

Köpeklerde Otojen Kortikal ve Spongiyöz Kemik Greftlerinin Uygulanması ile Oluşan Kallusun Çekme ve Basma Dayanımlarının İncelenmesi ^[1]

Emine SAAT * Ali Said DURMUŞ ** 

[1] Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (FÜBAP) tarafından FÜBAP-1457 nolu proje ile desteklenen yüksek lisans tezinden özetlenmiştir

* Tarım Bakanlığı, Alacakaya Tarım İlçe Müdürlüğü, Elazığ - TÜRKİYE

** Fırat Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Elazığ - TÜRKİYE

Makale Kodu (Article Code): KVFD-2009-162

Özet

Bu çalışma, köpeklerde kemik defektlerinin onarımında otojen kortikal ve spongiyöz kemik greftlerinin uygulanması sonucunda oluşan kallusun çekme ve basma dayanım değerlerinin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirildi. Çalışma değişik ırktan, 2-3 yaşlarında, ağırlıkları 25-30 kg arasında değişen 12 adet dişi köpekte gerçekleştirildi. Genel anestezi altında, köpeklerin sağ veya sol radius'unda 0.7 cm uzunluğunda segmental bir defekt oluşturuldu. Oluşturulan defektler köpeklerin 6 tanesinde otojen kortikal kemik grefti ile, 6 tanesinde ise otojen spongiyöz kemik grefti ile dolduruldu. İkinci, 4. ve 6. ayın sonunda her gruptan iki hayvan sakrifiye edilerek greft uygulanan kemikleri çıkarılarak çekme ve basma testleri uygulandı. Bu testlerden elde edilen sonuçlara göre otojen spongiyöz kemik greftinin çekme ve basma dayanımının otojen kortikal kemik greftlerine göre daha yüksek olduğu saptandı.

Anahtar sözcükler: *Otojen kortikal ve spongiyöz kemik grefti, İyileşme, Çekme ve basma dayanımı, Köpek*

Evaluation of Compression and Pull-out Strengths of the Callus Induced by Autogenous Cortical and Cancellous Bone Grafting in Dogs

Summary

The aim of this study was to compare the pull and push resistance values of callus resulting from administration of autogenous cortical and cancellous bone grafts for the repairment of bone defects in dogs. Experiment was carried out on 12 female different breeds of dogs weighing between 25-30 kg and aged between 2-3 years. Under general anesthesia, a 0.7 cm segmental defect was performed in a right or left radius of dogs. The defects formed have been filled with autogenous cancellous bone graft in 6 dogs and with autogenous cortical bone graft in 6 dogs. At the ends of the 2nd, 4th and 6th months two dogs of each group were sacrificed, grafted bones removed and the push and pull tests were performed. Test results showed that the push and pull values of the autogenous cancellous bone grafts were higher than those values of the autogenous cortical bone grafts.

Keywords: *Autogenous cortical and cancellous bone grafts, Healing, Compression and pull-out strengths, Dog*

GİRİŞ

Kemiklere uygulanan yükler deformasyonlara neden olabilir. Uygulanan yük ve oluşan deformasyon arasında kemikteki esneme noktasına kadar lineer bir ilişki (elastik alan) vardır. Esneme noktasından sonra yük-deformasyon eğrisinin eğimi azalır (plastik alan). Elastik bölgede yük kaldırıldığında kemik eski şekline dö-

nerken plastik bölgede kemikte kalıcı deformasyonlar oluşur. Kemik elastik dönem boyunca yapılan yüklenmenin 6 katını plastik dönemde karşılayabilir. Yükler artırılarak uygulanmaya devam edilir ve kemik yeterlilik noktasına ulaşırsa kırık oluşur. Yük-deformasyon eğrisinde, elastik bölgenin eğimi kemiğin sertliğini



İletişim (Correspondence)

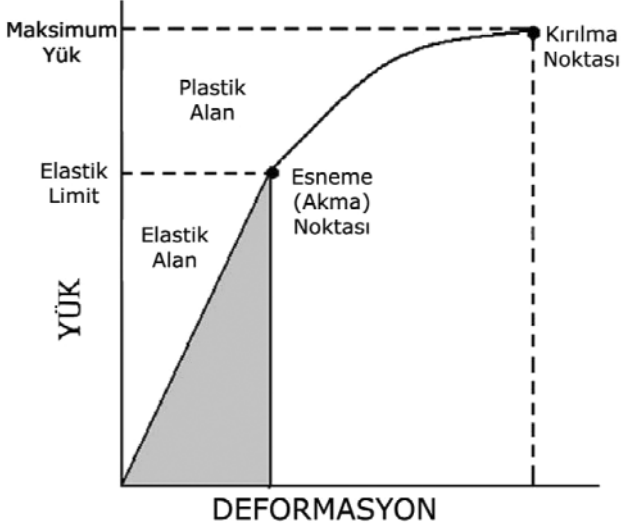


+90 424 2370000/3869



asdurmus@firat.edu.tr

gösterir ¹⁻⁵ (Şekil 1). Bir malzemenin uygulanan bir kuvvete karşı gösterdiği direnci ölçmek için çekme ve basma gibi deneyler kullanılabilir ^{6,7}.



Şekil 1. Kemik için standart yük-deformasyon eğrisi (Günaydın ve Karatepe'den ³)

Fig 1. Standard load-deformation curve of bone (From Günaydın and Karatepe ³)

Çekme testi, standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparıncaya kadar çekilmesi ile gerçekleştirilir ⁷. Bu deney ile malzemeye ait elastiklik modülü, akma gerilmesi, çekme dayanımı, kopma uzaması, kopma büzülmesi gibi bazı mekanik özellikler saptanabilir ^{6,7}.

Basma deneyi işlem itibarı ile çekme deneyinin tersidir. Basma deneyi gevrek ve yarı gevrek malzemelerin sünekliliğini (kopmaksızın bozunum yoluyla, sürekli biçim değişmesine uğrayabilme özelliği) ölçmede çok faydalıdır. Basma deneyinde çok küçük numuneler bile kullanılabilir ^{6,7}.

Kortikal ve spongiyöz kemikler anatomik yerine ve uygulanan yükleme yönüne göre farklı mekanik özellikler gösterirler ³⁻⁵.

Spongiyöz kemiğin materyal özelliklerini dansite ve spongiyöz ağın mikroyapısal düzeni etkilemektedir. Spongiyöz kemiğin dansitesi ile gücü arasında lineer olmayan bir ilişki vardır ^{1,3}. Dansitedeki küçük değişimler kemik gücünde büyük değişimlere neden olur ^{4,5,8}.

Kortikal kemiğin biyomekanik özelliklerini belirleyen başlıca unsurlar porozite ve kemik matriksinin mineralizasyon yoğunluğudur. Kortikal kemiğin sertlik ve gücündeki değişimin %80'inden fazlası bu iki unsur ile açıklanabilir ¹⁻³. Ayrıca kemiğin histolojik yapısı, kolla-

jen içeriği, kollajen çapraz bağlarının uzunluğu, sement çizgilerinin sayısı ve dağılımı kortikal kemiğin mekanik davranışını etkileyen diğer faktörlerdendir ^{2,9}.

Kortikal kemik spongiyöz kemiğe göre gerilmeye daha fazla karşı koyabilir, fakat deforme olabilmeye yeteneği daha azdır. Kortikal kemiğin kırılması için orijinal uzunluğunun %2'sinin aşılması yeterli iken, spongiyöz kemikte bu oran %7'dir. Kortikal kemik çekme ve basmaya karşı farklı mekanik özellikler gösterir ^{1,3}.

Bu güne kadar kemik greftleri ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır ¹⁰⁻¹². Yapılan bazı çalışmalarda ^{8,13-16}, kortikal veya spongiyöz kemiklerin bölgesel mekanik özellikleri incelenmiştir. Bigham ve ark. ¹⁷, radius defektlerine uyguladıkları ksenojenik demineralize kemik matriksi ve taze otojen kortikal kemiğin radyolojik, histopatolojik ve biyomekanik gelişimini inceledikleri bir çalışmada, kemik greftleri arasında histopatolojik ve biyomekanik olarak farklılık bulunmadığını rapor etmişlerdir. Shaffei ve ark. ¹⁸, tavşanlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada radius defektlerine taze kortikal otogreft ve allogreft uygulamışlar ve biyomekanik gelişimleri bakımından her iki grup arasında farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışma planlanırken yapılan literatür araştırmalarında vücut tarafından reddedilme olasılığı bulunmayan otojen kortikal ve otojen spongiyöz kemik greftlerinin zamana bağlı olarak greft bölgesindeki biyomekanik özelliklerini belirlemede çekme ve basma değerlerinin karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmalara rastlanılmadı.

Planlanan bu çalışmada, köpeklerde radiusun diya-fizer defektlerinde otojen kortikal ve otojen spongiyöz kemik greftlerinin uygulanması sonucunda oluşacak kallusun 2, 4 ve 6 aylık sürelerde biyomekanik yöntemlerle çekme ve basma dayanım değerlerinin saptanması ve elde edilen bulguların her iki greft grubunda karşılaştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Etik Kurulu'nun 21.11.2006 tarih ve 2006/15 Karar Sayısı ile onaylanmıştır.

Materyal: Çalışmada değişik ırktan, 2-3 yaşlarında, ağırlıkları 25-30 kg arasında değişen, sağlıklı 12 dişi köpek kullanıldı.

Anestezi: Anestezi 2 mg/kg Xylazine HCl (Rompun, Bayer, 23.32 mg/ml) IM enjeksiyonundan 10 dakika sonra, 15 mg/kg ketamin HCl (Ketalar, Parke-Davis, 50

mg/ml) IM enjeksiyonu ile gerçekleştirildi.

Alıcı yatağının hazırlanması: Deri, subkutan fascia ve kaslar bilinen yöntemlerle ¹⁹, açılıp radius'un diya-fizi açığa çıkarıldı ve Gigli'nin tel testeresi ile kemik diya-fizinde 0.7 cm uzunluğunda segmental kemik defekti oluşturuldu.

Greftlerin alınması: Otojen kortikal kemik grefti uygulanacak köpeklerde, 0.7 cm boyutlarında segmental kortikal kemik greftleri, köpeklerin diğer radiuslarından Piermattei ve Greeley'in ¹⁹, bildirdiği yöntemlere uygun olarak elde edildi. Greft elde edilirken oluşturulan defektler otojen spongiyöz kemik grefti ile doldurularak plaka fiksasyonu gerçekleştirildi ve bölge rutin cerrahi kurallara uygun olarak kapatıldı.

Humerus'un proksimal metafizinde kemik korteksine açılan pencereden kemik küreti sokularak ¹⁹, yaklaşık 0.7-1 cm boyutlarında otojen spongiyöz kemik greftleri elde edildi.

Greftlerin uygulanması: Oluşturulan kemik defektleri 1. grupta (6 olgu) otojen kortikal kemik grefti, 2. grup (6 olgu) ise otojen spongiyöz kemik grefti ile dolduruldu. Fiksasyon metal plaka ve kortikal vidalar ile sağlandı. Otojen kortikal kemik grefti plakaya krome katgüt kullanılarak tutturuldu. Operasyon yaraları rutin cerrahi kurallara uygun olarak kapatıldı.

Lokal olarak 1.000.000 IU kristal penisilin, parenteral olarak ta 5 gün süreyle 0.2 ml/10 kg dozunda streptomycine uygulandı. Operasyon sonrası greft uygulanan bacak, omuz ekleminde itibaren polyvinylidin chloride (PVC) destekli bandaja alındı, 15 günde bir yenilenen bandajlar dördüncü haftanın sonunda çıkartılarak bacaklar serbest bırakıldı.

Klinik ve radyolojik kontroller: Denemeye tabi tutulan köpeklerin 15 gün arayla klinik kontrolleri, operasyondan hemen sonra ve ayda bir defa olmak üzere mediolateral pozisyonda radyografileri alınarak radyolojik kontrolleri gerçekleştirildi. Klinik değerlendirmelerde greftin elde edildiği ve uygulandığı bölgelerde operasyon yaralarıyla ilgili herhangi bir komplikasyonun bulunup bulunmadığına, fonksiyonel olarak ise topallığın bulunup bulunmadığına dikkat edildi. Radyolojik değerlendirmelerde Lane ve Sandhu'nun ²⁰, bildirdiği parametreler kullanıldı. Buna göre radyolojik olarak kemik formasyonunun yokluğu veya kemik defektinin %25, %50, %75 veya %100'ünün kemik formasyonu ile doldurulup doldurulmadığı, proksimal ve distal fragmentler ile greftler arasında kaynamanın bulunup bulunmadığı değerlendirildi.

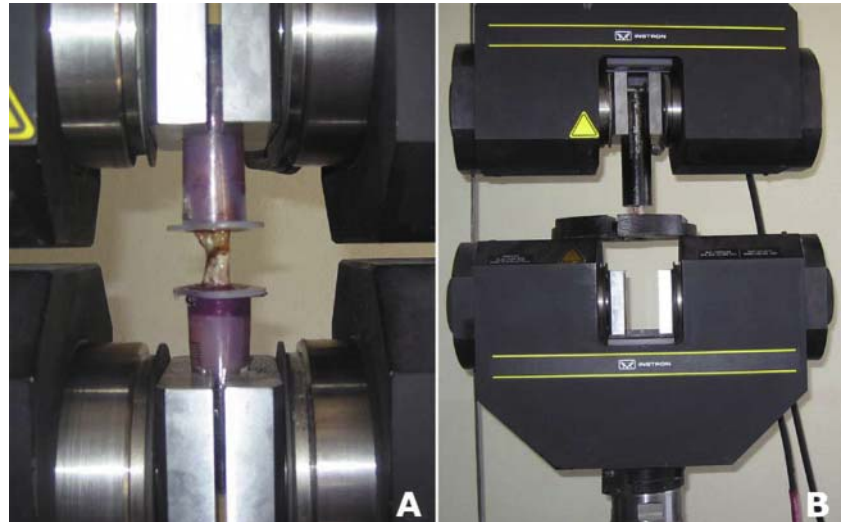
Biyomekanik testler: İki, 4 ve 6 aylık takiplerin sonunda her gruptan ikişer köpek yüksek dozda sodyum pentobarbital IV enjeksiyonu ile sakrifiye edilerek ilgili kemik örnekleri alındı ve çekme ve basma dayanımları incelendi. Biyomekanik test uygulamaları örnek alındıktan sonra aynı gün içerisinde ve herhangi bir kimyasal tespit işlemi uygulamaksızın çekme test makinesinde (Instron 8503, Instron Group, İngiltere) gerçekleştirildi.

Kemik örneklerinin çekme makinesi çeneleri arasında kalan kısımları tam silindirik bir şekilde bakalite alınarak test makinesinin tutucularına uygun bir şekilde getirildikten sonra makinenin çenelerine tutturuldu (*Şekil 2.A*).

Kemik örneklerinin basma dayanımı yine aynı makinenin çenelerine uygun basma aparatları yerleştirilerek gerçekleştirildi (*Şekil 2.B*). Basma deneyi için numuneler, hassas numune kesme makinesinde yüksekliği 15 mm olacak şekilde hazırlandı.

Şekil 2. Çekme (A) ve Basma (B) testlerinin uygulanması

Fig 2. Application of pull-out (A) and compression (B) tests



Çekme ve basma deneyleri saniyede 0.1 mm'lik çekme ve basma hızlarında gerçekleştirildi. Çekme deneyi numuneler koptuktan sonra, basma deneyi ise numunelerde kırılma işlemi gerçekleştirildikten sonra sonlandırıldı. Çekme ve basma dayanımlarının (P, MPa - Megapascal) hesaplanmasında aynı formül kullanıldı ve uygulanan maksimum yük'ün (F, N - Newton) deneye tabi tutulan numunelerin kesit alanlarına (A, mm²) bölümü ile hesaplandı.

Çekme ve basma dayanımlarının hesaplanmasında $P \text{ (MPa)} = F \text{ (N)} / A \text{ (mm}^2\text{)}$ formülü kullanıldı.

BULGULAR

Klinik Bulgular

Her iki grupta da operasyon bölgeleri ile ilgili herhangi önemli bir komplikasyona rastlanmadı. Operasyon sonrası tüm köpeklerde ilk iki hafta görülen totalite daha sonraki incelemelerde tamamen ortadan kalktı.

Radyolojik Bulgular

Otojen spongiyöz kemik grefti uygulanan olguların radyolojik bulguları: Bu olguların operasyon sonrası alınan radyografilerinde radius diyafizinde oluşturulan defekt ve defekte yerleştirilen greftlerin belirgin olduğu, ancak greftin normal kemik dansitesinden daha az yoğunluğa sahip olduğu gözlemlendi. Bir aylık radyografilerde kallus oluşumunun başladığı ancak kırık fragmentlerin belirlenebildiği görüldü. Bu dönemde oluşan kemik formasyonu defektin %50-75'ini doldurmaktaydı. İki aylık radyografilerde greftlerin dansiteindeki artışla birlikte oluşan kemik formasyonunun defektin %75-100'ünü doldurduğu belirlendi. Üç aylık radyografilerdeki bulgular iki aylık bulgulara benzerle beraber oluşan kemik formasyonunun defektin %100'ünü doldurduğu gözlemlendi. Altı aylık sürenin sonunda kemik bütünlüğünün sağlandığı ve greft bölgesinin normal kemik dansitesine yaklaştığı tespit edildi. Aynı zamanda medullar kanalın oluştuğu ancak tamamlanmadığı dikkati çekti.

Otojen kortikal kemik grefti uygulanan olguların radyolojik bulguları: Bu olguların operasyon sonrası alınan radyografilerinde greftlerin belirgin bir şekilde gözlemlendiği, bir ve iki aylık sürenin sonunda kemik greftlerinin uçlarından itibaren radiusun proksimal ve distal fragmentleri ile birleşmeye başladığı ve greftin dansitesinde azalma olduğu dikkati çekti. Oluşan kemik formasyonu birinci ayın sonunda defektlerin %50-75'ini, ikinci ayın sonunda %75-100'ünü, üç ayın sonunda ise %100'ünü doldurdu. Üç ve dört aylık

izleme süresi sonunda kemik bütünlüğünün sağlandığı ve medullar kanalın oluşmaya başladığı belirlendi. Beş ve altı aylık olguların izleme sürelerinin sonunda ise dört aylık bulgulara benzer bulgular gözlenmekle birlikte greft uygulanan bölgenin normal kemik dansitesine yaklaştığı belirlendi.

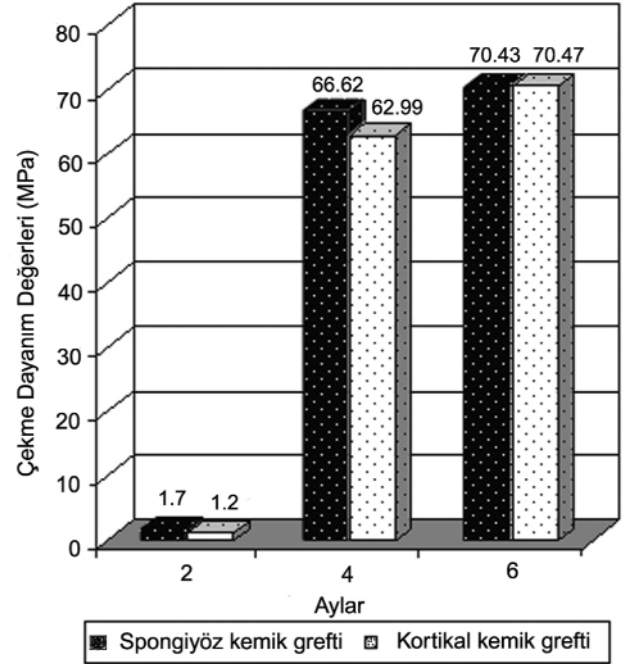
Biyomekanik Bulgular

Her bir olgunun biyomekanik test bulguları ile ilgili bilgiler *Tablo 1*'de verildi. Çekme ve basma deney sonuçları *Şekil 3* ve *Şekil 4*'teki grafiklerde de gösterildi. Spongiyöz ve kortikal kemik greftlerinin çekme dayanımlarının ölçümleri sonucunda tüm sürelerde birbirine yakın değerlerin elde edildiği buna rağmen 4 aylık sürede spongiyöz kemik greftinde, kortikal grefte göre daha yüksek bir çekme dayanımının elde edildiği

Tablo 1. Kemik greftlerine ait çekme ve basma test değerleri. MPa: Megapascal

Table 1. Compression and pull-out tests of bone grafts. MPa: Megapascal

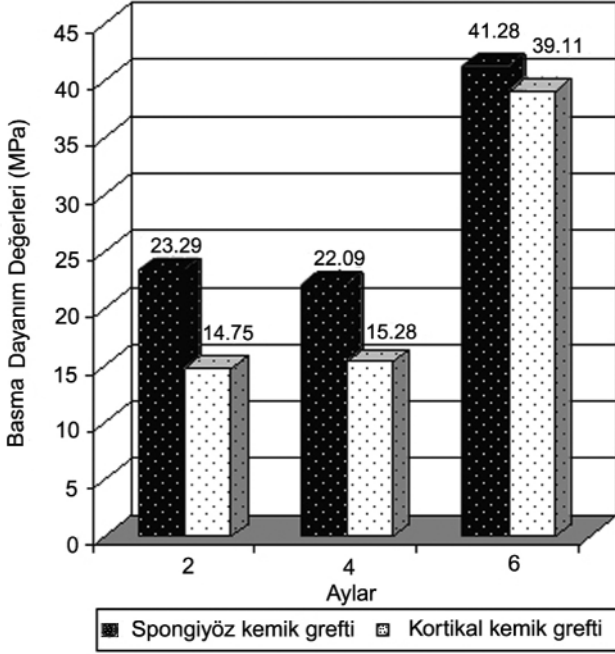
İzleme Süresi (Ay)	Graftlerin Çekme Dayanımı (MPa)		Graftlerin Basma Dayanımı (MPa)	
	Spongiyöz	Kortikal	Spongiyöz	Kortikal
2	1.7	1.2	23.29	14.75
4	66.62	62.99	22.09	15.28
6	70.43	70.47	41.28	39.11



Şekil 3. Aylara göre greftlerdeki çekme dayanım değerleri. MPa: Megapascal

Fig 3. Pull-out strength values during the healing periods (months). MPa: Megapascal

belirlendi (Şekil 3). Basma dayanımı testleri dikkate alındığında, spongiyöz kemik greftinin 2, 4 ve 6 aylık uygulamalardaki basma dayanımlarının, kortikal kemik greftinden daha yüksek olduğu tespit edildi (Şekil 4).



Şekil 4. Aylara göre greftlerdeki basma dayanım değerleri. MPa: Megapascal

Fig 4. Compression strenght values during the healing periods (months). MPa: Megapascal

TARTIŞMA ve SONUÇ

Kemik defektlerinin onarımında kullanılan materyallerin çekme ve basmaya dayanıklı olması gibi biyomekanik özelliklerinin bulunması çok iyi bilinen ve istenilen bir gerçektir. Bu çalışmada iki farklı yapıdaki otojen kemik grefti arasındaki mekanik bulgular kemik iyileşmesinin farklı dönemlerinde değerlendirilerek karşılaştırmaları yapıldı. Bulgular otojen kortikal ve spongiyöz kemik greftlerinin biyomekanik yönden avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular ayrıca uygun greft seçimine yardımcı olacak ve dolayısıyla sağaltımın başarısında etkili olacaktır.

Otojen kemik greftleri yüksek osteojenik potansiyele sahip olması, immun reaksiyon oluşumu veya hastalık bulaşma riski olmaması gibi avantajlara sahiptir. Fazla miktarda greftin gerekmediği ve özellikle osteojenik aktivitenin istendiği olgularda öncelikle tercih edilir. Ancak otojen kemik greftinin kısıtlı hacim ve şekilde elde edilebildiği ve bu duruma bağlı olarak operasyon süresinin uzadığı ve hastada kan kaybına neden olduğu bildirilmektedir ¹⁰⁻¹². Bu çalışmada kul-

lanılan her iki greft çeşidi de otojen greftlerdi. Spongiyöz kemik grefti humerus'un proksimal metafazından, kortikal kemik grefti ise köpeğin diğer radiusundan bilinen yöntemler ¹⁹, izlenerek yeterli miktarda elde edildi ve herhangi bir güçlük ve komplikasyonla karşılaşılmadı.

Greft uygulamalarında kemik iyileşmesini etkileyen önemli faktörlerden birinin de bireyin yaşı olduğu bilindiğinden ^{1,3,21}, bu çalışmada otojen spongiyöz kemik grefti ve otojen kortikal kemik grefti uygulanan hayvanların 2-3 yaşları arasında olmasına dikkat edildi. Çalışmadaki hayvanların yaşlarının birbirine yakın olduğu ve bu nedenle oluşturulan kemik defektlerinin iyileşmesinde gruplar arasında meydana gelebilecek farklılıkların yaş faktörüne bağlı olmayacağı, mekanik test uygulamaları sonucu elde edilen değerlerin değişiklik göstermesinin ise uygulanan greftlerin farklı özelliklere sahip olmasından kaynaklandığı kanısına varıldı.

Yapılan bu çalışmada, radyolojik incelemeler sonucunda kemik formasyonlarının gelişimleri her iki grupta da benzerdi. Otojen kortikal greftlerin uygulandığı olgularda Bigham ve ark.¹⁷, ile Shafiei ve ark.'nın ¹⁸, yaptıkları çalışmalardan farklı olarak 1. ayın sonunda oluşan kemik formasyonunun daha ileri düzeyde olduğu gözlemlendi. İkinci ayın sonunda elde edilen bulgular ise aynı araştırmacıların ^{17,18}, bulguları ile benzerlik gösterdi.

Yapılan bu çalışmada, 2, 4 ve 6. ayların sonunda sakrifiye edilen köpeklerden alınan örneklerin aynı gün içinde çekme ve basma dayanımları ölçüldü. Bu şekilde bir uygulama ile geçen zamanla ilişkili olarak kemik dayanımında oluşabilecek değişikliklerin önüne geçildiği düşünülmektedir. Oluşan kallus dokularının çaplarındaki farklılıkların deney sonucunu etkilemesi, uygulanan maksimum yük'ün (F, N - Newton) deneye tabi tutulan numunelerin kesit alanlarına (A, mm²) bölümü ile hesaplanarak ölçüldü.

Kemiğin mekanik özellikleri, kemiğin yoğunluğuna, yapısına ve kemiğin spongiyöz dokusunun materyal özelliklerine bağlıdır ²². Spongiyöz kemik kompleks bir mimari yapıya sahiptir. Ayrıca, spongiyöz kemiğin bu tipik mikro yapısı ve mekanik özellikleri, aynı kemiğin değişik bölgelerinde de farklılıklar göstermektedir ^{15,22,23}. Kortikal kemiğin gerilme kuvvetlerine karşı dayanımının spongiyöz kemikten daha fazla olmasının nedenleri arasında kemikteki porozite ve kemik matriksindeki mineralizasyon yoğunluğu sayılmaktadır ^{1,3,5,24}.

Bazı araştırmacılar ^{17,18}, yaptıkları çalışmalarda ksenojenik demineralize kemik matriksi, taze otojen

ve allojen kortikal kemik greftlerinin iki aylık inceleme periyotları içerisinde biyomekanik gelişimleri bakımından farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışma ile greft uygulamaları gerçekleştirildikten sonra 2, 4 ve 6. aylarda otojen spongiyöz ve otojen kortikal kemik greftleri arasındaki çekme ve basma dayanımları arasındaki farklılıklar ortaya konuldu. Çekme ve basma dayanımlarının otojen spongiyöz kemik greftlerinde daha yüksek olduğu gözlemlendi. Bu sonucun elde edilmesi ile otojen spongiyöz kemik greftlerinin, kemik iyileşmesini otojen kortikal kemik greftlerine göre daha çok hızlandırdığı kanısına varıldı. İki ve 4 aylık dönemlerde basma değerleri arasında gözlenen büyük farklılığın 6 aylık dönemde azalması, zaman içerisinde bu iki farklı kemik grefti arasındaki çekme ve basma dayanımları arasındaki farklılıkların ortadan kalkmakta olduğunu göstermektedir. Ancak kemik defektlerinin iyileşmesindeki kritik dönemin 6 aydan önceki zaman aralığı olduğu düşünüldüğünde, kemik defektlerinin sağaltımında, otojen spongiyöz kemik greftleri uygulamalarının daha iyi bir seçim olduğu görülmektedir. Çekme dayanım değerlerinde her iki greft grubu arasında yaklaşık değerler elde edilmesine rağmen, otojen spongiyöz kemik grefti uygulanan olgularda elde edilen değerlerin daha yüksek olması bir avantaj olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen çekme ve basma testleri radius diyafizinde oluşturulan defektlerin onarımında kullanılan otojen spongiyöz kemik greftlerinde elde edilen değerlerin, otojen kortikal kemik greftlerinde elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğunu gösterdi.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular otojen spongiyöz kemik greftinin otojen kortikal kemik greftine göre alıcı kemik ile daha iyi bir bağlantı sağladığını göstermektedir. Kemik defektlerinin onarımında, otojen spongiyöz kemik greftleri yeterli miktarda elde edilebildiği durumlarda otojen kortikal kemik greftlerine tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

- Bouxsein ML:** Biomechanics of age-related fractures. In, Marcus R, Feldman D, Kelsey J (Eds): Osteoporosis. Vol. 1, 2nd ed. 509-531, Academic Press, San Diego, 2001.
- Friedman AW:** Important determinants of bone strength. Beyond bone mineral density. *J Clin Rheumatol*, 12, 70-77, 2006.
- Günaydin R, Karatepe AG:** Kemiğin biyomekanik özellikleri ve yaş ile ilişkili kırıkların biyomekanikliği. *Osteoporoz Dünyasından*, 13, 44-48, 2007.
- Turner CH:** Biomechanics of bone: Determinants of skeletal fragility and bone quality. *Osteoporos Int*, 13, 97-104, 2002.

- Turner CH:** Bone strength: Current concepts. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1068, 429-446, 2006.
- Erdoğan M:** Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri. Cilt 1, 3. Baskı. 40-49, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 1998.
- Kayalı S, Ensari C, Dikeç F:** Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri. 1. Baskı. 3078-3089, İ.T.Ü Yayınları, İstanbul, 1978.
- Ito M, Nishida A, Aoyagi K, Uetani M, Hayashi K, Kawase M:** Effects of risedronate on trabecular microstructure and biomechanical properties in ovariectomized rat tibia. *Osteoporos Int*, 16, 1042-1048, 2005.
- Sharir A, Barak MM, Shahar R:** Whole bone mechanics and mechanical testing. *Vet J*, 177, 8-17, 2008.
- Bulut S, Durmuş AS, Köm M, Çobanoğlu B:** Köpeklerde femur ve tibia diyafizinin deneysel maddi kayıplı kırıklarında ulna distalinin segmental kortikal otogref olarak kullanımı. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 7 (1): 77-85, 2001.
- Durmuş AS, Ünsaldı E:** Köpeklerde deneysel maddi kayıplı femur kırıklarında koral ve spongiyöz otogref uygulamalarının karşılaştırılması. *Fırat Üniv Sağ Bil Derg*, 15 (1): 101-112, 2001.
- Durmuş AS, Ünsaldı E:** Köpeklerde deneysel maddi kayıplı femur kırıklarında otojen fibular kemik grefti kullanımı. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi*, 2 (3): 144-150, 2004.
- Bayraktar HH, Keaveny TM:** Mechanisms of uniformity of yield strains for trabecular bone. *J Biomech*, 37, 1671-1678, 2004.
- Dorea HC, McLaughlin RM, Cantwell HD, Read R, Armbrust L, Pool R, Roush JK, Boyle C:** Evaluation of healing in feline femoral defects filled with cancellous autograft, cancellous allograft or Bioglass. *Vet Comp Orthop Traumatol*, 18 (3): 157-168, 2005.
- Jiang Y, Zhao J, Genant HK, Dequeker J, Geusens P:** Bone mineral density and biomechanical properties of spine and femur of ovariectomized rats treated with naproxen. *Bone*, 22, 509-514, 1998.
- Morgan EF, Keaveny TM:** Dependence of yield strain of human trabecular bone on anatomic site. *J Biomech*, 34, 569-577, 2001.
- Bigham AS, Dehghani SN, Shafiei Z, Torabi Nezhad S:** Xenogenic demineralized bone matrix and fresh autogenous cortical bone effects on experimental bone healing: Radiological, histopathological and biomechanical evaluation. *J Orthopaed Traumatol*, 9, 73-80, 2008.
- Shafiei Z, Bigham AS, Dehghani SN, Torabi Nezhad S:** Fresh cortical autograft versus fresh cortical allograft effects on experimental bone healing in rabbits: Radiological, histopathological and biomechanical evaluation. *Cell Tissue Bank*, 10, 19-26, 2009.
- Piermattei DL, Greeley RG:** An Atlas of Surgical Approaches to the Bones of the Dog and Cat. 2nd ed. 112-113, WB Saunders Co, Philadelphia, 1979.
- Lane JM, Sandhu HS:** Current approach to experimental bone grafting. *Orthop Clin North Am*, 18, 213-225, 1987.
- Russell G, Raso VJ:** Bone banking in Canada: A review. *Can J Surg*, 32, 231-236, 1989.
- Bayraktar HH, Morgan EF, Niebur GL, Morris GE, Wong EK, Keaveny TM:** Comparison of the elastic and yield properties of human femoral trabecular and cortical bone tissue. *J Biomech*, 37, 27-35, 2004.
- Miller Z, Fuchs MB:** Effect of trabecular curvature on the stiffness of trabecular bone. *J Biomech*, 38, 1855-1864, 2005.
- Hernandez CJ:** How can bone turnover modify bone strength independent of bone mass? *Bone*, 42, 1014-1020, 2008.