Radyografisi çekilecek femurun lateral yüzü, kasete temas edinceye kadar hasta yan döndürülür. Dize, hafif fleksiyon yaptırılarak femur epikondilleri arasındaki çizginin, masaya dik olması sağlanır. Diğer taraftaki dize, fleksiyon yaptırarak radyografisi çekilecek bacağın önüne alınır.

Resim 2.25: Femur A- P radyografi Pozisyonu

Resim 2.26: Femur lateral radyografi pozisyonu

- **Diz A-P radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masaya supin pozisyonda yatırılır. Radyografisi çekilecek diz, önceden hazırlanmış kasetin üzerine alınır. Diz ve patellanın alt kenarı, kasetin ortasına yerleştirilir. Patellayı, femur kondillerinin ortasına getirmek için bacağa içe rotasyon yaptırılır.

- **Diz lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masaya supin pozisyonda yatırılır. Radyografisi çekilecek bacak tarafına, yan döndürülür. Radyografisi çekilecek diz, önceden hazırlanmış kasetin üstüne yerleştirilir. Dize, 20-300 kadar fleksiyon yaptırılır. Topuk, masadan kaldırılarak patellanın kasete dik olması sağlanır. Diğer diz, arkaya doğru uzatılarak çekim alanından uzaklaştırılır.



Resim 2.27: Diz A-P radyografi pozisyonu

Resim 2.28: Diz lateral radyografi pozisyonu

- **Ayak bileği A-P radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta masaya oturtulur. Radyografisi çekilecek olan ayak bileği, önceden hazırlanmış kasetin üstüne ortalayacak şekilde uzatılır. Ayak tabanı kasete dik gelecek şekilde yerleştirilir. Ayak tabanının, dik olması için gerekirse ayağın altına destek konabilir. Ayağa, yaklaşık 150 iç rotasyon yaptırılır.

- **Ayak bileği lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masaya supin pozisyonda yatırılır. Ayak bileğinin laterali, önceden hazırlanmış kasete temas ettirecek şekilde hasta yan döndürülür. Kaset alt kenarı ayak tabanı seviyesine getirilir. Ayak topuğu kasete temas ettirilir. Diğer ayak arkaya alınır.

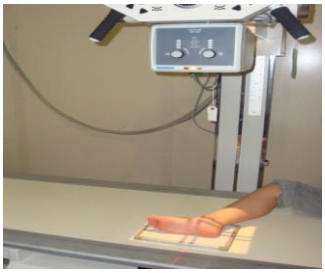
Resim 2.29: Ayak bileği A-P radyografi pozisyonu

Resim 2.30: Ayak bileği lateral radyografi pozisyonu

- **Ayak A-P radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta masaya oturtulur. İncelenecek ayak, kasetin üzerine basar şekilde yerleştirilir. Aynı taraf bacağa, masa ile 45 derece açı yapacak şekilde pozisyon verilir.

- **Ayak lateral radyografi çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta masaya oturtulur. Radyografisi çekilecek diz bükülerek ayak dışa doğru döndürülür. Lateral malleol kasetin ortasına gelecek şekilde ayak kasetin üzerine konur. Ayak tabanı ile kaset arasında 90 derecelik açı olacak şekilde ayağa pozisyon verilir.

Resim 2.31: Ayak A-P radyografi pozisyonu

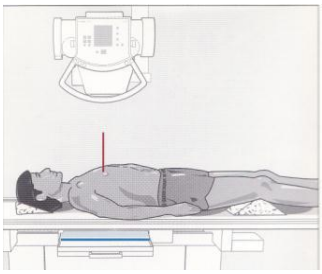


Resim 2.32: Ayak lateral radyografi pozisyonu

- **Gövde radyografileri**

Gövde radyografilerinde verilen hasta pozisyonları aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir.

- Thoraks A-P radyografisi (supin) pozisyon çekiminde hasta pozisyonu: Hasta masaya sırt üstü yatırılır. Vertebral kolon masanın orta hattına paralel gelecek şekilde hastaya pozisyon verilir. Kollar vücudun yanına doğru serbestçe uzatılır. Kaset, üst kenarı 7. servikal vertebranın 2 cm üstüne gelecek şekilde yerleştirilir.
- **Thoraks P-A radyografisi (Ayakta) pozisyon çekiminde hasta pozisyonu:**Hasta statifin önüne gelir. Median sagittal plan kasete dik olacak şekilde göğsünü kasete dayar. Çenesini kasetin üst kenarına koyar. Kollar dirseklerden bükülerek el sırtları kalçalar üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. Omuzlar bucky doğru bastırılır. Böylece scapulaların costaları süperpozisyonu önlenmiş olur. Kaset, üst kenarı 7. servikal vertebranın 2 cm üstüne gelecek şekilde yerleştirilir.



Resim 2.33: Thoraks A-P radyografi (supin) pozisyonu

Resim 2.34: Thoraks P-A radyografi (ayakta) pozisyonu

- **Thoraks lateral radyografisi (supin) pozisyon çekiminde hasta pozisyonu:** Has tanın radyografisi istenen (sağ veya sol) tarafı masaya gelecek şekilde yatırılır. Vertebral kolon masanın orta hattına paralel gelecek şekilde hastaya pozisyon verilir. Kollar baş üzerine kaldırılır. Hasta öne doğru hafif eğilmelidir Böylece kollar radyografi alanı dışına çıkarılır ve scapulaların costaları süperpozisyonu önlenmiş olur. Kaset, üst kenarı 7. servikal vertebranın 2 cm üstüne gelecek şekilde erleştirilir.
- **Thoraks lateral radyografisi (ayakta) pozisyon çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, statifin önüne gelir. Median sagittal plan kasete paralel olacak şekilde göğsünü istenen (sağ veya sol) tarafını kasete dayar. Kollar baş üzerine kaldırılır. Hasta öne hafif eğilmelidir. Böylece scapulaların costaları süperpozisyonu önlenmiş olur. Kaset, üst kenarı 7. servikal vertebranın 2 cm üstüne gelecek şekilde yerleştirilir.

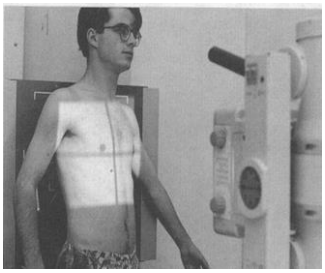
Resim 2.35: Thoraks lateral radyografi (supin) pozisyonu

Resim 2.36: Thoraks lateral radyografi (ayakta) pozisyonu

- **Thoraks oblik radyografisi (Supin) pozisyon çekiminde hasta pozisyonu:**Hasta masaya supin pozisyonda yatırılır. Radyografisi istenen (sağ veya sol) taraf masaya temas ettirilir. İncelenecek taraf, masanın orta hattına gelecek şekilde hastaya pozisyon verilir. Diğer taraf, masayla 45° açı yapacak şekilde masadan uzaklaştırılır. Kollar grafi alanından uzaklaştırılır. Kaset, üst kenarı 7. servikal vertebranın 2 cm üstüne gelecek şekilde yerleştirilir.

- **Thoraks oblik A-P radyografisi (ayakta) çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta ayakta iken statifin sırtını döner. Radyografisi istenen (sağ veya sol) taraf statife temas ettirilir. İncelenecek taraf statifin orta hattına gelecek şekilde hastaya pozisyon verilir. Diğer taraf statife 45° açı yapacak şekilde statiften uzaklaştırılır. Kollar radyografi alanından uzaklaştırılır. Kaset, üst kenarı 7. servikal vertebranın 2 cm üstüne gelecek şekilde yerleştirilir.

Resim 2.37: Thoraks oblik radyografi (supin) pozisyonu



Resim 2.38: Thoraks oblik A-P radyografi (ayakta) pozisyonu

➢ **Kafa radyografileri**

Kafa radyografilerinde verilen hasta pozisyonları aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir.

- **Kafa P-A çekiminde hasta pozisyonu:** Radyografi için hazırlığı yapılmış hasta, hasta masasına pron (yüzükoyun) pozisyonda yatırılır. Baş ve vücudun orta hattı masa orta hattına denk gelecek şekilde ayarlanır. Baş, öne eğdirilerek alın ve burun masaya temas ettirilir. Bu durumda orbitomeatal hat ve orta sagittal düzlem filme dik durumdadır. Başın pozisyonunun bozulmaması için hastanın elleri baş hizasında avuç içi masaya temas edecek şekilde yerleştirilir. Kaset radyografisi çekilecek bölgeyi ortalayacak şekilde ayarlanır.
- **Kafa A-P çekiminde hasta pozisyonu:** Radyografi için hazırlığı yapılmış hasta, hasta masasına supin pozisyonda yatırılır. Baş ve vücudun orta hattı masa orta hattına denk gelecek şekilde ayarlanır. Bu durumda orbitomeatal hat ve orta sagittal düzlem filme dik durumdadır. Kaset radyografisi çekilecek bölgeyi ortalayacak şekilde ayarlanır.

Resim 2.39: Kafa P-A radyografi pozisyonu

Resim 2.40: Kafa A-P radyografi pozisyonu

- **Kafa lateral çekiminde hasta pozisyonu:** Radyografi için hazırlığı yapılmış hasta, hasta masasına pron yatırılır. Başı grafisi istenen taraf (Belirtilmemiş ise sağ lateral çekilir.) filme yakın olacak şekilde yan döndürülür. Aynı tarafın kolu vücuda paralel olarak aşağı doğru uzatılır. Diğer kola ise destek olacak şekilde dirsekten fleksiyon yaptırılarak el masanın üzerine konur. Median sagital düzlem filme paralel, interorbital çizgi filme dik durumdadır. Kaset, radyografisi çekilecek bölgeyi ortalayacak şekilde ayarlanır.

Resim 2.41: Kafa lateral radyografi pozisyonu

➢ **Üst ekstremite radyografileri**

Üst ekstremite radyografilerinde verilen hasta pozisyonları aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir.

- **Skapula A-P çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masa üzerine supin (sırt üstü) pozisyonda yatırılır. Radyografisi çekilecek skapulanın kasete paralel olmasını sağlamak için diğer omuz 20-30˚ kaldırılır. Radyografisi çekilecek taraftaki dirseğe fleksiyon, kola ve ele iç rotasyon yaptırılıp el belin altına yerleştirilir. Kaset, skapulayı içine alacak şekilde ayarlanır.
- **Skapula lateral çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta ayakta statifin önüne alınır. Radyografisi çekilecek skapulanın bulunduğu omuz, 60˚ anterior oblik pozisyonda statifteki bukiye temas ettirilir. Radyografisi çekilmekte olan tarafın ön kolu diğer taraftaki omzun üzerine konur. Humerus göğüs duvarına mümkün olduğunca yaklaştırılır. Radyografisi çekilmeyecek taraftaki kol, öne doğru uzatılır. Kaset, skapulayı ortalayacak şekilde ayarlanır.

Resim 2.42: Skapula A-P radyografi pozisyonu

Resim 2.43: Skapula lateral radyografi pozisyonu

- **Klavikula P-A çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masa üzerine pron (yüz üstü) pozisyonda yatırılır. Radyografisi çekilecek taraftaki klavikula kaste paralel oluncaya kadar hastaya rotasyon yaptırılır. Baş, öbür tarafa çevrilir. Kaset, radyografisi çekilecek klavikula 4 cm lateraline gelecek şekilde ayarlanır. Doğru pozisyonda çekilmiş radyografide, lavikulanın tamamı görülmelidir.
- **Klavikula A-P pozisyon çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masa üzerine supin pozisyonda yatırılır. Radyografisi çekilecek taraftaki klavikula, kasete paralel oluncaya kadar hastaya rotasyon yaptırılıp yastık vb. desteklenir. Radyografisi çekilecek taraftaki kol gövdenin yanında el ayası yukarı bakacak şekilde uzatılır. Klavikulanın masaya iyi temas etmesi için baş, radyografisi çekilmeyen tarafa çevrilir. Kaset klavikulanın 4cm lateraline gelecek ve klavikulayı ortalayacak şekilde ayarlanır.

Resim 2.44: Klavikula P-A radyografi pozisyonu

Resim 2.45: Klavikula A-P radyografi pozisyonu

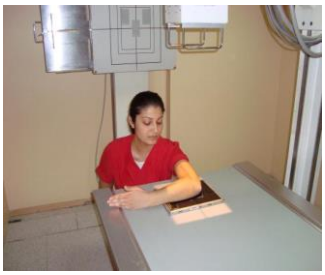
- **Omuz A-P çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta supin pozisyonunda masaya yatırılır. Radyografisi çekilecek taraftaki kol gövdenin yanına ekstansiyonda uzatılır. El ayası yukarı bakar durumdadır. Karşı taraf omuz, omuz yapılarındaki oblikliği ortadan kaldırmak amacıyla masadan 30-40˚ kaldırılır. Hastanın başı, radyogarafisi çekilmeyecek tarafa çevrilir. Kaset, omzu içine alacak şekilde ayarlanır.
- **Omuz A-P abduksiyon çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, masaya supin pozisyonda yatırılır. Radyografisi çekilecek taraftaki kol, başın yanında yukarı doğru uzatılır. Dirsek fleksiyona getirilir. Kaset aksiller çukuru ortalayacak şekilde ayarlanır.

Resim 2.46: Omuz A-P radyografi pozisyonu

Resim 2.47: Omuz A-P abduksiyon radyografi pozisyonu

- Dirsek A-P çekiminde hasta pozisyonu: Hasta, masa kenarında oturur pozisyondadır. Kol ve ön kol ekstansiyondadır (eklemin açma hareketi) ve el ayası yukarı bakar. Hastanın kolu ve ön kolu, kaset üzerinde aynı seviyede olacak şekilde pozisyon verilerek radyografi çekimi yapılır.
- Dirsek lateral çekiminde hasta pozisyonu: Hastan kol ve önkolu kaset üzerinde aynı seviyeye gelecek şekilde masa kenarında oturtulur. Radyografisi çekilen dirsek 90° fleksiyondadır. El ayası ve humerus epikondillerinden geçen eksen film planına dik olacak şekilde pozisyon verilip radyografi çekimi yapılır.

Resim 2.48: Dirsek A-P radyografi pozisyonu



Resim 2.49: Dirsek lateral radyografi pozisyonu

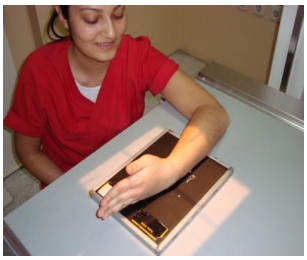
- Ön kol A-P çekiminde hasta pozisyonu: Hasta, kol ve önkolu kaset üzerinde aynı seviyeye gelecek şekilde masa kenarında oturtulur. Kaset ön kolun altına gelecek şekilde masa üstüne yerleştirilir.
- Ön kol lateral çekiminde hasta pozisyonu: Hastanın kol ve önkolu kaset üzerinde aynı seviyeye gelecek şekilde masa kenarında sandalyeye oturtulur. Ön kol tam lateral pozisyonda ve dirsek 90° fleksiyondadır. Dirsek ve el bileğinin lateral kısımlarına kasete temas edecek şekilde pozisyon verilip grafi çekimi yapılır.

Resim 2.50: Ön kol A-P radyografi pozisyonu

Resim 2.51: Ön kol lateral radyografi pozisyonu

- El bileği P-A çekiminde hasta pozisyonu: Hastanın eli ve ön kolu kaset üzerinde aynı seviyeye gelecek şekilde masa kenarına oturtulur. Ön kol masaya temas eder. Bileğin ön kısmının kasete tam temas etmesi için parmaklar bükülür. El bileğine kasetin tam ortasına gelecek şekilde pozisyon verilir.
- El bileği lateral çekiminde hasta pozisyonu: Hasta masanın kenarında oturur. Ön kol masaya tam temas eder. Dirsek fleksiyondadır. El bileği tam lateral pozisyonda olacak şekilde kasetin tam ortasına yerleştirilir.

Resim 2.52: El bileği P-A radyografi pozisyonu



Resim 2.53: El bileği lateral radyografi pozisyonu

- **El P-A çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta önkolu ve eli aynı seviyede olacak şekilde masa kenarında oturtulur. El ayası kaset ile temas eder. Kaset, üst kenarı orta parmağın 2 cm önüne gelecek şekilde pozisyon verilir.
- **El lateral çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, ön kolu ve eli aynı seviyede olacak şekilde masa kenarında oturtulur. Ön kol anterior – pasterior pozisyonda 90° içe doğru döndürülür. Dirsek fleksiyondadır. El lateral pozisyondadır. Parmaklar birbirine değmeyecek şekilde ileriye doğru uzatılarak radyografi çekimi yapılır.

Resim 2.54: El P-A radyografi pozisyonu

Resim 2.55: El lateral radyografi pozisyonu

➢ **Yüz Radyografileri**

Yüz radyografilerinde verilen hasta pozisyonları aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir.

- **Orbita P-A çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta prone (yüz üstü) pozisyondadır. Baş öne eğilerek alın ve burun masanın orta hattına gelecek şekilde konur. Eller her iki yanda baş hizasında masanın üzerine konur. Orbitomeatal çizgi, filme dik olacak şekilde başa pozisyon verilir. Median sagittal plan filme dik olmalıdır. Kaset, üst kenarı vertexi içine alacak şekilde yerleştirilir.
- **Orbita lateral çekiminde hasta pozisyonu:** Hasta, prone pozisyondadır. Gözün kornea tabakalarının birbirini örtmemesi için baş lateral ve hafif yukarı çevrilerek masanın orta hattına gelecek şekilde konur. Radyografi çekilecek taraftaki kol gövdeye paralel olacak şekilde aşağıya uzatılır. Karşı taraftaki kol ise destek olacak şekilde bükülerek el masanın üzerine konur. Median sagittal plan, film planına paraleldir. Kaset, üst kenarı vertexi içine alacak şekilde yerleştirilir.

Resim 2.56: Orbita P-A radyografi pozisyonu

Resim 2.57: Orbta lateral radyografi pozisyonu

2.5.2. Bilgisayarlı Tomografik Çekiminde Hasta Pozisyonları

➢ **Serebral bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Hasta sırtüstü (supine) veya yüzükoyun (prone) yatırılır. Aksine bir durum ve başın hiperekstansiyonunda bir kısıtlılık yoksa genellikle sırtüstü (supine) yatırılarak tarama yapılır.

- **Hipofiz bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Hasta, masa üzerine pron veya supin yatırılarak tarama yapılabilir. Aksine bir durum ve başın hiperekstansiyonunda bir kısıtlılık yoksa hastalara genellikle pron yatırılarak pozisyon verilir.

- **Orbita bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Hasta masa üzerine supin pozisyonda yatırılır. Travmalı olgularda, koronal kesitler için pron pozisyon tercih edilir.

- **Temporal kemik bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Hasta, masa üzerine supin veya pron yatırılarak tarama yapılabilir.

- **Paranazal bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Rutin inceleme pron pozisyonunda gerçekleştirilir. Sırtüstü yatan hastada baş hiperektansiyona getirilerek de yapılabilir. Ancak yeni nesil multidedektör (multislice) bilgisayarlı tomografilerde hastanın supin pozisyonda yatırılması yeterlidir.

- **Total boyun bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Hasta başı hafif ekstansiyonda olacak şekilde supin pozisyonda masaya yatırılır. Hastanın çenesi masanın düzlemine dik olmalı ve baş rotasyonda olmamalıdır. Hastanın omuzlarını, taranacak bölgenin dışına çıkarmak gerekir; bu amaçla hasta kollarını mümkün olduğu kadar aşağıya doğru çekmelidir. Ayrıca hastaya tarama süresince yutkunmaması ve derin nefes almadan yüzeysel solunum yapması tembihlenir.

- **Larenks bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Hasta masaya supin pozisyonda yatırılır. Görüntü alanından çıkarılması için omuzları aşağı doğru çektirilir.

- **Servikal bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Servikal vertebra bilgisayarlı tomografi için hasta masaya supin pozisyonda yatırılır.

- **Lumbal vertebra bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Rutin incelemeler L3-4, L4-5, L5-S1 disk aralıklarına göre planlanır. Bunların dışında başka bir aralık veya vertebra korpusu istenmişse lateral skenogram üzerinden ona göre plan yapılır. Disk aralığı taranırken kesitler üstteki ve alttaki vertebra korpus plato yüzleri ile üstte nöral foramen dâhil edilecek şekilde alınmalı, disk korpusları, korpuslara paralel geçecek şekilde plan yapılarak belirlenir. FOV vertebra korpuslarını kesmeyecek şekilde ayarlanır.

- **Total toraks bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Sırtüstü (supine) yatan hastada eller, kollar baş üzerine alınarak omuz ve üst ekstremitenin yol açabileceği artefaksiyel görünümler engellenir.

- **Kardiyak bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Tarama alanı, AP skenogramı üzerinden, kalp tabanı düzeyinden başlanıp kraniale doğru aorta topuzu üst seviyesine kadar olan bölgede FOV uygun şekilde ayarlanır.

- **Total abdomen bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Total abdomen bilgisayarlı tomografi için hasta, masaya supin pozisyonda yatırılır. Eller ve kollar baş üzerine konulur.

- **Pelvik bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Pelvik bilgisayarlı tomografi için hasta, masaya supin pozisyonda yatırılır. Eller ve kollar baş üzerine konulur.

- **Karaciğer bilgisayarlı tomografi çekiminde hasta pozisyonu**

Karaciğer bilgisayarlı tomografi için hasta, masaya supin pozisyonda yatırılır. Eller ve kollar baş üzerine gelecek şekilde pozisyon verilir.

2.5.3. Manyetik Rezonans Görüntülemede Hasta Pozisyonları

Rezolüsyonun yüksek olması için yüzeyel sargıların kullanılması tercih edilir. Kafa koili veya tempora mandibular eklem koili kullanılabilir. Tempora mandibular eklem koili iki ayrı küçük halkadan oluşur. Halkalar her iki tarafta bulunan sabitleyiciler tarafından ayarlanabilmektedir. Koil masaya yerleştirilir. Hasta supin pozisyonda masaya yatırılır. Kulak içi pedlerle ve kulaklıkla kulakları kapatılır. Koil sabitlenir. Lazer ışığı açılmadan önce hastanın gözleri kapattırılmalıdır. Santralizasyon göz hizasına veya koilin merkezini gösteren işarete göre ayarlanır.

Resim 2.58: MR görüntülemede hasta pozisyonu

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını tamamladığınızda genel kuralları uygulayarak radyasyondan korunabileceksiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ İyonlayıcı radyasyon uygulamalarında kurşunlu önlük kullanınız.	➢ Kişisel koruyucu ekipmanları kullanmalısınız.
➢ Yüzü radyasyondan koruma amacıyla yüz koruyucu kullanınız.	➢ Yüz koruyucuyu seçerken ışığa karşı saydam olmasına dikkat etmelisiniz.
➢ Özellikle tiroit (kalkan) bezini korumak için kurşunlu boyun koruyucu kullanınız.	➢ Boyun etrafını saran ve kurşun içeren boyun koruyucu kullanmalısınız.
➢ Elleri radyasyondan korumak için kurşunlu eldivenler kullanınız.	➢ Kurşunlu eldivenler, ön, arka ve bilekler dâhil zırhlayabilecek özellikte olmasına dikkat etmelisiniz.
➢ Kumanda masası radyografi odasında bulunduruluyorsa gerekli önlemleri alınız.	➢ Kumanda masası önünde en az 2 m eninde ve 2,25 yüksekliğinde kurşunlu paravan bulundurmalısınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Kurşunlu eldivenler en az kaç mm kalınlıkta olmalıdır?
A) 0,32 mm
B) 0,25 mm
C) 0,50 mm
D) 0,22 mm
E) 0,35 mm

2. Aşağıdakilerden hangisi koruyucu önlüklerin özelliklerini kaybetmemesi için dikkat edilecek hususlardan biri **<u>değildir?</u>**
A) Güneş ışınlarından uzak tutulması gerekir.
B) Isı yayan radyatörden uzak tutulması gerekir.
C) Isı yayan kaynaklardan uzak tutulması gerekir.
D) Katlanmadan asılmaları gerekir.
E) Katlanarak kapalı dolap içerisinde saklanması gerekir.

3. Radyoloji depertmanında kumanda masası dışarıda değil ise kumanda masası ve inceleme masası arasında en az kaç metre mesafe olmalıdır?
A) 1,5 m
B) 2 m
C) 1 m
D) 2,5 m
E) 5 m
F)

4. Aşağıdakilerden hangisi gereksiz radyasyon dozlarından kaçınmak için dikkat edilecek hususlardan biri **<u>değildir?</u>**
A) Laboratuvar kapıları çalışma anında sürekli kapalı tutulmalıdır.
B) Hayati önem arz etmedikçe hamile kadınların filmleri çekilmemelidir.
C) Röntgen filmi çekenler bu iş için eğitim almış olmalıdırlar.
D) Acil durumlarda hekimin kararı beklenmeden hemen röntgen çekilmelidir.
E) Radyolojik yönden incelenmesi gereken hastaların öncelikle varsa eski filmleri incelenmelidir.

5. Aşağıdakilerden hangisi doğal radyasyon kaynaklarından biri <u>değildir?</u>
A) Kozmik radyasyon
B) Ultraviyole ışınlar
C) Radyofrekans dalgalar
D) Kızılaltı ışınlar
E) Laser ışınları

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru "Modül Değerlendirme" ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

KONTROL LİSTESİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen, radyoloji ünitelerinin hazırlanması ve radyolojik incelemelerde sağlık profesyoneline yardım etme ile ilgili bilgi ve becerilerin değerlendirilmesine yönelik davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Çalıştığınız üniteyi hazırladınız mı?		
2. Kumanda masasını radyografiye hazırlamaya yardım ettiniz mi?		
3. Röntgen inceleme masasını radyografiye hazırladınız mı?		
4. Hastaya yapılacak işlem hakkında bilgi verdiniz mi?		
5. Kişisel koruyucu malzemeleri tekniğine uygun kullandınız mı?		
6. Hastanın radyolojik incelemeye hazırlanmasına yardım ettiniz mi?		
7. Radyolojik incelemenin özelliğine göre hastaya pozisyon verilmesine yardım ettiniz mi?		
8. Hastanın ihtiyacı varsa masadan kalkmasına ve giyinmesine yardım ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	**E**
2	**A**
3	**D**
4	**B**
5	**C**
6	**E**
7	**A**

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**B**
2	**E**
3	**A**
4	**D**
5	**C**

KAYNAKÇA

- MUHSiN Köksal, **Radyasyon Güvenliği**, TAEK yayınları.
- **Tanısal Radyolojide Radyasyondan Korunma notları,** TAEK yayınları, Ankara, 2002.
- YAŞAR Sedat, **Radyasyon ve Radyasyondan Korunmak,** TAEK yayınları İstanbul 1999.
- KAYA Tamer, Baki ADAPINAR, Yakup ÖZKAN, **Temel Radyoloji Tekniği**, Nobel Kitabevi, İstanbul, 1997.
- www.taek.gov.tr. (24/02/2017 / 10:09)