



## Ilizarov transosseöz telin kemikten geçirilmesine bağlı oluşan termal nekrozu etkileyen faktörler

### *The factors affecting thermal necrosis secondary to the application of the Ilizarov transosseous wire*

Muharem İNAN, <sup>1</sup> Bülent MIZRAK, <sup>2</sup> Kadir ERTEM, <sup>1</sup> Ahmet HARMA, <sup>1</sup> Nurzat ELMALI, <sup>1</sup> İrfan A YAN<sup>3</sup>

*İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, <sup>1</sup>Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, <sup>2</sup>Patoloji Anabilim Dalı; <sup>3</sup>Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı*

**Amaç:** Ilizarov transosseöz telin (TT) kemikten geçirilmesi sırasında ortaya çıkan ısı değişimleri, buna bağlı oluşan nekroz ve bunu etkileyen faktörler deneysel olarak araştırıldı.

**Çalışma planı:** Bir yaşındaki bir dananın iki tibiasının metafiz bölgeleri çıkartıldıktan sonra diafiz kısımları üzerinde dört eşit bölge işaretlendi. Her bölge ve devir (600, 900, 1200 ve 1800 devir/dk) için ayrı bir TT kullanıldı. Telin korteksten geçirilmesi sırasında oluşan ısı değişimleri elektrotlarla kaydedildi ve TT'nin ilerleme hızı ölçüldü. Histopatolojik inceleme için telin giriş ve çıkış bölgelerinden örnekler alınarak nekroz oluşan bölgelerin kalınlıkları ölçüldü. Bölgeler ve yakın ve uzak korteksler arasındaki ısı değişimleri karşılaştırıldı. Isı değişimini etkileyen en önemli etkenin belirlenmesi için lineer regresyon analizi kullanıldı.

**Sonuçlar:** Uygulama sırasında oluşan ısı 48.4 °C (1200 devirde) ile 151.9 °C (600 devirde) arasında dağılım gösterdi. Yakın korteksin kalınlığı, tel geçiş süresi ve hızı açısından bölgeler arasında anlamlı farklılık bulundu (sırasıyla, p=0.003, p=0.01 ve p=0.01). Telin devir hızı ile nekroz alanı kalınlığı arasında negatif korelasyon görüldü (r=-0.901, p=0.001). Regresyon analizinde, yakın ve uzak kortekste ısı oluşumunu belirleyen en önemli etken, telin korteksi geçiş süresi olarak belirlendi (sırasıyla, p=0.001 ve p=0.003). Histopatolojik incelemede, telin devir hızının düşük olduğu bölgelerde nekroz alanı ve kemik erozyonu daha fazlaydı. Yakın korteksteki nekroz alanı uzak kortekse göre anlamlı derecede fazlaydı (p=0.006).

**Çıkarımlar:** Termal nekrozu azaltmak için TT'yi korteksten yüksek devir hızında ve mümkün olan en kısa sürede geçirmek gerekir.

**Anahtar sözcükler:** Kemik teli; büyükbaş hayvan; kırık fiksasyonu/yöntem; ısı/yan etki; Ilizarov tekniği; nekroz; termodinami; tibia; zaman faktörü.

**Objectives:** We investigated thermal changes associated with the application of the Ilizarov transosseous wires, the extent of necrosis and the factors affecting necrosis.

**Methods:** We used a pair of tibiae from a 1-year-old cow. After removal of metaphyseal areas, each of four equal diaphyseal zones marked on both tibiae was drilled at 600, 900, 1,200 and 1,800 rpm, each time with a new wire. Heat changes were recorded with heat electrodes during the application and the speed of the wire was calculated. For histopathological examination, specimens were obtained at the access and exit sites to assess the extent of necrosis. Thermal changes between the zones and immediate and remote cortices were compared. The most significant factor affecting the heat changes was analyzed by linear regression.

**Results:** Heat changes varied between 48.4 °C (at 1,200 rpm) and 151.9 °C (at 600 rpm). The thickness of the immediate cortex, the time and speed for the wire to pass the cortex were found as significant parameters in heat changes (p=0.003, p=0.01, and p=0.01, respectively). A negative correlation was found between the speed of the wire and the thickness of the necrotic area (r=-0.901, p=0.001). Regression analysis showed that the time for the wire to pass through the cortex was the most significant factor in inducing heat changes in both cortices (p=0.001, p=0.003, respectively). Histopathologically, the extent of necrosis and bone erosion was associated with lower drill speeds. Necrosis was significantly notable in the immediate cortex than that of the remote one (p=0.006).

**Conclusion:** Transosseous wires should be passed at high drill speeds and with earliest time elapses to reduce thermal necrosis.

**Key words:** Bone wires; cattle; fracture fixation/methods; heat/ adverse effects; Ilizarov technique; necrosis; thermodynamics; tibia; time factors.

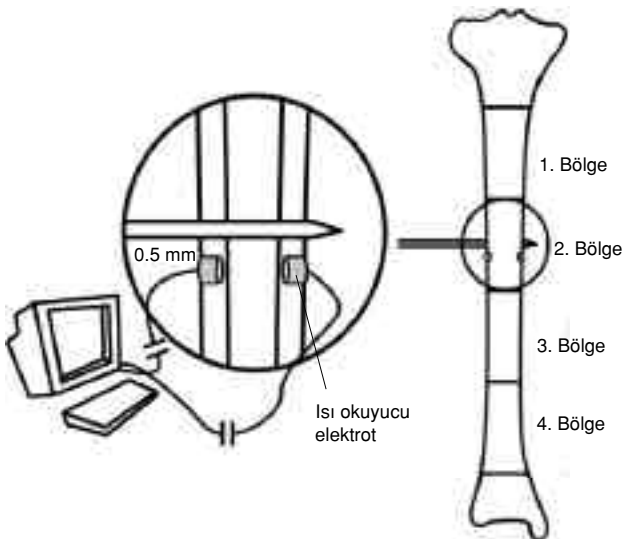
**Yazışma adresi:** Dr. Muharem İnan, İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Turgut Özal Tıp Merkezi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, 44069 Malatya. Tel: 0422 - 341 06 60 / 5117 Faks: 0422 - 341 06 21 e-posta: minan@inonu.edu.tr

**Başvuru tarihi:** 12.07.2004 **Kabul tarihi:** 07.12.2004

Matkap ucu, Kirchner teli ve değişik çivi uçlarının kemiği geçerken oluşturduğu termal değişiklikler çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır.<sup>[1-7]</sup> Yüksek devirli matkap kullanımının nekroza yol açtığı; bu etkinin düşük devirli el matkaplarında daha az olduğu gösterilmiştir.<sup>[8]</sup> Kemik korteksinin kalınlığı, tel ucunun şekli ve teli geçirmek için uygulanan kuvvet, termal nekroz derecesini belirleyen diğer etkenlerdir. Son yıllarda sık kullanılmasına rağmen, Ilizarov transosseöz teli (TT) ile ilgili bir çalışmaya rastlamadık. Bu çalışmada, termal nekroz ile buna yol açan etkenler (korteksin kalınlığı, telin devir hızı, korteksten geçme hızı ve zamanı) arasındaki ilişki deneysel olarak araştırıldı.

### Gereç ve yöntem

Çalışmada, bir yaşında bir dananın iki tibiası kullanıldı. Örnekler, hayvanın kesilmesinden sonra özel saklama kabıyla laboratuvar odasına götürüldü. Yumuşak dokuların temizlenmesinden sonra proksimal ve distal metafiz bölgeleri gigli testere kullanılarak temizlendi. Kalan diafiz kısmında dört eşit parça işaretlenerek tel giriş bölgeleri cerrahi kalemle belirlendi (Şekil 1). Matkapın devir hızı, her uygulama öncesinde stroboskop yardımıyla 600, 900, 1200, ve 1800 devir/dk olacak şekilde ayarlandı. Seçilen TT, süngü uçlu, 1.8 mm çapında ve 200 mm uzunluğunda idi. Her uygulamadan önce TT değiştirildi. Kemiğin ilk ve son delinen bölgeleri sırasıyla “yakın” ve “uzak” korteks olarak adlandırıldı. Tel giriş ve çıkış bölgelerinin



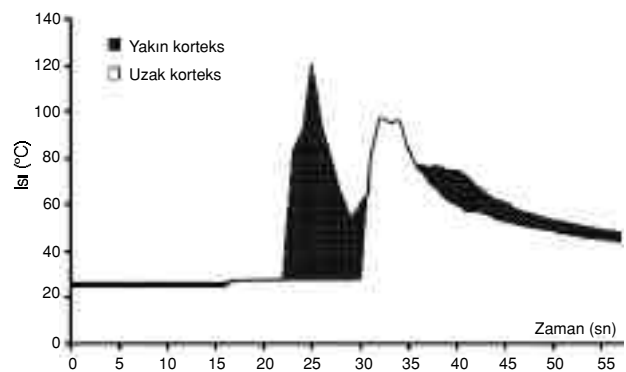
Şekil 1. Transosseöz telin kemikten geçirilmesi sırasında ısı ölçümünün şematik olarak gösterilmesi.

rinin 0.5 mm uzağında açılan iki adet 1 mm'lik deliğin içine ısı okuyucu elektrotlar (T/C Type T, wire gauge 30) yerleştirildi. Bu elektrotlardan her milisaniyede elde edilen bilgiler bilgisayar yardımıyla toplandı (FLUKE Hydra series-II P/C data collecting unit; reliability $\pm$ 0.2 °C). Isı ölçümüne, TT yakın kortekse girmeye başladığı andan uzak korteksten çıktığı ana kadar devam edildi. Bilgisayar yardımıyla her uygulama için ısı değişim grafikleri oluşturuldu. Her bölgede yakın ve uzak korteks için birer tane olmak üzere toplam sekiz adet grafik elde edildi. Veri aktarımında sorun olduğunda ya da elektrotların zarar gördüğü durumlarda uygulama tekrarlandı. Uygulamalar aynı kişi tarafından yapıldı ve tel korteksin içinde olabildiğince hızlı ilerletildi.

Isı ölçüm işleminin tamamlanmasından sonra telin giriş ve çıkış bölgelerinden 1 cm<sup>2</sup> büyüklüğünde örnekler alındı. Alınan örneklerde korteks kalınlığı ölçüldü (mm). Her bölge için yakın ve uzak kortekslerin ortalama kalınlığı bulundu.

Telin korteksten geçme zamanı ısı değişim grafikleri yardımıyla belirlendi (Şekil 2). Yakın korteks için korteksten geçme zamanı, ısının yükselmeye başladığı andan, telin medüller kanala girmesine bağlı ani ısı düşüşünün görüldüğü ana kadar geçen süre olarak belirlendi. İkinci kez ısının yükselmeye başladığı an ile ölçümün sonlandırıldığı an arasındaki süre uzak korteksten geçme zamanı olarak kabul edildi. Korteksin kalınlığı ve korteksten geçme zamanı verileriyle telin korteksi geçme hızı (mm/sn) hesaplandı.

Histopatolojik inceleme için, formaldehit solüsyonunda bekletilen kemik örneklerinden parafin blokları hazırlandı; bunlardan 6  $\mu$ m'lik kesitler alı-



Şekil 2. Transosseöz telin kortekslerden geçirilmesi sırasında ısı değişimini gösteren grafik.

**Tablo 1.** Bölgelere göre telin devir hızı, korteksten geçme zamanı ve geçiş hızı

	Devir hızı (devir/dk)	Yakın korteks bölgesi				Uzak korteks bölgesi			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Korteksten geçme zamanı (sn)	600	4.6	6.1	11.0	7.2	4.4	4.8	5.3	5.1
	900	5.6	7.7	9.4	5.5	4.1	6.4	6.0	5.2
	1200	5.4	8.7	9.1	4.7	5.3	7.3	8.3	4.6
	1800	6.2	8.6	8.6	5.2	6.6	6.1	7.2	7.4
Geçme hızı (mm/sn)	600	1.25	1.23	0.78	0.76	1.28	1.68	1.51	1.63
	900	0.96	1.01	0.86	0.76	1.26	1.36	1.41	1.58
	1200	1.04	0.91	0.91	0.74	1.04	1.12	1.20	1.74
	1800	0.93	0.90	0.93	0.82	1.02	1.39	1.32	1.20
Isı (°C)	600	90.7	95.9	151.9	122.7	59.1	59.4	67.3	76.0
	900	97.8	121.3	137.2	74.0	80.3	98.2	65.7	62.1
	1200	85.4	136.0	149.6	69.0	72.7	85.5	98.0	48.4
	1800	134.3	108.7	121.7	105.3	81.7	75.8	67.3	97.9
Nekroz (µm)	600	8	12	13	11	9	20	19	13
	900	9	7	6	7	10	14	14	9
	1200	7	6	7	5	11	9	10	8
	1800	2	5	5	4	7	8	6	7

narak hematoksilin-eozin ile boyandı. Oküler mikrometre kullanarak, telin geçtiği bölgenin çevresindeki nekroz alanlarının kalınlığı ölçüldü. Nekroz alanlarının en kalın ve en ince olduğu örnekler değerlendirme dışında bırakılarak diğer ölçümlerin ortalaması hesaplandı (Tablo 1).

Bölgeler arasında ısı değişim farkı olup olmadığını değerlendirmek için varyans analizi; yakın ve uzak kortekste ısı değişimlerini karşılaştırmak için de Student t-testi kullanıldı. Isı değişimini etkileyen en önemli etken lineer regresyon analizi kullanılarak belirlendi.  $p < 0.05$  değerleri anlamlı kabul edildi.

## Sonuçlar

Telin korteksi geçme zamanı, geçiş hızı, ısı ve nekroz değerleri Tablo 1'de gösterildi. En yüksek ısı (151.9 °C) 600 devirde III. bölgenin yakın korteksinde; en düşük ısı ise (48.4 °C) 1200 devirde IV. bölgenin uzak korteksinde ölçüldü. Ortalama değerler açısından da en yüksek ve en düşük ısı bu bölgelerde ölçüldü.

Yakın ve uzak kortekste ölçülen ısılar arasındaki fark anlamlıydı ( $p=0.001$ ). Bu nedenle, bütün istatistiksel değerlendirmeler yakın ve uzak korteks için

ayrı ayrı yapıldı (Tablo 2 ve 3). Yakın kortekste, korteks kalınlığı, telin korteksi geçme süresi ve hızı tüm bölgelerde anlamlı farklılık gösterdi (sırasıyla,  $p=0.003$ ,  $p=0.01$  ve  $p=0.01$ ). Uzak kortekste ise sadece korteks kalınlıkları bölgeler arasında anlamlı farklılık gösteriyordu ( $p=0.02$ ).

Korelasyon analizinde ısı bağımlı değişken olarak belirlendi. Diğer değişkenler, telin devir hızı, korteks kalınlığı, telin korteksi geçme hızı ve zamanı ve nekroz miktarı idi. Yakın kortekste korteks kalınlığı ve telin korteksi geçme zamanı ısı oluşumunu belirleyen en önemli parametrelerdi ( $p=0.001$ ). Uzak kortekste ise korteks geçiş hızı ve süresi ile ısı oluşumu arasında anlamlı korelasyon bulundu (sırasıyla,  $p=0.01$  ve  $p=0.004$ ).

Telin devir hızı ile nekroz alanı kalınlığı arasında negatif korelasyon vardı ( $r=-0.901$ ,  $p=0.001$ ). Uzak korteks için yapılan korelasyon analizinde korteks geçiş süresinin kısalması ile nekroz miktarının azaldığı görüldü ( $r=-0.793$ ,  $p=0.001$ ). Basamaklı regresyon analiziyle yapılan değerlendirmede ise ısı oluşumunu belirleyen en önemli etken telin korteksi geçme zamanı olarak bulundu (sırasıyla,  $\beta=0.84$ ,  $p=0.001$ ;  $\beta=0.68$ ,  $p=0.003$ ).

**Tablo 2.** Yakın ve uzak kortekste değişkenlerin bölgelere göre istatistiksel sonuçları

	Yakın korteks		Uzak korteks	
	Ki-kare	<i>p</i>	Ki-kare	<i>p</i>
Isı	6.596	0.086	0.838	0.84
Korteks geçiş hızı	10.929	0.012*	5.716	0.126
Korteks geçiş süresi	11.184	0.011*	3.474	0.324
Korteks kalınlığı	13.636	0.003*	9.098	0.028*
Nekroz miktarı	0.31	0.958	1.719	0.633

\* İstatistiksel olarak anlamlı.

Histopatolojik incelemede, telin devir hızının düşük olduğu geçiş bölgelerinde termal nekroz alanının ve kemik erozyonunun daha fazla olduğu belirlendi (Şekil 3). Yakın kortekste ölçülen nekroz alanı miktarı uzak kortekse göre anlamlı derecede fazlaydı ( $p=0.006$ ). Bu durumun nedeni, telin yakın korteksle temas süresinin uzak kortekse göre daha uzun olmasıyla açıklanabilir.

### Tartışma

Eksternal fiksatorün uygulama alanlarının genişlemesiyle birlikte TT kullanımı da artmıştır. Bu teller, uçlarının şekline göre süngü ve kama olarak ikiye ayrılır. Kama uç genellikle spongios kemiğin bol olduğu metafiz bölgelerinde; süngü uç ise diafiz bölgelerinde kullanılır. Bu ayırım, esas olarak ısı oluşumunu azaltmak ve termal nekrozu önlemek amacıyla yapılır. Bonfield ve Li<sup>[9]</sup> 50 °C ve üzerindeki ısı değişiminin kemik yapısındaki kollajen matriksi geri dönüşümsüz olarak bozduğunu göstermişlerdir. Çalışmamızda ölçülen 48-152 °C arasındaki yüksek ısı değişimi, kullanılan dana tibiası korteksinin insan tibiasına göre daha kalın olmasından kaynaklanabilir. Ancak, bu değerler telin kemikten geçmesi sırasında ısının çok yükselebileceğini göstermesi açısından önemlidir.

Kemik ve yumuşak dokuda meydana gelen termal nekroz telin gevşemesine ve tel dibi enfeksiyonuna neden olabilir. Elektron mikroskopuyla yapılan bir çalışmada tel çevresinde nekroz ve gevşeme olduğu gösterilmiştir.<sup>[10]</sup> Bunu önlemek için, telin el matkabıyla geçirilmesi ve işlem sırasında soğutma solüsyonlarının kullanılması önerilmiştir.<sup>[8,11]</sup> Yapılan iki çalışmada telin devir hızının nekroz alanını çok fazla etkilemediği bildirilmiştir.<sup>[8,11]</sup> Çalışmamızın sonuçları da bu bulguyu desteklemektedir.

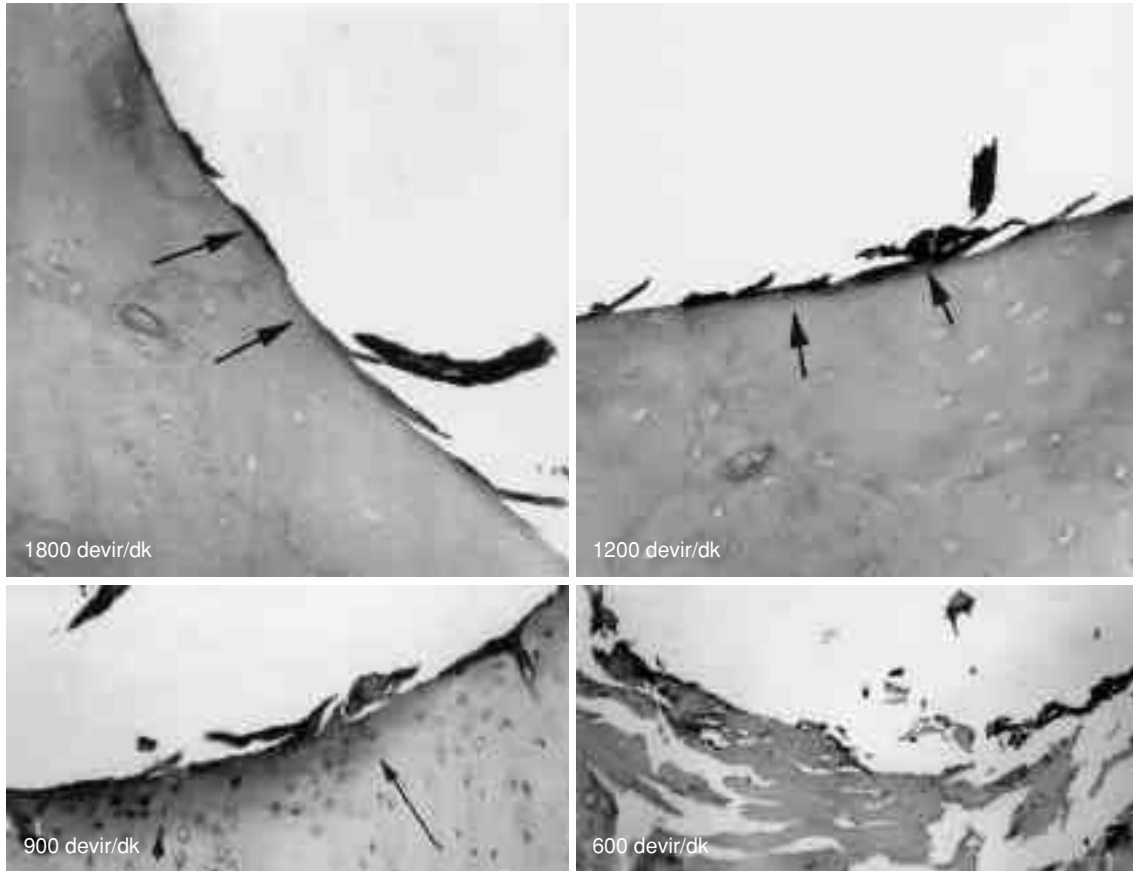
Toews ve ark.<sup>[6]</sup> korteks kalınlığının ve dril hızının ısı oluşumunu artırdığını bildirmişler ve nekroz alanını azaltmak için telin korteksi geçme hızının önemini vurgulamışlardır. Bu çalışmanın aksine, bizim çalışmamızda, korteksin yüksek devir hızında ve kısa sürede geçilmesinin nekroz miktarını azalttığı görüldü.

Yaklaşık 4.0 N kuvvet uygulanarak yapılan geçişlerde ısı oluşumunun arttığı, ancak, kuvvetin artırılmasıyla, telin korteksten geçme zamanının kısalmasına bağlı olarak ısının düşmeye başladığı gösterilmiştir.<sup>[2]</sup> Başka bir çalışmada, telin kemikle temas süresini kısaltmak için, yüksek devir hızı ve kuvvet uygulanması önerilmiştir.<sup>[3]</sup> Çalışmamızda

**Tablo 3.** Yakın ve uzak kortekste ısı ile değişkenler arasındaki korelasyon

	Yakın korteks		Uzak korteks	
	Korelasyon katsayısı	<i>p</i>	Korelasyon katsayısı	<i>p</i>
Tel devir hızı	0.061	0.823	0.388	0.137
Korteks geçiş hızı	-0.111	0.684	0.618	0.011*
Korteks geçiş süresi	0.859	0.0001*	0.68	0.004*
Korteks kalınlığı	0.798	0.0001*	0.396	0.129
Nekroz miktarı	0.007	0.978	-0.087	0.748

\* İstatistiksel olarak anlamlı.



**Şekil 3.** Farklı devir hızlarında oluşan nekrozu gösteren histolojik görüntüler. Transosseöz telin 1800 devir/dk hızında uygulandığı bölgede çok az miktarda nekroz görülürken (okla işaretli bölgeler), 600 devir/dk hızında uygulandığı bölgede daha fazla çapaklanma ve nekroz görülmekte (H-E x 100).

uygulanan kuvveti sabit tutmadık; çünkü bu kuvvetin ameliyat sırasında sabit tutulması uygulamada mümkün değildir. Ayrıca, deneyim ve diğer kişisel farklılıklar telin korteksten geçirilmesi sırasında uygulanan kuvvetin değişmesine neden olmaktadır.<sup>[4]</sup>

Telin korteksten geçme zamanı, ısı oluşumunu etkileyen en önemli parametre olduğundan, ısınan telin kemikle olan temasının azaltılması gerekir. Uygulamalarımız da, telin kemikten, nekroza daha az yol açarak, yüksek devir ve hızla geçirilebildiğini gösterdi. Isı oluşumunu belirleyen en önemli etken telin kemiği geçme süresidir. Yavaş ilerleme hızı, tel ile kemiğin temas süresini uzatarak ısının yükselmesine ve dolayısıyla termal nekrozun artmasına neden olmaktadır. Uygulamalarımız da, telin kemikten daha az nekroz oluşumuyla, yüksek devir ve hızla geçirilebildiğini gösterdi. Sonuç olarak, termal nekrozun azaltılması için, korteks yük-

sek devir hızında ve mümkün olan en kısa sürede geçilmelidir.

### Teşekkür

Arçelik A.Ş. Teknoloji Araştırma ve Geliştirme Merkezi (Termodinamik Grup) çalışanlarına ve Prof. Dr. Mahir Gülşen'e çalışmaya verdikleri destekten dolayı teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

1. İnan M. Komplikasyonlar ve zorluklar. In: Çakmak M, Kocaoğlu M, editörler. Ilizarov cerrahisi ve prensipleri. İstanbul: 1999. s. 237-54.
2. Abouzgia MB, James DF. Temperature rise during drilling through bone. Int J Oral Maxillofac Implants 1997;12:342-53.
3. Abouzgia MB, Symington JM. Effect of drill speed on bone temperature. Int J Oral Maxillofac Surg 1996;25:394-9.
4. Matthews LS, Green CA, Goldstein SA. The thermal effects of skeletal fixation-pin insertion in bone. J Bone Joint Surg [Am] 1984;66:1077-83.
5. Matthews LS, Hirsch C. Temperatures measured in human cortical bone when drilling. J Bone Joint Surg [Am] 1972; 54:297-308.

6. Toews AR, Bailey JV, Townsend HG, Barber SM. Effect of feed rate and drill speed on temperatures in equine cortical bone. *Am J Vet Res* 1999;60:942-4.
7. Khanna A, Plessas SJ, Barrett P, Bainbridge LC. The thermal effects of Kirschner wire fixation on small bones. *J Hand Surg [Br]* 1999;24:355-7.
8. Lawyer RB Jr, Lubbers LM. Use of the Hoffmann apparatus in the treatment of unstable tibial fractures. *J Bone Joint Surg [Am]* 1980;62:1264-73.
9. Bonfield W, Li CH. The temperature dependence of the deformation of bone. *J Biomechanics* 1968;1:323-9.
10. Wikenheiser MA, Markel MD, Lewallen DG, Chao EY. Thermal response and torque resistance of five cortical half-pins under simulated insertion technique. *J Orthop Res* 1995; 13:615-9.
11. Kondo S, Okada Y, Iseki H, Hori T, Takakura K, Kobayashi A, et al. Thermological study of drilling bone tissue with a high-speed drill. *Neurosurgery* 2000;46:1162-8.