



## Kırık iyileşmesinde kırık hematoma'nun önemi Hematoma'nın tekrar kırık hattına yerleştirilmesi: Deneysel çalışma

### *The importance of fracture hematoma in fracture union Replacement of hematoma over the fracture site: an experimental study*

Şevki KABAK, Faruk BALKAR, Fuat DUYGULU

Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

**Amaç:** Açık redüksiyon internal tespit yapılan sıçan modelinde, kırık hematoma'nın kırığın bulunduğu ortamdan steril koşullarda ayrılıp tekrar kırık hattına yerleştirilmesinin kırık kaynaması üzerine etkileri araştırıldı.

**Çalışma planı:** Altmış adet erkek Wistar sıçan, yirmişerli üç gruba ayrıldı. Sıçanların her iki femurunda kapalı kırık oluşturularak sağ femurlardan deney grubu oluşturuldu. Sol femurlar kontrol grubu olarak ayrıldı ve herhangi bir işlem yapılmadı. A grubunda kapalı kırık oluşturulmasından yarım saat sonra, B grubunda iki gün sonra, C grubunda dört gün sonra kırık hattı açılarak kırık hematoma steril koşullarda alındı; ortam serum fizyolojik ile yıkandıktan sonra hematoma tekrar kırık hattına yerleştirildi. Kırıklar intramedullar olarak tespit edildi. Üçüncü ve beşinci haftalarda sıçanların femurları radyolojik, biyomekanik ve histolojik açıdan incelendi.

**Sonuçlar:** Radyolojik değerlendirmede beşinci haftada A grubunda daha fazla denekte kaynama ve remodeling gözlemlendi. Biyomekanik değerlendirmede üçüncü haftada kallus alanı, eğme momenti, eğme rijiditesi ve kırık enerjisi değerlerinde anlamlı fark yoktu ( $p>0.05$ ). Beşinci haftada ise A grubunun tüm biyomekanik değerleri B ve C grubunun değerlerinden anlamlı derecede daha iyi idi ( $p<0.001$ ).

**Çıkarımlar:** Kırık hematoma'nın yapısı bozulmadan steril şartlarda saklanıp, tekrar kırık ortamına yerleştirilmesinin kırığın kaynaması üzerine olumlu etkisi olduğu sonucuna varıldı.

**Anahtar sözcükler:** Biyomekanik; kemik kallusu/fizyopatoloji; femur kırıkları; hematoma/fizyopatoloji; osteogenez/fizyoloji; periost/fizyopatoloji/cerrahi; sıçan, Wistar; doku transplantasyonu; yara iyileşmesi/fizyoloji.

**Objectives:** In an open reduction and internal fixation model in rats, we investigated the effect of fracture hematoma on fracture union when removed from the fracture site under sterile conditions and then replaced over the fracture site.

**Methods:** Sixty male Wistar rats were divided into three groups, each consisting of 20 rats. Fractures were induced in both femurs. The right and left femurs were included in experimental and control groups, respectively. The control femurs remained untreated. Hematoma was removed from the fracture site half an hour after fracture induction in group A, after two days in group B, and after four days in group C. Following irrigation of the fracture site with physiological saline solution, hematoma was replaced over the fracture site and the fractures were fixed intramedullary. Radiologic, biomechanical, and histologic studies were made in the third and fifth weeks.

**Results:** Radiologically, the rats in group A showed more union and remodeling than group B and C did in the fifth week. Biomechanical evaluation showed no statistically significant differences in callus area, bending moment, bending rigidity, and fracture energy between the three groups in the third week ( $p>0.05$ ) However, all biomechanical parameters of group A became significantly superior than those of group B and C in the fifth week ( $p<0.001$ ).

**Conclusion:** Removal of the fracture hematoma under sterile conditions and then replacing it over the fracture site may exert a favorable effect on fracture union in open reduction and internal fixation procedures.

**Key words:** Biomechanics; bony callus/physiopathology; femoral fractures; hematoma/physiopathology; osteogenesis/physiology; periosteum/physiopathology/surgery; rats, Wistar; tissue transplantation; wound healing/physiology.

Klasik olarak kırık iyileşmesi, farklı fizyolojik ve histolojik özellikleri olan altı aşamadan oluşur.<sup>[1]</sup> İyileşmenin ikinci kademesi olan indüksiyon aşaması, kırık hematomu oluşumu ile karakterizedir ve tamir için gerekli olan hücrelerin indüksiyon ve modülasyonunu sağlar. 1970'li yıllarda kırık hematomunun kırık iyileşmesinde fazla önemli olmadığı düşünülmekteydi;<sup>[2]</sup> ancak, sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda kırık hematomunun önemi üzerinde durulmuş ve bu oluşumun kırık alanında biyolojik bir köprü, ayrıca kallus oluşumunun çatısı olduğu belirtilmiştir.<sup>[3,4]</sup> Mizuno ve ark.nın<sup>[5]</sup> yaptıkları çalışmada, kırık hematomunun daha çok osteoindüktif özelliği üzerinde durularak, bunun kırık iyileşmesindeki önemi belirtilmiştir.

Bu deneysel çalışmada, kırık oluşturulmuş sıçan femurlarında, açık redüksiyondan sonra kırık hematomunun steril koşullarda ortamdan alınıp, kırığın tespitinden sonra tekrar aynı ortama bırakılmasının, kırık kaynaması üzerine etkisi araştırıldı.

## Gereç ve yöntem

Çalışmada ortalama ağırlığı 267 gr (200-320 gr) olan 60 erkek Wistar sıçan kullanıldı. Rastgele olarak yirmişerlik gruplara ayrılan sıçanlar (grup A, B, C), standart laboratuvar diyeti ve su ile beslendi. Sıçanların sağ femurları deney, sol femurları kontrol grubu olarak belirlendi.

Her üç gruptaki sıçanlar ameliyattan 12 saat önce aç bırakıldı. Tüm sıçanlara profilaktik amaçla ameliyattan iki saat önce intramusküler 15 mg/kg dozunda tek doz sefazolin sodyum (Sefazol®) uygulandı. Ameliyat sonrası üç gün buna devam edildi. Deneklere intraperitoneal 10 mg/kg dozunda ketamin hidroklorür (Ketalar®) uygulanarak genel anestezi sağlandı. Standart olması için özel olarak hazırladığımız bir aletle, her sıçanın femur diafizlerinde kırık oluşturuldu. Kırığın parçalı olmamasına özen gösterildi.

Birinci grup (A grubu) sıçanlarda genel anestezi sonrası kapalı kırık oluşturulduktan 30 dakika sonra sağ ve sol uyluk bölgeleri traş edildi. Sıçanların her iki uyluğu da povidon iyot (Betadine®) ile boyanıp, steril örtülerle örtüldü. Sağ uyluk lateralinden 2 cm insizyon sonrası, vastus lateralis ve hamstring adale grupları arasından geçilerek kırık hattına ulaşıldı. Periostun kaynama üzerine etkisini ortadan kaldırmak için, 1 cm'lik periost kısmı H şeklinde soyula-

rak çıkarıldı. Kırık hematomu boşaltılarak, alınan hematomdan histolojik inceleme için yayma hazırlandı. Hematom steril şartlarda, steril bir kapta toplandı. Kırık bölgesi %0.9'luk serum fizyolojik ile yıkandı. Kırık 1.5 mm'lik Kirschner teli (K-teli) ile trokanter majordan distale doğru, medulla oyucusu ile oyulmadan intramedullar olarak tespit edildi. Trokanter tarafındaki K-teli ucu eğilip cilt altında bırakıldı. Hematom tekrar ortama bırakılarak katlar usulüne uygun kapatıldı. Kontrol grubu olarak alınan sol femurlarda aynı işlemler uygulandı; ancak hematoma çıkarıldıktan sonra tekrar konulmadı.

İkinci grup (B grubu) sıçanlarda kırık oluşturulmasından iki gün sonra, üçüncü grup (C grubu) sıçanlarda ise dördüncü günde hem deney hem de kontrol gruplarında yukarıda belirtilen işlemler uygulandı. Bu gruplarda hematoma organize olduğundan, ortamdan alınması ve tekrar ortama bırakılması sırasında yapısının bozulmamasına özen gösterildi.

Üç gruptaki sıçanların hepsinde kırık oluşturulduktan hemen sonra, ameliyattan sonra ve haftalık iki yönlü röntgen filmleri çekildi. Radyolojik sonuçların değerlendirilmesinde Lane ve Sandhu'nun<sup>[6]</sup> modifiye ettikleri puanlama sistemi kullanıldı. Kafeslerine yerleştirilen sıçanlarda uylukları için dış destek kullanılmadı. Ameliyat sonrası analjezi için su ve yiyeceklerine parasetamol tablet eritilerek ilave edildi.

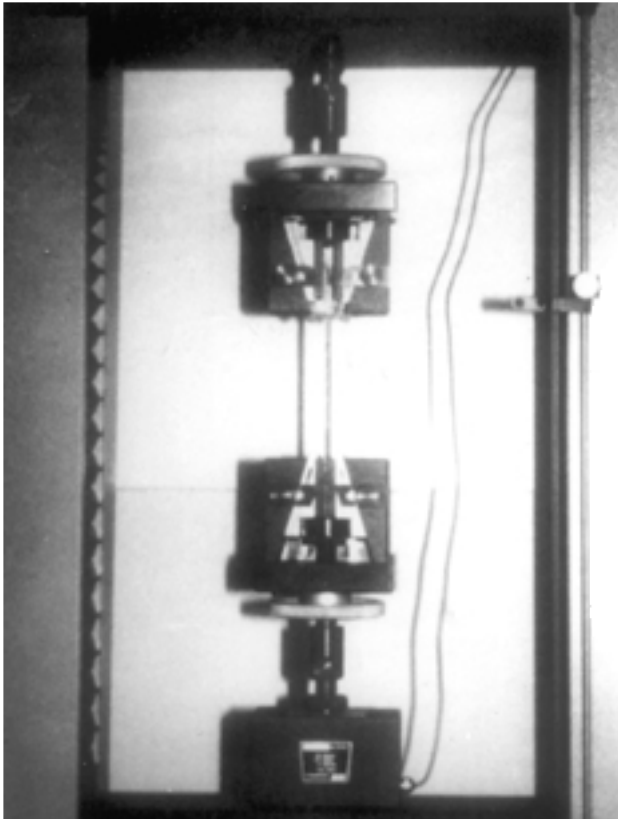
Üçüncü hafta sonunda her gruptan 10 sıçan rastgele belirlenip derin anestezi ile öldürüldü. Yumuşak dokular dikkatle soyulduktan sonra femurların iki yönlü röntgen filmleri çekildi. Daha sonra femurlar, biyomekanik ve histopatolojik olarak değerlendirildi. Her gruptan geriye kalan 10 sıçan beşinci hafta sonunda aynı yöntemle öldürülüp değerlendirildi. Radyolojik sonuçlar modifiye Lane ve Sandhu skorlama sistemine göre yapıldı (Tablo 1).<sup>[6]</sup>

Yumuşak dokulardan temizlenmiş, alt ve üst eklemlerden ayrılmış femurların internal tesbit araçları çıkarıldıktan sonra kallus kitlesinin çapı ve boyu ölçülüp kallus alanı kaydedildi (mm<sup>2</sup>). Femurlar %10'luk nötral formalin solüsyonunda tespit edildi. Kırık bölgesinin sağlamlığını belirlemek amacıyla Üniversitemiz Meslek Yüksek Okulu'nda bulunan dijital kontrollü, elektrik tahrikli, universal çekme ve eğme makinesiyle biyomekanik inceleme yapıldı. (Şekil 1). Femurlar, 3 cm boşta kalacak şekilde, proksimal bölgeden maki-nenin sabit çenesine tesbit edildi. Hareketli kısım 0.08

rad/saniye hızla boşta kalan bölgeye bastırıldı. Kemikte oluşan eğilmeye göre eğme momenti ( $Nm \times 10^{-1}$ ) eğme rijiditesi ( $Nm/rad$ ), kırık oluşuncaya kadar absorbe edilen enerji ise kırık enerjisi ( $Nm \times rad \times 10^{-2}$ ) olarak Engesaeter ve ark.nın<sup>[7]</sup> kriterlerine göre yapıldı. Aynı yöntem beşinci hafta öldürülen sıçanlarda da uygulandı.

Kırık bölgesinin histopatolojik incelemesi için, %10'luk formalin solüsyonunda bir gün bekletilen femurlar 0.6N hidroklorik asit ile işleme tabi tutuldu. Distile su ile yıkanan kemiklerden, kırık bölgesi ortada kalacak şekilde uzunlamasına kesitler alındı ve parafin bloklara gömüldü. Hazırlanan parafin bloklar mikrotomla 6 µ kalınlığında kesilerek hematoxilen-eosin ile boyandı. Hazırlanan preparatlar ışık mikroskopunda incelendi. Histolojik inceleme Heiple ve ark.nın<sup>[8]</sup> modifiye ettikleri Lane ve Sandhu skorlama sistemine göre yapıldı (Tablo 2).

Üçüncü ve beşinci hafta sonunda her üç gruptaki sıçanların her iki femurlarının biyomekanik değerlendirilmesi Student t-testi ve ünivariat ANOVA (Post Hoc-Scheffe) kullanılarak yapıldı.



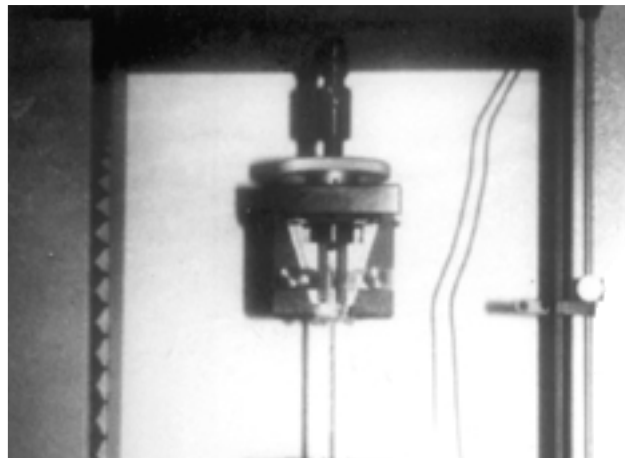
**Şekil 1.** Biyomekanik testler için kullandığımız dijital kontrollü, elektrik tahrikli, universal çekme ve eğme makinesi.

## Sonuçlar

Radyolojik olarak, üçüncü hafta sonunda A grubunda sekiz sıçanda, B grubunda beş, C grubunda altı sıçanda kaynama potansiyeli görüldü. Beşinci haftada ise, A grubunda sekiz, B grubunda altı, C grubunda ise yedi femurda kaynama ve remodeling saptandı (Tablo 3) (Şekil 2).

**Tablo 1.** Modifiye Lane ve Sandhu radyolojik skorlama sistemi<sup>[6]</sup>

Kemikleşme	
Kemikleşme yok	0
Defektin %25'i dolmuş	1
Defektin %50'si dolmuş	2
Defektin %75'i dolmuş	3
Defektin tamamı kemikleşmiş	4
Kaynama	
Kaynama yok	0
Kaynama potansiyeli var	1
Radyolojik kaynama	2
Remodeling	
Remodeling bulgusu yok	0
İntramedüller remodeling	1
Korteks remodeling	2
Toplam puan	
Kemikleşme	4
Kaynama	2
Remodeling	2



**Şekil 2.** Beşinci haftada deney grubunda radyolojik görünüm. Kaynama ve remodeling oluşumu gözlemleniyor.

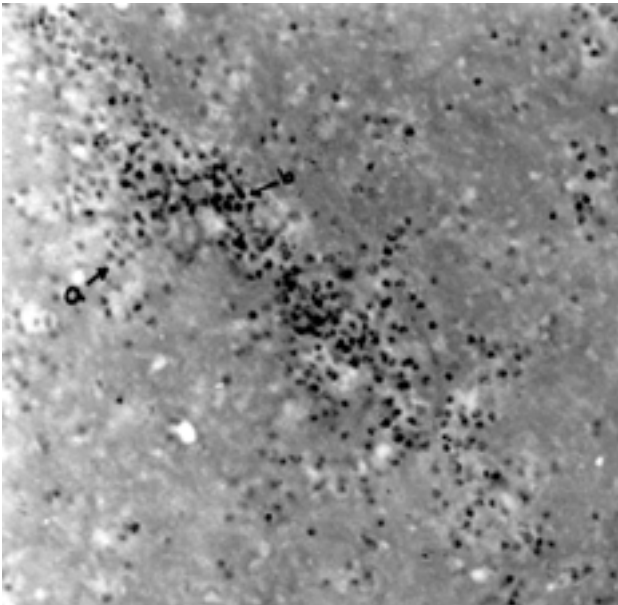
Kapalı kırık oluşturulduktan 30 dk sonra kırık hematomunun histolojik incelemesinde normal kan elemanları izlenirken, iki gün sonra ikinci gruptan yapılan yaymada polimorfonükleer lökositlerde artma ve histiyositlerin ortamda bulunduğu saptandı (Şekil 3). Kırık oluşumundan dört gün sonra yapılan yaymada mononükleer hücreler, fibroblastlar ve fibrin ağının olduğu gözlemlendi (Şekil 4).

Üçüncü ve beşinci haftalarda deney ve kontrol grubu kaynama, spongioz, korteks, kemik iliği oluşumu açısından değerlendirildi. Buna göre A grubunda üçüncü haftada osteokondral kaynama gözlenirken (Şekil 5), beşinci haftada matür kemiğin oluştuğu (Şekil 6), kontrol grubunda ise osteokondral kaynamanın olduğu görüldü (Şekil 7).

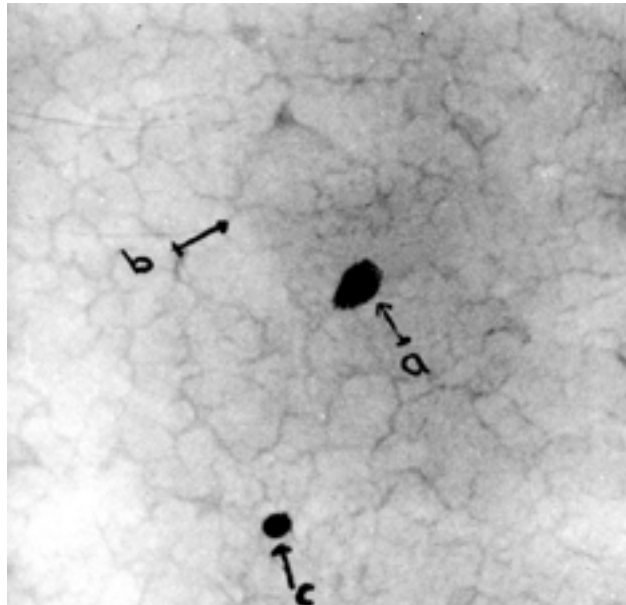
Biyomekanik incelemede, üçüncü haftada A grubunda deney ve kontrol gruplarının femurlarından elde edilen kallus alanı, eğme momenti, eğme rijiditesi ve kırık enerjisi değerleri arasında anlamlı farklılık yoktu ( $p>0.05$ ) (Tablo 4). Üçüncü haftada kallus alanı açısından gruplar arasında anlamlı fark yokken ( $p>0.05$ ), beşinci haftada kallus alanı açısından A ve B grupları arasındaki fark anlamlı idi ( $p<0.001$ ). A grubunun eğme momenti ve eğme rijiditesi, B ve C gruplarından anlamlı derecede farklı iken, B ve C grubu arasındaki fark anlamlı değildi ( $p>0.05$ ). Kırık enerjisi değerleri üçüncü haftada her

**Tablo 2.** Heiple ve ark. tarafından modifiye edilen Lane ve Sandhu histolojik değerlendirme sistemi<sup>[8]</sup>

<b>Kaynama</b>	
Kaynama yok	0
Fibröz kaynama	1
Osteokondral kaynama	2
Kemiksel kaynama	3
Defektin reorganizasyonu	4
<b>Spongioz</b>	
Herhangi bir hücresel aktivite yok	0
Erken apofizyel yeni kemik	1
Aktif apofizyel yeni kemik	2
Spongiozda reorganizasyon	3
Komplet spongioz reorganizasyon	4
<b>Korteks</b>	
Yok	0
Erken bulgu	1
Oluşmak üzere	2
Çoğunlukla reorganize	3
Tam oluşmuş korteks	4
<b>Kemik iliği</b>	
Kesitlerde yok	0
Oluşmak üzere	1
Defektin %50'sinden fazla	2
Tam bir kırmızı kemik iliği kolonizasyonu	3
Olgun yağlı kemik iliği	4



**Şekil 3.** Kırık hematomunun ikinci gününde yapılan yaymasında, (a) açık stoplazmalı histiyositlerin, (b) koyu stoplazmalı polimorfonükleer lökositlerin arttığı gözleniyor.



**Şekil 4.** Hematomun dördüncü gününde, (a) fibroblastlar, (b) fibrin ağı oluşumu, (c) mononükleer hücrelerin varlığı gözleniyor.

**Tablo 3.** Üçüncü ve beşinci haftalarda deney ve kontrol gruplarının kaynama ve remodeling yönünden değerlendirilmesi

	A grubu (femur sayısı)				B grubu (femur sayısı)				C grubu (femur sayısı)			
	Deney		Kontrol		Deney		Kontrol		Deney		Kontrol	
3 ve 5. haftalar	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5
Kaynama yok	2		3		5		8	2	4		8	2
Kaynama potansiyeli	8	2	7	4	5	4	2	4	6	2	2	5
Radyolojik kaynama	8		6		6		4		7		3	
Remodeling var	8		6		6		4		7		3	
Remodeling yok	2		4		4		6		2		7	

üç grupta da birbirine yakındı ( $p>0.05$ ). Beşinci haftada ise A grubu diğer gruplardan anlamlı derecede farklı iken ( $p<0.001$ ), B ve C gruplarında değerler birbirine yakındı ( $p>0.05$ ) (Tablo 5, 6).

### Tartışma

Kırık iyileşmesi, vücuttaki onarım olayları içinde, skar dokusu ile sonlanmadan, gerçeğe en yakın biçimde yeniden yapılanma ile karakterize yara iyi-

leşmesidir.<sup>[1,9]</sup> Kırık iyileşmesinde önem taşıyan lokal ve sistemik faktörler vardır. Lokal faktörlerin başlıcaları, büyüme faktörleri (kemik morfojenik protein, transforming büyüme faktörü- $\beta$ , trombosit derive büyüme faktörü, vb), periost, kemik iliği, kırık hematomu gibi yapılarıdır.<sup>[10-12]</sup> McKibbin,<sup>[1]</sup> kırık taminin altı aşamadan oluştuğunu, bunun ikinci aşamasının indüksiyon aşaması olduğunu belirtmiştir. İndüksiyon aşaması, kırık hematomunun oluşumuyla

**Tablo 4.** Üçüncü haftadaki kallus alanı ( $\text{mm}^2$ ), eğme momenti ( $\text{Nm} \times 10^1$ ), eğme rijiditesi ( $\text{Nm/rad}$ ) ve kırık enerjisi ( $\text{Nm} \times \text{rad} \times 10^2$ ) bulguları

	A grubu			B grubu			C grubu		
	Deney (n=10)	Kontrol (n=10)	P	Deney (n=10)	Kontrol (n=10)	P	Deney (n=10)	Kontrol (n=10)	P
Kallus alanı	38.0 $\pm$ 5.0	38.4 $\pm$ 4.5	>0.05	37.8 $\pm$ 5.1	36.4 $\pm$ 5.2	>0.05	38.4 $\pm$ 5.9	36.0 $\pm$ 5.5	>0.05
Eğme momenti	0.7 $\pm$ 0.3	0.05 $\pm$ 0.3	>0.05	0.3 $\pm$ 0.3	0.3 $\pm$ 0.2	>0.05	0.3 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.3	>0.05
Eğme rijiditesi	0.7 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.2	>0.05	0.4 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.1	>0.05	0.4 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.1	>0.05
Kırık enerjisi	0.7 0.2	0.8 $\pm$ 0.3	>0.05	0.6 $\pm$ 0.3	0.6 $\pm$ 0.2	>0.05	0.6 $\pm$ 0.3	0.5 $\pm$ 0.3	>0.05

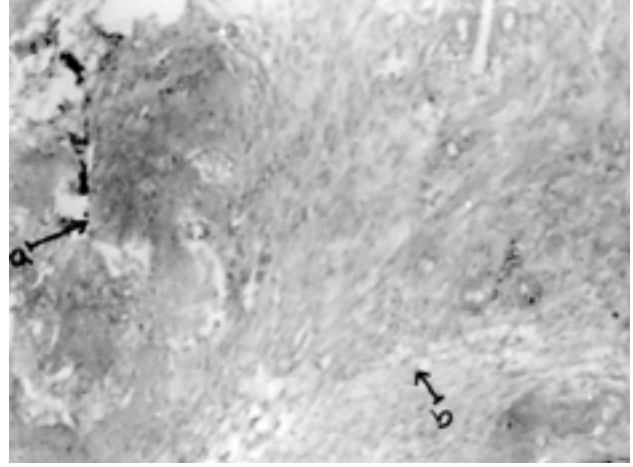
**Tablo 5.** Beşinci hafta sonunda kallus alanı ( $\text{mm}^2$ ), eğme momenti ( $\text{Nm} \times 10^1$ ), eğme rijiditesi ( $\text{Nm/rad}$ ) ve kırık enerjisi ( $\text{Nm} \times \text{rad} \times 10^2$ ) bulguları

	A grubu			B grubu			C grubu		
	Deney (n=10)	Kontrol (n=10)	P	Deney (n=10)	Kontrol (n=10)	P	Deney (n=10)	Kontrol (n=10)	P
Kallus alanı	68.0 $\pm$ 14.5	67.5 $\pm$ 13.2	>0.05	52.2 $\pm$ 11.3	46.4 $\pm$ 5.7	>0.05	55.2 $\pm$ 13.5	51.7 $\pm$ 8.6	>0.05
Eğme momenti	1.6 $\pm$ 0.7	1.5 $\pm$ 0.5	>0.05	0.9 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.2	<0.05	0.9 $\pm$ 0.3	0.5 $\pm$ 0.2	<0.05
Eğme rijiditesi	0.9 $\pm$ 0.3	1.2 $\pm$ 0.5	>0.05	0.9 $\pm$ 0.3	0.5 $\pm$ 0.3	<0.05	1.0 $\pm$ 0.3	0.6 $\pm$ 0.2	<0.05
Kırık enerjisi	1.6 $\pm$ 0.5	1.4 $\pm$ 0.6	>0.05	0.8 $\pm$ 0.4	0.6 $\pm$ 0.3	>0.05	0.9 $\pm$ 0.4	0.7 $\pm$ 0.4	>0.05

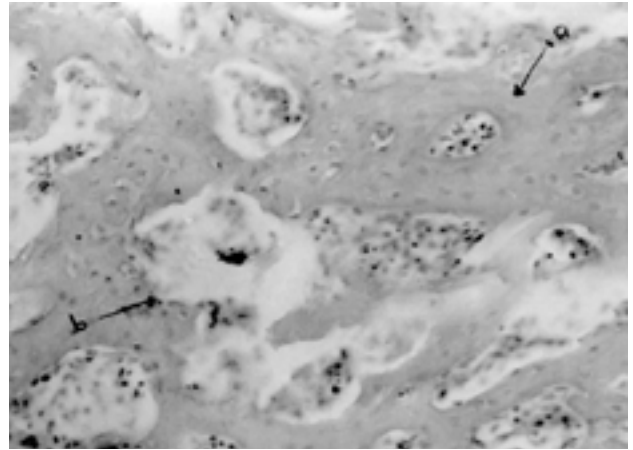
karakterizedir ve tamir için gerekli olan hücrelerin indüksiyon ve modülasyonunda rol oynar.<sup>[4,13]</sup>

Mizuno ve ark.<sup>[5]</sup> kırık hematomunun osteojenik potansiyelini araştırmak için, kırık oluşumundan sonraki ikinci ve dördüncü günlerde kırık hematomunu intramusküler ve subperiosteal olarak sıçan femurlarına yerleştirmişler; ikinci günde periost altına kırık hematomu yerleştirilen grupta enkontral ossifikasyon gözlerlerken, intramusküler alanda ossifikasyon saptamamışlardır. Dördüncü günde ise, kırık hematomu yerleştirilen grupta, hem periost altında hem de intramusküler alanda yeni kemik yapımı olduğunu gözlemişlerdir. Bu çalışmada, ikinci günde ki hematomda osteojenik potansiyelin oluşmadığı, ancak osteoindüksiyonun periost tarafından uyarıldığı; dördüncü günde ise intramusküler alanda, yeni kemik oluşumu ile osteojenik potansiyelin oluştuğu belirtilmiştir. Henricson ve ark.<sup>[14]</sup> kırık iyileşmesinin oldukça erken aşamalarında, hematoma henüz organize olmadığını ve çok az bir farklılaşma gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda kırık hematoma, kırık oluşumundan yarım saat sonra, ikinci ve dördüncü günlerde mikroskopik olarak inceledik. Yarım saat sonraki değerlendirmede hematoma normal kan elemanları içermekteydi; ikinci günde yaymada polimorfonükleer lokositlerde artma ile beraber, mononükleer hücreler, histiyositler, az sayıda fibroblast bulundu. Dördüncü günde ise fibroblastların arttığı, fibrin ağının oluştuğu gözlemlendi. Bulgularımız Mizuno ve ark.nın<sup>[5]</sup> çalışmaları ile uyumlu idi.

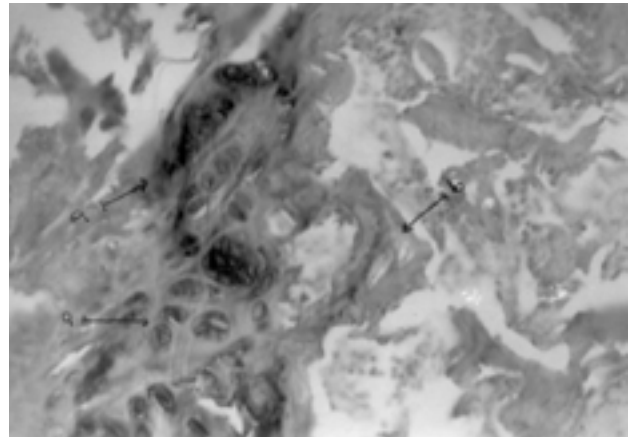
Grundnes ve Reikeras,<sup>[15]</sup> üç gruba ayırdıkları sıçanların her iki femurlarında kapalı kırık oluşturmuşlar ve kırık hematoma kırık oluşumundan 30 dakika sonra, ikinci ve dördüncü günlerde tek taraflı olarak çıkarmışlardır. Kırık hematomaunun erken çıkarıldığı grupta kallus oluşumu, bending momenti, ve kırık enerjisinin azalmış olduğunu; ancak ikinci ve dördüncü günlerde çıkarılan deneklerde bending momenti, bending rijiditesi ve kırık enerjisinin daha fazla azaldığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, erken dönemde boşaltılan hematomaın tekrar oluşabileceğini, ancak organize olduktan sonra hematomaın ortamdaki uzaklaştırılmasının kırık hattında osteojenik uyarının ortadan kalkmasına neden olacağını, böylece kaynama üzerine daha fazla olumsuz etki yapabileceğini bildirmişlerdir. Belirtilen çalışmada radyolojik değerlendirme yapılmamıştır. Farklı olarak çalışmamızda, kaynama ve remodelingi radyolojik değerlendirme ile izledik. Çalışmamızda A grubun-



Şekil 5. Üçüncü haftada deney grubunda osteokontral kaynama, (a) normal kemik dokusu, (b) kırık dokudan kemik dokuya geçiş bölgesi.



Şekil 6. Beşinci haftada deney grubunda kemiksel kaynama, (a) lameller matür kemik, (b) spongiöz kemik bölgeleri.



Şekil 7. Beşinci haftada kontrol grubunda, (a) kondral doku ve kondrositler, (b) yer yer osteoit doku oluştuğu görülüyor.

da üçüncü haftada kaynama potansiyeli saptandı; beşinci haftada ise, radyolojik kaynama ve remodelin- g en fazla bu grupta görüldü. Üç ve beşinci hafta so- nundaki biyomekanik değerlendirmede, kallus alanı açısından A grubunda deney ve kontrol grubu ara- sında anlamlı bir fark saptanmadı ( $p>0.05$ ); B ve C grubunda ise, deney grubu femurlarının eğme mo- menti ve eğme rijiditesi, kontrol grubuna göre anlamlı farklılıkla bulundu ( $p<0.005$ ); kırık enerjisi ve kallus alanı bakımından anlamlı fark oluşmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4, 5, 6).

Kırık iyileşmesinde önemi olan lokal faktörlerden bir diğeri de periosttur. Periostun hem kondrojenik hem de osteojenik potansiyelinin olduğu gösterilmiştir.<sup>[16,17]</sup> Kayapınar ve ark.<sup>[18]</sup> ile Sürel ve ark.nın<sup>[19]</sup> çalış- malarında, kırık iyileşmesinde periostun önemli oldu- ğu vurgulanmış; ancak periostun soyulmasının oste- ojenik potansiyelin yok olması anlamına gelmediği belirtilmiştir. Bu nedenle, çalışmamızda periostun kaynama üzerindeki etkisini ortadan kaldırmak için, deneklerin femurlarından, kırık hattını da içine alacak şekilde 1 cm'lik periost bölgesini çıkardık.

Grundnes ve Reikeras'ın<sup>[15]</sup> bir başka çalışmasın- da periost ile hematoma kaynama üzerine etkileri

karşılaştırılmış, periostu soyulan grup ile hematoma boşaltılmayan grup arasında mekanik parametreler açısından fark bulunmamış; ancak periostu soyulan grup ile soyulmayan grup arasında kemiklerin kay- naması açısından anlamlı farklılık görülmüştür. Oza- ki ve ark.<sup>[20]</sup> kondrogenezis ve enkontral ossifikas- yonun kırık hematoma başlaması için perioste- omun önemli olduğunu; kırık hematoma'nun da peri- osteal hücre proliferasyonu için temel olduğunu be- lirtmişlerdir. Bu sonuç bizde, periost veya kırık he- matoma'nun birbiri ile etkileştiği ve bunun kırığın daha hızlı kaynamasına yardımcı olduğu kanısını uyandırmıştır.

Çalışmamızda, kırık hematoma'nun kırık kayna- ması üzerindeki etkisi yanı sıra, açık redüksiyon ile internal tespit yapılan olgularda, kırık hematoma'nun bozulmadan steril koşullarda saklanıp tekrar kırık hattına yerleştirilmesinin kaynama üzerine olumlu etkisinin olup olmadığını araştırdık. Özellikle ilk 30 dakikada hem hematoma boşaltılmış hem de periostu ayrılmış olan deney ve kontrol gruplarında, önce- likle kırık hematoma, kırık hattında tekrar oluşmak- tadır. İkinci ve dördüncü günde hematoma organize olmakta, yeniden oluşma olasılığı bulunmamaktadır.

**Tablo 6.** A, B, C gruplarının 3. ve 5. haftalarda univariyet ANOVA testi ile değerlendirilmesi

	3 hafta	Ortalama	5 hafta	Ortalama
<b>Eğme momenti</b>				
A grubu		0.6±0.3		1.6±0.6
B grubu	p<0.001	0.3±0.2	p<0.001	0.8±0.2
C grubu	[A-B → p<0.01] [A-C → p<0.01]	0.3±0.2	[A-B → p<0.001] [A-C → p<0.001]	0.7±0.3
<b>Eğme Rijiditesi</b>				
A grubu		0.8±0.2		1.1±0.4
B grubu	p<0.001	0.4±0.2	p<0.01	0.7±0.4
C grubu	[A-B → p<0.001] [A-C → p<0.001]	0.4±0.2	[A-B → p<0.001]	0.8±0.3
<b>Kırık Enerjisi</b>				
A grubu		0.8±0.3		1.5±0.5
B grubu	p>0.05	0.6±0.2	p<0.001	0.7±0.4
C grubu		0.5±0.3	[A-B → p<0.001] [A-C → p<0.001]	0.8±0.4
<b>Kallus Dokusu</b>				
A grubu		38.2±4.6		68.3±14.1
B grubu	p>0.05	37.1±5.1	p<0.05	49.3±9.2
C grubu		37.2±5.7	[A-B → p<0.05]	53.5±11.1

Bu nedenle, hematoma kırık ortamına tekrar bırakılması önem kazanmaktadır. Çalışmamızda B ve C gruplarında, deney ve kontrol grupları arasında eğme momentinin ve eğme rijiditesinin birbirinden farklı olması ( $p<0.005$ ) bu düşüncemizi desteklemektedir. Biyomekanik değerlendirmede, üçüncü hafta sonunda A grubunun kallus alanı, kırık enerjisi, eğme momenti ve eğme rijiditesi, B ve C grubundan anlamlı biçimde farklı ( $p<0.001$ ) iken, B ve C grubu arasında anlamlı farklılık yoktu ( $p>0.05$ ) (Tablo 4, 5, 6). Bu sonuç, açık redüksiyon yapılacaksa erken dönemde yapılması gerektiğini, her durumda da hematoma kırık hattına tekrar yerleştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çalışmamızda, açık redüksiyon internal tespit gereken olgularda, organize olmuş kırık hematoma, yapısı fazla bozulmadan ameliyat süresince steril şartlarda saklanıp sonra tekrar kırık hattına yerleştirilmesinin kırığın kaynaması üzerinde olumlu etki yapacağı sonucuna varıldı.

### Kaynaklar

1. McKibbin B. The biology of fracture healing in long bones. *J Bone Joint Surg [Br]* 1978;60:150-62.
2. Rahn BA, Gallinaro P, Baltensperger A, Perren SM. Primary bone healing. An experimental study in the rabbit. *J Bone Joint Surg [Am]* 1971;53:783-6.
3. Brighton CT. The biology of fracture repair. *Instr Course Lect* 1984;33:60-82.
4. Cornell CN, Lane JM. Newest factors in fracture healing. *Clin Orthop* 1992;277:297-311.
5. Mizuno K, Mineo K, Tachibana T, Sumi M, Matsubara T, Hirohata K. The osteogenetic potential of fracture haematoma. Subperiosteal and intramuscular transplantation of the haematoma. *J Bone Joint Surg [Br]* 1990; 72:822-9.
6. Lane JM, Sandhu HS. Current approaches to experimental bone grafting. *Orthop Clin North Am* 1987;18:213-25.
7. Engesaeter LB, Ekeland A, Langeland N. Methods for testing the mechanical properties of the rat femur. *Acta Orthop Scand* 1978;49:512-8.
8. Heiple KG, Goldberg VM, Powell AE, Bos GD, Zika JM. Biology of cancellous bone grafts. *Orthop Clin North Am* 1987;18:179-85.
9. Grundnes O, Reikeras O. The role of hematoma and periosteal sealing for fracture healing in rats. *Acta Orthop Scand* 1993;64:47-9.
10. Einhorn TA. Enhancement of fracture-healing. *J Bone Joint Surg [Am]* 1995;77:940-56.
11. Cruess RL, Dumont J. Healing of bone. In: Rockwood CA, Green DP, editors. *Fractures*. 4th ed. Philadelphia: JB Lippincott Company; 1994. p. 181-222.
12. Mahy PR, Urist MR. Experimental heterotopic bone formation induced by bone morphogenetic protein and recombinant human interleukin-1B. *Clin Orthop* 1988; (237):236-44.
13. Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part I. *Clin Orthop* 1989;(248):283-93.
14. Henricson A, Hulth A, Johnell O. The cartilaginous fracture callus in rats. *Acta Orthop Scand* 1987;58:244-8.
15. Grundnes O, Reikeras O. The importance of the hematoma for fracture healing in rats. *Acta Orthop Scand* 1993;64:340-2.
16. Kreder HJ, Moran M, Keeley FW, Salter RB. Biologic resurfacing of a major joint defect with cryopreserved allogeneic periosteum under the influence of continuous passive motion in a rabbit model. *Clin Orthop* 1994;(300):288-96.
17. Ritsila VA, Santavirta S, Alhopuro S, Poussa M, Jaroma H, Rubak JM, et al. Periosteal and perichondral grafting in reconstructive surgery. *Clin Orthop* 1994;(302):259-65.
18. Kayapınar R, Sarıdoğan K, Kutlu AK, Gürbüz H. Tavşanlarda serbest periost greftinin kırık iyileşmesi üzerine etkileri. *Acta Orthop Traumatol Turc* 1992;26:122-4.
19. Sürel YB, Zorer G, Uğurlu S. Kırık iyileşmesi ve periostun önemi. *Acta Orthop Traumatol Turc* 1996;30:417-22.
20. Ozaki A, Tsunoda M, Kinoshita S, Saura R. Role of fracture hematoma and periosteum during fracture healing in rats: interaction of fracture hematoma and the periosteum in the initial step of the healing process. *J Orthop Sci* 2000; 5:64-70.