

# Tanısal amaçlı olarak kullanılan x-ışınlarının kırık kallusu oluşumuna etkileri

(Deneysel çalışma)

Ali Okur<sup>(1)</sup>, Naci Ezirmik<sup>(1)</sup>, Hakan Yanar<sup>(2)</sup>, Fevzi Nakışlar<sup>(3)</sup>, Akif Çiftçioğlu<sup>(4)</sup>, Bülent Alparlan<sup>(5)</sup>

Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı tarafından ve Patoloji Anabilim Dalının katkılarıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, her biri 10 tavşandan oluşan 3 ayrı küme (A, B, C) denek olarak kullanılmıştır. Tavşanların birer fibulalarında iyatrojenik olarak Tip I açık kırık oluşturulup, daha sonra kırık bölgesine fraksiyone ve eşit tanısal dozda ve eşit uzaklıktan x-ışını uygulanmıştır. Başlangıçtan itibaren 30 günlük bir süre sonra, elde edilen kallüsü değerlendirmek için kırık bölgesi ışık mikroskopisi ile histopatolojik incelemeye alınmıştır. Sonuçlar, kalitatif olarak osteoblastik etkinlik, damarlaşma, osteoid yapımı ve kallüs içi kondroid yapı miktarı yönünden 3 ardışık derecede değerlendirilmiştir. Küme A (kontrol kümesi) ve Küme B'de (20 doz ışın uygulanmış küme) kırık iyileşmesi normal bulunurken, Küme C'de (40 doz uygulanmış küme) kırık iyileşmesi orta derecede geri kalmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, bir kırığın izlenmesi sırasında çekilecek radyogramların mümkün olduğunca en az sayıya indirilmesinin kırık kaynaması yönünden yararlı olacağı kanısına varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Tanısal x-ışını dozu, kırık kaynaması, radyasyon

## The effects of x-rays used as diagnostic purpose on fracture callus (experimental study)

In this study, carried out by the Department of Orthopaedics and Traumatology, Faculty of Medicine, Atatürk University and by the contributions of Pathology Department, 3 separate groups (A, B, C) each consisting of 10 rabbits were used as experiment. Type I open fracture was occurred in one fibula of the rabbits iatrogenically, then x-ray was applied to fracture region in fractional and equal doses and equal distance. The fracture region was investigated histopathologically by light microscopy to evaluate callus obtained 30 days after initial process. The results were evaluated in 3 successive degree qualitatively as to osteoclastic activity, vascularization, osteoid occurrence and the amounts of chondroid structure in callus. Group A (control group) and Group B (one exposed 20 times of x-ray) were found normal while fracture healing was found normal in Group A (control group) and B (one exposed 20 times of x-ray), fracture healing was found medium degree underdeveloped in Group C (one exposed 40 times of x-ray). In view of the results obtained, we arrived at the conclusion that the reduction of radiograms to the least point as well as possible taken during the observation of fracture should be better as to fracture union.

**Keywords:** Dose of diagnostic x-ray, fracture union, radiation

Kırık onarımı ile doğrudan ilgili hücreler mezenkimal kaynaklıdır ve çok yönlü gelişme göstermeye yatkındır. Kallusu oluşturan çok yönlü gelişme gösteren mezenkimal hücrelerin fasyada (Brooks, 1971), periyot (Chalmers, 1973), endotel veya perivasküler hücreler (Trueta, 1963), kemikliği hücreleri ve kan hücrelerinden (Otrowski, 1971), geliştiğine ait görüşler vardır (6). Uzun kemik shaftındaki kırık bölgesinde kallus gelişiminin lokal bağ ve vasküler dokuya ait proliferatif aktiviteye bağlı olduğu kabul edilmektedir. Bağ dokusuna iştirak eden öğeler endosteum, periosteum ve periosteuma komşu mezenkimal hücrelerdir (13).

Kemik yapısında yer alan osteoblastlar, radyosensitivite yönünden orta derecede duyarlı hücre kümesine girmektedir (2). Kırık oluşumu ile birlikte kırık bölgesindeki normalden fazla olan hücre rolifasyon hızı yanında genç hücrelerin bulunuşu pradyosensitiviteyi artırıcı bir etki göstermektedir. X-ışınları tanıda kullanımını sağlayan üç özelliğe sahiptir. Bunlar;

0.0001 Å-100 Å arasındaki bir dalga boyuna sahiptir. Tıpta kullanılan x-ışınların dalga boyları ise 0.001 Å-Å arasındadır (7, 15). X-ışınları tanıda kullanımını sağlayan üç özelliğe sahiptir. Bunlar; penetrasyon özelliği, fotografik etki ve floresan etkidir (29). Tanısal (diyagnostik) radyasyonun giderek artması, toplumda genetik riski arttırmaktadır? Grahn'ın yaptığı araştırmaya göre, normalde canlı doğumların % 6'sında defekt görülüyorsa, kişi başına gonatların yıllık ortalama aldığı ekspoşür 125 mrad olduğu düzeyde genetik defekt oranı %6.6'ya yükselmektedir (11). Bu bakımdan radyasyona bağlı yöntemlerde azaltma yapılması için çalışılması önemlidir. Giderek artan oranda radyasyona maruz kalan ortopedik cerrahinin üyeleri için yapılan çalışmalarda da radyasyon ekspoşürü için eşik değer veya doz düzeyi saptanamamışsa da, mesleki gerekçelerle alınabilecek izin verilebilen en-üst dozlar belirlenmiştir (20, 27). Günümüzde Bergonie ve Tribondeau yasası olarak bilinen; "bir dokunun radyasyona karşı duyarlılığı, o dokuyu oluşturan

(1) Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Yard. Doç. Dr.

(2) Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Araştırma Görevlisi

(3) İstanbul Bölge Polis Polikliniği Ortopedi ve Travmatoloji Uzman, Dr.

(4) Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı, Yard. Doç. Dr.

(5) Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Prof. Dr.

hücrelerin mitotik aktiviteleri ile doğru, bu hücrelerin farklılaşma dereceleri ile ters orantılıdır" şeklindeki yasadan yola çıkarak, tanısal amaçlı ve fraksiyone olarak uygulanan x-ışınlarının, iyatrojenik olarak oluşturulmuş kırıklarda yeni kallus oluşumu üzerinde yaptığı değişiklikleri incelemek için bir çalışma tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmadaki amacımız, herhangi bir kırık olgusunda, tanı ve takip amaçlı olarak verilen fraksiyone x-ışınlarının kırık iyileşmesinde kallus üzerine yaptığı etkiyi ortaya çıkarmaktır. Açık ki tanısal amaçlarla verilen x-ışını dozu, terapötik amaçlarla verilen dozlara göre çok azdır.

### Gereç ve Yöntem

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı tarafından ve Patoloji Anabilim Dalı'nın katkılarıyla Morfoloji Binası Multidisiplin Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya Mayıs 1995 tarihinde başlanmıştır. Deney Hayvanları. Çalışmada otuz adet, yaklaşık ağırlıkları 1, 5, 2, 1 kg ağırlığında, her iki cinsten albino tavşanlar kullanılmıştır. Deney hayvanlarının bakım ve beslenmesi için uygun koşullar incelenerek (25) bunlar olabildiğince yerine getirilmiştir. Deneyde kullanılan hayvanlar kuru, temiz bir ortamda yaşatılmış, oluşturulan her üç küme de aynı nitelik ve miktarda ezilmiş arpa ve kuru yonca ile beslenmişlerdir. Doğum yapanlar geçici sürelerle diğerlerinden ayrılmışlardır. Hayvanlar önce bir hafta süre ile izlenmiş, yeni ortamlarına uyum sağlamaları beklenmiş, hasta olanlar yenileri ile değiştirilmiştir.

Kırık oluşturulması. Denek olarak kullanılacak olan tavşanların anatomileri ve eksperimental uygunlukları incelenerek (9, 18) kırığın fibulada oluşturulması kararlaştırılmıştır. Tıp Fakültesi Morfoloji Binasında hayvan ameliyathanesi olarak hazırlanan laboratuvarında mümkün olduğunca steril bir ortam hazırlanarak, herbir tavşanın aynı taraf arka ekstremitesi olmak üzere, bacak bölgeleri, diz ve ayak bileği ekleminden sabitleştirilerek tutulup fibula bölgesi polivinilpirolidon-iyotla (Batticon®) dezenfekte edilmiştir. 2.5 cc kadar prilokain (Cittanest®) intramusküler enjeksiyonu ile lokal anestezi sağlanmıştır. Yaklaşık 1 -



Şekil 1: Denek tavşanlardan birinin fibulasında oluşturulan kırığın aynı günde alınan radyogramı.

2 cm'lik bir lateral insizyon ile deri ve derialtı kesilmiş, kas tabakasına ulaşılmıştır. Kas tabakası künt olarak sıyrılıp fibula orta kesimine ulaşılmıştır. Fibula üzerindeki periyost tabakası sıyrılmamıştır. Bir makas yardımı ile ve tek bir sıkıştırma ile fibulada düzgün, transvers, nondisplasse veya minimal deplase bir kırık oluşturulmuştur. Girişim sonrası yara sütüre edilmiş ve gaz tampon ile sarılmıştır. Tibya sağlam olduğundan, kırık için ilave bir destekleyici cihaz kullanılmamıştır. İşlemi takiben, kontrol radyogramları çekilerek (Şekil 1) aynı tip kırık oluşturulup oluşturulmadığı kontrol edilmiştir.

Kırık alanına radyasyon uygulaması. Her biri on tavşandan oluşan ve cinsiyet ayırımına gidilmeyen üç küme oluşturulmuştur. Küme A, kontrol kümesi olarak normal yaşantılarını devam ettirmişlerdir. Küme B, toplam 20 kez; küme C toplam 40 kez röntgen ışınlarına maruz bırakılmıştır. Küme B 7 gün, küme C 14 gün olmak üzere, kırık bölgelerine günde 3 kez, ardarda x-ışını radyasyonu uygulanmıştır. X-ışını kaynağı olarak, fuji 20 roentgen markalı, 5 amp, 20 mA, 60 kV p (kilovolt) özellikleri olan portatif röntgen aygıtı, özel olarak ahşaptan yaptırılan bir sabitleştirme sehпасına yerleştirilerek filmler çekilmiştir. Röntgen aygıtının, 50 cm'den bir çekim esnasında verdiği radyasyon miktarı, Keitley 35614 E dozimetre ve 2571 (0.6 cc) 2133 nolu kamera kullanılarak bulunmuştur. Bulunan değer 0.091 rad (9.1 lcrad veya 91 mrad) olarak saptanmıştır (Şekil 2). Sonuç olarak Küme B'ye 20 x 0,091 rad =1,82 rad; Küme C'ye 40x0,091 rad=3,64 rad x-ışını verilmiştir. Bütün deneklerin kırık fibulalarına 15. günde başlayarak, ışın verirken zaman zaman kontrol radyogramı da alınmıştır. Her üç kümenin 30. günde alınan radyogramları (bundan sonra çalışma sonlandırılmıştır). Şekil 3, 4 ve 5'de görülmektedir. Buraya kadar ve bundan sonra kullanılacak olan röntgen fiziği terimlerini kısaca şu şekil-



Şekil 2: Deneklere film çekmek için kullandığımız portatif röntgen aygıtı, sabitleştirme sehпасı, ışın miktarını ölçtüğümüz dozimetri ve sehпасın ayakları arasında ışın saçılmasını önlemek için kullanılan yarıklı kurşun levha görülmektedir.



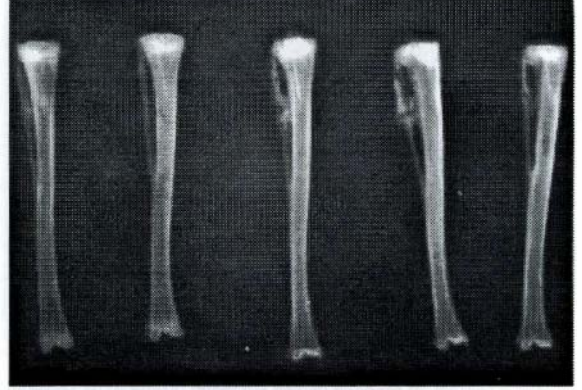
Şekil 3: Kontrol kümesinden (Küme A) bir deneğin kırık fibulasında 30 gün sonunda görülen ve normal olarak değerlendirilen kaynama



Şekil 5: Toplam 40 ekspozür verilen kümeden (Küme C) bir tavşanın kırık fibulasında 30. gün sonunda görülen yetersiz kaynama. kırık uçları diğer kümelerin aksine açıklık göstermektedir.



Şekil 4: Toplam 20 ekspozür verilen kümeden (Küme B) bir tavşanın kırık fibulasında 30. gün sonunda görülen yetersiz kaynama. kırık uçları diğer kümelerin aksine açıklık göstermektedir.



Şekil 6: Küme C'den beş adet kemik spesimenin bir arada çekilen radyogramı. Bu spesimenlerdeki kırıklar hipertrofik bir nonünyonu andırmaktadır.

de açıklayabiliriz: Röntgen: Normal koşullar altında, duvar etkilerinden kurtarılmış 1 cm<sup>3</sup> havada 1 elektrostatik yük birimi oluşturan x veya Y (gama) ışın miktarına 1 R denir.

Rad: Bir ışınlama sırasında, maddenin bir gramının absorbe ettiği enerji 1400 Erg ise aldığı doz 1 rad'dır (Radiation absorbed dose sözcüklerinin ilk harfleri). cRad, rad'ın 1/100'ü, mRad 1/1000'idir.

Gray: Uluslararası radyasyon birimleri komisyonu tavsiyesi uyarınca Rad yerine Gray kullanılmaktadır; 1 Rad 0.01 Gray'e eşittir. Gray Gy olarak kısaltılır. cGray, Gray'in 1/100'üdür. 1 cGy=1 rad

Ret: Roentgen -Equivalent Therapeutic kelimelelerinin baş harflerinden oluşur. Röntgen eşdeğeri tedavi dozu anlamındadır. Zamana ve fraksiyona bağlı olarak 250 Kvp'lük x-ışınına eşdeğer tedavi dozudur.

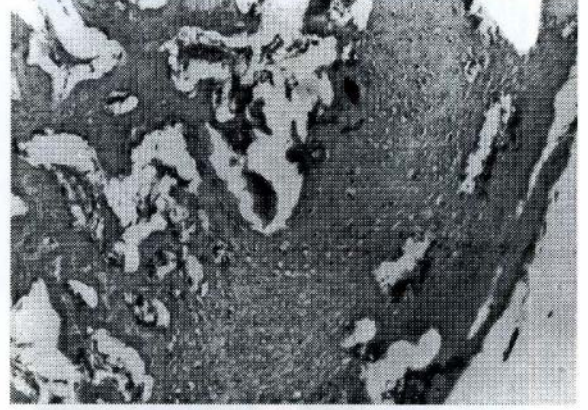
Rem: Rad'ın memelilerdeki karşılığıdır. Pratik olarak insandaki rad'a eşittir. Roentgen equivalent mammal sözcüklerinin baş harflerinden oluşur.

Histolojik gerecin hazırlanması. Kırık oluşturulmasından 30 gün sonra, son kontrol x-ray filmleri çekilip,

kontrol kümesinde kallüs gelişiminin izlenmesi üzerine çalışmayı sonuçlandırma aşamasına gelinmiştir. Denekler, 1 mg/kg, %26 oranında pentobarbital sodyumdan intraperitoneal olarak uygulanıp sakrifiye edilmişlerdir. Tavşanların kırık oluşturulan arka ekstremite kesilerek hazırlanan kemik spesimenleri % 10'luk formalin ile tespit edildikten sonra, % 3'lük formik asit içerisinde atılıp 5 gün süre ile bekletilmiş, dekalsifiye edilmiştir. Dekalsifikasyonun ardından parafin bloklaya işlemi yapılmıştır. Bloklanan kemik spesimenlerinden ortalama 5 µ kalınlığında kesitler alınarak, hematoksilen-eozin boyama yöntemine göre boyanmıştır. Işık mikroskopisi değerlendirmelerinde Olympus BH2 tipi mikroskop kullanılmıştır. Tüm kümelerde kemik iyileşmesi, osteoblastik etkinlik, damarlaşma, osteoid yapımı, kallüs-içi kondroid yapı miktarı yönünden (+), (++) , (+++) şeklinde 3 ayrı derecede değerlendirmeye alınmıştır. Her denek için on ayrı 100X'lük büyütme alanı taranmıştır. Histopatolojik değerlendirmede esas alınan ölçütlerin derecelendirilmesi, (+) en az olmak üzere, (++) orta ve (+++) en iyi şekilde karşılaştırılarak yapılmıştır. Osteoblastik etkinliğin değerlendirilmesi; her değerlendirmesi de yine aynı şekilde 100X'lük büyütme alanındaki or-



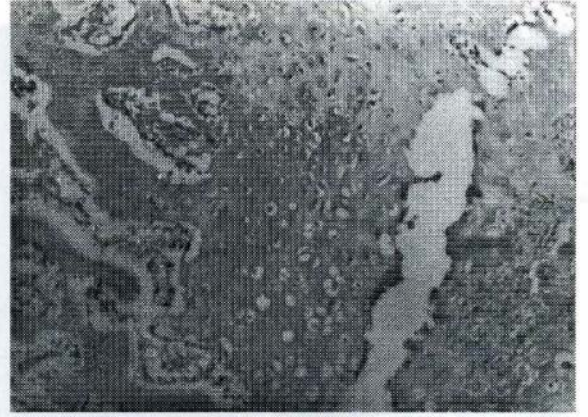
Şekil 7: Kontrol kümesinden (Küme A) bir tavşanın 30. gün sonunda hazırlanan fibula bölgesinde kırık kaynamasının histopatolojik görünümü (100X büyütme, hematoxilen-eozin).



Şeki 9: Toplam 40 ekspoşür verilen kümeden (Küme C) bir tavşanın 30. gün sonunda elde edilen kırık fibula bölgesine histopatolojik görünümü (100X büyütme, hematoxilen-eozin).



Şekil 8: Toplam 20 ekspoşür verilen kümeden (Küme B) bir tavşanın 30. gün sonunda elde edilen kırık fibula bölgesinin histopatolojik görünümü (100X büyütme, hematoxilen-eozin).



Şekil 10: Küme C'ye ait bir deneğin 30. gün sonunda elde edilen, fibula kırığına ait histopatolojik görünümü. Kallüs-içi kırık yapıların çokluğuna dikkat ediniz (100X büyütme, hematoxilen-eozin) görünümü (100X büyütme, hematoxilen-eozin).

talama damar yapısı sayısı saptanarak ve azdan çoğa doğru derecelendirilerek yapılmıştır. Osteoid yapımı ve kondroid yapı ölçüsü de aynı büyütme alanındaki bağıntılı (rölatif) oranlar gözönüne alınarak saptanmıştır.

## Sonuçlar

Radyolojik olarak kontrol kümesinde (Küme A) ve 20 ekspoşür verilen kümede (Küme B) yeterli bir kallüs konsolidasyonu görülmüştür (Şekil 3 ve 4). Toplam olarak 40 ekspoşür verilen kümede ise (küme C) kallüs yeterli değildir. Kırık uçları arasında bir açıklık görülmektedir. Bu kümedeki kırıkların radyolojik görünümü hafif derecede bir hipertrofik nonünyonu andırmaktadır (Şekil 5 ve 6). Histopatolojik olarak; kontrol kümesi ve 20 çekim uygulanan kümede (Küme B), osteoblastik etkinlik (+++), damarlaşma (+++), kallüs-içi kırık yapılar (++) ve osteoid yapımı (+++) olarak değerlendirilmiştir (Şekil 7 ve 8). Toplam 40 çekim uygulandığı kümede (Küme C) ise osteoblastik etkinlik ilk iki küme ile kıyaslandığında, daha az olmuş ve (++) olarak derecelendirilmiştir. Küme C'de damarlaşma (++) olarak saptanırken, kallüs-içi kırık yapılar ise (+++) olarak bulunmuştur. Osteoid ya-

pımı da osteoblastik etkinlik ile koşut olarak (++) derecede saptanmıştır. Şekil 9 ve 10'da bu kümenin histopatolojik kesiti görülmektedir. Elde edilen sonuçlar kalitatif nitelikte olduğu için, nonparametrik testlerden Man-Whitney U testi kullanılmıştır. A ve B kümeleri arasında fark bulunamazken, bu ilk 2 küme ile C kümesi arasında oldukça anlamlı fark görülmüştür ( $Z=-3,78$  ve  $p<0,001$ ).

## Tartışma

Normal kemik dokusunun yüksek doz radyasyon uygulaması sonucu zarar gördüğü bilinmektedir. Örneğin, 1500 rad üzerindeki dozda, eller x-ışınına maruz kalırsa kemik doku zarar görür (22). Çocuklarda, büyüyen kemik daha fazla zarar görmektedir. Büyüyen kemikte radyasyonun etkilerini ilk olarak 1903'te Perthes, 1906'da Desjardins bildirmiştir (3). Eksperimental çalışmalar, kemiğin epifiz ve fiz bölümünün 300-400 rad (yaklaşık 300-400 cGy) kadar bir dozdan bile etkilendiğini göstermiştir, oysa diyafiz daha dirençlidir. Rattların tibyal epifizlerinde 1.5-2 Gy (50-200 rad) arasındaki irradyasyon kalıcı bir değişiklik yap-

mamıştır (8). Epifiz bölgesindeki değişiklikler fiz gelişmesi, metafizeal skleroz ve metafizeal bozulma (fraying) biçimindedir. Bu değişiklikler riketsli kemiği andırmaktadır (4, 5). Çocuklarda vertebranın irradyasyonu büyüme arrest çizgileri, end-plate düzensizliği, trabekülasyonda değişme, korpusta anteryör gagaşma ve vertebral gelişimde asimetri ortaya çıkmasıyla sonuçlanır. Çocuk vertebrasındaki değişiklikler 1000 rad (yaklaşık 1000 cGy) üzerindeki dozlarda ortaya çıkmağa başlar (21). Deney hayvanları üzerindeki çalışmalar, büyüyen kemikte radyasyonun etkilerini farklı derecelerde göstermiştir. Bu varyasyonlar uygulanan radyasyon dozuna, çalışılan hayvan türlerine, hayvanın yaşına ve radyasyonun verilişinden sonra geçen süreye bağlıdır. Furstman, ratlarda 600 R total vücut radyasyonu (orta doz sayılmaktadır) uygulayarak ratların büyüyen tibialarında irradyasyonun etkilerini belirlemek için çalışmıştır. 24 saat içinde tıba diyafiz ve metafizde damarsal konjesyon, epifiz kırıkdağındaki kondrosit dizilerinde dezorganizasyon gözlemiştir. Ekspojürden 3 gün sonra metafiz ve diyafizde olduğu kadar kalsifiye matrikste de kanama gözlemiştir. Ek olarak, kemikliliği hücrelerinde ciddi bir kayıp ve trabeküllerin kaybıyla birlikte osteoklastik etkinlikte belirgin bir artış ortaya çıkmıştır. Ekspojürden 5 gün sonra kanamalı bölgeler kaybolmuş ve ilikteki hemopoetik öğeler azalarak ortam fibröz bir yapı kazanmaya başlamıştır. Radyasyon zedelenmesinden 7 gün sonra onarım oldukça ilerlemiştir. Furstman, bu değişikliklerin radyasyon zedelenmesine özgü olduğunu ve beslenme eksikliği ile ilgili olmadığını bildirmiştir. Ayrıca, irradyasyondan sonra alkali ve asit fosfataz yoğunluğunda, epifiz kırıkdağında azalma, diyafizde artış olduğunu saptamıştır (10). Uzel ve ark. (1963) fantom üzerine yaptıkları bir çalışmada, bir ekspozisyonda 0,274 rad alınmakta olduğu koşullarda, büyümeyi durdurmak için 6700 defa, nekroz geliştirmek için 1800 defa radyogram çekilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (1). Sugimoto ve ark., kemik iliği açısından 50 Gy (5000 rad) tek doz radyasyon uygulamasından sonra histopatolojik olarak kemik iliği hemopoetik elemanlarında belirgin bir azalmanın olduğunu (özellikle 12. -24. haftalarda) göstermişlerdir (Sugimoto). 4000 rad dozunda uygulanan radyasyonun hemopoetik elemanlarda azalmaya ve masif kemik kaybına neden olacağı bilinmektedir (19). Hemopoetik kemik iliğinin yağlı kemik iliğine dönüşümünün, 1600 cGy'lik bir dozda radyoterapiden iki hafta sonra başladığı, 800 cGy (800 rad) kadar düşük dozlarda ise radyoterapiden 6 ay sonra yağlı kemik iliği geliştiği bilinmektedir (17). Hayashi ve ark., fare femurlarını kırıp radyasyona maruz bırakmışlardır. Cesium 137 U ile 1, 2, 5, 10 kez ışın uygulayıp; kırık bölgesine 275, 500, 700, 1000 rad vermişlerdir. Radyasyon uygulanmamış farelerde kallus oluşumu, kırığı izleyen 7. günde saptanmış olup, 16-23 günde kallus hacmi hızla artmıştır. Tek doz radyasyon uygulanan farelerde doz düzeyi 1200 - 2100 rad olup, saptanabilir kallusun radyografik gelişimi radyasyonla baskılanmıştır. Bunlarda kallus oluşumu daha geç görülmüştür. Multi-doz verilenlerde, dozlar 275 rad'lar halinde ve toplam 5 ve 10 doz uygulanmıştır. Kallus yapıcı hücrelerin bir dizi radyasyon dozu ile meydana gelmiş hasarı tamir edilebil-

miştir ve 9. doza kadar hiç olmazsa tamire ait etki devam ettirilebilmiştir. Tamir işlemi oldukça etkili olup, hasarın % 45-75'i her tedavi arasında tamir edilmiştir. Histolojik olarak, radyasyon verilen bu alanlardaki lezyonlar, genellikle ince damarlanmada azalma, fibroz ve parenkimal hücre kaybı biçiminde olmuştur (13). Normalde, uzun kemik kırıklarının iyileşmesi uygun kanlanmanın sağlanması ve normal işlev gören osteoblastların çoğalması sonucu kemik kallus oluşumuna bağlıdır. Kaynamadaki gecikme, kan beslenmesindeki bozulmağa veya normal işlevli osteoblastların çoğalmalarındaki bozulmağa bağlı olabilir (12). Akut radyasyon reaksiyonu, başlangıçta epitelyuma ait bir hasara bağlı olmasına karşın, geç dönemde görülen değişiklikler bağ ve damar dokusundaki ilerleyici değişikliklere bağlı olabilir (13). Green ve ark., dört küme rat üzerinde tıba ve fibulayı kırarak toplam 2000 rad radyasyona maruz bırakmışlardır. Radyasyon uygulanan ekstremiteelerde kırık iyileşmesinin geciktiğini bulmuşlar, histopatolojik olarak yeni kemik oluşumu ve osteoid oluşumunun önemli derecede azalmış olduğunu saptamışlardır. Radyasyon uygulanan kırık bölgesinde, total yeni damar oluşumunda önemli bir azalma görmüşlerdir. Fibröz dokunun çok az kan damarı içerdiğini, yeni kemik oluşumuna ait alanlarda da kanla beslenmenin azaldığını bulmuşlardır. Bu bulgulardan, kırık alanına uygulanan radyasyonun osteoblast proliferasyonunu ve yeni damar oluşumunu baskıladığı sonucunu çıkarmışlardır (12). Jacopson ve ark., Co 60 ile tek doz 15, 25, 40 Gy radyasyon uygulaması sonrası, 40 Gy doz sonrasında bile vasküler yapının daha fazla değişmediğini, açıkça radyasyona bağlanan tromboz veya hemorajinin fark edilmediğini saptamışlardır (14). Onların bulgularına göre; başlangıçta yağ hücreleri sayısında azalma olmuş ancak sonradan birçok olguda kümeleşme izlenmiştir. Trombüs oluşumuna ait kanıtlara karşın, eritrositlerin damar dışına çıkışı ve damar çapında izlenen değişiklikleri radyasyona maruz kalmayan hayvanlarda da görülebilen normal bulgular olarak kabul etmişlerdir. Osteoblast ve osteoklastlarda artma ve azalma yönündeki farklılıklar verilen radyasyon dozu, çalışılmış hayvan örneği, hayvanın yaşı ve çalışma sonrası süre ile ilişkilidir (10). Kemik ve kemik iliğinde damarsal yapılarda izlenen anormal değişiklikler ve osteosit sayısındaki azalma radyasyonun dolaysız etkisidir (19). Radyasyondan sonra kemikliliği hücrelerinin çoğunluğu ölür, kalan hücrelerin rejenerasyon yeteneği de zayıflar (23). Radyoterapi yapılan hastalarda irradyasyondan sonra rejenerasyonun büyük bölümünün ancak 12 ay içinde olduğu anlaşılmıştır (24). Radyasyon uygulanan hayvanlar, araştırmacılar tarafından ilk haftada öldürülürse dejeneratif, geç dönemde öldürülürse rejeneratif değişiklikler izlenmektedir (10). Takahashi ve ark., radyasyonun Havers kanalları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Burada, tavşan dizine terapötik dozda 25, 50, 100 Gy radyasyon uygulandığında 4. haftada Havers kanallarında iki değişiklik saptanmıştır: Kanaldaki hücrelerin kaybı ve kanal damarlarının basit tıkanması yanında osteoklastlarca perivasküler kemik matriksin anormal rezorpsiyonu ve kapiller dilatasyon. Vasküler hasar, radyasyonun kemikte yaptığı gecikmiş dönem travmalarında çok önemli belirtilerden biri olarak düşünül-

müştür. Radyasyona maruz kalan kemikte, kan akımı ve volumünde belirgin bir azalma olup, histolojik olarak, tıkanmış bir haversiyen kanalın çevresinde sıklıkla boş bir lakuna olarak izlendiği bilinmektedir. Dolayısı ile damarlanmadaki azalma, radyasyona bağlı osteopatinin gelişmesinde önemli rol oynar. Kemikte izlenen radyasyona bağlı geç travmadan başlıca damar hasarı sorumlu tutulmuştur (28). Kim ve ark., klinik veriler kullanarak, insanda geri dönüşümsüz kemik travmaları için gerekli olan mevcut standart dozun ortalama değerlerini, alana bağlı olarak olarak 2120-3200 ret (roentgen equivalent therapeutic) arasında saptamışlardır (16). Dokulara radyasyonun etkisi bilinen çalışmalarda genellikle terapötik dozda (yüksek doz) kullanıldığından dolayı, diyagnostik dozların dokulara etkisi pek bilinmemekte veya zararsız sayılmaktadır. Ancak, çalışmamızdan elde edilen verilere bakarak; çeşitli sebeplerle kontrol edilmesi gereken olgularda, tanı ve izleme sırasında sık çekilen x-ışını radyogramlarının gelişmekte olan kallus dokusunda kalitatif bir değerlendirmenin sonucuna göre, kısmen etkilendiğini gördük. Bu nedenle, özellikle radyosensitif bir doku olan kallüs dokusunun gelişimi sırasında az miktarda radyasyondan da etkileneceği, sonraki dönemlerde diğer olumsuz etkenlerin de eklenerek kaynamayı kötü etkileyeceği kanısına vardık. Burada, kırık iyileşmesini olumsuz etkileyecek en az x-ışını yayımı miktarını kantitatif olarak belirleyemedik, zaten bu çalışmanın amacı bu yönde bir belirleme değildir. X-ışını ile izlenmesi gereken kırıklı olgularda, kallüsün durumunu izlemek için mümkün olan en az sayıda radyogram olmak için gayret gösterilmelidir. Kırığın izlenme süresi içinde, gereksiz ve/veya aşırı meraktan kaçınılmalıdır. Bunun yanında, kallüsü izlemek için gerekli olduğu durumlarda klinik muayene, ultrasonografi, manyetik rezonans görüntüleme gibi diğer yöntemlerin de eklenmesi ile kaynama sorununda radyasyonun olabilecek olumsuz etkisi ortadan kalkar kanısındaız.

### Kaynaklar

1. Ahıskalı G: Röntgen ışınlarının etkileri. Acta Orthop Traumatol Turc, 24:288-289, 1990.
2. Bushong SC: Fundamental Principles of Radiobiology. In Radiologic Science for Technologist, edited by Bushong SC, 3rd edition, p. 437 St. Lois, CV Mosby Co, 1984.
3. Dalinka MK, Neustadter LM: Radiation changes. In Diagnosis of Bone and Joint Disorders, edited by Resnick D, Niwayama G. Vol. 5, pp. 3025-3056, Philadelphia, WB Saunders, 1988.
4. Dawson WB: Growth impairment following radiotherapy in childhood. Clin Radiol 19:241-256, 1968.
5. Desmet AA, Kuhns LR, Fayos WV: Effects of radiation therapy on growing long bones. AJR 127:935-939, 1976.
6. Ege R: Kırık iyileşmesi. Travmatoloji, cilt I, 4. maskı, s. 26-61, Ankara, Kadioğlu m., 1989.
7. Egger J: The Theory of Roentgenology. In Roentgen Diagnosis, General Principles and Methods, edited by Rigler LG, vol. 1, p. 1-2, 1968, New York, Grune-Stratton, 1968.
8. Engström H, Jansson JO, Engström C: Effect of local irradiation on longitudinal bone growth in the rat. Acta Radiol Oncology, 22:129-133, 1983.
9. Frandson RD: Evcil hayvanların anatomi ve fizyolojileri. Çev: İhsan Aysan, s. 191-193, Erzurum, Atatürk Üniversitesi Yay., 1977.
10. Furstman LL: Effect of radiation on bone J Dent Res, 51:596-604, 1972.
11. Grahn D: Gnetic problems related to radiology practices. Radiology, 105:653-657, 1972.
12. Gren N, French S, Rodriquez G, Hays M, Fingerhut A: Radiation-induced delayed union of fractures. Radiology, 93:635-641, 1969.
13. Hayashi S, Suit HD: Effect of fractination of radiation dose on callus formation at site of fracture. Radiology, 101:181-186, 1971.
14. Jacopson M, Albrektsson T, Turesson I: Dynamics of irradiation injury to bone tissue-A vital microscopic investigation. Acta Radiol Oncology, 24:343-349, 1985.
15. Jaundrell-Thompson F, Ashworth WJ: X-Rays Physics and Equipment. Ed. 2, p. 693, Oxford, Blackwell Scien. Pub., 1970.
16. Kim JH, Chu FC, Pope RA, Woodart HQ, Bragg DB, Shidnia H: Time-dose factors in radiation induced osteitis, Am J Roentgen, 120:684-690, 1974.
17. Libshitz HI: Radiation changes in bone Seminars in Roentgenology, XXIX:15-37, 1994.
18. Lopukhin YM: Experimental surgery. Pp7-10, Moscow, Mir pub., 1976.
19. Maeda M, Bryant H, Yamagata M, Earle JD, Chao EYS: Effects of irradiation on cortical bone and their related changes. JBone Joint Surg, 70 A:392-399, 1988.
20. Miller ME, Davis ML, MacClean CR, Smith BL, Humphries JR: Radiation exposure and associated risks to operating-room personnel during use of fluoroscopic guidance for selected orthopaedic surgical procedures. J Bone Joint Surg [Am], 65-14, 1983.
21. Neuhauser EBD, Wittenborg MH, Berman CZ: Irradiation effects of roentgen therapy on the growing spine. Radiology 59:637-650, 1962.
22. Özalpan A: Radiobioloji. İstanbul, 1979.
23. Parker RG, Berry HC: Late effects of therapeutic irradiation on the skeleton and bone marrow. Cancer, Supplement No: 2, 37:1162-1171, 1976.
24. Sacks EL, Goris ML, Glatstein E, Gilbert E, Kaplan HS: Bone marrow regeneration following large field radiation-influence of volume, age, dose and time Cancer, 42:1057-1065, 1978.
25. Sawin PB: The rabbit. In The Care and Breeding of Laboratory Animals, edited by Farris EW. Pp. 153-181, New York, John Wiley&Sons, 1950.
26. Sugimoto M, Takahashi S, Toguchida J, Shibamoto Y, Yamamuro T: Changes in bone after high dose irradiation. J Bone Joint Surg, 73B: 492-497, 1991.
27. Şener N, Gökşan MA: Ortopedistlerin radyasyona maruz kalma riski. Acta Orthop Traumatol Turc, 29:71-73, 1995.
28. Takahashi S, Sugimoto M, Kotoura Y, Sasai K, Oka M, Yamamuro T: Long term changes in the haversian systems following high dose irradiation. J Bone Joint Surg, 76A:722-738, 1994.
29. Tuncer E: X-ışınlarının Etkileri. Klinik Radyoloji, s. 13-17, Nobel Tıp K., 1994.

### Yazışma Adresi:

Yard. Doç. Dr. Ali Okur  
Terminal Cad. Okur Apt. No:2/2  
25050 Erzurum, Türkiye