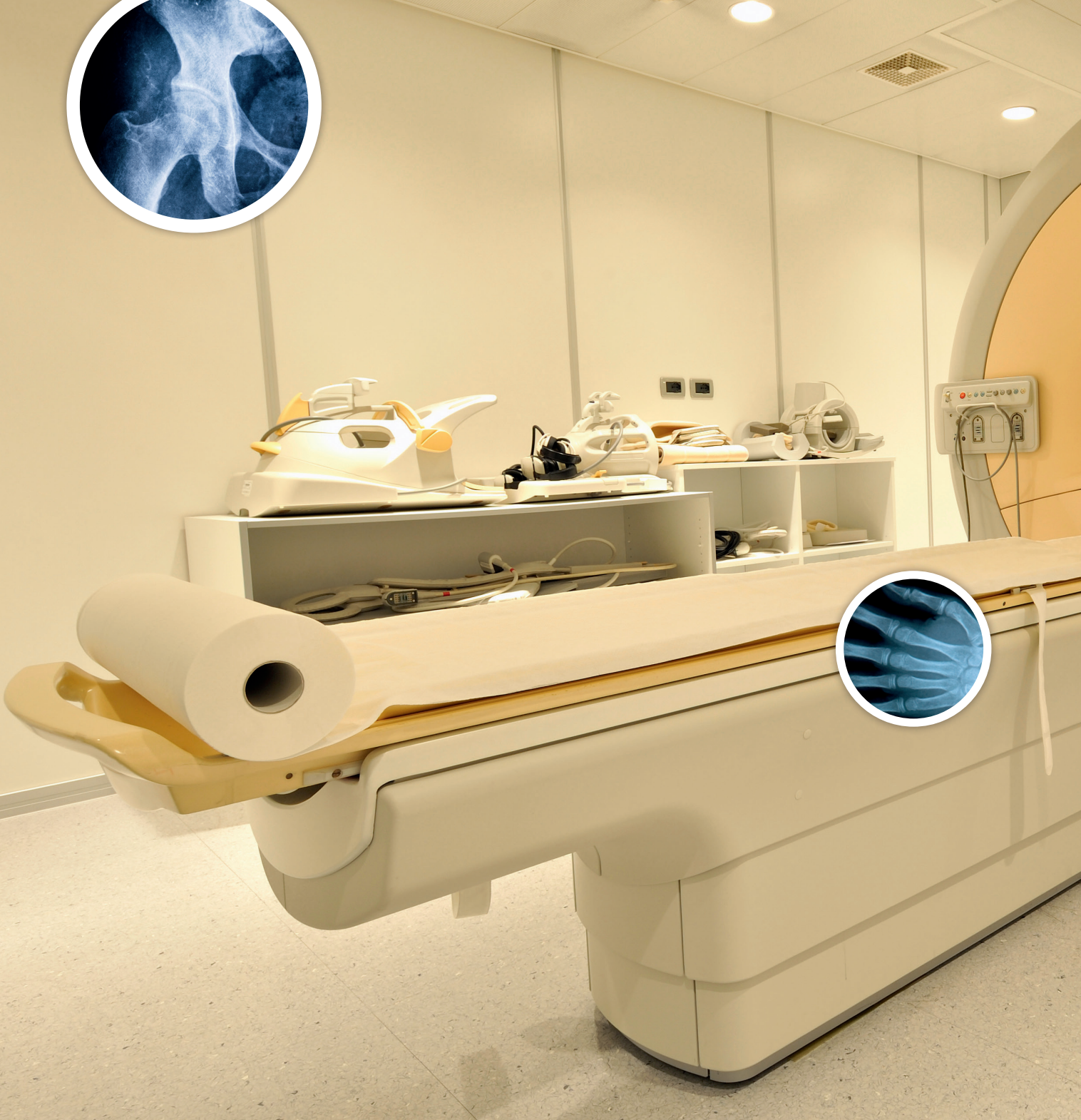
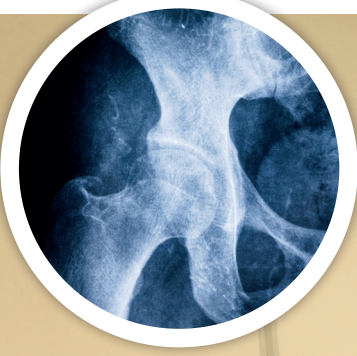


Sağlığımız İçin Deva mı, Bela mı? İyon



İyonlaştırıcı Radyasyon



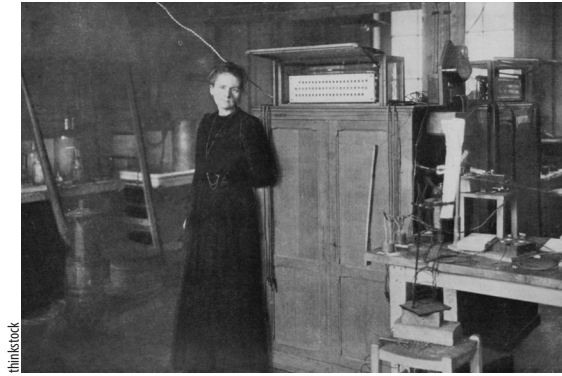
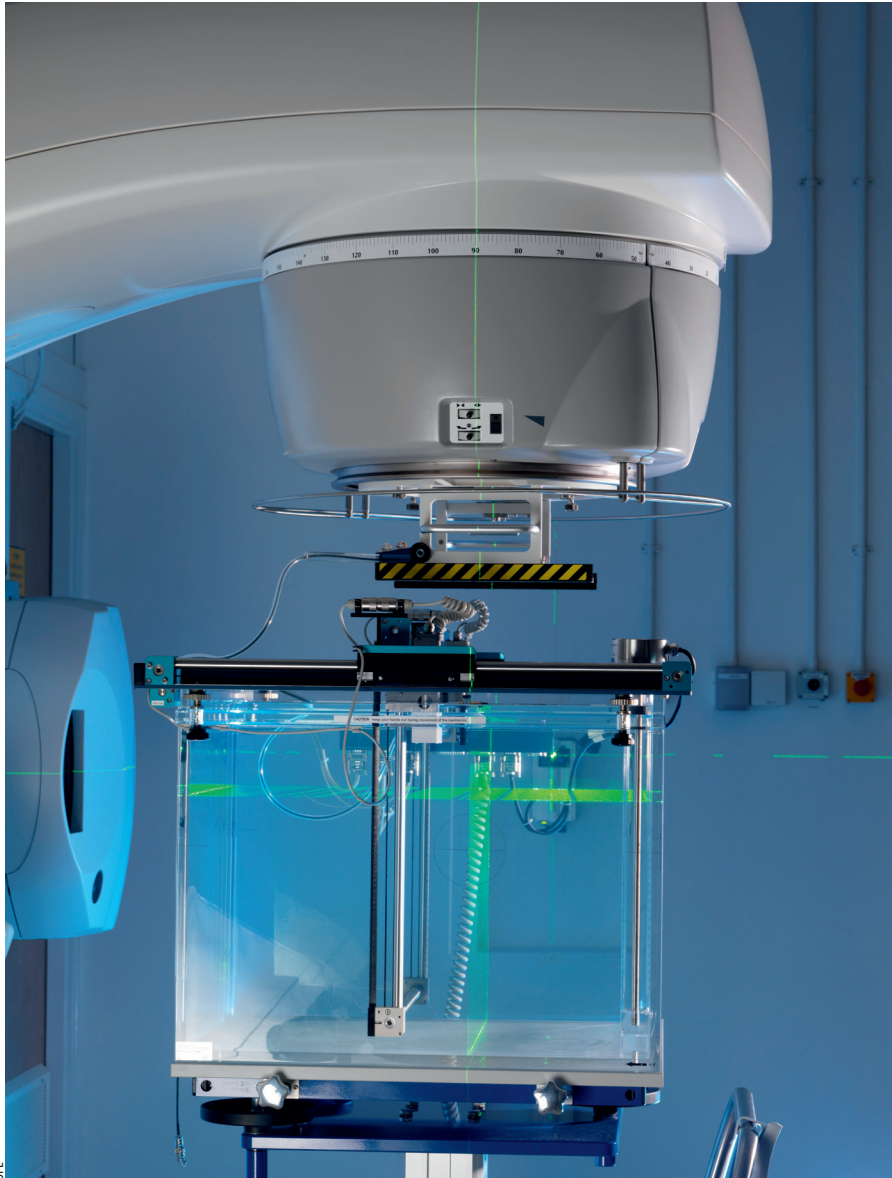
X-ışınlarının ve radyoaktivitenin keşfi aslında dünyamızda her açıdan yepyeni bir çağ başlatmıştır. Sadece fizik alanında yaşadığı düşünülen bu keşifler tıptan askeri teknolojiye, kimyaya ve hatta yaşam felsefesine kadar birçok alanda köklü değişimlere yol açmıştır. X-ışınlarının keşfinden sadece bir yıl sonra 29 Ocak 1896'da ABD'li bir tıp öğrencisi olan Emil Grubbe X-ışınlarını meme kanserli bir kadının tedavisinde kullanmış ve 1903 yılında bugün kullandığımız radyoterapi terminolojisini literatüre kazandırmıştı. Radyoaktivitenin keşfi ve o dönemlerde ticari olarak üretilen radyoaktif radyum içeren ürünler, baş ağrısından kansere kadar neredeyse her derde deva olarak görülmüştü. Hatta cildi güzelleştirici kremlerde ve sabunlarda bile kozmetik olarak kullanılmıştı. O dönemlerde radyasyonun biyolojik etkileri henüz bilinmediği için durum o kadar abartılmıştı ki, radyum markalı margarinler bile üretilmişti. Ancak geçen zamanda radyasyonun kontrolsüz kullanıldığı takdirde canlılar üzerinde son derece tehlikeli olabileceği acı tecrübelerle görüldü. Örneğin cilt kanseri tedavisi sırasında radyum kaynağını çıplak elle tutan birçok hasta parmaklarını kaybetmişti.

O halde sağlığımız için bir deva olarak görülen iyonlaştırıcı radyasyon aynı zamanda başımıza nasıl bela oluyordu? Aslında bu soru radyobiyoji isimli bilim dalının gelişmesi ile cevabını bulmuştur. Radyobiyoji iyonlaştırıcı radyasyonun biyolojik sistemler üzerindeki etkisini inceleyen bilim dalıdır. İyonlaştırıcı radyasyonun hücre, doku, organ ve sistem düzeyinde ne tür etkileri olduğu radyobiyoji sayesinde artık daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır.

İyonlaştırıcı radyasyonun hücre düzeyde temel olarak iki tür etkisi olduğu biliniyor. Bu etkileri daha iyi yorumlayabilmek için iyonlaştırıcı radyasyon ile ilgili bazı temel kavramları hatırlamakta fayda var. İyonlaştırıcı radyasyon, elektromanyetik dalgalar (X ve gamma ışınları) veya parçacıklar şeklinde (proton, elektron, nötron vb.) ilerleyen enerjinin geçtiği ortamdaki molekülleri iyonlaştırır. İyonlaşmanın meydana gelmesi için elektromanyetik dalgaların veya parçacıkların belli bir eşik enerjiye sahip olması (yaklaşık 12,4 eV) gerekir. Bu eşik enerjiye sahip olan elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar iyonlaştırıcı radyasyon olarak adlandırılır. Bu ola-

yın fiziksel yönüdür. Biyolojik yönü ise iki temel etki etrafında incelenir. İyonlaştırıcı radyasyonun birinci etkisi doğrudan etki olarak adlandırılır. Bu etkide iyonlaştırıcı radyasyon doğrudan DNA moleküllerine çarpar ve DNA üzerinde kırıklar oluşturur. Bu kırıklar tek sarmal veya çift sarmal kırıkları olabileceği gibi, baz hasarı şeklinde de olabilir. İkinci etki ise su molekülleri üzerinden oluşur ve doğrudan olmayan etki olarak adlandırılır. Bilindiği üzere hücre içine giren radyasyon en çok su molekülleriyle karşılaşır. İyonlaştırıcı radyasyon su molekülleri ile etkileşime girdiğinde hücre için son derece toksik olan serbest radikaller oluşur.

Marie Curie (1867-1934): Nobel Ödülü alan ilk kadındır. Radyum ve polonyum adlı elementleri ve radyoaktiviteyi keşfetti. Ancak o dönemlerde radyoaktif elementlerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri bilinmiyordu. Bu nedenle radyoaktif izotop içeren deney tüplerini ceplerinde taşıyor ve masasının çekmecesinde hiçbir güvenlik önlemi almadan saklıyordu. Hatta savaş yıllarında radyolog olarak görev yaptığı yıllarda X-ışınlarına da bolca maruz kalmıştı. Sonuçta önce radyasyona bağlı katarakt nedeni ile görme problemleri yaşadı. Daha sonra muhtemelen aldığı yoğun miktarda radyasyonun etkisi ile kemik iliği zarar gördü ve aplastik anemi nedeni ile 4 Temmuz 1934'te hayatını kaybetti. Marie Curie'nin 1890'lı yıllardan kalan bilimsel notları yüksek miktarda radyum, polonyum gibi radyoaktif elementler içerdiğinden, kurşundan yapılmış özel kutularda saklanıyor ve ancak koruyucu kıyafetler ve eldivenler giyilerek incelenebiliyor.



Bu serbest radikaller eğer DNA moleküllerine yakın bir mesafede oluşursa, DNA üzerinde ciddi hasara yol açabilir. Ancak ister doğrudan ister doğrudan olmayan etki yapsın, iyonlaştırıcı radyasyonun yol açabileceği hasarlara karşı hücrelerimizin çok gelişmiş savunma mekanizmaları vardır. Eğer hücrelerde bu onarım mekanizmaları olmasaydı, gerek kozmik kaynaklı gerekse yer kabuğundan kaynaklı sürekli düşük doz iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalan canlıların yaşamlarını sürdürmesi mümkün olmayabilirdi.

Doku tarafından soğurulan doz Gy (gray) cinsinden ifade edilir. 1 Gy 1 kg'lık kütlede soğurulan 1 Joule enerjiye eşittir (1 Gy=1 J/kg). Doku tarafından soğurulan 1-2 Gy mertebesinde X-ışını veya gamma ışını dozu, yaklaşık 1000 tek sarmal kırığına, 1000'nin üzerinde baz hasarına ve 40 çift sarmal kırığına yol açar.

Çevremizdeki düşük ve sürekli doz radyasyonun sağlığımız için yararlı olduğu konusunda bazı kuşamlar da ileri sürülüyor. Radyasyon bu hassas onarım mekanizmaları sayesinde kontrollü bir şekilde kullanıldığında sağlık alanında tanısız veya tedavi amaçlı şifa kaynağı olabiliyor. İyonlaştırıcı radyasyon sayesinde günümüzde birçok hastalık teşhis edilebiliyor ve birçok kanser türü başarılı ile tedavi ediliyor. Öte yandan radyasyon kontrolsüz bir şekilde kullanıldığında çevre ve insanlığın sonunu getirebilecek bir bela haline geliyor.

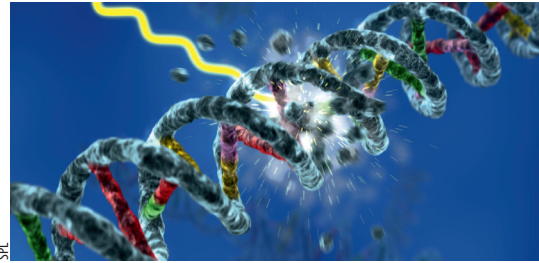
CyberKnife® (Robotik Radyocerrahi)

Lineer hızlandırıcı robotik bir kola monte edilmiştir. Hasta sisteme entegre edilmiş bir robotik masa ya yatırılır. Bu robotik kol sayesinde, yüzlerce ince radyasyon demeti kanserli dokuya milimetrik hassasiyette odaklanır. Ya kanserli doku yok edilir ya da kontrolsüz hücre bölünmesi durdurulur. Ülkemizde de uygulanabilen bu tedavi ile uygun hastalarda çok başarılı sonuçlar elde ediliyor. Robotik radyocerrahi özellikle bazı beyin ve omurilik tümörlerinin, erken evre akciğer kanserlerinin, düşük ve orta riskli prostat kanserlerinin tedavi edilmesi çalışmalarında kullanılıyor.

Bu noktada radyasyonun etkilerini deterministik ve stokastik adı verilen iki kategoride de incelemek gerekir. Vücudumuzdaki her dokunun ve organın iyonlaştırıcı radyasyonun belli bir dozuna karşı toleransı var. Bu tolerans dozların aşılması durumunda radyasyona maruz kalan doku ve organda geçici veya kalıcı işlev kayıpları meydana gelebilir. Örneğin görme sinirleri için kritik eşik doz aşılsa kalıcı görme kaybı yaşanabilir. Bu tür etkilere deterministik etkiler adı verilir. Vücudumuzdaki her dokunun eşik dozları ve radyasyona duyarlılıkları farklıdır. Üreme hücreleri ve lenfositler radyasyona en hassas hücrelerimizdir. Kemik ve kırık dokular ise rad-

yasyona en dirençli dokulardır. Ancak radyasyon tolerans dozları kişiden kişiye farklılık gösterebilir ve birçok faktöre bağlıdır. İyonlaştırıcı radyasyonun bir de stokastik etkisi vardır. Radyasyonun asıl yaygın ve korkutucu etkisi de budur. Çünkü bu tür etkiler belli bir eşik doza bağımlı değildir, düşük dozlar da dahi görülebilir. Doz arttıkça stokastik etki oluşma olasılığı da artar. İyonlaştırıcı radyasyonun kanser yapıcı etkisi bu kategoride değerlendirilir. Özellikle DNA molekülündeki onarılamayan veya yanlış onarılan kırıklar DNA üzerinde yapısal değişikliklere yol açabilir ve radyasyona maruz kaldıktan seneler sonra da kanser ortaya çıkabilir. Ancak bu etkinin ortaya çıkma olasılığı sanıldığı gibi çok yüksek değildir. Bu olasılıkların hesaplanması tartışmalı bir konudur. Bununla beraber uluslararası raporlarda 1 mSv'lik bir doz sonrası yaklaşık 100.000'de 5 kişide ölümcül kanser ortaya çıkabileceği belirtilmektedir. Elbette bu durum, günler veya aylar içinde ortaya çıkmaz. Radyasyona maruz kaldıktan sonra yıllar geçmesi gerekir. Genelde iyonlaştırıcı radyasyona maruz kaldıktan sonra 3-20 yıl arasında bu tür ikincil kanserler görülür. Atom bombası ve Çernobil kazası sonrasında bu tür kanserlerin oluştuğu kesin bir şekilde kanıtlanmıştır.

İyonlaştırıcı radyasyon kanser tedavisinde en etkili silahlardan biridir. İyonlaştırıcı radyasyon gelişmiş radyoterapi cihazları ile tümöre hassas bir şekilde odaklanır ve kanser hücreleri yukarıda söz ettiğimiz doğrudan veya doğrudan olmayan etkiler sa-



yesinde yok edilir. Bu amaçla çok çeşitli radyoterapi cihazları üretilmiştir. Genellikle X-ışınları ile çalışan bu modern cihazlar doğrusal hızlandırıcı olarak bilinir. Tedavi öncesi bilgisayarlı planlama ile kanserli dokunun en hassas şekilde hedeflenmesi sağlanır ve çevredeki normal dokular maksimum şekilde korunmaya çalışılır. Günümüzde robotik teknoloji de doğrusal hızlandırıcılarla bütünleştirilmiştir. Bu sa-yede uygun vakalarda çok yüksek dozlara yani kanserli dokuyu birkaç gün içinde tamamen yok edebilecek dozlara çıkabilmek mümkün hale gelmiştir.

Kaynak

Basic Radiation Oncology, Editörler: Murat Beyzadeoglu, Gökhan Özyiğit, Cüneyt Ebruli, Springer-Verlag, 2010.