

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ ve TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI



**DENEYSEL ÖN ÇAPRAZ BAĞ YARALANMA MODELLERİNDE
İNFRAPATELLAR YAĞ YASTIKÇIĞI EKSİZYONU
VE EKSTERNAL FİKSATÖR İMMOBİLİZASYONUNUN
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
(KEÇİLERDE DENEYSEL ÇALIŞMA)**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Bekir KARAKILIÇ

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Emin TAŞKIRAN

İzmir-2013

ÖNSÖZ

Ön Çapraz Bağ diz eklemi stabilitesi ve biyomekaniğinde önemli role sahiptir. Özellikle sporculardaki yaralanmalarının ciddi ek sorunlara yol açabilmesi, spora dönüşü tehlikeye sokması, uzun dönemde artrozlarla ilişkisi bu yapının cerrahi tedavi yöntemleri üzerindeki araştırmaların son yıllarda oldukça artmasına yol açmıştır. Ancak halen tedavi yaklaşımlarında, cerrahi tekniklerde, greft ve biyomalzeme seçimlerinde, postopereatif komplikasyonlar üzerinde ciddi tartışmalar devam etmektedir. Klinik uygulamalardaki ortak ve farklı yönelimlerin temel bilimlerdeki çalışmalar ışığında oluştukları bir gerçektir.

Biz de ortopedi ve spor cerrahisi alanındaki problemlerin önemli bir bölümünü teşkil eden ÖÇB yaralanmalarında temel ve klinik bilgileri birleştirerek yeni çalışmalara esinlendirecek çağrışımlar elde etmeyi amaçladık. Klinik problemlerin özde çözümüne ulaşmak için deneysel yöntemleri tercih ettik. ÖÇB yaralanma-iyileşme patofizyolojisi ve bunun biyomekanik sonuçlarını değerlendirebilmek için yaralanma modellerine odaklandık. Şimdiye dek kullanılan modelleri karşılaştırarak iki ayrı modelde daha önce denenmemiş uygulamalar yaparak diz stabilitesi, bağ biyomekaniği üzerine etkilerini inceledik.

Bu çalışma ile ÖÇB primer iyileşme sürecinin incelenmesinde temel deneysel modellerden biri olarak sıkça uygulanan santral defekt modelinde; infrapatellar yağ dokusu (**fat-pad**) eksizyonunun, tam ÖÇB kesisi modelinde ise eksternal fiksator immobilizasyonun diz eklemi stabilitesi ve ÖÇB biyomekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Çalışmam sırasında kliniğimizde daha önce büyük hayvan deneyi yapılmış olmamasının zorluklarını yaşadım. Biyomekanik ölçüm konularında klinik unsurlardan daha az bilgi, olanak ve tecrübeye sahip olduğumu farkederek bunları teorik ve uygulamalı olarak kapatmaya çalıştım. Bilimsel bir araştırma sürecinin nasıl başlatılması, sürdürülmesi, sonlandırılması gerektiğini tecrübe ettim. Klinik sorunlara çözümler getirebilecek unsurların temel bilimler ve laboratuvar çalışmalarıyla güçlendirilmesinin gerekliliğini kavradım.

Tez çalışması süreci boyunca; bilimsel sistematik düşünme-planlama, deneysel cerrahi uygulama-gözlem-değerlendirme aşamalarında yardımlarını ve tecrübelerini eksik etmeyen tez danışmanım Prof. Dr. Emin TAŞKIRAN'a teşekkürlerimi sunuyorum. Bu çalışmada eksik, aksayan her ne unsur varsa benim tecrübesizliğime dayanırken, farklı olan, ileriki çalışmalara örnek gösterilebilecek her ne varsa değerli hocamın görüş, bilgi, ve deneyimlerine dayanmaktadır.

Ege Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna ve Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Projeleri Alt Komisyonuna projemize verdikleri destek nedeniyle teşekkür ederim

Deney hayvanlarının anestezisi, operasyon sonrası bakım ve izlem süreçlerinde engin bilgi ve deneyimleriyle büyük yardımda bulunan veteriner hekim Ali Tuncay ERDOĞAN ve deneysel cerrahi uygulamalarında yardımları geçen Deneysel Cerrahi Bilim Dalı çalışanlarına,

Patolojik incelemelerde yardımlarını, tecrübelerini sunan Doç. Dr. Başak DOĞANAVŞARGİL, Hayriye KÖKTAŞ ve Hasibe KÖMÜR'e,

Biyomekanik değerlendirme testlerinde beraber çalıştığım Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyomekanik Ana Bilim Dalı'dan Araş. Görevlisi Bora UZUN ve Araş. Görevlisi Salih ÇELİK'e,

Biyomekanik test düzeneklerin hazırlanmasında üretim müdürleri sayın Serdar ÖZYILDIRIM ve ekibi bünyesinde emekleri geçen HİPOKRAT firmasına,

Tez çalışmamın değişik deney, uygulamalarının fotoğraflama ve kayıt aşamalarında yardımlarını sunan sevgili arkadaşlarım Kayahan UZUN ve Hande UZUN'a,

Benden dostluk ve yardımlarını esirgemeyerek beni onurlandıran tüm asistan arkadaşlarıma, klinik çalışanlarına,

Uzmanlık eğitim sürecim boyunca bana aktardıkları mesleki bilgi, beceri ve tecrübelerle yetişmemde emeği geçen; başta Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Erhan COŞKUNOL ve tüm değerli öğretim üyeleri ve uzmanlarıma,

Uzman hekim olarak ülkeme ve insanlığa faydalı olabilecek bu günlere gelmemde son ana dek hiçbir fedakarlıktan kaçınmadan beni yetiştiren canım babam Kadir KARAKILIÇ' a, şevkat ve dualarını eksik etmeyen canım annem Fatma KARAKILIÇ'a ve hekim ağabeyi olmamı sağlayarak tüm ömrüm boyunca beni gururlandıracak sevgili kardeşim Dr. Esin KARAKILIÇ'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER	v
ÇİZELGELER.....	viii
KISALTMA VE SEMBOLLER DİZİNİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
Genel Bilgiler	4
Hayvan Modelleri.....	15
Ön Çapraz Bağ Deneysel Yaralanma Modelleri	20
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
4. BULGULAR	53
5. TARTIŞMA	69
6. SONUÇ	75
7. KAYNAKLAR.....	78
8. EKLER	91

ŞEKİLLER

Şekil-1:	ÖÇB Femoral Başlangıcı ve Tibial Yapışma Alanı	11
Şekil-2:	ÖÇB ve İki Fonksiyonel Huzmesi	12
Şekil-3:	AM ve PL huzmeler ve Yapışma Yerleri	12
Şekil-4:	Çapraz Bağların Beslenmesi; Periligamentöz Pleksus	13
Şekil-5:	Diz Kinematığında Önemli Yeri Olan 4'lü Çapraz Bar Sistemi	13
Şekil-6:	Screw Home Mekanizması ile Dizin Kilitlenmesi	14
Şekil-7:	ÖÇB ve İç Yan Bağ İyileşme Süreçleri	14
Şekil-8:	ÖÇB Yaralanmalarında MARSHALL Yöntemi ile Primer Tamir	15
Şekil-9:	İnsan Dizi Ön-Arka Görünümleri ve Çapraz Bağ, Menisküs Yapışma Yerleri	17
Şekil-10:	Keçi Dizi Ön-Arka Görünümleri ve Çapraz Bağ, Menisküs Yapışma Yerleri; ÖÇB Tibial Yapışma Bölgesi ve Lateral Menisküs İlişkisi İnsan ÖÇB Oldukça Yakınlık Gösterir	18
Şekil-11:	Keçi Dizinde ÖÇB	18
Şekil-12:	Keçi Diz Ekleminde ÖÇB ve Menisküsün Tibial Yapışma Alanları	19
Şekil-13:	Keçi Dizinde Kapsül ve Menisküslerin Arkadan Kaldırılmasıyla Ortaya Çıkarılan Arka Çapraz Bağ Görüntüsü	19
Şekil-14:	Keçi Dizinde Dış Yan Bağ Görüntüsü	20
Şekil-15:	Keçi Dizinde Lateral Uzun Ekstansör Tendon Görüntüsü	20
Şekil-16:	ÖÇB Santral Defekt Tarzı Yaralanma Modeli	22
Şekil-17:	İzole Huzme Kesisi	22
Şekil-18:	E.Kondo-K.Yasuda ve ark: Tavşan ÖÇB' da Oluşturdıkları Kombine Huzme Kesileri ve Elongasyon Modeli	23
Şekil-19:	Denek Olarak Kullanılan Kıl Keçisi	29
Şekil-20:	Anestezi Uygulanmış Denek	30
Şekil-21:	Cerrahi Saha Hazırlığı	30
Şekil-22:	Cerrahi Saha Hazırlığı	31
Şekil-23:	Kanama Kontrolü İçin Subkutan Jetokain Enjeksiyonu Yapılması	31
Şekil-24:	Kesi Hattının Belirlenmesi	32
Şekil-25:	Belirlenen Hatta Cilt Kesisinin Yapılması	33
Şekil-26:	Patellar Tendona Ulaşılması	33
Şekil-27:	A grubu Deneklerinde Infrapatellar Fat-pad Ekartasyonu ile ÖÇB'a Ulaşılması	34
Şekil-28:	B Grubu Deneklerinde Infrapatellar Fat-pad Eksizyonu	34

Şekil-29:	Eksize Edilen Infrapatellar Fat-pad Dokusunun Makroskopik Görüntüsü	35
Şekil-30:	Artroskopik Panç ile ÖÇB Santral Bölümünde Defekt Yapılması	35
Şekil-31:	Defekt Yapılan Bölgedeki Kanama.....	36
Şekil-32:	Defekt Bölgesinden Çıkarılan ÖÇB Dokusu	36
Şekil-33:	Kesi Katlarının Kapatılması	37
Şekil-34:	Cilt Kesisinin Kapatılması	37
Şekil-35:	Z plasti Şeklinde Tam ÖÇB Kesisini	38
Şekil-36:	C-D Gruplarında ÖÇB'a Tam Kesi Uygulaması	39
Şekil-37:	D Grubu Deneklerine Eksternal Fiksator Uygulaması.....	39
Şekil-38:	D Grubu Deneklerine Eksternal Fiksator Uygulaması ile Diz Eklemine Fizyolojik Pozisyonda İmmobilizasyonu	40
Şekil-39:	Sakrifikasyon Sonrası Ard ekstremiteler Kalça ve Ayak bileği Eklemlerinden Dezartiküle Edilen Örnek.....	44
Şekil-40:	Kemik Uçlarının Hazırlığı.....	45
Şekil-41:	Kemiklerden Kirschner Teli Geçilmesi.....	45
Şekil-42:	Örneklerin Çimento ile Metal Silindirlere Yerleştirilmesi.....	46
Şekil-43:	Biyomekanik Testler İçin Hazırlığı Tamamlanmış Örnekler.....	46
Şekil-44:	Biyomekanik Test Cihazı (SHIMADZU-AG 10K)	47
Şekil-45:	Test Düzenegi: Ana gövde, ATT ve TENSİL TESTTLER için ayarlanabilen Parçalar ve Silindir Fiksasyonu Sağlayan Vidalardan Oluşmaktadır.....	47
Şekil-46:	ATT Testi İçin Düzenek Parçalarının test cihazına Takılması-1	48
Şekil-47:	ATT Testi İçin Düzenek Parçalarının test cihazına Takılması-2	48
Şekil-48:	ATT Testi İçin Örneklerin Test Cihazına Yerleştirilmesi-1	49
Şekil-49:	ATT Testi İçin Örneklerin Test Cihazına Yerleştirilmesi-2	49
Şekil- 50:	ATT Testi İçin Yerleştirilen Örneklerin Sabitlenmesi	50
Şekil-51:	ATT Testi için Hazırlığın Tamamlanması: Test Cihazına Tibia Üstte Olacak Şekilde 90 derece Fleksiyonda Yerleştirip Sabitlendi. Test Parametrelerinin (siklus-yük-hız) Ayarlanması	50
Şekil-52:	Kayıt Cihazında YÜK -YERDEĞİŞTİRME (ATT) Grafiklerinin Kaydedilmesi	51
Şekil-53:	Tensil Testler için ATT Testi Tamamlanmış Örneklerde Tüm Yumuşak Dokuların Eksize Edilerek FEMUR-ÖÇB-TİBİA Sistemi Elde Edilmesi.....	51
Şekil-54:	Tensil Testler İçin Yerleştirilmiş Örnek.....	52
Şekil-55:	PRETENSİON ve PREKONDİTİON Aşamalarından Sonra TENSİL KOPARMA Uygulanmış Örnek	52

Şekil-56: Santral Defekt Yapılmış Bir Örnekte Defekt Bölgesinin Makroskobik Olarak Dolduğu Gözleniyor	57
Şekil-57: C Grubundan Bir Deney Dizinde Eklem İçi Yoğun İnflamasyon Düzensiz Sinovyal Kalınlaşmalar ve Artiküler Kıkırdak Hasarları	57
Şekil-58: D grubunda Tam ÖÇB Kesisi Sonrası EF İmmobilizasyonu Yapılmış Bir Diz Örneğinde Sınırları Belirli ve Bağa Füzyon Oluşturmuş Granülasyon Dokusunun Görüntüsü	58
Şekil-59: Tam ÖÇB Kesisi Sonrası EF İmmobilizasyonu Uygulanmış Bir Diz Örneğinde Sınırları Belirli ve Bağa Füzyon Oluşturmuş Granülasyon Dokusunun Görüntüsü ...	58
Şekil-60: Tam Kesi Ardından EF Uygulanmış Diz Örneğinde ÖÇB dokusunda Granülasyon Dokusu İzlenmektedir. Diseksiyon Sırasında Yapılmış Olan Lezyondan Başka Kıkırdak Lezyonu İzlenmemiştir	59
Şekil-61: Tam Yırtık ardından EF Uygulanmış Diz Örneğinde ÖÇB’da Granülasyon Dokusu İzlenmesine Karşın Kondil ve Notchdaki Geniş Hasar	59
Şekil-62: Hasarlanmamış Ligamentin Görünümü. Kollajen Lifleri Düzenli, Bibirine Paralel (Hematoksilen&Eozin, x20).....	60
Şekil-63: Hasarlanmamış Ligamentin Görünümü. Kollajen lifleri Düzenli, Dibirine paralel. Arada seyrek Damar Yapıları Görülüyor (ok) (Masson Trikrom, x20). İç resim: Hasarlanmamış Ligamentte Elastik Lifler ve Damarlanma (Elastik Van Gieson, x20)...	60
Şekil-64: İyileşmekte Olan Ligamentte Ödem ve Miksoid dejenerasyon (Hematoksilen&Eozin, x 10). İç resim: Miksoid Dejenerasyon alanı. Daha mavimsi ve Vakuoler Görünümüyle Dikkat Çekiyor (Hematoksilen&Eozin, x40)(B-C-D gruplarının deney dizlerindeki ÖÇB larında kesi-defekt bölgesinde rastlanmıştır	61
Şekil-65: Fibrozis ve Damarlanma Artışı (oklar). Sağlam Ligament bölümü (*) (Hematoksilen&Eozin, x10) Defekt Bölgesinin Dolumu	61
Şekil-66: Hasarlanmamış Ligamentte Kollagen Tip-1 boyalı Lif Yoğunluğu (Anticollagen-1, x40). İç resim: İyileşmekte Olan Ligamentte Artmış Kollagen-1 Boyalı lif Yoğunluğu (Anticollagen-1, x40)	62

ÇİZELGELER

Çizelge-1: ÖÇB ve diğer diz yapılarının yaralanmasına neden olan direkt zorlamalar	9
Çizelge-2: ÖÇB ve diğer diz yapılarının yaralanmasına neden olan indirekt zorlamalar	9
Çizelge-3: Belirlenen mikroskopik defekt alanında sellülarite verileri	53
Çizelge-4: Ödem, Miksoid Dejenerasyon, Fibrozis Verileri	54
Çizelge-5: 1 Küçük Büyütme Alanındaki (x4 objektif) Damar Kesiti Sayıları.....	54
Çizelge-6: 1 Büyük Büyütme Alanındaki (x40 objektif) Kollagen tip-1 Boyalı Lif Yoğunluğu	54
Çizelge-7: Deney -2 sellülarite verileri.....	55
Çizelge-8: ÖÇB Tam Kesilerinde İyileşme Heterojenik Olmuştur	55
Çizelge-9: 1 Küçük Büyütme Alanındaki (x4 objektif) Damar Kesiti Sayıları.....	56
Çizelge-10: 1 büyük büyütme alanındaki (x40 objektif) Kollagen tip-1 Boyalı Lif Yoğunluğu .	56
Çizelge-11: Tüm Gruplardaki Deney-Kontrol Oranları	56
Çizelge-12: A Grubu ATT Değerleri.....	63
Çizelge-13: B Grubu ATT Değerleri	63
Çizelge-14: C Grubu ATT Değerleri	63
Çizelge-15: D Grubu ATT Değerleri.....	64
Çizelge 16: A grubu tensil test verileri	64
Çizelge 17: B grubu tensil test verileri	64
Çizelge 18: C grubu tensil test verileri	65
Çizelge 19: D grubu tensil test verileri	65

KISALTMA ve SEMBOL DİZİNİ

AÇB	:	Arka Çapraz Bağ
A-M	:	Antero-medial
A-P	:	Antero-posterior
ATT	:	Anterior Tibial Translasyon
DYB	:	Dış Yan Bağ
EF	:	Eksternal Fiksator
İYB	:	İç Yan Bağ
mm	:	Milimetre
N	:	Newton
ÖÇB	:	Ön Çapraz Bağ
P-L	:	Postero-lateral
TT	:	Tensil Testler

ÖZET:

Ön Çapraz Bağ diz eklemi stabilitesi ve biyomekaniğinde önemli role sahiptir. Özellikle sporculardaki yaralanmalarının ciddi ek sorunlara yol açabilmesi, spora dönüşü tehlikeye sokması, uzun dönemde artrozlarla ilişkisi bu yapının cerrahi tedavi yöntemleri üzerindeki araştırmaların son yıllarda oldukça artmasına yol açmıştır. Ancak halen tedavi yaklaşımlarında, cerrahi tekniklerde, greft ve biyomalzeme seçimlerinde, operasyon sonrası komplikasyonlar üzerinde ciddi tartışmalar devam etmektedir, altın standart bir tedavi yaklaşımında karar kılınmamıştır. Bu yüzden ÖÇB’ın primer iyileşme sürecini inceleyerek eksik kalan unsurları açıklayabilecek deneysel çalışmaların önemi büyüktür. Bu çalışmalardan elde edilebilecek verilerle klinik uygulamalarda yenilikler geliştirilebilir. ÖÇB primer iyileşme süreci eksiklikler içermektedir. Bu konuda en sık vasküler ve biyomekanik nedenler üzerinde durulmaktadır. Bu çalışma ile ÖÇB primer iyileşme sürecinin incelenmesinde temel deneysel modellerden biri olarak sıkça uygulanan santral defekt modelinde infra-patellar yağ dokusu (fat-pad) eksizyonun, ayrıca tam ÖÇB kesisi modelinde eksternal fiksator ile diz eklemi immobilizasyonun histolojik bağ iyileşmesi, bağ biyomekaniği ve eklem stabilitesi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Değerlendirme histolojik testler ve biyomekanik testler ile yapılmıştır. Histolojik olarak makroskopik-mikroskopik iyileşme, immuno histokimya verileri biyomekanik olarak anterior tibial translasyon (mm) ve tensil test verileri değerlendirilmiştir. İki ayrı kontrollü hayvan deneyi olarak planlanan çalışmalar sonucunda santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanma modelinin 10 hafta sonunda tam histolojik iyileşme gösterdiği, 12 hafta sonunda diz eklemi antero-posterior stabilitesini değiştirmedeği gözlenmiştir. Santral defekt modelinde fat-pad dokusu eksizyonu uygulaması da diz eklemi antero-posterior stabilitesini değiştirmemiş, ancak bağın tensil özelliklerinden ‘Stiffness’(katılık) değerinin artmasına neden olmuştur. Tam kesi modelinde eksternal fiksator ile diz eklemi immobilizasyonu makroskopik olarak bağ rezidüleri arasında granülasyon dokusu ile füzyon sağlamış olmakla birlikte 12 hafta sonunda diz eklemi antero-posterior stabilitesinde ve ÖÇB tensil özelliklerinde bir farklılık oluşturmamıştır. Çalışmamız sonunda santral defekt modelinin tam histolojik iyileşme potansiyeline sahip olduğunu gözlemledik. Diz eklemi ve ÖÇB biyomekanik özelliklerine etkisi yönünden stabil olduğunu düşünüyoruz. Fat –pad dokusu eksizyonu sonrası oluşan vasküler, biyokimyasal değişikliklerin ÖÇB primer iyileşme süreci ve biyomekanik özelliklerine olan etkileri ileriki çalışmalarla daha iyi anlaşılabilir. Tam kesi modelinde eksternal fiksatorle immobilizasyon sonucunda makroskopik füzyon oluşsada biyomekanik unsurlarda farklılık saptanmamış olması ÖÇB yaralanmaları sonrası

oluşan çok yönlü instabilitenin daha detaylı modellerle incelenmesinin gerektiğini düşündürmüştür.

Anahtar kelimeler: Ön Çapraz deneysel yaralanma modelleri, santral defekt, fat-pad dokusu, eksternal fiksator.

ABSTRACT:

Anterior Cruciate ligament has an important role in knee joint stability and biomechanics. Because its injuries among sportsman can cause some other problems, threatening the future sports activities, brings risk of osteoarthritis in long term, accelerated the studies on surgical repair of this tissue in recent years. There is still no-gold standart therapy agreed in surgical techniques, graft-biomaterial choice and postoperative complications. Therefore the importance of the experimental studies on the primary healing of the Anterior Cruciate Ligament is great. By these studies new ideas for clinical practice can be obtained. The primary healing of ACL has some deficiencies, mostly because of the vascular and biomechanical processes. In this study the effect of the excision of the infrapatellar fat-pad tissue on the central defect type ACL injury model and the effect of the external fixator immobilization on the complete ACL tear have been investigated. Histologically we have observed that the central defect type partial ACL injury model healed completely after 10 weeks, biomechanically it has no effect on the antero-posterior stability of the knee joint and the tensil properties of the ACL. Fat-pad tissue excision together with central defect type injury can also heal and does not make any difference on the antero-posterior stability of the knee joint; but it increases the 'STIFFNESS' values of the ACL. Knee joint immobilization with external fixator in the complete tear model achieve a granulation tissue between the cut ends of the ligament but that does not make any difference on the antero-posterior stability and tensil properties. In conclusion we support the full histologic healing potential of the central defect model. We also support the biomechanical stability of the this model. The effect of fat-pad removal on the healing of the ACL should be studied with biochemical and vascular processes in future studies. In complete tear study we observed granulation tissue with external fixator immobilization but that does not make any difference on the biomechanical properties. We think that further injury models should be designed and studied to investigate the multi-directional instability after ACL injuries.

Key-Words:

Experimental ACL injury models, central defect, fat-pad, external fixation

1- GİRİŞ

Diz eklemi insan vücudunda travmaya en sık maruz kalan eklemlerden biridir. Günümüzde sportif faaliyetlerin insan hayatındaki yerinin artmış olmasıyla birlikte travmatik diz sorunlarının da görülme sıklığı artmaktadır. Spor yaralanmalarına bağlı diz sorunlarında, akut travmatik hemartrozlarda ÖÇB yaralanması sıklığı %40-%80 arasında kaydedilmektedir [14, 47, 101]. Yapılan öncül bir çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl yaklaşık 150.000 yeni ÖÇB yaralanması olduğu belirtilmiştir [79]. Daha güncel genel popülasyon çalışmaları tarandığında ÖÇB yaralanması sıklığının %0.03-0.05 olarak değiştiği görülmektedir [11]. Amatör ve profesyonel sporcu popülasyonlarını içeren çalışmalarda ise daha yüksek insidanslar kaydedilmektedir [11, 69, 122]. Sıklıkla aktif, genç erişkin bireylerde oluşan ÖÇB yaralanmaları diz ekleminde stabiliteyi olumsuz etkilemektedir. Sporcu bireylerin spora dönüş sürecini tehlikeye atmaktadır. Uzun dönemde gonartrozla ilişkisi nedeniyle de ortopedik cerrahi ve spor hekimliğinin en önemli klinik konularından biri haline gelmiştir.

ÖÇB araştırmaları tarihi gelişim süreci içinde değişik evrelerden geçmiş; son 20 yıl içinde son derece hızlı ilerleyerek önemli bir düzeye ulaşmıştır [105]. Başlangıçta ÖÇB'nin anatomik özellikleri tanımlanmış, fizyolojik süreçleri ortaya konmuştur. Daha sonraları biyomekanik ve patoloji konularında açıklayıcı bilgilerin tamamlanmasının ardından [43, 64, 123] araştırmalar ÖÇB yaralanmalarının tedavi yöntemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Başlangıçta tanımlanıp önerilen konservatif tedaviler [16, 112] sonrasında primer tamir yöntemleri geliştirilmiştir [51, 68, 71, 76, 87, 92]. Ancak bu uygulamaların uzun dönem izlemlerindeki tatmin etmeyen klinik sonuçlar ÖÇB rekonstrüksiyonlarına yönelimi başlatmıştır. Öncül ÖÇB rekonstrüksiyonu uygulamalarında greft olarak fasia lata, menisküs, ekstensör retinakulum yapıları kullanılmıştır [105]. Ardından Walter Blauth quadriceps tendonunun [15], Kenneth Jones patellar tendonun [56], Riccardo Galeazzi hamstring tendonlarının [44] kullanılmasını ilk olarak uygulamışlardır. Marc Friedman ise 1988'de 4'lü hamstring otogreftinin artroskopik ÖÇB rekonstrüksiyonunu yayınlayarak; hamstring tendon kullanımında sıklıkla tercih edilen tekniği geliştirmiştir [40]. ÖÇB rekonstrüksiyonlarında donor saha morbiditelerini azaltmak için geliştirilmiş allogreft uygulamaları 1990 ların başında viral hastalık bulaşma riskinin belirgin şekilde artmasıyla güncelliğini yitirmiş ancak geliştirilen yeni sterilizasyon yöntemleriyle tekrar gündeme çıkmıştır. Allogreft kullanımında sonradan ortaya konan başka bir sorun ise sterilizasyon yöntemlerinin kollagen yapısını

etkileyerek biyomekanik özellikleri azaltmasıdır. Son yıllarda geliştirilen greft koruyucu sterilizasyon tekniklerine rağmen viral hastalık bulaşma riski tamamen ortadan kaldırılamamış olmakla beraber allogreft kullanımlarına kabul edilebilir maliyet unsurları değerlendirilerek, primer ve revizyon ÖÇB rekonstrüksiyonlarında bazı merkez ve cerrahlarca devam edilmektedir. Fu FH ve arkadaşlarının, ÖÇB'nin iki huzmesinin fonksiyonlarını ayrı ayrı geri kazandırmaya yönelik tasarlayarak uyguladıkları çift-huzme rekonstrüksiyonları anatomik ÖÇB tamirini ortaya çıkarmıştır [130]. Rekonstrüksiyonlar sonrası görülen rezidü laksitenin giderilmesine yönelik geliştirilen greft fiksasyon yöntemlerinde süreç içinde sütür teknikleri geliştirilmiştir. Bruckner H. kemik blokları ile press-fit uygulamasını [95], Lambert KL interverans vidalarının [63] kullanımını ortaya koymuştur. Diz eklemi içindeki patolojilerin tanı ve tedavisinde çıkır açan artroskopi ÖÇB rekonstrüksiyonlarında da zaman içinde standardize olarak çift insizyon tekniğine erişmiştir [27].

Günümüzdeki literatür incelendiğinde ÖÇB üzerine yapılan araştırmaların yaklaşık %85 i cerrahi teknik, greft-biyomalzeme seçimi konularını sonrasında daha az olarak temel bilimler, tanı -görüntüleme, rehabilitasyon konularını kapsadığı görülmektedir. Özellikle son 20 yılda birçok klinik merkezdeki genel tedavi yaklaşımı belirtilen nedenlerden dolayı yaralanan ÖÇB'li dizleri opere etmektir. ÖÇB yaralanmalarında günümüzdeki cerrahi tedavi farklı greft (oto-allo; hamstring-patellar kemik) türleri ve teknikleriyle yapılan artroskopik rekonstrüksiyonlardır. Ancak günümüz literatürünün önemli kısmını teşkil eden bu tedavi yöntemleri birçok yayına ortam hazırlasa da halen komplikasyonsuz altın standart bir yöntem üzerinde görüş birliği sağlanamamıştır. Bu konudaki eksiklerin giderilmesinin temel bilimleri de kapsayan uzun süreli araştırmaların yapılmasıyla mümkün olabileceği görüşündeyiz. Bu yüzden bir çok merkezde tekrarlanmakta olan cerrahi rekonstrüksiyon teknikleri ile ilişkili çalışmaların yanında ÖÇB yaralanmalarının primer iyileşmesini araştıran deneysel çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

ÖÇB primer iyileşme süreci de deneysel olarak incelenmiş ve yapılan araştırmalar sonunda oldukça eksik görülmektedir. Bunun nedeni olarak biyokimyasal, biyomekanik, vasküler nedenler üzerinde durulmaktadır. Bu unsurları tanımlayıcı ve önleyebilecek kapsamlı araştırmaların ÖÇB yaralanmalarında rekonstrüksiyon dışı ve rekonstrüksiyonlara yardımcı diğer tedavi yöntemlerine alt yapı oluşturabileceği düşüncesindeyiz. Primer iyileşme sürecinin araştırılmasında deneysel yaralanma modelleri önemli role sahiptir. Bu modeller hayvan seçimi, uygulama tekniği ve değerlendirme yöntemleri açısından tam olarak standardize olamamıştır. Bu yüzden ÖÇB primer iyileşme sürecinin incelenmesinde kolay tekrar edilebilir

modelllerde daha önce denenmemiş uygulamaların etkilerini araştıracak hayvan deneyleri planladık. Bağın primer iyileşmesindeki eksiklikleri yaratabilecek vasküler unsura yönelik ‘santral defekt’ tarzı parsiyel yaralanma modelinde infrapatellar yağ yastıkçığı (fat-pad) eksizyonun etkileri birinci kontrollü deneyimizin konusuydu. İkinci deneyde biyomekanik unsura yönelik; tam yaralanma modelinde eksternal fiksator stabilizasyonu ile primer iyileşmenin gerçekleşip gerçekleşmediğini araştırdık. Denek olarak seçimimiz keçi hayvanı; ileride de vurgulayacağımız gibi denek türleri arasında bağ-eklem anatomisi, biyomekaniği ve ölkemizde çalışılabilirliği insana en yakın kabul edilen türlerdendi. Çalışmamızın detaylarından önce ÖB konusu üzerindeki genel bilgilerden ve deneysel yaralanma modellerinden bahsetmeyi uygun buluyoruz.

1.1 GENEL BİLGİLER

Anatomi:

Ön Çapraz Bağ diz eklemi stabilitesinde önemli rol oynayan bir yapıdır. İntrauterin gelişim süreci 7-8. embriyonel haftalara dayanan ÖÇB bu dönemde biyomekanik açıdan sıkı ilişki içinde olduğu menisküslerle beraber **‘precartilage katlantı’** olarak isimlendirilen mezenkimal dokudan gelişmektedir [78, 98, 115]. ÖÇB 7. haftadan itibaren eklem boşluğu içinde daima ekstra-sinovyal kalacak şekilde bu dokunun farklılaşmasıyla gelişmektedir. Başlangıçta ventral bir bağ olmasına rağmen; interkondiler çentiğin gelişmesiyle kendi üzerinde invagine olup; femoral kondillerin gelişimlerini tamamlamasıyla ilk haline göre daha arkaya yer değiştirmektedir. Erişkin halinden farklı olarak fetal ÖÇB’ da femoral başlangıç yeri tibial yapışma yerine göre daha geniş, lif seyri daha paralel ve sellülaritesi daha fazladır [35].

Erişkinlerde ÖÇB’nin uzunluğu 22-41 (ort: 32) mm; genişliği ise 7-12 mm arasındadır [13, 30]. Tamamı sinovyal bir kılıfla çevrelenmiş olmakla beraber ekstra-sinovyaldır. Proksimalde lateral femur kondilinin interkondiler yüzünün (medial yüzü) arkasından başlar. Başlangıç yerinin arka kesiti oval veya bir yarım daire kesiti gibiyken ön tarafta oblik ve konvektir [46, 86]. Başlangıcı sonrası ÖÇB distale, öne ve mediale doğru seyreder. Femoral başlangıç yeri sonrası genişleyip kendi üzerinde sarmal yaparak daha değişik konumdaki tibial yapışma yerine uyum gösterir [7, 21, 22, 31, 93, 94]. Tibial yapışma yeri daha geniş bir alana sahiptir. Ön tibial çıkıntı anterolateralindeki hafif deprese olmuş yüzeye yapışır. Önde lateral menisküs ön boynuzu ile temas edebilir. Arkada lateral menisküs arka boynuzu ile birleşebilir. Sanılanın aksine ÖÇB tibial uçta tibial çıkıntılara (eminensia) herhangi bir yapışma göstermez [7, 46]. Tibial yapışma alanı femoral alandan daha geniş ve güçlüdür [48, 86, 94, 114]. Bazı araştırmalarda bu bölgelerin sinoya ile veya sinovya eksizyonu sonrasında yüzey alanı hesaplamaları yapılmıştır [46, 80, 86, 109].

ÖÇB birçok fasikülden oluşur, fonksiyonel olarak iki huzmeye ayrılır. Bu huzmeler arasında anatomik bir sınır yoktur ancak yapışma yerlerinin hareket sırasında farklı özellik kazanması nedeniyle fonksiyonel farklılık kazanmışlardır. Anteromedial (AM) huzme femoral başlangıç yerinin proksimalinden tibial yapışma yerinin anteromedialine doğru seyreder. Femoral başlangıç yerinin distalinden başlayan posterolateral (PL) huzme tibial yapışmanın postero-lateraline uzanır. AM huzme fleksiyonda gergin ekstansiyonda gevşek, PL huzme fleksiyonda gevşek ekstansiyon arttıkça gerginleşmektedir [7, 22, 30, 46, 94].

Diz eklemindeki çapraz bağların beslenmesi büyük oranda medial geniküler arterin ligamentöz dalları ve inferior geniküler arterin bazı terminal dalları ile sağlanır. Popliteal arterden ayrılan orta geniküler arter kapsülü geçtikten sonra, interkondiler aralığa girer. Femoral yapışma yeri seviyesinde çapraz bağı çevreleyen sinovyal doku üzerinde bir ağ yaptıktan sonra verdiği dallar ile sinovyal dokuyu penetre edip periligamentöz bir pleksus oluşturur. Bu pleksustan bağı giren damarlar daha küçük transvers dallara ayrılarak endoligamentöz dolaşımı sağlar. Pleksus seviyesinde inferior geniküler arterden fat pad yoluyla gelen bazı damarların da beslenmede rolü bulunmaktadır. Geniküler arter sistemi distal femoral, proksimal tibial epifizlere de önemli dallar vermesine rağmen çapraz bağların bağ-kemik bileşkeleri yoluyla osseöz bir dolaşımdan kazanımları yoktur. Çapraz bağların beslenmesi başlıca orta-inferior geniküler arter kaynaklı yumuşak doku (sinovya, fat-pad) aracılığıdır.[7, 8, 13, 93, 104]

Ön Çapraz Bağı innervasyonu tibial sinirin posterior artiküler dalınca gerçekleştirilir. Sinir dalları kapsülü geçip periligamentöz vasküler ağ ile beraber seyreder. ÖÇB innervasyonu hayli yoğun bir dokudur, toplam yüzeyinin % 1 lik bölümünü sinir dokusu oluşturur [107]. Paravasküler nöral lifler daha çok vazomotor aktivite ile ilişkiliyken daha uzak terminal yerleşimli liflerin yavaş ağrı iletişiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir [58, 107]. Yapılan histolojik çalışmalar ÖÇB’da sinovya altı ligaman yüzeyinde mekano-reseptörlerin de varlığını ortaya koymuştur [106, 107]. Yavaş uyumlu reseptörlerden olan Ruffini korpüskülü ve Golgi Tendon Organı benzeri reseptörler eklem hareketi, pozisyonu ile ilişkili olan değişim uyarılarını taşırlar. Paccini korpüskülleri gibi hızlı uyumlu mekanoreseptörler ise bağ içerisinde oluşan gerim değişikliklerine hassastır. Mekanoreseptörlere ek olarak daha az sayıda bulunan serbest sinir sonlanmaları ağrı duyusu ve vazomotor kontrolle ilişkilidir [30, 106, 107]. ÖÇB yapısındaki sinir dokusu hakkındaki bu bulguların ardından güncel merak ve araştırmalar ÖÇB yaralanması sonrası bağ güdüğünün proprioseptif rezervi üzerine yoğunlaşmıştır. Bazı araştırmalarda ÖÇB kalıntılarının propriosepsiyon rezervinin bulunduğu ve bunun rekonstrüksiyon cerrahisi hastalarına ek yarar sağladığına değinilmektedir [3, 45]. Öte yandan proprioseptif yararları nedeniyle korunarak bırakılmış ÖÇB rezidülerinin ‘**cyclop**’ lezyonu geliştirme riski de bulunmaktadır.

Histoloji-Biyokimya:

Genel yapısı itibariyle bağ dokusu olan ÖÇB' ın kuru ağırlığının büyük bölümü organik ara maddedir. Bu matriksin % 90' ı tip 1 kollagen geri kalanı daha gevşek yapıda olan tip 3 kollagendir [93, 113]. Kollajen fibriller subfasikülleri bunlar da fasikülleri oluşturmaktadır. ÖÇB embriyonik gelişiminden itibaren femoral başlangıç yerinden fat-pad dokusuna dek uzanan sinovyal bir kılıfla çevrili olarak ekstra-sinovyal bir yapı olarak kalır. Fetal halinde birbirine göre paralel seyreden kollagen demetleri daha büyük çapdadır [35]. Yaş ilerledikçe kollagen demetlerinin seyri düzensizleşir, çapları azalır, demetler arasında yerleşmiş olan fuziform fibroblast hücrelerinin yoğunluğu azalır. ÖÇB seyri sırasında tibial yapışma yerinin 5-10 mm proksimali mesafesinde ekstansiyonda interkondiler çentiğe sıkışan ve fizyolojik sıkışma (impingment) bölgesi olarak isimlendirilen alanda kompresif strese bağlı metaplazi ile oluştuğu düşünülen fibrokartilaj hücre alanı ve tip 2 kollagen üretimi bulunmuştur [30, 93]. Bu bölge avaskülerdir. Yapışma yerlerinde tipik entezis histolojisi gözlenmekte olup ligaman fibrilleri; deminaralize ve minaralize kıkırdak alanları sonrası subkondral kemiğe yapışmaktadır. Ön Çapraz Bağın viskoelastik özelliklerinin korunmasında suyun, elastik liflerin ve glikozaminoglikanların da rolü vardır. Tüm ağırlığın % 60' ını oluşturan suyun lifler arası kayganlık vermesi büyük önem taşır. % 5 oranında bulunan elastik liflerin germe kuvvetlerine karşı koyma ve elastik geri dönme özellikleriyle kollagen liflere desteği önemlidir. % 1' lik bir ağırlık oluşturan glikozaminoglikanlar kollagen liflerin arasını doldurur ve mekanik dayanıklılığı artırır [93].

ÖÇB Biyomekaniği ve Görevleri:

Diz hareketlerinin sınırları dinamik ve statik destekliyecilerle belirlenir. Statik belirleyiciler 4 ana bağ, kemik yapılar, kapsül ve menisküslerdir. Dinamik belirleyiciler ise periartiküler kas ve tendon yapılarıdır [21, 42]. Diz eklemi morfolojik olarak 'ginglimus' tipi bir eklemdir. Tibia platolarındaki enlemesine konkavite femoral kondillerdeki konveksiteye uyur. Bu morfolojik yapı diz ekleminde başlıca iki ana tür hareketin oluşmasını sağlar. Bu hareketler '**kayma**' (gliding) tipinde; ön-arka, medio-lateral ve cephalo-kaudal kaymalardır. '**Dönme**' (Rotasyon) tipinde ise; fleksiyon-ekstansiyon, internal-eksternal rotasyon, varus-valgus angulasyonlarıdır. ÖÇB' ın görevlerini açıklamadan önce dizin bu değişik

hareketlerinden sorumlu yapılarının dengeli çalışmasını sağlayan temel iki mekanizmanın vurgulanması gerekmektedir.

Sagital planda diz eklemi yuvarlanma-dönme (Rolling) ve kayma (Gliding) hareketlerinin eşgüdümü içindedir. Femur kondillerinin ön taraftaki düzgün oval yapısı nedeniyle başlangıç fleksiyon derecelerinde yuvarlanma hareketi baskın iken; kondillerin arka yüzlerinin yuvarlak-sferik yapısı ileri fleksiyon derecelerinde kayma hareketini belirgin kılar. Bu ‘yuvarlanma-kayma’ hareketlerinin kinematiği 4 bar çapraz bağlantı sistemine temellenir. Bu 4 bar çaprazlama sistemi elemanları; ÖÇB, AÇB, femur ve tibiadan oluşur. Bu sistemde bağların yapışma yerleri ve uzunluklarının değiştirilmeyerek dizin sagittal eksenindeki rotasyon merkezinin sabitlenip arkaya kaymasının önüne geçilmesine ulaşılmış olur. Bu sistemle aynı zamanda yuvarlanma ve kayma hareketlerinin birbirini izleyerek; tibia arka kısmının femur arkasından kaçarak eklemdaki fleksiyon hareketinin artması sağlanır [21, 22, 31, 42, 115].

Diz eklem kinematiğinde diğer bir temel mekanizma da horizontal plandaki internal femoral rotasyondur. Bu mekanizma ‘screw home’ mekanizması olarak da isimlendirilmekte ve diz eklemine yürüyüşün tek bacak ‘stance’ evresinde vücut ağırlığını aktarmada stabilize edici olmaktadır. Bu mekanizmanın temelinde de kemiksel geometri önem taşır. Medial femoral kondil lateral kondilden daha geniştir, medial tibial plato konkavdır, lateral tibial plato ise hafifçe konvektir. Bu geometrik yapı medial kondil ve plato arasında daha fazla yüzey uyumunu getirerek terminal ekstansiyonda medial kondilin internal rotasyonunu sağlayarak dizin ekstansiyonda kitlenmesine yarar [53, 115]. Fleksiyona başlandığında kondil plato üzerinden eksternal rotasyon yapınca diz açılır. Diz kinematiğindeki bu önemli unsurları da belirttikten sonra ÖÇB’ in görevlerini sıralayacak olursak;

- 1- ÖÇB tibianın öne kaymasının (anterior tibial translasyon) birincil sınırlayıcısıdır. Ekstansiyonda öne doğru olan kuvvetin % 75’ inin fleksiyonda (30 – 90 derece arası) % 85’ ini karşılar [20].
- 2- ÖÇB’ in diz hiperekstansiyonun engellenmesinde de rolü vardır. Anatomik olarak proksimal lifler yumuşak doku buttress etkisi yaparak buna katkıda bulunurlar. Zorlu hiperekstansiyonda bağın orta bölümünde de stres artışı olmaktadır.
- 3- ÖÇB AÇB ile birlikte diz eklemindeki valgus angulasyonun sınırlanmasında ana yapı olan İç Yan Bağ’ a destek olurlar.

- 4- Dış Yan Bağ' ın ana yapı olduğu varus angulasyonunun sınırlanmasında; ekstansiyonda ÖÇB'nin da rolü bulunmaktadır (valgus sınırlanmasına göre daha az).
- 5- ÖÇB maksimum femoral internal rotasyonda gerilir. Yapılan çalışmalarda ÖÇB rüptürü olan dizlerde terminal ekstansiyonda femurda 8 ila 10 derece internal rotasyon artışı saptanmıştır. ÖÇB İç Yan Bağ ile birlikte internal rotasyonun sınırlandırılmasında da rol alır.

ÖÇB'nin tibianın arkaya translasyonu ve femoral eksternal rotasyonun sınırlandırılmasında ise rolü bulunmamaktadır [21, 22, 31, 42].

ÖÇB Yaralanma Mekanizmaları ve Patogenezi:

Akut diz travmasıyla gelen hastalarda değişik mekanizmalarla ÖÇB yaralanması oluşabilir. Akut taravmatik diz hemartrozunda en sık yaralanan yapı ÖÇB' dir [14, 47, 101]. ÖÇB yaralanmaları başlıca direkt ve indirekt şekilde oluşur.

Direkt temas yaralanmalar:

Valgus-Dış Rotasyon: Bu türde en sık ÖÇB hasarı oluşturan mekanizmadır. ÖÇB ile beraber İç Yan Bağ ve medial eklem kapsülü de hasar görebilir.

Hiperekstansiyon: ÖÇB hiperekstansiyona direnç gösteren bir yapıdır. Bu mekanizma ile hasarlandığı zaman menisküs lezyonlarının da görülme sıklığı artmaktadır. Arka Çapraz Bağ ve posterior eklem kapsülü de risk altındadır.

'Dashboard' (araba kontrol paneli) yaralanmaları diz fleksiyonda iken direkt darbe ile oluşur. ÖÇB ve AÇB beraber hasarlanır.

Varus-İç Rotasyon yaralanmasında ise ÖÇB posterolateral köşe yapılarıyla beraber yaralanabilir.

Çizelge-1: ÖÇB ve diğer diz yapılarının yaralanmasına neden olan direkt zorlamalar:

MEKANİZMA	LEZYON
Valgus-Dış Rotasyon	ÖÇB-İç Yan Bağ-Medial Kapsül
Hiperekstansiyon	ÖÇB-Arka Çapraz Bağ-Posterior Kapsül
Direkt Darbe (Diz Fleksiyonda)	ÖÇB-Arka Çapraz Bağ
Varus-İç Rotasyon (Diz Fleksiyonda)	ÖÇB-Posterolateral Köşe

İndirekt Yaralanmalar:

Sıklıkla sportif aktiviteler sırasında oluşan indirekt yaralanmalar içinde kayak, futbol, basketbol sporları ÖÇB yaralanmasıyla karşılaşma sıklığı fazla olan sporlardır. Kayakta öne doğru düşerken kayağın kara saplanmasıyla dizde valgus ve dış rotasyon zorlaması oluşur. Yine kayakta bir başka mekanizma ile arkaya düşmekte olan kayakçının denge kurmak amacıyla ani kuadriceps kasılması yapması ve kayak ayakkabılarının yarattığı öne çekme kuvveti ÖÇB yaralanmasına neden olabilmektedir. Takım sporlarında (futbol, basketbol) sporcunun ani yavaşlama sırasında ayak yerde sabitken gövdesini diz üzerinden döndürmesiyle ÖÇB’ a diz fleksiyonda iken valgus ve dış rotasyon zorlaması oluşur. Bir başka mekanizma da zıpalama, yükselme sonrası ayak iç rotasyonda iken düşme ile gerçekleşir.

Çizelge-2: ÖÇB ve diğer diz yapılarının yaralanmasına neden olan indirekt zorlamalar:

MEKANİZMA	LEZYON
Kayak Yaralanması	ÖÇB-Posterolateral Köşe-Menisküs
Ani Durma (Quadriiceps Kontraksiyonu)	ÖÇB-İç veya Dış Menisküs
Valgus-Dış Rotasyon (Ayak Sabitken)	ÖÇB-İç Yan Bağ

Günümüz araştırmaları uzun dönem ÖÇB yoksunu dizlerin artroz riski ile karşı karşıya olduğu sonucuna varmaktadır. ÖÇB dizin diğer stabilize edici yapılarıyla eşgüdüm içindedir. ÖÇB koptuğunda diz ekleminin uyumlu ve belirli sınırlar içinde süregelen yuvarlanma-kayma (Rolling-gliding) hareketleri bozulur. 4 çapraz bar sistemi ortadan kalkar.

Diz eklemi denetimsiz bir femoral hareket altında kalır. Terminal ekstansiyonda internal rotasyon artar, lateral kompartman subluksasyonu başlar. Diz hiperekstansiyonunda femoral kondiller menisküslere aşırı yük uygulanarak dejeneratif değişikliklerini hızlandırır. Artmış ve tekrarlanan bu fizyolojik olmayan hareket ve yüklenmeler eklem kıkırdağının da hasarlanmasına ve artroza neden olabilmektedir [65, 66, 115].

Bu bilgiler oluşana dek tarih içinde ÖÇB yaralanmaları belirgin bir tanı, tedavi evrimi geçirmiştir. Geçmişte konservatif yöntemler ve primer tamir teknikleriyle tedavi edilirken günümüzdeki tedavi şekli sıklıkla ÖÇB rekonstrüksiyon cerrahisi şeklindedir. Ancak sagittal plan laksitesini gidermede oldukça başarılı olan rekonstrüksiyon yöntemlerinin hala belirli sorunlar içerdiği bilinmektedir. Son yıllarda ÖÇB rekonstrüksiyonu sıklıkla diz çevresi diğer yapılarından tendon grefti almaya dayanmaktadır ve bu teknikler kendi donor saha morbiditelerine sahiptir. Allogreft kullanımında hastalık bulaşma riski, gecikmiş greft uyumu ve maliyet konuları sorun çıkarabilmektedir. Rekonstrüksiyon yöntemleri aynı zamanda kalan ÖÇB dokusunun eksizyonu sonrası proprioseptif unsurların kaybını da getirmektedir [74, 120]. Günümüzde ÖÇB rekonstrüksiyon yöntemleri dışında bağın iyileşmesine katkıda bulunacak biyomühendislik ve temel bilim çalışmalarının da sayısı artmaktadır. Yeni tedavi arayışlarının ortaya çıkmasının başlıca nedenleri cerrahi tekniğe bağlı komplikasyonlar ve sayısı artan adelösan dönem hasta popülasyonudur [108]. Bu hasta grubunda rekonstrüksiyon cerrahisi uygulamaları sırasında fizyol hasara bağlı büyüme bozuklukları, deformite görülme riski bulunmaktadır [41, 60, 120].

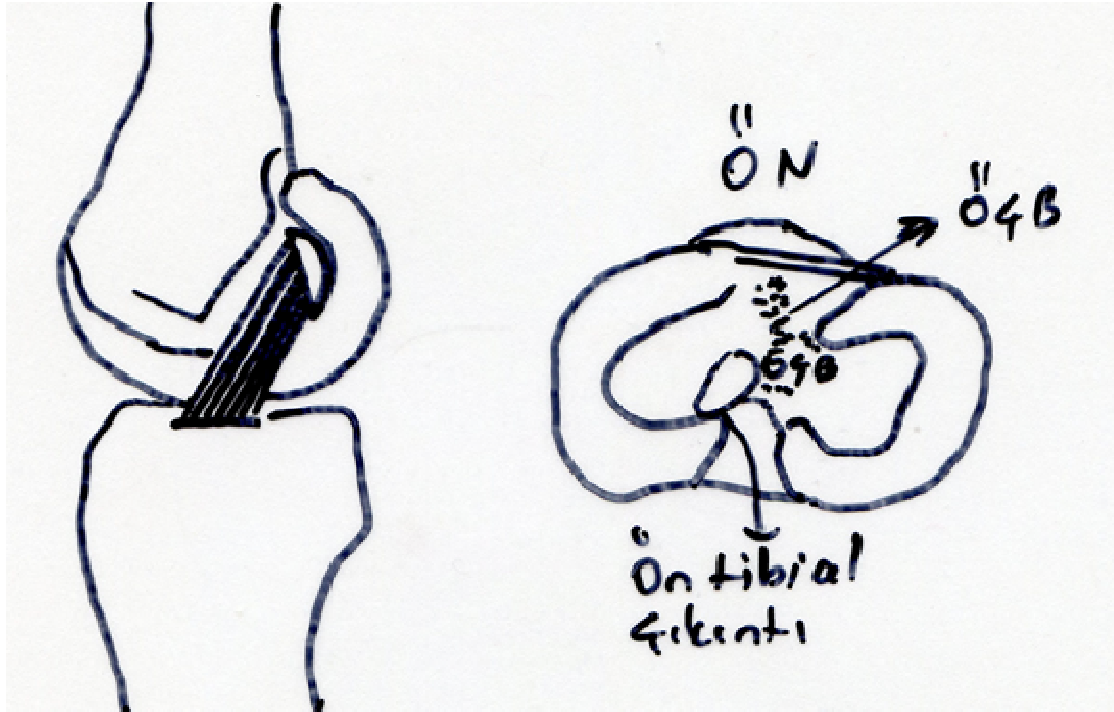
ÖÇB eklem içi bir bağdır. Primer iyileşme kapasitesi ekstraartiküler yapılara göre oldukça düşüktür. İyileşme kapasitesi oldukça yüksek olan İYB gibi dokularda yaralanma sonrası ilk evre; lokal kanama ve vazomotor yanıtla oluşan hematoma-fibrin formasyonudur. Bu yapı iyileşmenin ileri safhaları için bir iskelet ve sitokin rezervi konumundadır. Eklem içi yerleşimli ÖÇB yırtıldığında ise kanama olmasına rağmen fibrin yapısı oluşamaz. Yapılan çalışmalarda intrartiküler sinovyal hücrelerce artrofibrozisin önüne geçmek için salgılanan **plazminin** fibrini hızlıca yıktığı üzerinde durulmaktadır [74]. ÖÇB fibroblastları yaralanmaya yanıtta diğer bağ doku hücrelerinden daha zayıf reaksiyon vermektedir. Bu hipoteze yönelik olarak primer iyileşmeyi indüklemeye yönelik biyomühendislik ürünü moleküllerin (büyüme faktörü, biyoscaffold) kullanımına yönelik çalışmalar artmaktadır [72, 73, 75, 111]. Fibrin yapımı, sinyal iletimi ve fibroblast fonksiyonları yönünden eksiklikler içeren ÖÇB rüptüre olduktan sonra güdük uçları sinovyal bir tabaka ile sarılıp birbirleriyle temastan koparak farklı yapılara yapışıklık gösterir. (Örn: AÇB). Böylece primer iyileşmeden uzak kalırlar. ÖÇB

iyileşme potansiyelindeki eksiklikler özellikle iyileşme kapasitesi çok iyi olan İYB ile karşılaştırıldığı zaman daha iyi anlaşılmıştır [2, 36, 74, 124].

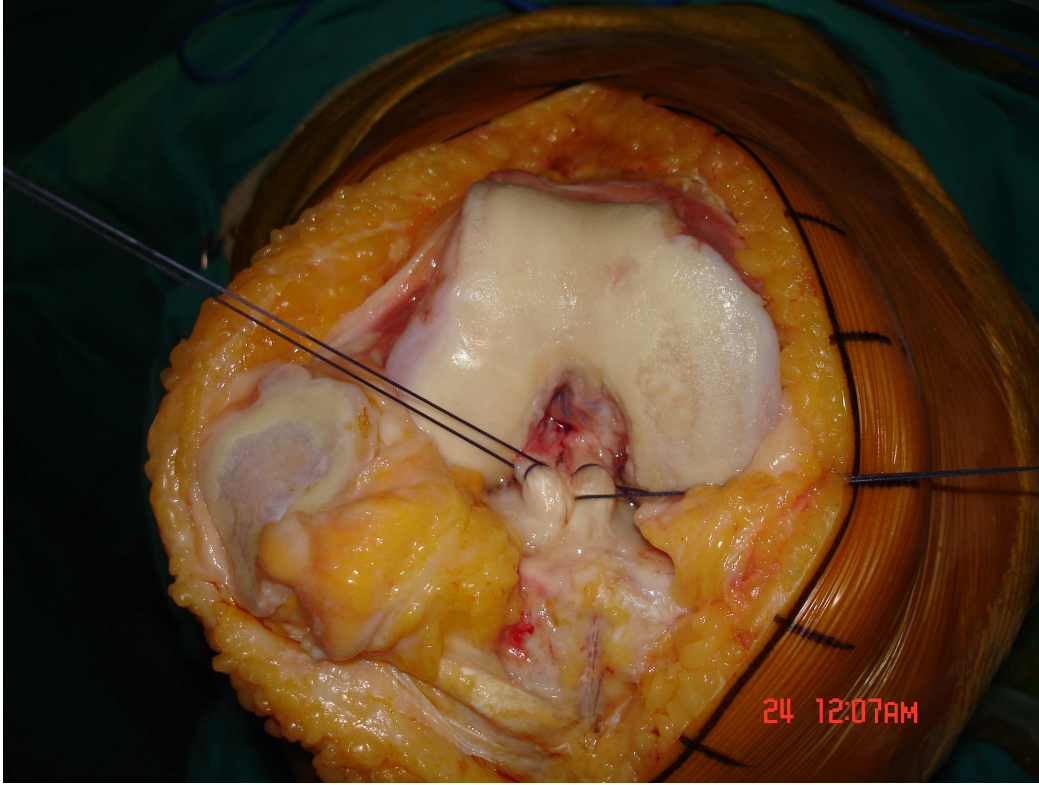
ÖÇB' ın primer iyileşmesindeki eksiklikler için düşünülen hipotezler:

- 1-Fibrin yapısının eklem içi plazmin tarafından yıkılması
- 2-ÖÇB fibroblastlarının migrasyon yeteneklerinin sınırlı oluşu
- 3-Rüptür sonrası güdük uçlarının sinovyal tabaka ile sınırlı temaslarının engellenmesi
- 4-Yaralanma sonrası ÖÇB dolaşımının bozulması
- 5-Yaralanma ile oluşan instabilitenin iyileşme süreçlerini ve dolaşımı bozması

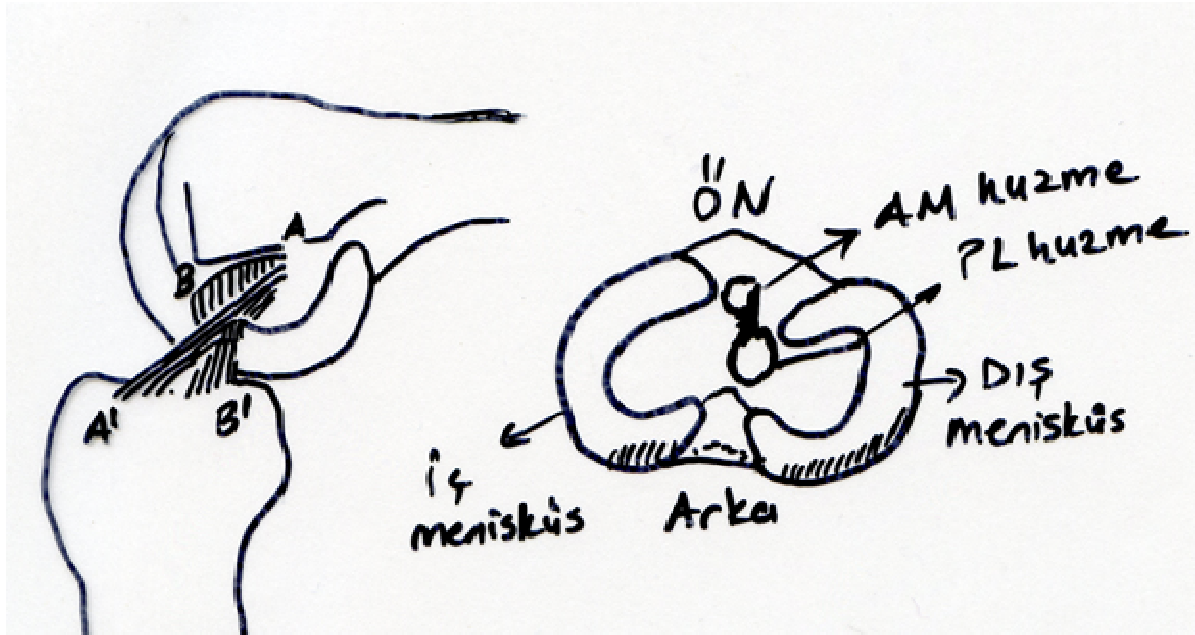
Bu eksikliklerin daha iyi anlaşılıp ÖÇB yaralanmalarında rekonstrüksiyon dışı ve rekonstrüksiyona yardımcı tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesinde; oluşturulan deneysel ÖÇB yaralanma modellerinin ele alınması büyük önem taşımaktadır.



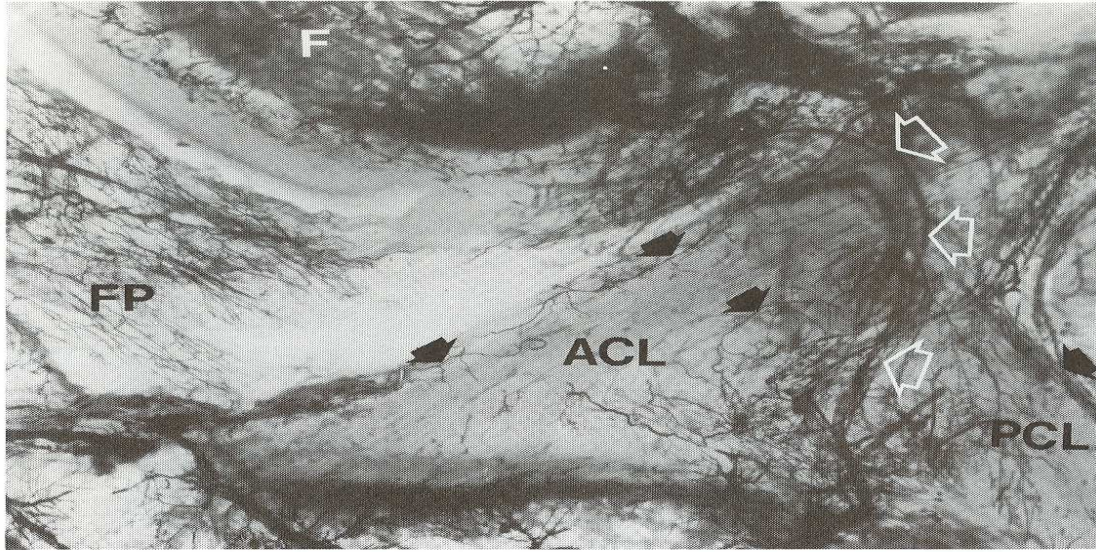
Şekil-1: ÖÇB Femoral Başlangıcı ve Tibial Yapışma Alanı



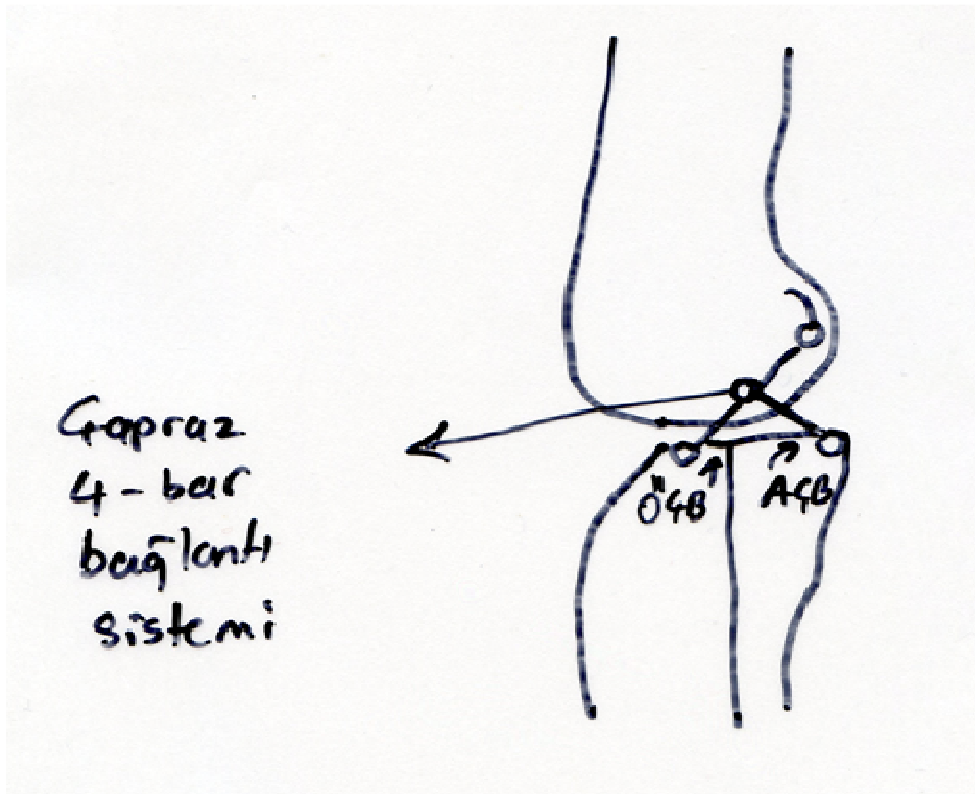
Şekil-2: ÖÇB ve İki Fonksiyonel Huzmesi



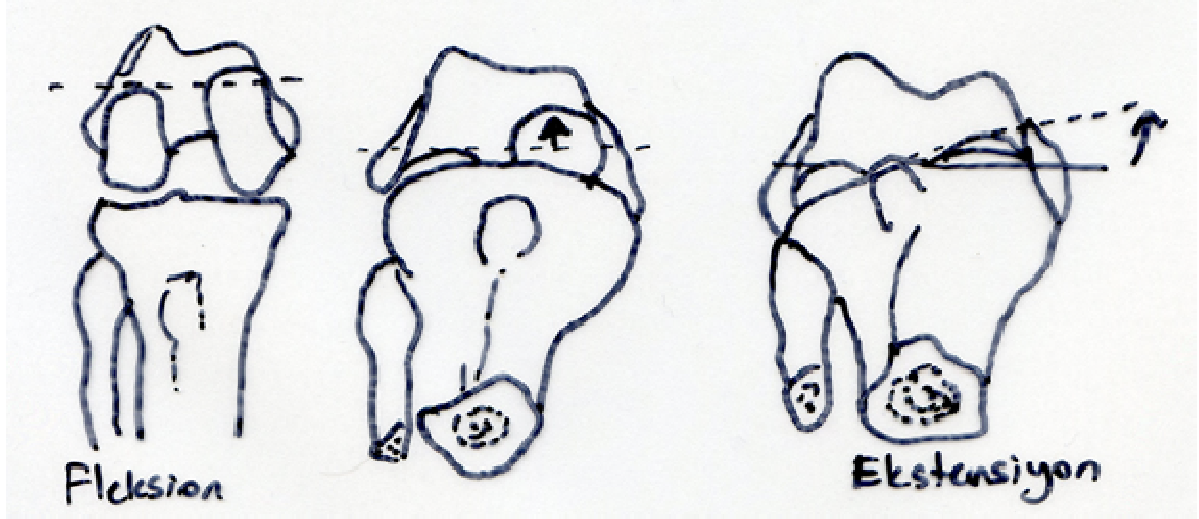
Şekil-3: AM ve PL huzmeler ve Yapışma Yerleri



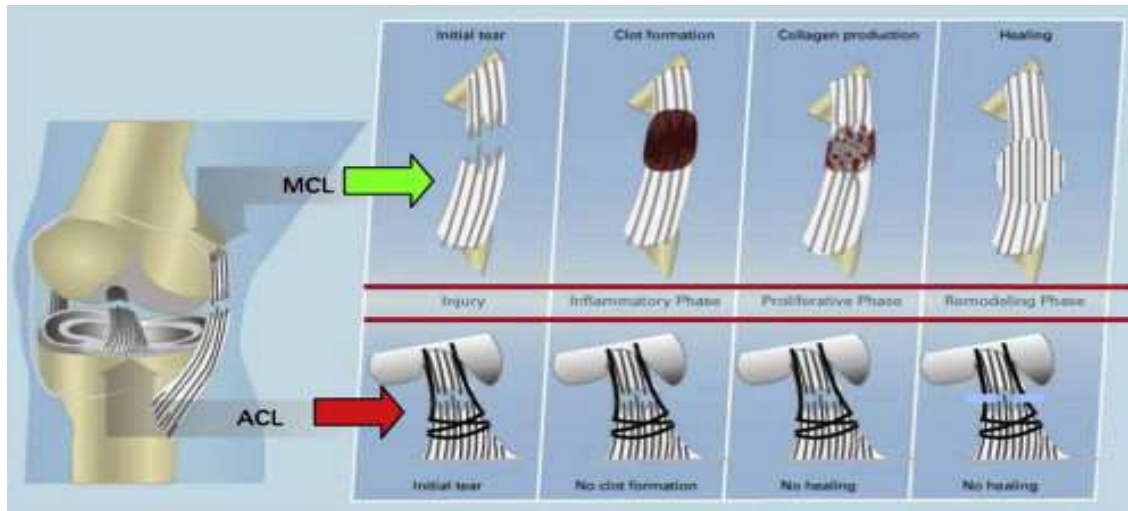
Şekil-4: Çapraz Bağların Beslenmesi; Periligamentöz Pleksus [7]



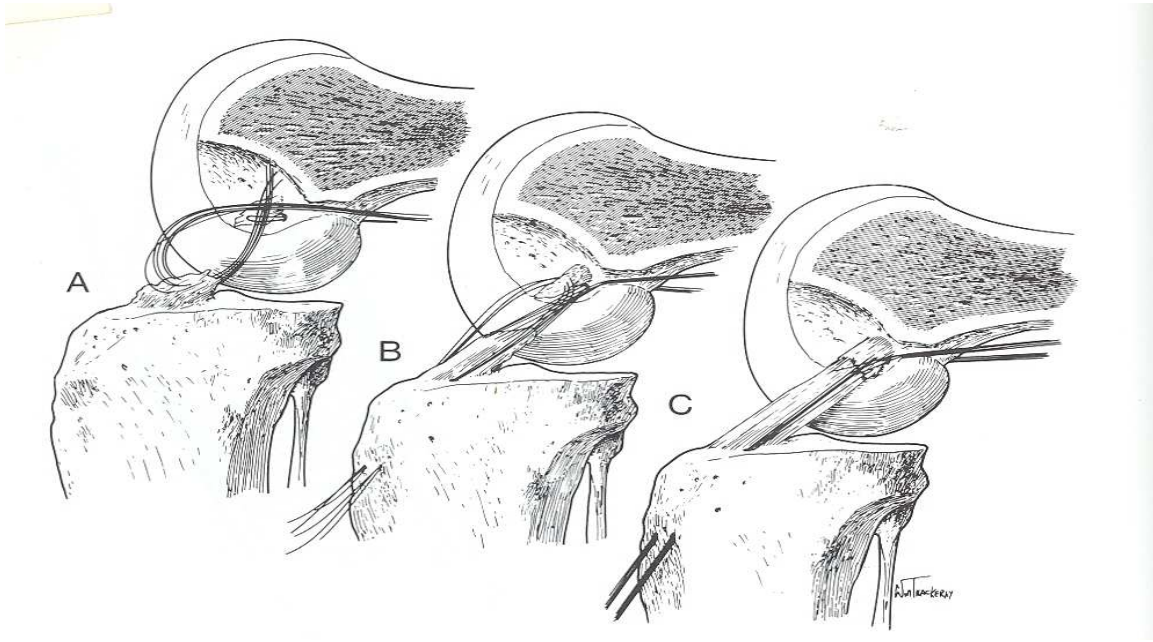
Şekil-5: Diz Kinematiğinde Önemli Yeri Olan 4'lü Çapraz Bar Sistemi



Şekil-6: Screw Home Mekanizması ile Dizin Kilitlenmesi.



Şekil-7: ÖÇB ve İç Yan Bağ İyileşme Süreçleri [74]



Şekil-8: ÖÇB Yaralanmalarında MARSHALL Yöntemi ile Primer Tamir [71]

1.2- HAYVAN MODELLERİ:

Hayvan deneyleri diz eklemi yaralanmalarına yeni klinik yaklaşımlar geliştirilmesinde önemli yere sahiptir. ÖÇB yapı, fonksiyon, yaralanma-iyileşme konularında yapılmış hayvan deneyleri mevcuttur. Bu araştırmalarda insanla anatomik ve biyomekanik özdeşlik yakalamak için değişik hayvan türleri kullanılmıştır. Tavşan, domuz, keçi, koyun, köpek, sığır en çok incelenen türler olmuştur. Bu modellerde son yıllar içinde biriktirilen bilgilere göre: [97, 125]

- İnsan diz eklemi diğer tüm türlerden farklı olarak tam ekstansiyon yapabilmektedir. Değişik türlerde diz değişik oranda fleksiyonda kalmaktadır.
- İnsan ÖÇB'ı domuz hariç tüm türlerin ÖÇB'ından daha uzundur.
- İnsan ve hayvan modeli olarak kullanılan tüm türlerde ÖÇB femoral başlangıcı lateral kondilin posteromedial ucundadır.
- Tibial yapışma yerinde belirgin farklar vardır. Bilindiği gibi insan ÖÇB'ı tibial yapışması lateral menisküs ön boynuzuyla temas halindedir. İnsan ve keçi tibial yapışmaları oldukça benzer yapıda iken sığır, domuz, koyun tibial yapışmaları lateral menisküsün ön yapışması tarafından bölünür; huzme ayrımları çok daha netleşir.

- Arka Çapraz Bağ yapısında; insan AÇB'ı tüm türlerinkinden daha geniş olmakla beraber yalnızca keçi, köpek ve tavşaninkinden uzundur.
- Notch genişliği olarak yalnızca sığır dizlerinde insan dizlerinden fazla genişlik söz konusudur.
- Yalnız sığır dizleri insan dizlerinden daha geniş menisküs alanına sahiptir. Lateral menisküs ön yapışmasının keçi ve insan haricindeki türlerde ÖÇB tibial yapışmasını ayırması önemli bir farklılıktır.
- Sığır, koyun, keçi dizleri tam uzunlukta bir fibulaya sahip değildir. Bu türlerde tibia ile füzyon halindeki fibula başı lateral menisküs için bir yapışma yüzeyi konumundadır.
- Sığır, koyun, keçi, köpek, domuz, tavşan türlerinin hepsinde dizde intrakapsüler ekstraartiküler lateral uzun digital ekstansör tendon mevcuttur. Lateral patellar oluktan başlayan bu yapının görevinin diz fleksiyonda iken ön ayak-toynağın dorsifleksiyonu olduğu düşünülmektedir.

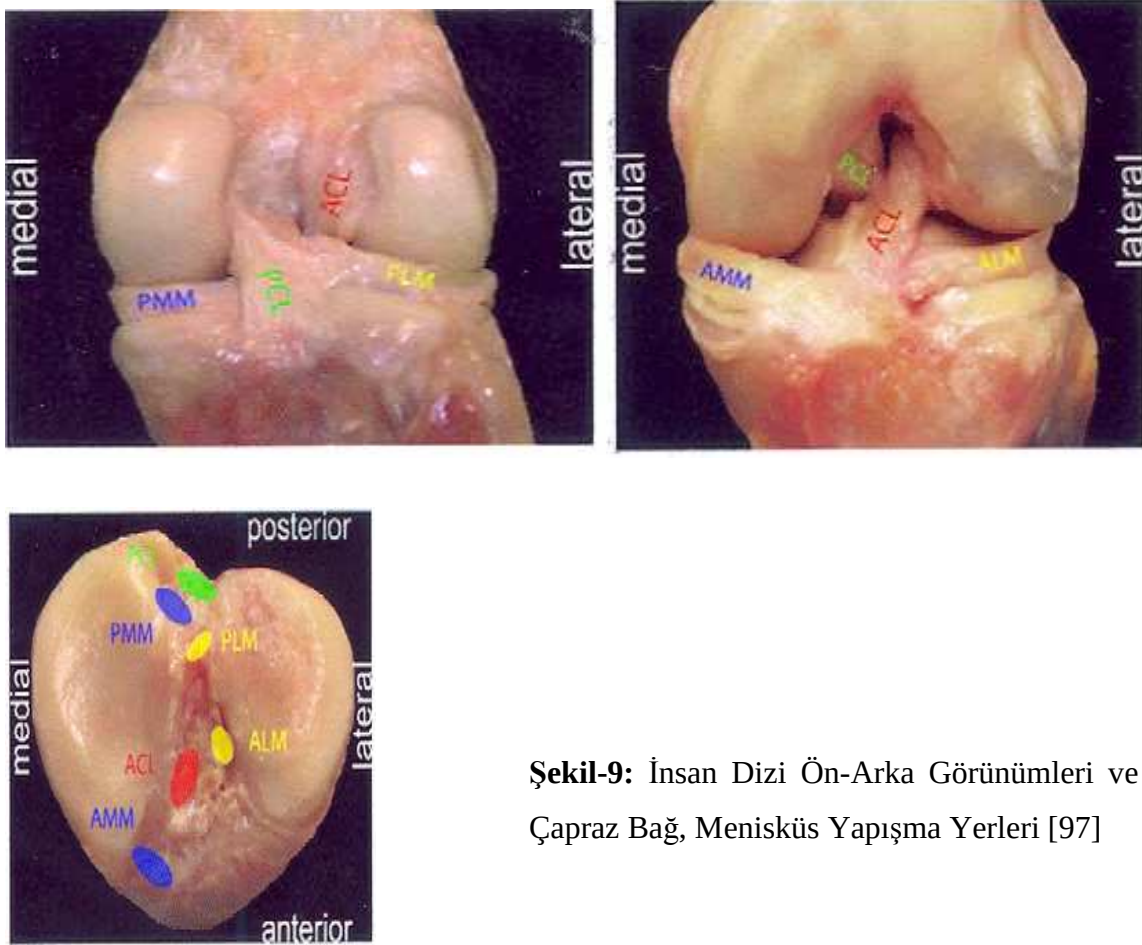
Bu türlerin birbirleriyle ve insan diz-ÖÇB yapı ve fonksiyonlarıyla özdeşlik ilişkisi incelendiğinde keçi ve domuz çalışmaları daha ön planda tutulmaktadır. Biz de ÖÇB yaralanmasında iyileşme üzerine etkili olarak klinik çağrışımlar sağlayabilecek bir deneysel çalışmada bu iki tür üzerinde yoğunlaştık. Anatomik ve biyomekanik yönlerden olduğu kadar ülkemiz sosyo-ekonomik koşullarına da daha uygun olması keçi hayvanıyla bir deneysel çalışma planlamanıza yön vermiştir.

Keçi Türünün Genel Özellikleri:

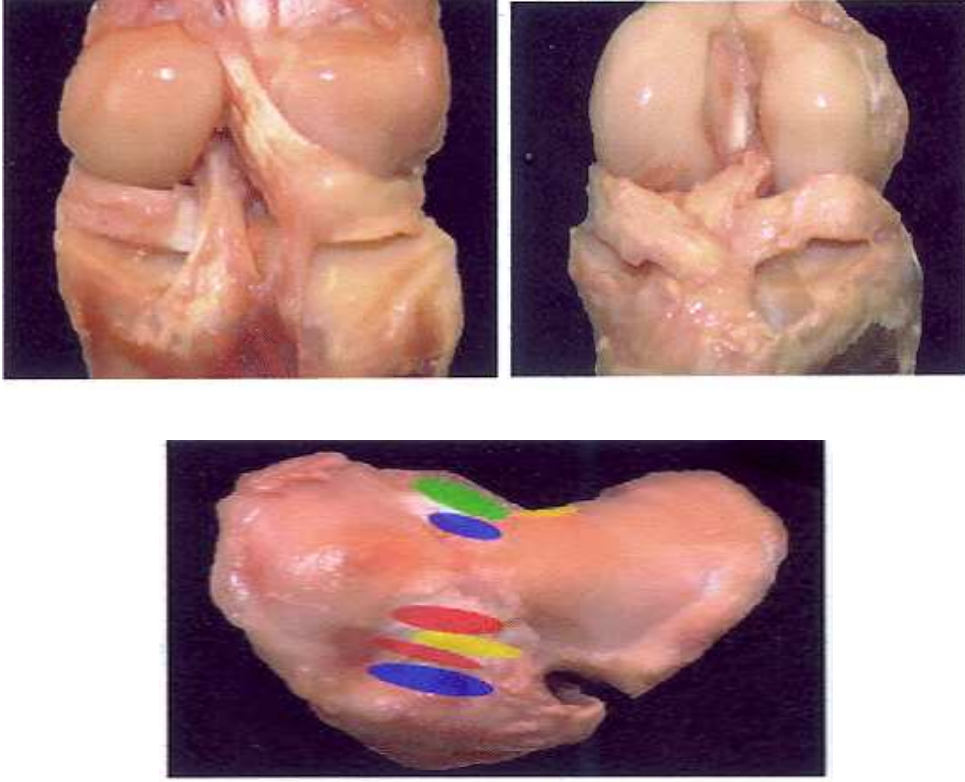
ÖÇB deneysel çalışmalarında sıkça kullanılan evcil keçi ırkları (**Capra aegagrus hircus**) oldukça hareketli ve çevik yapıdadır. Ülkemizde ve bölgemizde en sık rastlanan ve yetiştirilen tür literatürde '**Anadolu Siyah Keçisi**' olarak geçen kıl keçisidir (**kara keçi**). Günde ortalama 9-10 km gezinebilen, iklim ve arazi şartlarına çok dirençli olan, yılda iki kez; Nisan-Ekim aylarında yavrulama özelliği olan, gebelik süresi yaklaşık 150 gün olan bu türde hayvanlar 5 ay civarında seksüel olgunluğa ulaşmaktadırlar. Birçok biyomekanik çalışmada bu çevik türün diz kinematiği hakkında önemli veriler elde edilmiştir [52, 89, 91, 99, 116]. Distal femoral ve proksimal tibial epifizleri kapanmış ancak tibial tüberkül apofizleri açık olan bireyler adelösan olarak değerlendirilmektedir. Biz çalışmamızda 7-11 ay arası adelösan

dişi kıl keçilerini kullandık. Literatür incelendiğinde keçi hayvanı ÖÇB' ın primer tamir, rekonstrüksiyon teknikleri ve bunları geliştirmek için kullanılan biyomolekül uygulamaları içeren çalışmalarında sıkça kullanılmıştır [1, 19, 25, 26, 28, 36, 37, 38, 54, 55, 67, 84, 85, 96, 111, 128].

Keçi dizleri tam uzunlukta bir fibulaya sahip değildir. Bu türde tibia ile füzyon halindeki fibula başı lateral menisküs için bir yapışma yüzeyi konumundadır. Dizde kapsül içinde eklem dışı olarak lateral uzun digital ekstansör tendon mevcuttur. Lateral patellar oluktan başlayan bu yapının görevinin diz fleksiyonda iken ön ayak-toynağın dorsifleksiyonu olduğu düşünülmektedir. Trochlear oluk sıgıdır. Diz eklemi çevresinde bursalar bulunur. Menisküslerin ön taraftaki yapışma alanları, ÖÇB tibial yapışması insan diziyile oldukça yakınlık gösterir. Deney hayvanları ve insan dizleri üzerine yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda keçi hayvanı ÖÇB ve eklem kıkırdığı çalışmalarında tercih edilmesi önerilen bir türdür [97].



Şekil-9: İnsan Dizi Ön-Arka Görünümleri ve Çapraz Bağ, Menisküs Yapışma Yerleri [97]



Şekil-10: Keçi Dizi Ön-Arka Görünümleri ve Çapraz Bağ, Menisküs Yapışma Yerleri; ÖÇB Tibial Yapışma Bölgesi ve Lateral Menisküs İlişkisi İnsan ÖÇB Oldukça Yakınlık Gösterir [97].



Şekil-11: Keçi Dizinde ÖÇB



Şekil-12: Keçi Diz Ekleminde ÖÇB ve Menisküsün Tibial Yapışma Alanları



Şekil-13: Keçi Dizinde Kapsül ve Menisküslerin Arkadan Kaldırılmasıyla Ortaya Çıkarılan Arka Çapraz Bağ Görüntüsü



Şekil-14: Keçi Dizinde Dış Yan Bağ Görüntüsü



Şekil-15: Keçi Dizinde Lateral Uzun Ekstansör Tendon Görüntüsü

1.3- ÖÇB YARALANMA MODELLERİ:

ÖÇB yaralanmalarının seyrinin ve uygulanan tedavi yaklaşımının sonuçlarını değerlendirmek için hayvan deneylerinde yaralanma modelleri geliştirilmiştir. Değişik türlerin deneylerinde bu modeller başlıca stabil ve unstabil olarak sınıflandırılabilir. Unstabil modeller uygulandıktan sonra bağ-eklem biyomekaniğini bozan ya da tam yırtığa ilerleyebilen modellerdir.

Santral Defekt Çalışmaları: Eklem içi bir yapı olan ve yaralanma sonrası primer iyileşme süreci eksiklikler içeren ÖÇB' ın primer iyileşme kapasitesini araştırma ve arttırmaya yönelik üretilen biyomühendislik ürünlerinin (kollagen skaffol, platelet rich plasma, sitokinler) uygulandığı kontrollü deneylerde sıklıkla bu model kullanılmaktadır [72, 73, 110]. Bu modelin uygulandığı çalışmalarda rastladığımız fark ise ÖÇB dolaşımında yeri olan fat-pad dokusunun bazı çalışmalarda eksize edilip bazılarında korunması olmuştur.

İzole Huzme Kesileri: ÖÇB yapışma yerlerinin lokalizasyonuna göre olan ancak fonksiyonel olarak farkları olan iki huzmeden oluşmaktadır. Literatürde değişik hayvan deneylerinde ÖÇB huzmelerinden tek birinin transekte edildiği kesi modelleri vardır [10]. Bu modellerdeki eksiklik; tek bir huzmenin kesilmesinin seyri sonunda oluşan biyolojik, biyomekanik süreçlerin tüm bağa ve eklem biyomekaniğine yorumlanabilecek olmasıdır. Transekte edilen huzmenin diğer huzmeye yapışmasıyla korunabilecek laksite ile deney sonu verilerin etkilenebileceği görüşündeyiz.

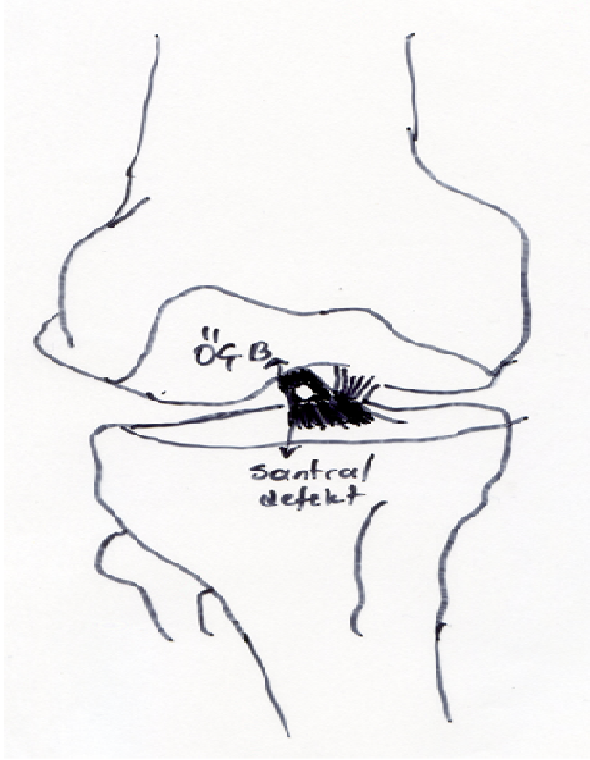
Kombine Huzme Kesileri (Tam olmayan transvers kesiler): ÖÇB total genişliğinin belli oranlarında kesi oluşturularak yapılan bu çalışmalarda [5, 50, 88, 124] stabil ya da unstabil (eklem biyomekaniğinin bozulduğu) bir durum elde edilebilir. Deneylerde rastlanmış olan ve deney sürecini, sonucunu etkileyebilecek bir durum da yaralanmanın tam rüptüre dönüşebilmesidir [50].

Kombine Huzme Kesileri ve Elongasyon: Literatürde her huzmeyi içeren ÖÇB'ın değişik oranlarının korunduğu modellere ek olarak laserasyon ve elongasyonun beraber yapıldığı model de mevcuttur [61, 62].

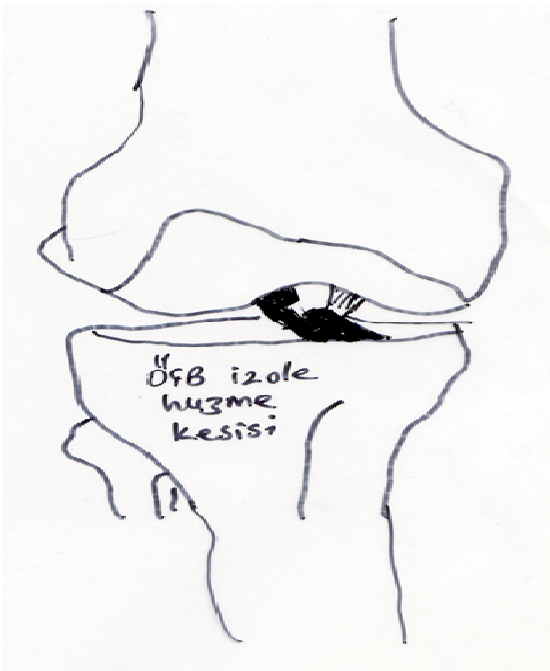
Travmatik Model: ÖÇB yaralanmalarının mekanizmasına yönelik olarak biyomekanik zorlamalarla simüle edilebilecek bu modeldeki [59] sıkıntı; ÖÇB araştırmaları için insan

yapısıyla benzerlik gösteren keçi, domuz gibi büyük hayvanlarda uygulanmalarındaki teknik ve etik zorluklardır.

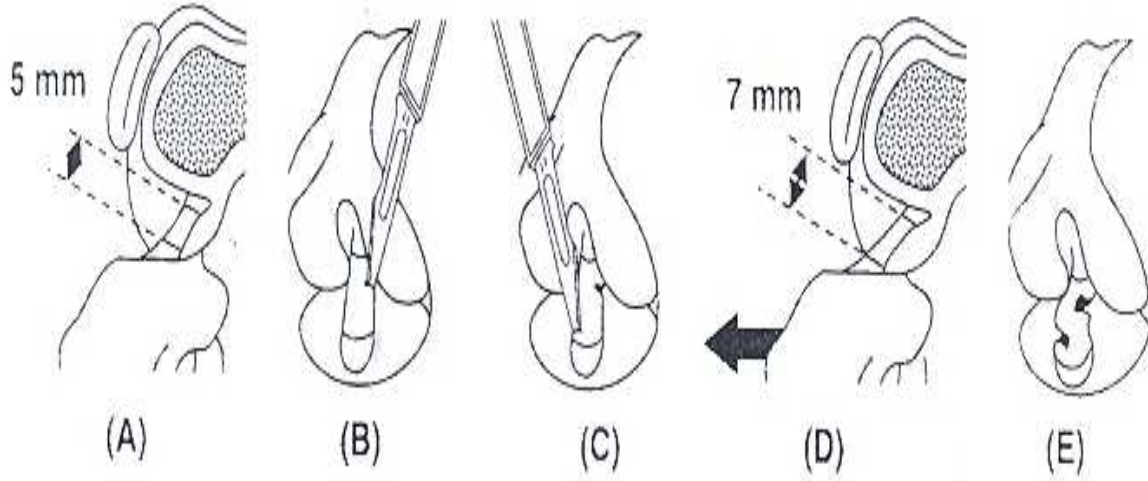
Total Transeksiyon Modelleri: Sıklıkla rekonstrüksiyon teknikleri, primer tamir teknikleriyle beraber uygulanan biyomühendislik ürünlerinin denendiği çalışmalarda bağ enine total kesilerine sıkça rastlanmaktadır [1, 19, 25, 26, 28, 36, 37, 38, 54, 55, 67, 84, 85, 96, 111, 129].



Şekil-16: ÖÇB Santral Defekt Tarzı Yaralanma Modeli



Şekil-17: İzole Huzme Kesisi



Şekil-18: E.Kondo-K.Yasuda ve ark: Tavşan ÖÇB’ da Oluşturdukları Kombine Huzme Kesileri ve Elongasyon Modeli [61, 62].

ÖÇB yaralanmalarında klinik sorunları araştırarak deneysel çalışma için öncelikle standardize edilmiş bir yaralanma modeli gereklidir. Şu ana dek tasarlanan modeller; hayvan seçimi, uygulama tekniği ve değerlendirme yöntemleri açısından tam olarak standardize olamamıştır. Bu yüzden ÖÇB primer iyileşme sürecinin incelenmesinde kolay tekrar edilebilir modellerde daha önce denenmemiş uygulamaların etkilerini araştırarak hayvan deneyleri yapmayı hedefledik. İki ayrı kontrollü hayvan deneyi planladık. İlk deneyde primer iyileşme süreçlerinin incelenmesinde sıklıkla tercih edilen santral defekt tipi yaralanmada infrapatellar yağ yastıkçığının iyileşmeye olan etkilerini araştırmayı hedefledik. Biyomekanik olarak unstabil; yani müdahale edilmediğinde eklem instabilitesi yaratabilecek bir modelde eklem stabilitesini sağlayarak ÖÇB iyileşmesinin incelendiği çalışmalar oldukça azdır. Bu yüzden tam kesi ile oluşturulmuş ÖÇB yaralanmasında eksternal fiksator ile tespit yaparak ve yapmadan iyileşme kapasitesini araştırmayı da planladık. İkinci deneyimizde uyguladığımız tam kesi modeli sıkça yapılan total transvers kesi değildir. ÖÇB lifleri ‘**z plasti**’ şeklinde ayrılmış; kesi öncesi ve sonrasında elongasyon da uygulanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Martha M. Murray, Kurt P. Spindler ve arkadaşları eklem içi bir yapı olan ve primer iyileşme süreci eklem dışı yapılara göre belirgin eksiklikler içeren ÖÇB’ da santral defekt modelini standardize etmeye çalışmışlardır. Değişik ölçülerdeki mikro bıçaklar ile oluşturdukları defektleri kontrollerle karşılaştırdıklarında 3,5 mmlik mikrobıçak ile yapılan ve bağın %50’ sini geçmeyen genişlikteki defektlerin kontrollerin %60’ ı oranında tensil güce ulaştığını belirtmişlerdir. Sonrasındaki ardıl çalışmalarında standardize ettikleri santral defektin 3. ve 6. hafta sonundaki değerlendirmelerinde tensil test parametrelerinde kontrollere göre anlamlı fark bulamamışlardır. Sonuç olarak da geliştirdikleri modelin biyomekanik olarak stabil olduğunu vurgulamışlardır [110]. Kopma lokalizasyonu olarak; defekt uygulanmış bir dizin defekt bölgesinden, diğer tüm örneklerin ise kemik tendon bileşkelerinden koptuğunu belirtmişlerdir.

2.2. Martha M. Murray, Kurt P. Spindler ve arkadaşları başka bir çalışmada geliştirdikleri santral defekt modeli üzerinde plateletten zengin plasmanın (PRP) etkisini incelemişlerdir. PRP uygulamasıyla santral defektin 3. ve 6. hafta sonunda histopatolojik ve biyomekanik iyileşmesinin arttırıldığını savunmuşlardır [72]. Aynı ekip bir başka çalışmada ÖÇB santral defekt modeli ve PRP’yi kullanarak ÖÇB, Patellar Tendon, İç Yan Bağ’ın iyileşme süreçlerini karşılaştırmışlardır [73]. Değerlendirme ölçütü olarak yine immunohistokimyasal ve tensil test verilerini kullanmışlardır.

2.3. Janet Dunlap ve ark. ÖÇB perfüzyonu üzerine yaptıkları deneysel çalışmada infra-patellar fat-pad dokusu hasarlanması sonrası perfüzyonun yarıya indiğini göstermişlerdir. Aynı çalışmada Anterior Tibial Translasyon ve sinovya eksizyonun da ÖÇB perfüzyonunu etkilediğine değinilmiştir [29]

2.4. H. Roth ve arkadaşları keçiler üzerinde yaptıkları çalışmada ÖÇB total kesisi sonrası rekonstrüksiyon uygulamışlardır. Rekonstrüksiyon uygulanan deneklerde post-op eksternal fiksatorle immobilizasyon yapıldığında ciddi patellar kıkırdak lezyonları saptamışlardır [100].

2.5. J T. Muneta ve arkadaşları tavşanlar üzerinde yaptıkları çalışmada ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası 4 hafta immobilizasyon ile sınırlı hareket verme uygulamaları arasında biyomekanik açıdan anlamlı fark saptamamışlardır [82].

2.6. O'Donoghue ve arkadaşları köpekler üzerinde yaptıkları çalışmada [88] ÖÇB parsiyel kesileri sonrası steinmann pinleri ve alçılamayla yaptıkları immobilizasyon uygulaması sonrası kesi bölgesinin iyileşme sürecine girdiğini ancak 10 hafta sonunda tam olarak dolmadığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada total kesi-immobilizasyon sonrası ÖÇB kesik uçları arasında füzyon olmadığını (1-2-4-6-8-10 hft intervallerinde), mikroskopik olarak bağda atrofik değişiklikler olduğunu görmüşlerdir. Biyomekanik değerlendirmede manuel A-P instabilite tespiti yapmışlar ve total kesilerde ciddi instabilite kayıt etmişlerdir. Çalışmanın başka bir bölümünde total transeksiyon sonrasında sutur tamiri ve immobilizasyonun etkileri incelenmiştir. Sütür tamiri ve immobilizasyon ile makroskopik granülasyon dokusu gözlemlemişlerdir. Sütür tamiri yapılan dizlerdeki immobilizasyon süreleri karşılaştırıldığında net bir tensil veri çıkaramamışlardır. Çalışmalarında net şekilde vurguladıkları fikir ise ÖÇB total kesilerinin ancak kesik uçlar arasında apozisyon sağlanmasıyla mümkün olabileceğidir.

3- GEREÇ-YÖNTEM:

3.1- DENEY PLANLARI:

Deney -1

Amaç:

ÖÇB primer iyileşme süreçlerinde ve bu süreçteki devinimleri arttırmaya yardımcı biyomühendislik ürünleri uygulamalarında tercih edilen bir model olan santral defekt tipi yaralanmaların fat-pad dokusu eksizyonu değişkeniyle karşılaştırarak biyomekanik stabilitesini, histolojik iyileşmesini araştırmak.

Hipotez:

Santral defekt yapılarak oluşturulmuş ÖÇB parsiyel yaralanmasında ‘fat-pad’ dokusunun eksizyonu histolojik iyileşmeyi ve bağ-eklem biyomekaniğini değiştirir.

Deney Protokolü:

Bu deneyde her iki grupta 5’ er adet olmak üzere toplam 10 adet dişi kıl keçisi kullanılmıştır. Bu deneklerin sağ dizleri deney yapılan sol dizleri ise kontrol grubu olarak alındı. (Hiçbir müdahale yapılmadı)

A Grubu: Sağ dizlerinde ÖÇB’a santral defekt tipi yaralanma uygulananırken infra-patellar ‘fat-pad’ dokusu korundu.

B Grubu: Sağ dizlerinde ÖÇB’a santral defekt tipi yaralanma uygulanırken infra-patellar ‘fat-pad’ dokusu eksize edildi.

Deney Değerlendirmesi:

12 hafta sonunda:

1-Histopatoloji: Her gruptan bir deneğin deney ve kontrol dizleri

2- Biyomekanik testler: Her gruptan 4 deneğin deney ve kontrol dizleri üzerinde yapılacak şekilde planlandı.

Deney -2

Amaç:

Primer iyileşmesinde eksiklikler bulunan ÖÇB’da Eksternal Fiksator İmmobilizasyonu uygulamasıyla bağ iyileşmesi ve eklem biyomekaniğinin korunup korunmadığını araştırarak rekonstrüksiyon cerrahisi dışı bir girişimin ÖÇB yaralanmasındaki etkisini yorumlamak.

Hipotez:

‘Z plasti’ tarzı tam kesi ve elongasyon şeklinde oluşturulmuş ÖÇB yaralanmasında; Eksternal Fiksator ile Diz Eklemi İmmobilizasyonu histolojik iyileşmeyi, bağ eklem biyomekaniğini değiştirir.

Deney Protokolü:

Bu deneyde de her iki grupta 5 ‘er adet olmak üzere toplam 10 adet adölesan dişi kıl keçisi kullanılmıştır. Bu deneklerin sağ dizleri deney yapılan sol dizleri ise kontrol grubu olarak alındı.

C Grubu: Sağ dizlerinde ÖÇB’a ‘z plasti’ şeklinde total kesi+elongasyon yaralanması uygulanırken buna ek başka bir müdahale yapılmadı.

D Grubu: Sağ dizlerinde ÖÇB’a ‘z plasti’ şeklinde total kesi ve elongasyon yaralanması uygulandıktan sonra femur ve tibiadan bikortikal eksternal fiksator ile diz immobilizasyonu uygulandı.

Deney Değerlendirmesi:

12 hafta sonunda:

1-Histopatoloji: Her gruptan bir deneğin deney ve kontrol dizleri

2- Biyomekanik testler: Her gruptan 4 deneğin deney ve kontrol dizleri üzerinde yapılacak şekilde planlandı.

3.2- OPERASYON ÖNCESİ HAZIRLIK ve ANESTEZİ

Deneyisel çalışmamız öncesinde **Ege Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulundan** hayvan deneyleri etik kurul onayı alındı. Deneyisel Cerrahi Bilim dalı laboratuvarlarında gerekli cerrahi, anestezi ve gözlem şartları oluşturularak, uzman veteriner hekim desteği sağlandı.

Deneyisel çalışma için üretim çiftliğinden temin edilen denekler her türlü müdahale öncesinde uzman veteriner hekim bakısına alınarak; genel sağlık durumları değerlendirildi. Deney öncesinde tüm deneklerin ağırlık ölçümleri yapılarak deney boyunca verilerin kaydedileceği formlara işlendi.

Cerrahi girişim öncesi denekler anesteziye bağlı komplikasyonları önlemeye yönelik olarak 12 saat süreyle aç bırakıldı.

Anestezik olarak **KETAMİN-XYLAZİN** kombinasyonu 48-5 oranda 1ml/28 kg İM olarak 45-50 dk etkinlik sağlayacak şekilde uygulandı.

Cerrahi girişim öncesi anestezi verilen deneklerin deneyisel uygulama yapılacak olan sağ ard ekstremiteleri uyluk proksimalinden kruris ortasına dek uygun şekilde traş edildi.

Anestezi ve traşlama sonrasında denekler operasyon masasında sol dekübit pozisyonunda yerleştirildi, sağ dizleri **betadin** solüsyonuyla dezenfekte edildikten sonra steril cerrahi örtülerle örtüldü.

Cerrahi kanamayı azaltmaya yönelik cilt kesisi öncesinde **jetokain** (lokal anestezik+adrenalin) solüsyonu belirlenen kesi hattı boyunca subkutanöz uygulandı.



Şekil-19: Denek Olarak Kullanılan Kıl Keçisi



Şekil-20: Anestezi Uygulanmış Denek



Şekil-21: Cerrahi Saha Hazırlığı



Şekil-22: Cerrahi Saha Hazırlığı



Şekil-23: Kanama Kontrolü İçin Subkutan Jetokain Enjeksiyonu Yapılması.



Şekil-24: Kesi Hattının Belirlenmesi.

3.3- CERRAHİ TEKNİK:

Deney-1:

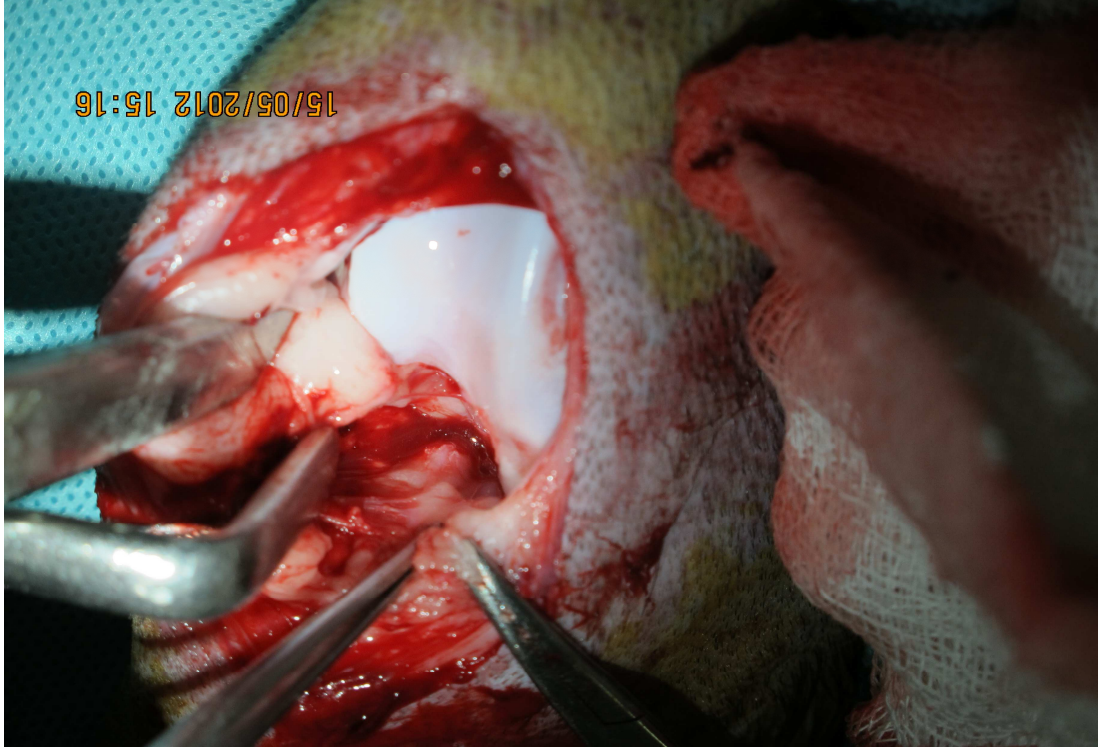
Uygun şekilde hazırlanan deneklerin sağ dizlerinde patellar tendon medialinden 5-5,5 cm lik uzunlamasına kesi ile paratenon ve tendon ekarte edilerek fat-pad dokusuna varıldı. İlk grupta ekarte edilerek korunan fat-pad dokusu ikinci (B grubu) grupta tamamen eksize edildi. Fat – pad dokusu ardından anterior kapsül açılarak ekleme ulaşıldı. Sinovyal ekartasyon sonrası ÖÇB tibial yapışma yerinden izlenerek femoral başlangıcına dek ortaya kondu. ÖÇB’ın en geniş orta bölümünde, artroskopik pañç ile ısırılarak tam kat genişliğinin %50 si kadar olacak şekilde santral defekt yapıldı. Eklem irigasyonu sonrasında anterior kapsül ve paratenon katları 2-0 vicryl ile dikildikten sonra cilt subkutiküler teknikle 3-0 rapid vicryl dikişle kapatıldı. Operasyon sonrası kesi hattına lokal anestezi enjeksiyonu ardından pansuman yapılarak yara örtüldü. Tüm deneklerin sol dizleri hiçbir müdahale yapılmadan kontrol olarak kabul edildi. Deneklerin grup ve sıra numaraları bakım tasmalarıyla boyunlarına asılıp formlarına kayıt edildi.



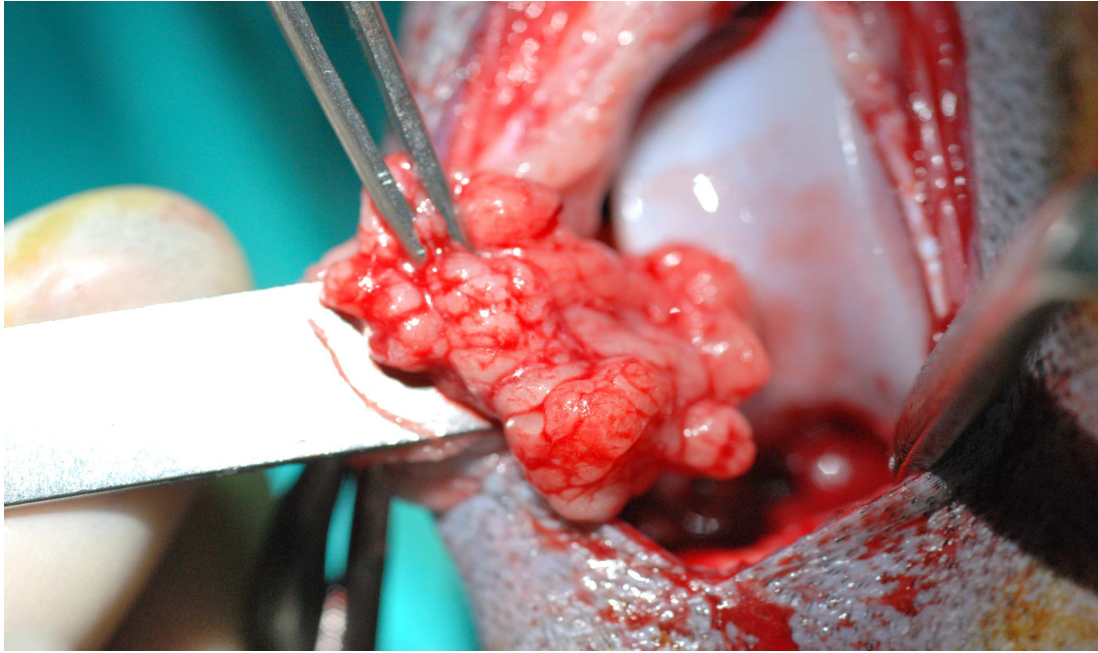
Şekil-25: Belirlenen Hatta Cilt Kesisinin Yapılması



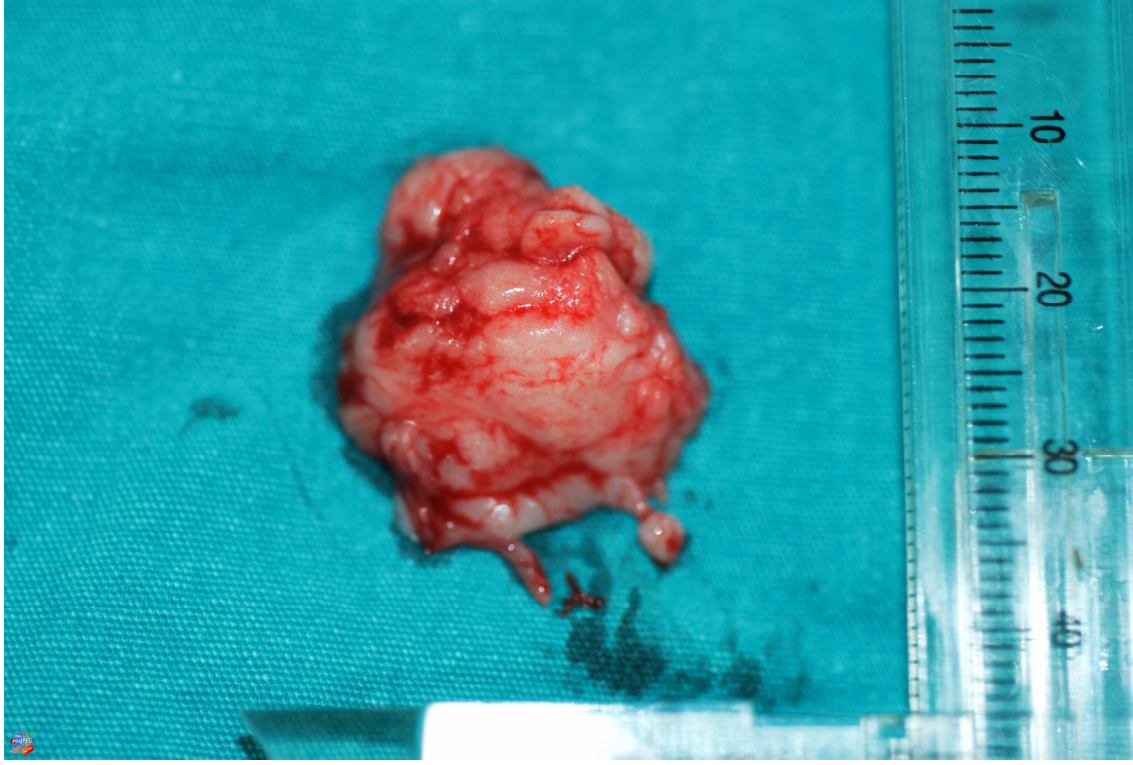
Şekil-26: Patellar Tendona Ulaşılması



Şekil-27: A grubu Deneklerinde Infrapatellar Fat-pad Ekartasyonu ile ÖÇB'ya Ulaşılması



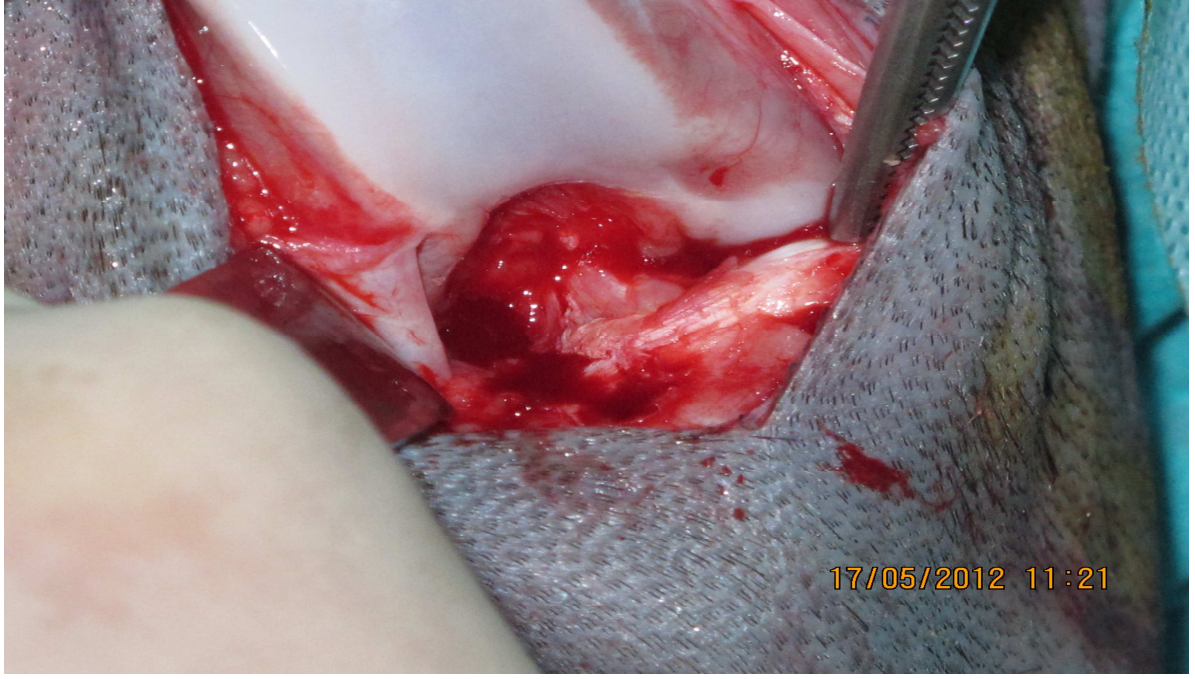
Şekil-28: B Grubu Deneklerinde Infrapatellar Fat-pad Eksizyonu



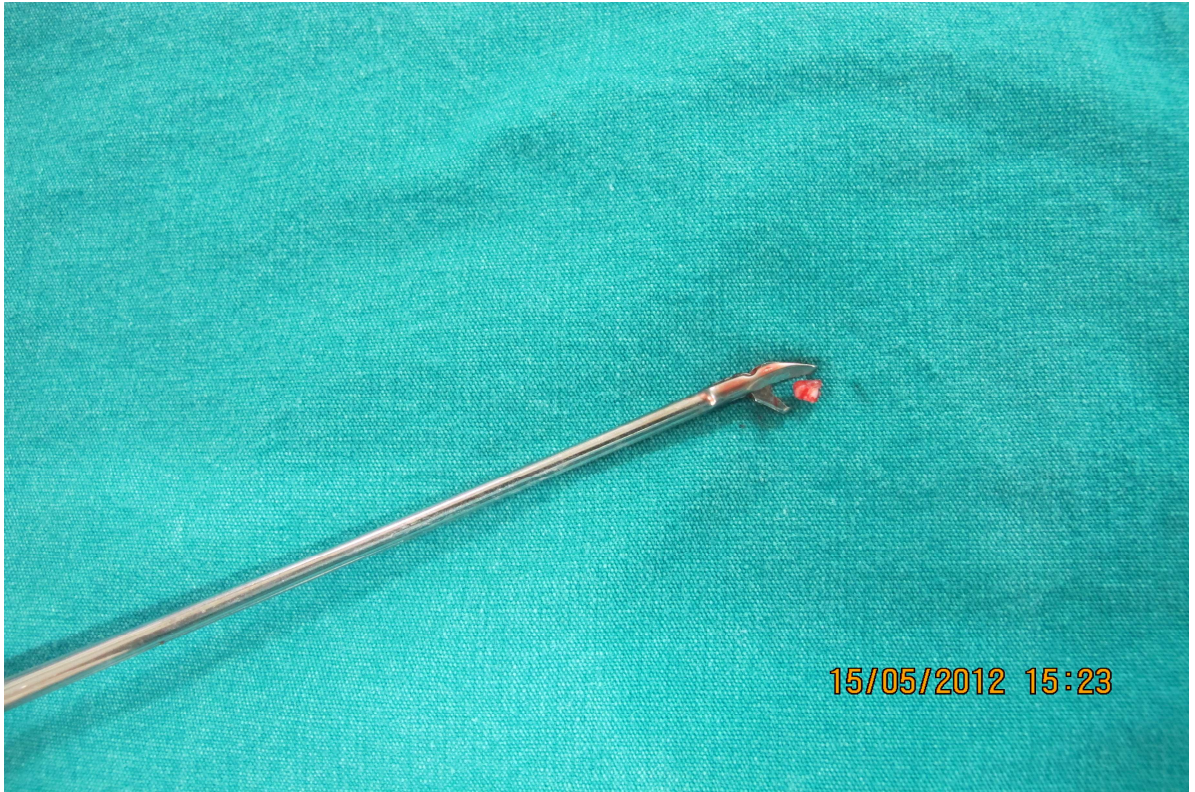
Şekil-29: Eksize Edilen Infrapatellar Fat-pad Dokusunun Makroskopik Görüntüsü



Şekil-30: Artroskopik Panç ile ÖÇB Santral Bölümünde Defekt Yapılması



Şekil-31: Defekt Yapılan Bölgedeki Kanama



Şekil-32: Defekt Bölgesinden Çıkarılan ÖÇB Dokusu



Şekil-33: Kesi Katlarının Kapatılması



Şekil-34: Cilt Kesisinin Kapatılması

Deney-2:

Uygun şekilde hazırlanan deneklerin sağ dizlerinde patellar tendon medialinden 5-5,5 cm lik uzunlamasına kesi ile paratenon ve tendon ekarte edilerek fat-pad dokusuna varıldı. Fat-pad dokusu ekarte edildi. Anterior kapsül açılarak ekleme ulaşıldı. Sinovyal ekartasyon sonrası ÖÇB tibial yapışma yerinden izlenerek femoral başlangıcına dek ortaya kondu. Tibia öne doğru çekildi. ÖÇB'nin en geniş orta bölümünde lifler uzunlamasına ayrıldıktan sonra medial ve lateral uçlardan parsiyel transvers kesiler yapıp, uzunlamasına kesiyle birleştirilerek '**z plasti**' şeklinde tam kesi yapıldı. Anterior tibial çekme tekrarlanarak tibianın öne kayıp kaymadığı kontrol edilerek tüm liflerin ayrıldığından emin olundu. Eklem irigasyonu sonrasında anterior kapsül ve paratenon katları 2-0 vicryl ile dikildikten sonra cilt subkutiküler teknikle 3-0 rapid vicryl dikişle kapatıldı. Eksternal fiksator malzemesi olarak dört adet 2,5 mmlik düz Kirschner teli, iki adet 6,5 mm lik yivli rot, dört adet üç delikli alüminyum pabuç içeren girgin sistem kullanıldı. Femur ve tibiadan medio-lateral doğrultuda ikişer adet tel geçirildi. Femur ve tibia telleri medial eklem hattından 5-7 cm proksimale kondu (damar-sinir yapılarının seyri daha önce incelenip mesafesi ölçülmüştü). Alüminyum pabuçlar femur ve tibiadaki tellerden geçirilerek iki adet uzunlamasına paralel rot pabuç deliklerinden geçirildi, pabuçlar alyanla ciltten 2 cm mesafede sıkılarak fikse edildi. Eklemde pasif olarak fleksiyon-ekstansiyon, rotasyon ve öne translasyon hareketleri olmadığı görüldü. Kirschner tellerinin uzun kalan kısımları kesildi ve tel dibi pansumanları yapılarak fiksator etrafı uygun şekilde bandaja alındı.



Şekil-35: Z plasti Şeklinde Tam ÖÇB Kesisi



Şekil-36: C-D Gruplarında ÖÇB'a Tam Kesi Uygulaması



Şekil-37: D Grubu Deneklerine Eksternal Fiksator Uygulaması



Şekil-38: D Grubu Deneklerine Eksternal Fiksator Uygulaması ile Diz Ekleminin Fizyolojik Pozisyonda İmmobilizasyonu

3.4- OPERASYON SONRASI İZLEM:

Operasyon sonrası ağrı palyasyonu için Metamizol türevleri 20 mg/kg IM olarak uygulandı. Antibiyotik profilaksisi olarak penisilin türevleri 20000 Ü/kg 2x1 48 saat uygulandı. Operasyon sonrası denekler ağıl ortamında diğer normal hayvanlardan ayrılarak uygun beslenme ve barınma koşullarında izlendi. Deneklerin cerrahi müdahale sonrasında genel durum, yara yerleri, yürüme modelleri veteriner hekim desteğinde izlenerek kendi izlem formlarına kayıt edildi. 6 hafta süreyle sadece ağıl aktivitesinde kalan denekler sonrasındaki 6 haftada gün içinde serbestçe dolaşıp beslenmelerine izin verilerek bakıldı. Operasyon sonrası kesiler on gün içinde sorunsuz kapandı. Planlanan izlem süresi her iki deneyde de 12 hafta olarak belirlenmişti. B grubundan bir denek post-op 70. günde beklenmedik şekilde exitus olunca onunla aynı gün opere edilmiş olan A grubu denegi de aynı gün sakrifiye edildi ve bu deneklerin dizleri histopatolojik incelemeye alındı. Sonuç olarak bu deneyde (1.deney) histopatolojik değerlendirme on hafta üzerinden yapılmış oldu. İkinci deneyde D grubunu oluşturan fiksator uygulanmış deney hayvanlarına gün aşırı çivi dibi pansumanı yapıldı, alyanla pabuç fiksasyonları kontrol edildi. Planlanan Eksternal Fiksator uygulama süresi 6

hafta olarak belirlendi. Post-op 5. hafta (35.GÜN) sonunda iki denekte femoral pinlerde osteolize bağlı olduğu düşünülen gevşeme gözlemlendi. Bu nedenle fiksatorler bu gruptaki tüm deneklerin 35. günü dolunca çıkarılarak 5 hafta uygulanmış oldu. Kalan deneklerde herhangi bir sistemik, lokal komplikasyon görülmedi. Post-op 12.hafta sonunda süksinil kolin türevleriyle sakrifiye edilen deneklerin her iki ard ekstremiteleri proksimalde kalça ekleminden, distalde ayak bileğinden dezartiküle edilerek steril organ torbalarına alındı. **-20 derecedeki** derin dondurucuda biyomekanik testler için saklandı.

3.5- DEĞERLENDİRME TESTLERİ:

HİSTOPATOLOJİK TEST PROTOKOLÜ:

Her gruptan birer deneyin; deney ve kontrol dizleri üzerinde makroskopik inceleme sonrasında rutin histolojik bakı (sellülarite, vaskülerite) ve immunohistokimyasal teknikler kollagen tip-1 incelemesi yapıldı.

Sakrifiye edilen deneklerden çıkarılan ekstremiteler makroskopik inceleme öncesi +4°C’de saklandı. Diz bölgesi diseke edildi. Deney dizlerinde yapılmış defekt-kesi alanının tamamı; kontrol dizlerde buna uyan lokalizasyondaki bağ bölgesi alınarak bağın uzun eksenine paralel ve dik kesitlerle örneklendi. Kollagen-1 immunohistokimya örneklemeleri için alınan kısımdan sonra kalan doku zaman geçirilmeden % 10’ luk tamponlu nötral formaldehid içerisinde koyuldu 12-24 saat fikse edildikten sonra rutin doku takip işlemine alındı. Doku takip işlemi biten dokular parafine gömülerek bloklandı ve mikrotom ile 4-5 µm kalınlığında kesildi, Hematoksilen-Eozin yanı sıra Masson Trikrom, Van Gieson ve elastik Van Gieson ile boyandı.

İmmunhistokimyasal inceleme:

Kullanılan antikorun (Collagen I Antibody; 5D8-G9/Col1-NOVUS) optimizasyonu dondurularak kesilen dokularda sağlanabildiği için immunhistokimyasal inceleme için hazırlanan kesitler dondurulmuş dokuda ve kriyomikrotom kullanılarak hazırlandı. Pozitif şajlı lamlara alındı. Yüksek ısı ile antijen açığa çıkarma basamağını takiben (EDTA pH8, 5 dakika 850 W mikrodalga) Kollagen-1’e karşı geliştirilmiş monoklonal antikor damlatılarak (5D8-G9/Col1-NOVUS) +4 °C’ de bir gece bekletildi. Streptoavidin-biotin yöntemi ile boyandı. DAB kromojeni ile renklendirildi. Pozitif kontrol olarak böbrek dokusu kullanıldı

Mikroskopik inceleme:

Standart ışık mikroskopunda, Olympus BX50 mikroskop kullanılarak ve deneklerin ait oldukları gruba göre olarak yapıldı (x 4 büyütme: 4, 32 mm, x 40 büyütme: 0, 54 mm, Oküler büyütme: x10).

Histolojik değerlendirme:

Tüm gruplarda ve kontrol gruplarında defekt-kesi bölgesine uyan alanda Polimorfonükleer lökosit, lenfosit infiltrasyonu, ödem, mikroid dejenerasyon, fibröz skar dokusu varlığı araştırıldı. Ayrıca 1 küçük büyütme alanındaki (x4 objektif) damar yoğunluğu ile 1 büyük büyütme alanındaki (x40 objektif) fibroblast sayısı ve Kollagen 1 boyalı lif yoğunluğu değerlendirildi.

BİYOMEKANİK TEST PROTOKOLLERİ:

ÖÇB üzerinde tasarlanmış bir deneysel çalışmada biyomekanik olarak hem bağın yapısal özellikleri hem de ÖÇB sorumlu olduğu eklem stabilite testlerinin ölçülmesi gerekmektedir. Bu nedenle uyguladığımız deneysel çalışmada biyomekanik ölçümlerde eklem stabilite testi olarak ÖÇB'ın primer sorumlu olduğu Anterior Tibial Translasyon (ATT) ve ÖÇB'ın yapısal özelliklerinin elde edilebileceği tensil koparma testlerinin uygulanmasına karar verdik. Bilgi ve tasarılarımızı Dokuz Eylül Üniversitesi Biyomekanik Laboratuvarı çalışanlarıyla paylaştık. Mevcut literatürü gözden geçirerek belirlediğimiz testleri laboratuvar ortamındaki düzenek olan SHIMADZU-AG 10K (JAPONYA) test cihazına adapte edilebilecek bir düzenek üzerinde [125] karar kıldık. Teknik çizimler sonrasında HİPOKRAT firması üretim tesislerinde yaptırdığımız düzeneğin test cihazına uyumunu sağlamak için deneylerimize başlamadan önce kasaplık keçi dizlerinde ön denemeler yaptık. Test cihazına takılan ana gövdesi yanında değiştirilebilen parçalarıyla test düzeneğimizin hedeflediğimiz testleri (ATT, Tensil Koparma) uygulayabildiğini gözlemledik.

Gözlem süreleri ardından kurban edilen hayvanların, her iki ard ekstremiteleri kalça ve ayak bileği ekleminden dezartiküle edilip, deneklerden her gruptan 4 tanesinin deney ve kontrol dizleri steril organ torbalarına alınarak -20 derecede saklandı. Biyomekanik test gününden önceki gece testten 12 saat önce oda sıcaklığına çıkarılan her denneğin kontrol ve deney ekstremiteleri oda sıcaklığında çözündükten sonra biyomekanik testler için hazırlandı.

Biyomekanik Test Hazırlığı:

- Çözünme sonrası örneklerin diz ekleminin 5 cm proksimal ve distalindeki yumuşak dokuları sıyrıldı. Eklem kapsülü korundu.
- Femur boynu osteotomize edildi, tibia distal ucundan düzeltici kesi yapıldı.
- Femur proksimali ve tibiadan çimento kemik ayrılmasını önlemek için 2' şer adet çapraz K teli geçildi.
- Test düzeneğine monte edebilmek için örnekler alüminyum silindirler içine uygun pozisyon verilerek yerleştirildi, çimentoyla donduruldu
- Test düzeneğine takılmaya hazır hale gelen örnekler soğuk zincir transport kabında serum fizyolojikle nemlendirilmiş tamponlara sarılarak laboratuara götürüldü.
- Dış silindirlerde tespit edilmiş örnekler test düzeneğinin silindirleri içine yerleştirildi, tibia yukarıda olacak şekilde eklem 90 derece fleksiyon konumunda test cihazına fikse edildi.
- Testler sırasında kuruluğu önlemek amacıyla örnekler sık sık serum fizyolojikle nemlendirildi.

Anterior Tibial Translasyon Testi (ATT):

90 derece fleksiyon pozisyonunda test cihazına yerleştirilen örnekler 67 Newton antero-posterior kuvvet uygulandı. 67 N; önceki bir araştırmada keçilerin koşma anlarında ÖÇB 'da oluşan ve intraartiküler olarak ölçülmüş olan değerdir [52] ve başka araştırmalarda da kullanılmıştır [1, 2, 36, 37, 67]. **10 siklus +67/-67 N 20mm/dk** hızda antero-posterior yüklenme sonrasındaki değerlerin ortalaması **ORTALAMA ANTERİOR TRANSLASYON** (milimetre cinsinden) değeri olarak kabul edildi.

Tensil Testler:

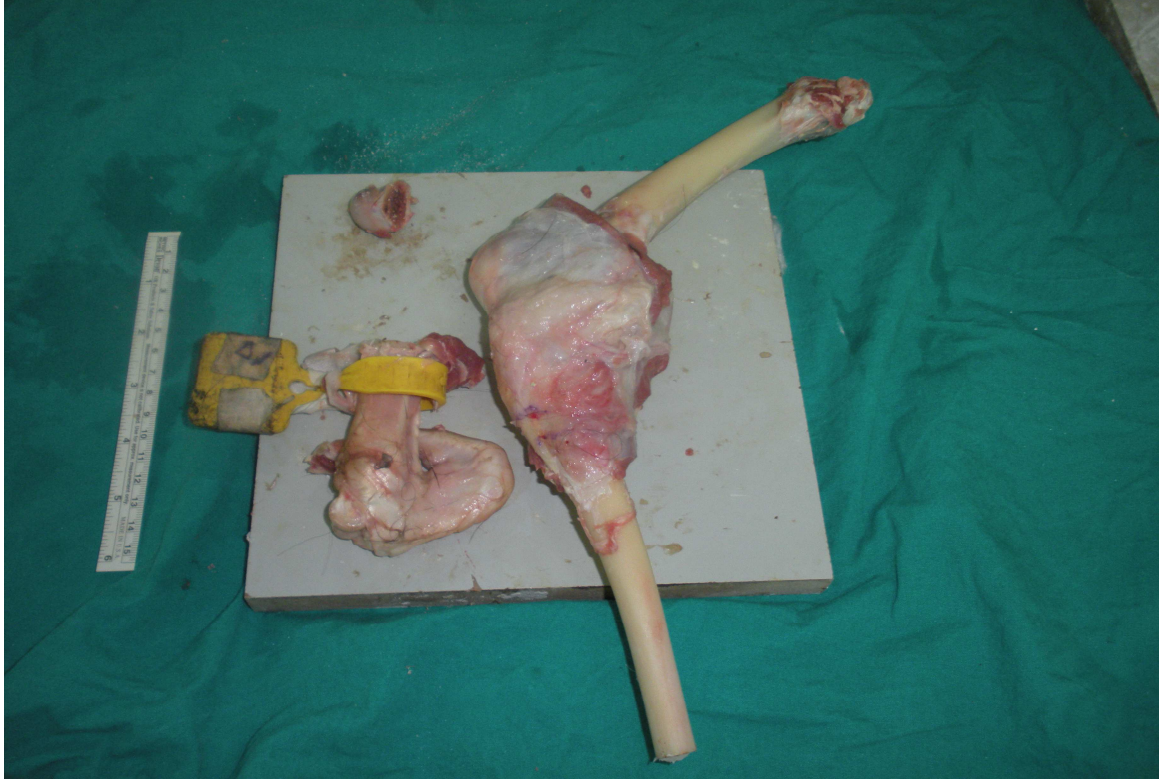
ATT testi sonrası örnekler düzenekten çıkarıldı. Kollateral bağlar, periartiküler kaslar-tendonlar menisküsler ve Arka Çapraz Bağ eksize edildi. Femur-ÖÇB-Tibia sistemi tensil test düzeneğine yerleştirilerek test cihazına fikse edildi. Diseksiyon sırasında bağın ve eklem

kıkırdaklarının makroskopik görüntüleri kaydedildi. Tensil testler 3 basamakta gerçekleştirildi.

- 1- **Pretension Test:** ÖÇB yapısındaki kollagen demetlerin kıvrımlarının açılarak aynı gerime gelmesini hedefleyen düşük yükte belli süre yapılan ön hazırlık testidir. 5 Newton gerimde 10 dk olarak uygulandı.
- 2- **Precondition Testi:** Eşit gerime gelmiş bağ liflerine siklik yüklenme uygulanan ön hazırlık testidir. 20 Newton altında 10 siklus halinde yapıldı.
- 3- **Çekme-Koparma Testi:** 20 mm /dk hızdan koparma yapılarak YÜK-UZAMA grafikleri elde edildi. MAKSİMUM TENSİL KUVVET (Newton), MAKSİMUM ELONGASYON (milimetre), STIFFNESS (Newton/metre) ve KOPMA YERİ kayıt edildi.



Şekil-39: Sakrifikasyon Sonrası Ard ekstremiter Kalça ve Ayak bileği Eklemlerinden Dezartiküle Edilen Örnek



Şekil-40: Kemik Uçlarının Hazırlığı



Şekil-41: Kemiklerden Kirschner Teli Geçilmesi



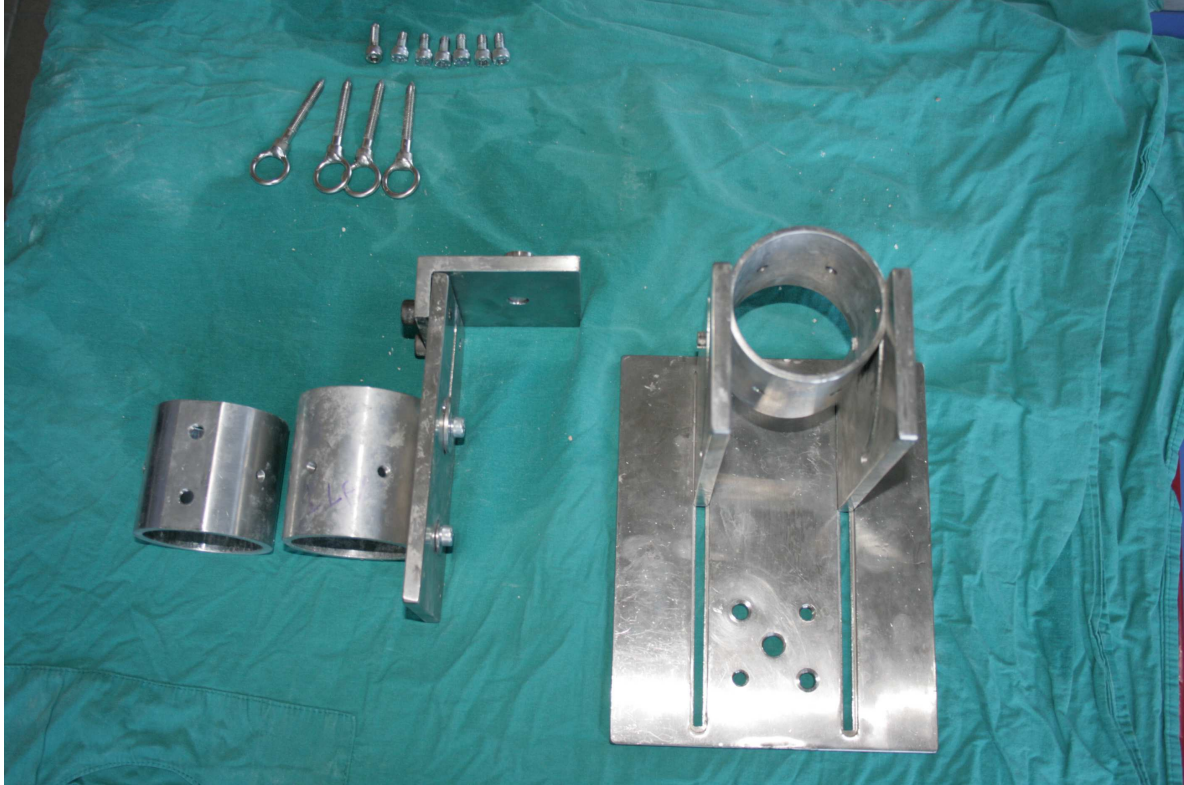
Şekil-42: Örneklerin Çimento ile Metal Silindirlere Yerleştirilmesi



Şekil-43: Biyomekanik Testler İçin Hazırlığı Tamamlanmış Örnekler



Şekil-44: Biyomekanik Test Cihazı (SHIMADZU-AG 10K)



Şekil-45: Test Düzeneği: Ana gövde, ATT ve TENSİL TESTTLER için ayarlanabilen Parçalar ve Silindir Fiksasyonu Sağlayan Vidalardan Oluşmaktadır.



Şekil-46: ATT Testi İçin Düzenek Parçalarının Test Cihazına Takılması-1



Şekil-47: ATT Testi İçin Düzenek Parçalarının Test Cihazına Takılması-2



Şekil-48: ATT Testi İçin Örneklerin Test Cihazına Yerleştirilmesi-1



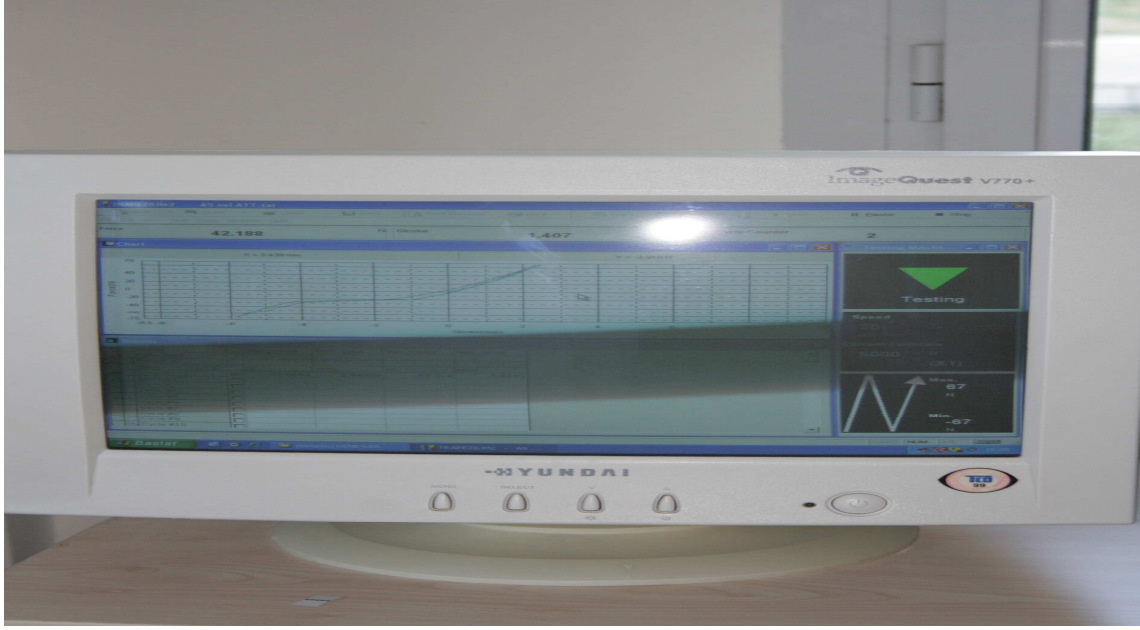
Şekil-49: ATT Testi İçin Örneklerin Test Cihazına Yerleştirilmesi-2



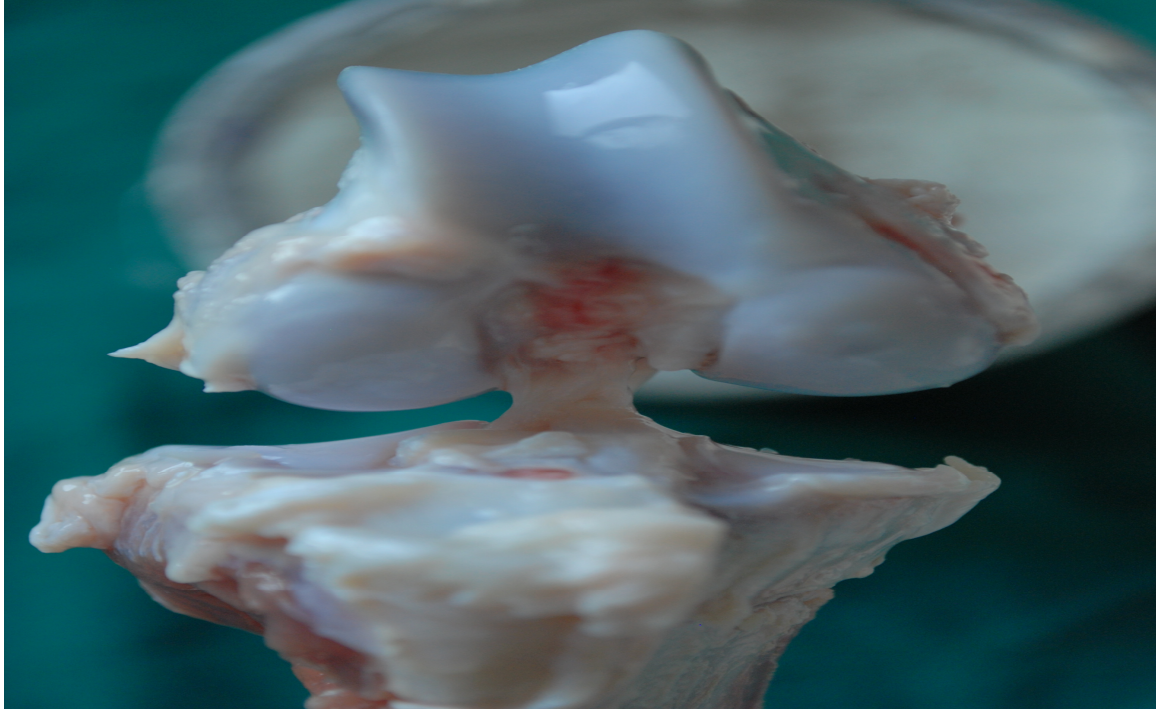
Şekil- 50: ATT Testi İçin Yerleştirilen Örneklerin Sabitlenmesi



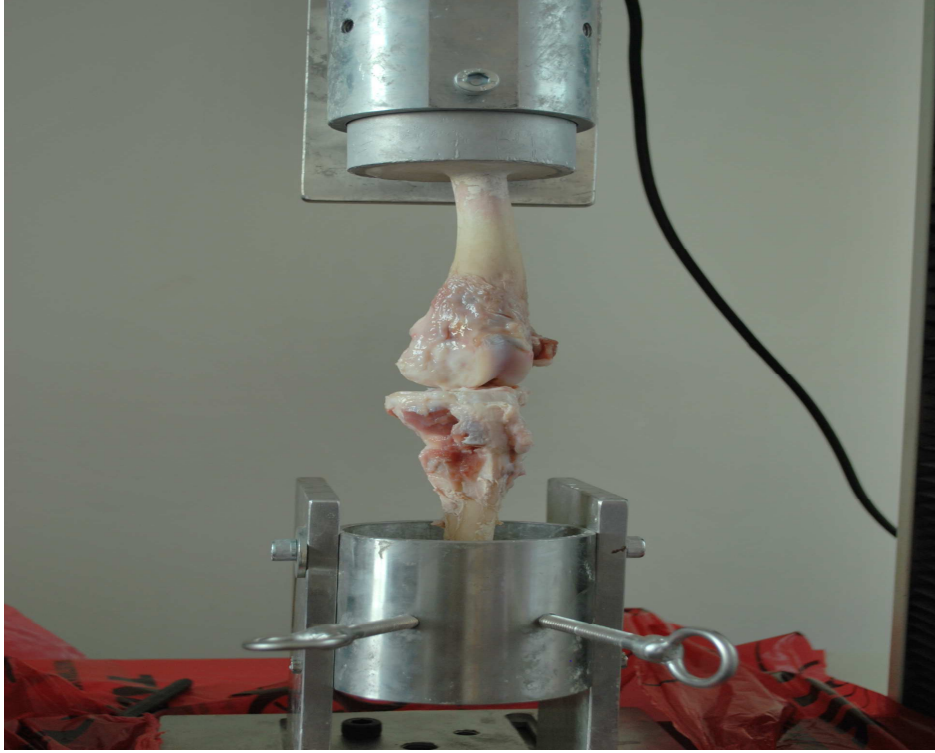
Şekil-51: ATT Testi için Hazırlığın Tamamlanması: Örnekler Test Cihazına Tibia Üstte Olacak Şekilde 90 derece Fleksiyonda Yerleştirip Sabitlendi. Test Parametrelerinin (sıklus-yük-hız) Ayarlanması



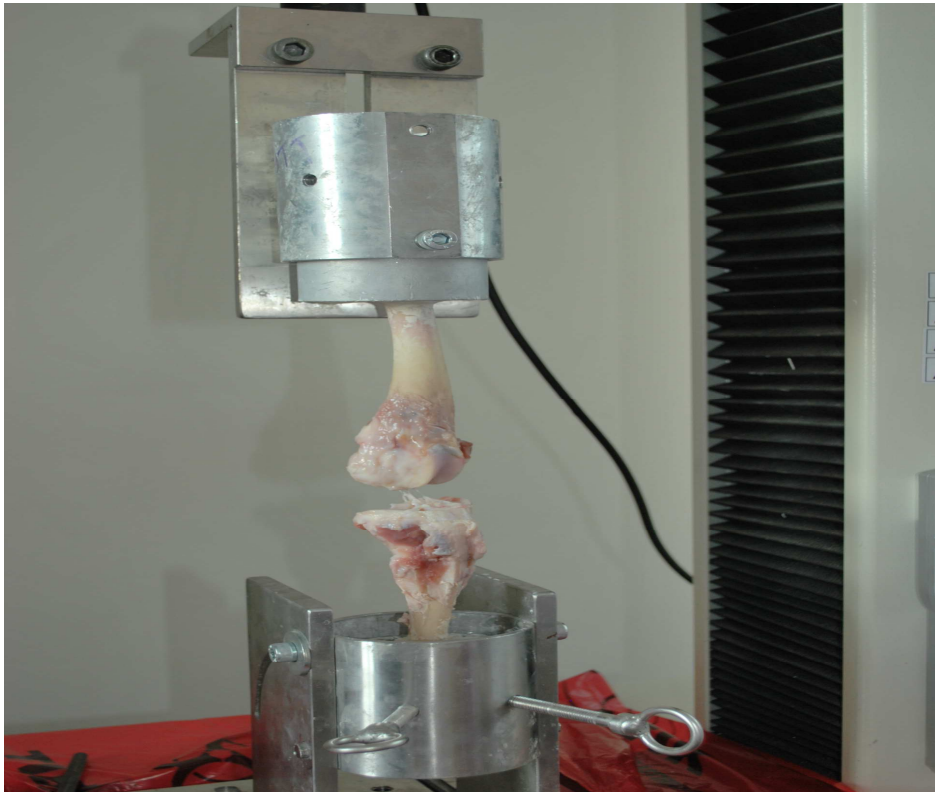
Şekil-52: Kayıt Cihazında YÜK -YERDEĞİŞTİRME (ATT) Grafiklerinin Kaydedilmesi



Şekil-53: Tensil Testler için ATT Testi Tamamlanmış Örneklerde Tüm Yumuşak Dokuların Eksize Edilerek FEMUR-ÖÇB-TİBİA sistemi Elde Edilmesi



Şekil-54: Tensil Testler İçin Yerleştirilmiş Örnek



Şekil-55: PRETENSİON ve PREKONDİTİON Aşamalarından Sonra TENSİL KOPARMA Uygulanmış Örnek

4-BULGULAR:

4.1-HİSTOPATOLOJİK İNCELEME VERİLERİ:

Deney-1:

İlk deneyimizde ÖÇB’ da santral defekt tipi parsiyel yaralanmanın primer iyileşmesine fat-pad dokusunun eksizyonun etkilerini incelemeyi hedeflemiştik. 12 hafta olarak planladığımız test süresi B Grubundan bir deneyin 10. hafta sonunda beklenmedik şekilde exitus olması üzerine bu denekle aynı gün opere edilen A Grubu deneğini de aynı gün sakrifiye ettik. Sonuç olarak fat-pad dokusu eksizyonun santral defekt iyileşmesi üzerine olan etkilerinin patolojik incelemesi 10 hafta üzerinden yapılmıştır. Histopatolojik incelemeye makroskopik inceleme ile başladık. Her iki gruptan patolojik incelemeye ayrılan birer deneğin kontrol ve deney dizlerindeki makroskopik incelememizde herhangi bir artiküler kıkırdak lezyonu saptamadık. Biyomekanik testler sırasında incelediğimiz örneklerde de herhangi bir kıkırdak lezyonu yoktu. ÖÇB’ da yapılmış olan santral defektin makrosobik olarak tamamen dolduğunu gördük. Mikroskopik incelemede sellülarite, vaskülarite değişimlerini karşılaştırdık. İmmunohistokimya araştırmasında Kolagen-1 antikoru ile boyanan lifleri karşılaştırdık.

Sellülarite:

Patolojik örneklerde yangısal hücreler, bağ dokusu hücreleri incelendi.

Çizelge-3: Belirlenen mikroskopik defekt alanında sellülarite verileri

ÖRNEK	POLİMORF HÜCRE	LENFOSİT	FİBROBALAST
A- DENEY DİZ	YOK	YOK	118
A- KONTROL	YOK	YOK	88
B-DENEY DİZ	YOK	YOK	100
B- KONTROL	YOK	YOK	86

Deney-1 de hiçbir örnekte akut veya kronik yangı hücresi gözlenmedi. Deney dizlerde kontrol dizlere göre daha çok fibroblasta rastlandı. (1 büyük büyütme alanındaki; x40 objektif fibroblast sayısı)

Ödem, Miksoid Dejenerasyon, Fibrozis:

Belirlenen mikroskopik defekt alanında iyileşmenin nitelik dışı parametrelerinin değerlendirildiği ölçütlerde fat-pad’ın çıkarıldığı dokudaki heterojenite dikkat çekiyor.

Çizelge-4: Ödem, Miksoid Dejenerasyon, Fibrozis Verileri

ÖRNEK	ÖDEM	MİKSOİD DEJENERASYON	FİBROZİS
A- DENEY DİZ	YOK	YOK	YOK
A- KONTROL	YOK	YOK	YOK
B- DENEY DİZ	VAR	VAR	VAR
B- KONTROL	YOK	YOK	YOK

Vaskülarite:

Fat-pad dokusunun periligamentöz pleksusa dallar vererek ÖÇB dolaşımına olan katkılarını belirtmiştik. Fat -pad dokusunun eksize edildiği deneğin kontrol dizine göre damarlanma oranını; korunduğu deneğin oranına göre daha fazla bulduk.

Çizelge-5: 1 Küçük Büyütme Alanındaki (x4 objektif) Damar Kesiti Sayıları

ÖRNEK	DAMAR SAYISI	DENEY-KONTROL ORANI
A- DENEY DİZ	25	2,27
A- KONTROL	11	
B- DENEY DİZ	46	1,84
B- KONTROL	25	

Kollagen-1 Lif İncelemesi:

ÖÇB biyomekanik özelliklerinin yeniden kazanmasında ara maddenin başlıca ögesi olan kollagen-1 mevcudiyetinin incelenmesinde fat-pad eksizyonu yapılmış deney dizinde kontrolüne göre artış saptadık.

Çizelge-6: 1 Büyük Büyütme Alanındaki (x40 objektif) Kollagen tip-1 Boyalı Lif Yoğunluğu

ÖRNEK	KOLAGEN LİF SAYISI	DENEY-KONTROL ORANI
A- DENEY DİZ	69	1,01
A- KONTROL	68	
B- DENEY DİZ	88	2,09
B-KONTROL	42	

DENEY-2:

‘Z plasti’ tipinde total kesi ile yapılan komplet ÖÇB yaralanmasında Eksternal Fiksator İmmobilizasyonun etkilerinin incelendiği deneyimizde patolojik inceleme plandığı gibi on iki hafta sonunda yapıldı. Yapılan makroskopik incelemelerde her iki gruptan bazı deney dizlerinde artiküler kıkırdak lezyonlarıyla karşılaşılmıştır. Deney dizleri kontrollere göre oldukça ödemli ve hiperemik izlenmiştir. EF uygulanan deney örneklerinde kesik uçlar arasında füzyon yapan sınırları belirgin granülasyon dokusu görülmüştür. EF uygulanmayan grupta böyle düzenli bir doku izlenmemiştir.

Sellülarite:

Çizelge-7: Deney -2 sellülarite verileri

ÖRNEK	POLİMORF HÜCRE	LENFOSİT	FİBROBALAST
C- DENEY DİZ	YOK	YOK	142
C-KONTROL	YOK	YOK	127
D-DENEY DİZ	YOK	YOK	99
D- KONTROL	YOK	YOK	68

Ödem, Miksoid Dejenerasyon, Fibrozis:

Çizelge-8: ÖÇB Tam Kesilerinde İyileşme Heterojenik Olmuştur

ÖRNEK	ÖDEM	MİKSOİD DEJENERASYON	FİBROZİS
C-DENEY DİZ	VAR	VAR	VAR
C-KONTROL	YOK	YOK	YOK
D-DENEY DİZ	VAR	VAR	YOK
D-KONTROL	YOK	YOK	YOK

Vaskülarite:**Çizelge-9:** 1 Küçük Büyütme Alanındaki (x4 objektif) Damar Kesiti Sayıları

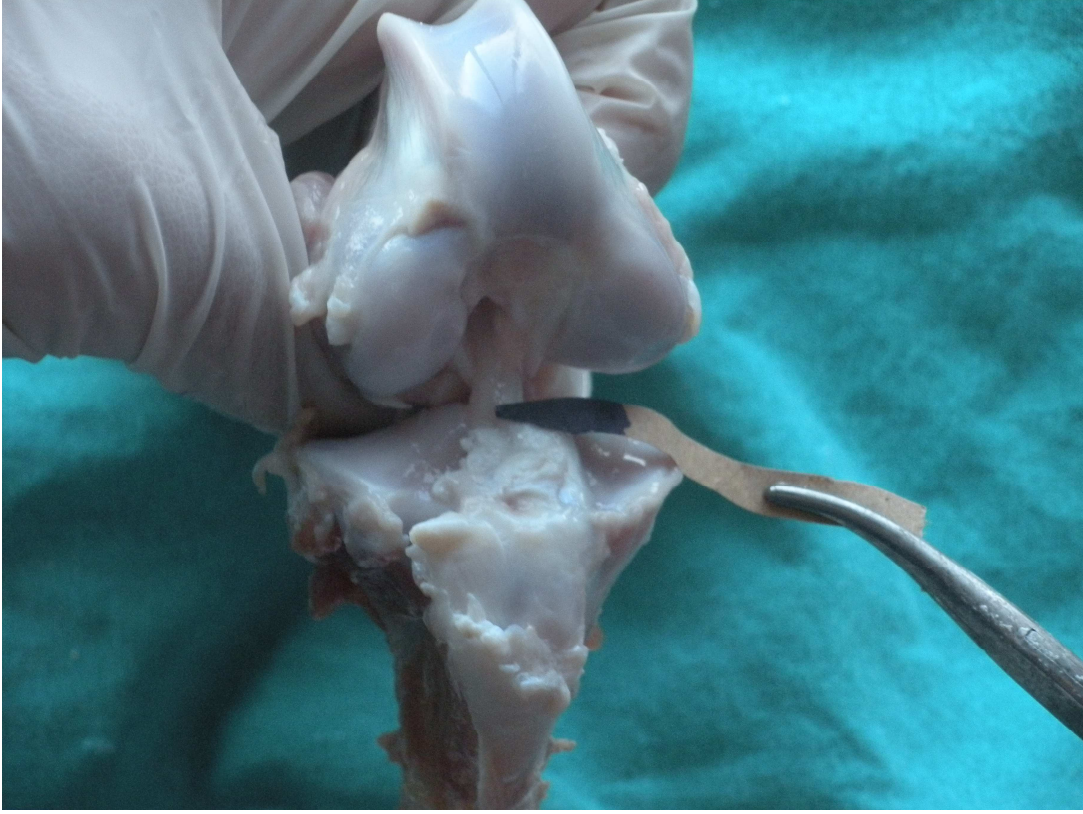
ÖRNEK	DAMAR SAYISI	DENEY-KONTROL ORANI
C- DENEY DİZ	72	2,40
C- KONTROL	30	
D- DENEY DİZ	60	3,01
D- KONTROL	21	

Kollagen-1 Lif İncelenmesi:**Çizelge-10:** 1 büyük büyütme alanındaki (x40 objektif) Kollagen tip-1 Boyalı Lif Yoğunluğu

ÖRNEK	KOLAGEN LİF SAYISI	DENEY-KONTROL ORANI
C -DENEY DİZ	68	2,26
C-KONTROL	30	
D-DENEY DİZ	58	2,07
D -KONTROL	28	

Çizelge-11: Tüm Gruplardaki Deney-Kontrol Oranları:

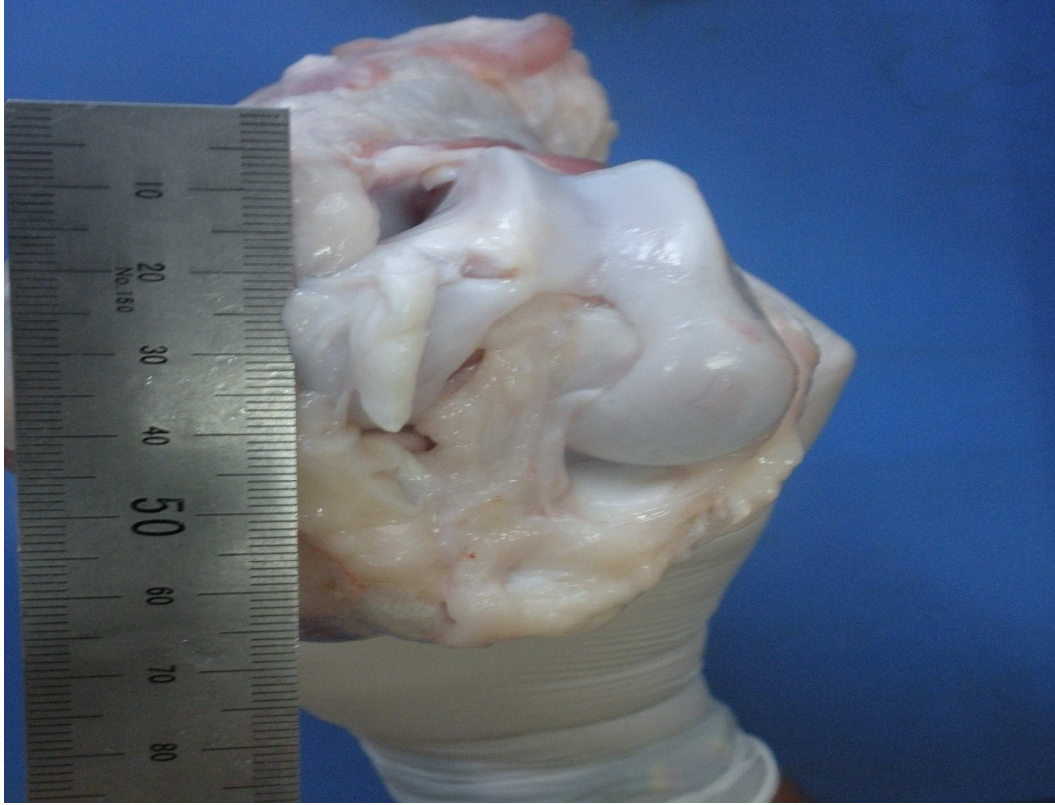
ÖRNEK	Fibroblast oranı	Vaskülarite Oranı	Kollagen-1 Lifi Oranı
A.DENEY/KONTROL	1,30	2,27	1,01
B.DENEY/KONTROL	1,16	1,84	2,09
C.DENEY/KONTROL	1,18	2,40	2,26
D.DENEY/KONTROL	1,40	3,01	2,07



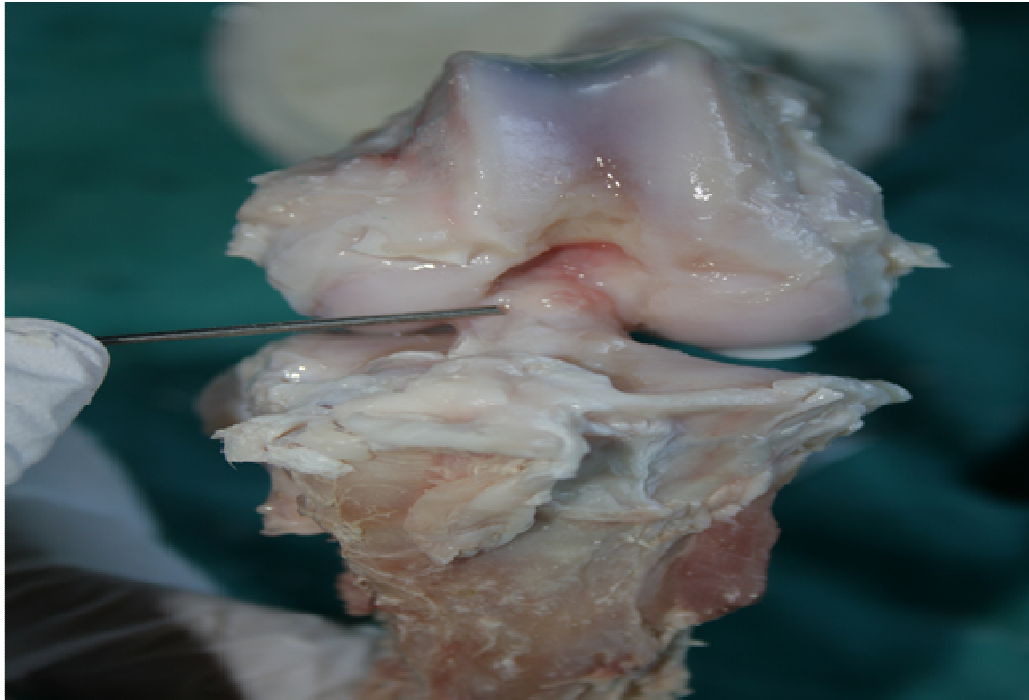
Şekil-56: Santral Defekt Yapılmış Bir Örnekte Defekt Bölgesinin Makroskopik Olarak Dolduğu Gözleniyor



Şekil-57: C Grubundan Bir Deney Dizinde Eklem İçi Yoğun İnflamasyon Düzensiz Sinovyal Kalınlaşmalar ve Artiküler Kıkırdak Hasarları



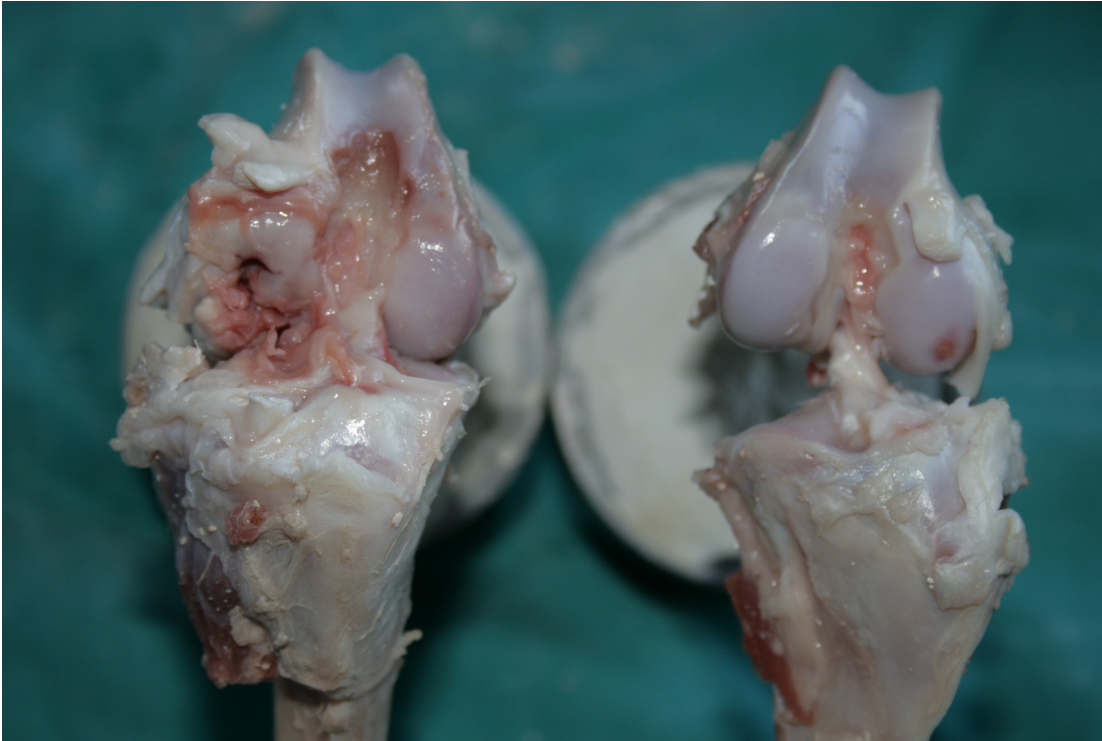
Şekil-58: D grubunda Tam ÖÇB Kesisi Sonrası EF İmmobilizasyonu Yapılmış Bir Diz Örneğinde Sınırları Belirli ve Bağa Füzyon Oluşturmuş Granülasyon Dokusunun Görüntüsü



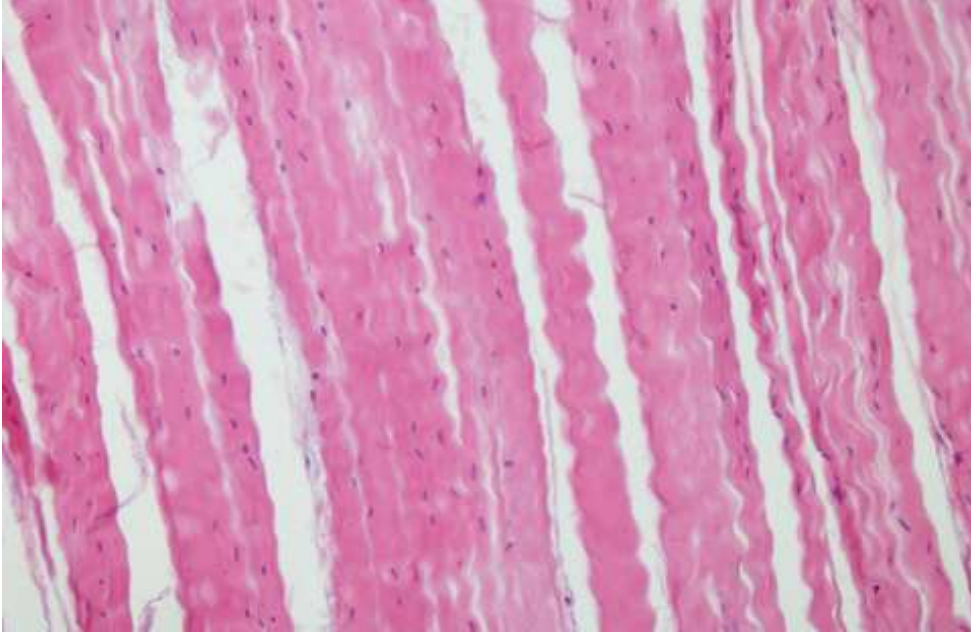
Şekil-59: Tam ÖÇB Kesisi Sonrası EF İmmobilizasyonu Yapılmış Bir Diz Örneğinde Sınırları Belirli ve Bağa Füzyon Oluşturmuş Granülasyon Dokusunun Görüntüsü



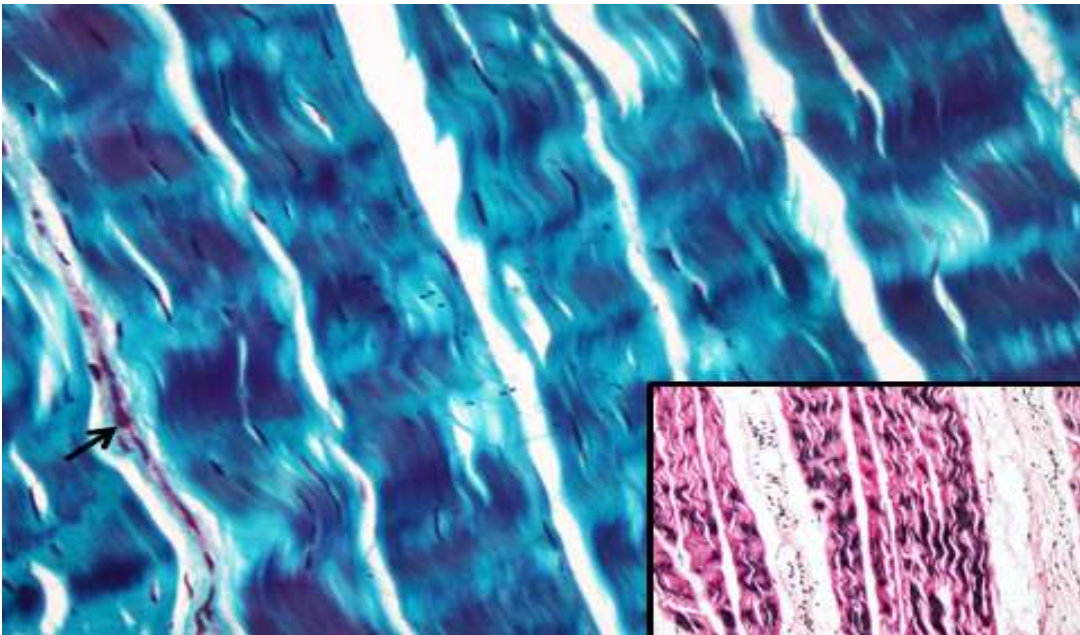
Şekil-60: Tam Kesi Ardından EF Uygulanmış Bir Örnekte ÖÇB dokusunda Granülasyon Dokusu İzlenmektedir. Diseksiyon Sırasında Yapılmış Olan Lezyondan Başka Kıkırdak Lezyonu İzlenmemiştir.



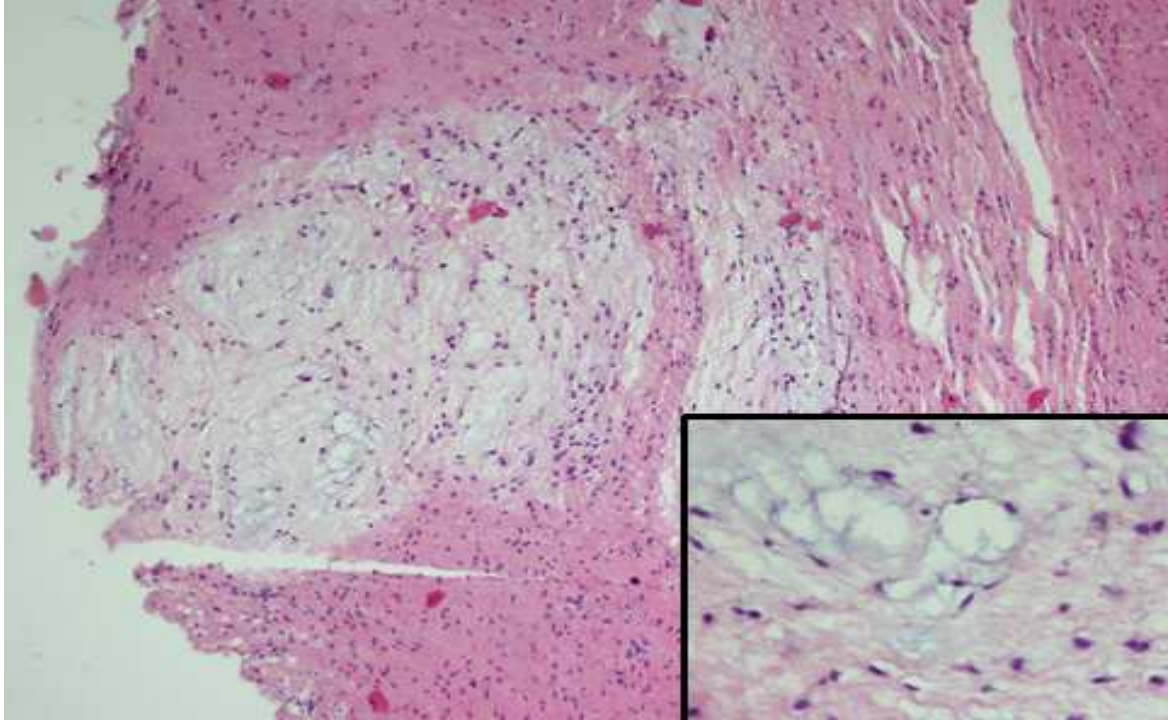
Şekil-61: Tam Yırtık ardından EF Uygulanmış Bir Örnekte ÖÇB' da Granülasyon Dokusu İzlenmesine Karşın Kondil ve Notchdaki Geniş Hasar



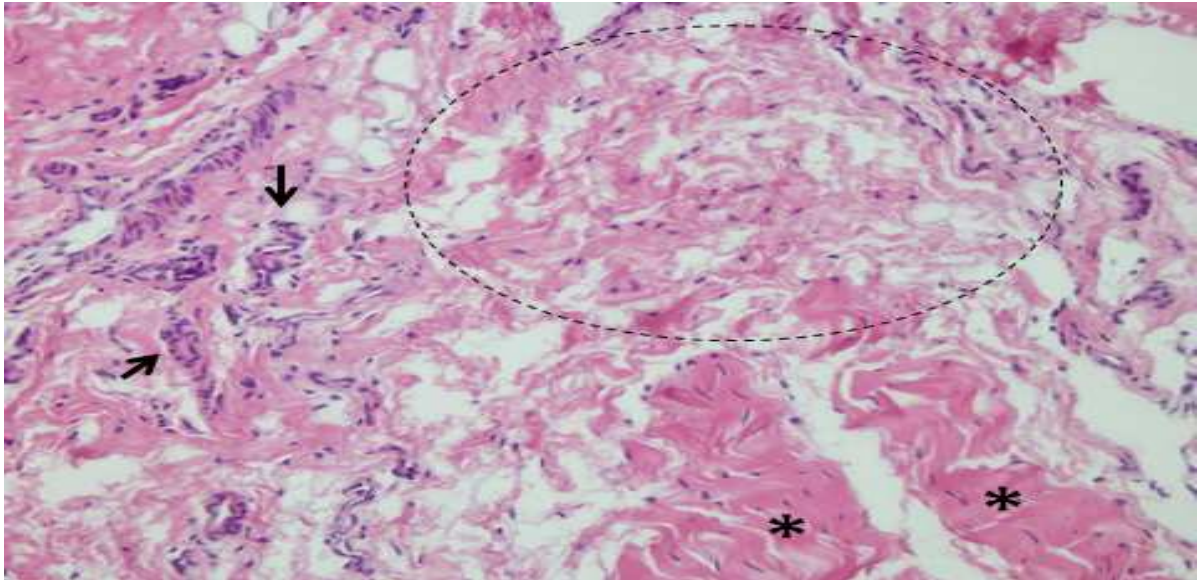
Şekil-62: Hasarlanmamış Ligamentin Görünümü. Kollajen Lifleri Düzenli, Bibirine Paralel (Hematoksilen&Eozin, x20)



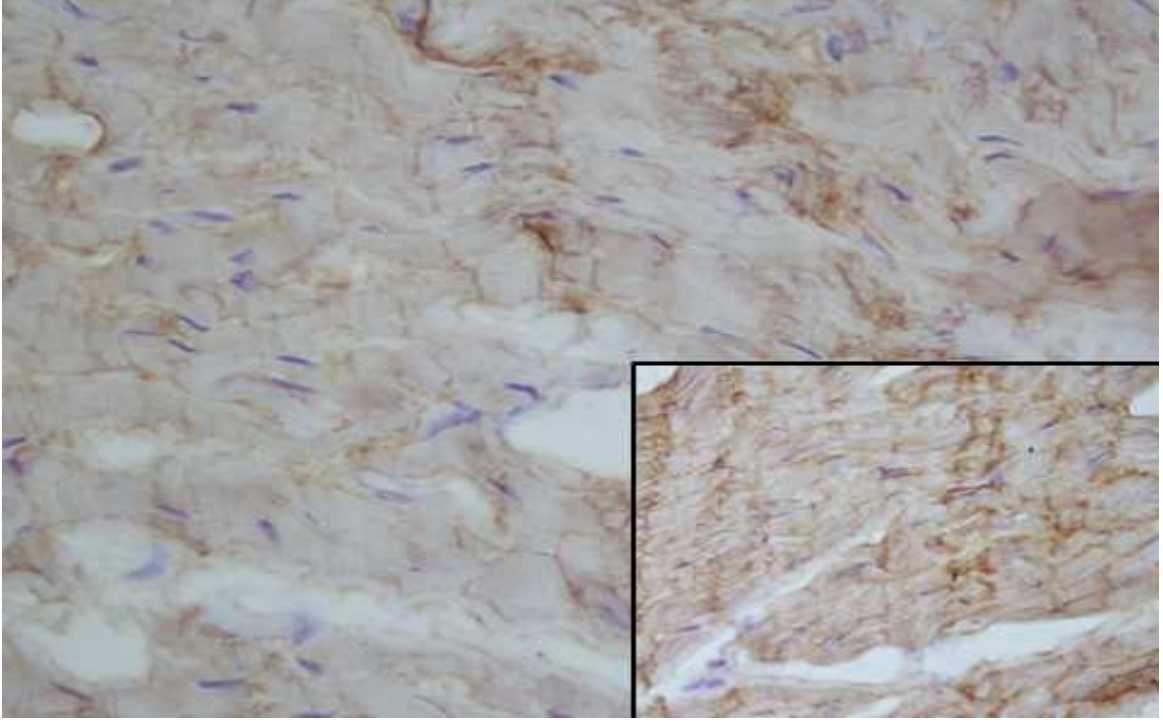
Şekil-63: Hasarlanmamış Ligamentin Görünümü. Kollajen lifleri Düzenli, Dibirine paralel. Arada seyrek Damar Yapıları Görülüyor (ok) (Masson Trikrom, x20). İç resim: Hasarlanmamış Ligamentte Elastik Lifler ve Damarlanma (Elastik Van Gieson, x20)



Şekil-64: İyileşmekte Olan Ligamentte Ödem ve Miksoid dejenerasyon (Hematoksilen&Eozin, x 10). İç resim: Miksoid Dejenerasyon alanı. Daha mavimsi ve Vakuoler Görünümüyle Dikkat Çekiyor (Hematoksilen&Eozin, x40)(B-C-D gruplarının deney dizilerindeki ÖÇB larında kesi-defekt bölgesinde rastlanmıştır.



Şekil-65: Fibrozis ve Damarlanma Artışı (oklar). Sağlam Ligament bölümü (*) (Hematoksilen&Eozin, x10) Defekt Bölgesinin Dolumu.



Şekil-66: Hasarlanmamış Ligamentte Kollagen Tip-1 boyalı Lif Yoğunluğu (Anticollagen-1, x40). İç resim: İyileşmekte Olan Ligamentte Artmış Kollagen-1 Boyalı lif Yoğunluğu (Anticollagen-1, x40).

4.2- BİYOMEKANİK TEST VERİLERİ:

Tüm grupların (4'er denek) deney ve kontrol dizlerinin ATT testinde **ORTALAMA ANTERİÖR TİBİAL TRANSLASYON (ATT)** değerleri, Tensil Koparma Testlerinde **MAKSİMUM TENSİL KUVVET, MAKSİMUM ELONGASYON, STİFFNESS, KOPMA LOKALİZASYONLARI** değerlendirildi.

ATT Testi Verileri:

Çizelge-12: A Grubu ATT Değerleri

Denek	Deney Diz ATT	Kontrol Diz ATT
A-1	6,4117	0,8788
A-2	4,1572	2,8145
A-4	3,1554	5,907
A-5	3,3138	4,4311

A-3 PATOLOJİK İNCELEMeye ALINMIŞTIR.

Çizelge-13: B Grubu ATT Değerleri

Denek	Deney Diz ATT	Kontrol Diz ATT
B-2	2,613	4,4991
B-3	3,4019	2,1616
B-4	3,1074	1,9328
B-5	3,2669	2,9025

B-1 PATOLOJİK İNCELEMeye ALINMIŞTIR.

Çizelge-14: C Grubu ATT Değerleri

Denek	Deney Diz ATT	Kontrol Diz ATT
C-1	4,1568	2,7691
C-2	7,2237	1,2934
C-3	1,648	1,9278
C-5	1,1863	4,7991

C-4 PATOLOJİK İNCELEMeye ALINMIŞTIR.

Çizelge-15: D Grubu ATT Değerleri:

Denek	Deney Diz ATT	Kontrol Diz ATT
D-1	7,4164	1,9242
D-2	3,3979	0,818
D-3	2,3487	2,3544
D-5	3,1343	4,3542

D-4 PATOLOJİK İNCELEMeye ALINMIŞTIR.

Tensil Test Verileri:

Çizelge 16: A grubu tensil test verileri

A GRUBU VERİLERİ								
Denek	Maksimum Tensil Kuvvet (N)		Maksimum Elongasyon (MM)		Stiffness (N/M)		Kopma Yeri	
	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz
A-1	466,719	607,656	10,629	8,258	43909,963	73583,919	Distal Uç Bağ	Distal Uç Bağ
A-2	645,625	745,625	9,6295	7,202	67046,576	103530,27	Tibial Avulsiyon	Distal Uç Bağ
A-4	649,688	627,344	11,622	12,363	51901,566	50743,671	Femur Metafizler Kopma	Femur Metafizler Kopma
A-5	312,031	273,438	5,521	5,841	56517,116	46813,559	Tibial Avulsiyon	Tibial Avulsiyon

Çizelge 17: B grubu tensil test verileri

B GRUBU VERİLERİ								
Denek	Maksimum Tensil Kuvvet (N)		Maksimum Elongasyon (MM)		Stiffness (N/M)		Kopma Yeri	
	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz
B-2	465,313	500,938	5,379	7,535	86505,484	66481,486	Tibial Avulsiyon	Tibial Avulsiyon
B-3	790,625	717,813	8,079	8,802	97861,74	81551,125	Tibial Avulsiyon	Tibial Avulsiyon
B-4	525	580,469	8,355	5,235	62836,625	110882,33	Distal Uç Bağ	Distal Uç Bağ
B-5	418,438	527,344	5,634	6,608	74270,146	79803,874	Tibial Avulsiyon	Tibial Avulsiyon

Çizelge 18: C grubu tensil test verileri

C GRUBU VERİLERİ								
Denek	Maksimum Tensil Kuvvet (N)		Maksimum Elongasyon (MM)		Stiffness (N/M)		Kopma Yeri	
	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz
C-1	471,094	568,594	4,319	4,455	109074,79	127630,53	Midsubstance	Tibial Avulsiyon
C-2	309,531	317,656	6,527	6,738	47423,165	46934,988	Tibial Avulsiyon	Tibial Avulsiyon
C-3	345,156	432,969	6,208	5,879	55598,582	73646,709	Distal Uç Bağ	Distal Uç Bağ
C-5	373,594	964,063	8,246	12,419	45306,088	77628,807	Distal Uç Bağ	Distal Uç Bağ

Çizelge 19: D grubu tensil test verileri

D GRUBU VERİLERİ								
Denek	Maksimum Tensil Kuvvet (N)		Maksimum Elongasyon (MM)		Stiffness (N/M)		Kopma Yeri	
	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz	Deney Diz	Kontrol Diz
D-1	489,844	826,875	5,891	8,822	83151,248	93728,746	Distal Uç Bağ	Tibial Avulsiyon
D-2	336,875	1032,66	4,885	9,246	68961,105	111687,22	Midsubstance	Tibial Avulsiyon
D-3	163,281	692,969	11,319	7,391	14425,391	93758,49	Distal Uç Bağ	Tibial Avulsiyon
D-5	172,813	338,281	2,672	5,258	64675,524	64336,44	Midsubstance	Distal Uç Bağ

4.3- BİYOMEKANİK TEST VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZLERİ:

Biyomekanik test bulgularının değerlendirilmesinde non-parametrik testler kullanıldı. Tüm grupların karşılaştırılmasında **Kruskal-Wallis Testi**, iki grubun karşılaştırılmasında **Mann-Whitney U Testi**, grupların kendi içinde deney-kontrol diz karşılaştırılması **Wilcoxon Testi** kullanılarak yapıldı.

ATT Testi Analizleri:

- 1- **Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasının etkisini incelemeye yönelik olarak** A (fat-pad korunan) ve B (fat pad eksize edilen) **gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin** karşılaştırılmasında Wilcoxon Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (pA: 0,715 - pB: 0,715).
- 2- Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanma modelinde **infra-patellar yağ yastıkçığı eksizyonunun** etkisini araştırmaya yönelik; A (Fat- pad korunan), ve B (Fat pad eksize edilen) gruplarının **opere edilen dizlerinin** karşılaştırılmasında Mann-Whitney U Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p: 0,149).
- 3- **Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB kesisinin etkisini** incelemeye yönelik olarak C (tam kesi), D (tam kesi ve fiksator) **gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin** karşılaştırılmasında Wilcoxon Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,715- pD: 0,465).
- 4- **Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB yaralanmasında Eksternal Fiksator İmmobilizasyonun etkisini** araştırmaya yönelik olarak C (tam kesi), ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının **opere edilen dizlerinin** karşılaştırılmasında Mann-Whitney U Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p: 0,564).
- 5- **Tüm grupların opere edilen dizlerinin** incelenmesinde Kruskal-Wallis Testi ile istatistiksel anlamlı fark saptanmamıştır (p: 0,687).
- 6- **Tüm grupların kontrol dizlerinin** karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis Testi ile istatistiksel anlamlı fark saptanmamıştır (p: 0,647).

Tensil Test Analizleri:

1- Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasında fat-pad dokusu eksizyonun Femur-ÖÇB-Tibia Sisteminin tensil özellikleri üzerine etkisini incelemeye yönelik olarak A (fat-pad korunan) ve B (fat-pad eksize edilen) **gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin** Wilcoxon Testi ile karşılaştırılmasında:

- Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pA: 0,465- pB: 0,465).
- Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pA: 0,465- pB: 0,715).
- Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pA: 0,465- pB: 1,0).

2- Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasında fat-pad dokusu eksizyonun Femur-ÖÇB-Tibia Sisteminin tensil özellikleri üzerine etkisini incelemeye yönelik olarak A (fat-pad korunan) ve B (fat-pad eksize edilen) gruplarının **opere edilen dizlerinin** Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılmasında:

- Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 1,0).
- Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,149).
- **Stiffness** değerleri arasında istatistiksel **anlamlı fark saptandı (p: 0,043).**

3- Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB kesisinin etkilerini incelemeye yönelik olarak C (tam kesi) ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının **kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin** Wilcoxon Testi ile karşılaştırılmasında:

- Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,068- pD: 0,068).
- Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,465,- pD: 0, 465).
- Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,144- pD: 0,144).

4- Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB yaralanmasında Eksternal Fiksator İmmobilizasyonun etkisini araştırmaya yönelik olarak C (tam kesi), ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının opere edilen dizlerinin Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılmasında:

- Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,386).
- Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,564).
- Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,773).

5- Tüm grupların opere edilen dizlerinin Kruskal-Wallis Testi ile karşılaştırılmasında:

- Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,159).
- Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,378).
- Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,277).

6- Tüm grupların kontrol dizlerinin Kruskal-Wallis Testi ile karşılaştırılmasında:

- Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,657).
- Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,824).
- Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,526)

5-TARTIŞMA:

İlk çalışmamızda eklem içi bir yapı olan ve primer iyileşme, primer tamir süreci eksiklikler içeren ÖÇB’ da bu süreçleri incelemek için geliştirilmiş olan santral defekt tarzı yaralanmayı konu edinmiştik.

Martha M. Murray, Kurt P. Spindler ve arkadaşları eklem içi bir yapı olan ve primer iyileşme süreci eklem dışı yapılara göre belirgin eksiklikler içeren ÖÇB’ da santral defekt modelini standardize etmeye çalışmışlardır. Değişik ölçülerdeki mikro bıçaklar ile oluşturdukları defektleri kontrollerle karşılaştırdıklarında 3,5 mmlik mikrobıçak ile yapılan ve bağın %50’ sini geçmeyen genişlikteki defektlerin kontrollerin %60’ ı oranında tensil güce ulaştığını belirtmişlerdir. Sonrasındaki ardıl çalışmalarında standardize ettikleri santral defektin 3. ve 6. hafta sonundaki değerlendirmelerinde tensil test parametrelerinde kontrollere göre anlamlı fark bulamamışlardır. Sonuç olarak da geliştirdikleri modelin biyomekanik olarak stabil olduğunu vurgulamışlardır [110]. Kopma lokalizasyonu olarak; defekt uygulanmış bir dizin defekt bölgesinden, diğer tüm örneklerin ise kemik tendon bileşkelerinden koptuğunu belirtmişlerdir.

Martha M. Murray, Kurt P. Spindler ve arkadaşları başka bir çalışmada geliştirdikleri santral defekt modeli üzerinde plateletten zengin plasmanın (PRP) etkisini incelemişlerdir. PRP uygulamasıyla santral defektin 3. ve 6. hafta sonunda histopatolojik ve biyomekanik iyileşmesinin arttırıldığını savunmuşlardır [72]. Aynı ekip bir başka çalışmada ÖÇB santral defekt modeli ve PRP’yi kullanarak ÖÇB, Patellar Tendon, İç Yan Bağ’ın iyileşme süreçlerini karşılaştırmışlardır [73]. Değerlendirme ölçütü olarak yine immunohistokimyasal ve tensil test verilerini kullanmışlardır.

Santral defekt deneyimizde bu araştırmacılar gibi bağın primer iyileşme sürecini ve santral defektin stabilitesini incelemeyi hedefledik. ÖÇB iyileşme süreci eksiklikler içermektedir. Bu konuda vasküler, biyokimyasal, biyomekanik unsurlardan şüphelenilmektedir.

ÖÇB beslenmesi başlıca orta geniküler arter dallarınca oluşuyurulan periligamentöz pleksus tarafından sağlanır. Bununla birlikte inferior geniküler arterden fat-pad dokusu aracılığıyla gelen bir kaynağın da olduğu perfüzyon çalışmalarıyla gösterilmiştir. Arnoczky S. ve arkadaşları köpekler üzerinde yaptıkları deneysel çalışmada; parsiyel ÖÇB yaralanması oluşturmuş ve bu yaralanma bölgesinin ve tüm bağın dolaşımının periligamentöz sinovya ve

fat pad dokuları eksize edildiğinde azaldığını saptamışlardır [5]. Janet Dunlap ve ark. ÖÇB perfüzyonu üzerine yaptıkları deneysel çalışmada infra-patellar fat-pad dokusu hasarlanması sonrası perfüzyonun yarıya indiğini göstermişlerdir. Aynı çalışmada Anterior Tibial Translasyon ve sinovya eksizyonunun da ÖÇB perfüzyonunu etkilediğine değinilmiştir [29]. Biz deneyimizde stabil bir model olduğu savunulan santral defekt modelinin iyileşmesine etki edebilecek bir unsur olarak fat-pad dokusu eksizyonunu uyguladık. Çalışmalarda belirtildiği gibi infra-patellar fat-pad dokusu ÖÇB dolaşımına katkı sağlamaktadır. Bu dokunun eksizyonu ÖÇB iyileşmesi üzerine etki edebilirdi.

Santral defekt modeli çalışmalarında cerrahi teknikte fat-padin etkisi incelenmemiştir. Biyomekanik değerlendirmede Femur-ÖÇB-Tibia sisteminin tensil testleri yapılmış; maksimum yük, enerji, stiffness ve kopma lokalizasyonları incelenmiştir. Bizim çalışmamızda ise yalnız tensil testler değil aynı zamanda Anterior Tibial Translasyon testi ile eklem stabilitesi de değerlendirilmiştir.

ATT Testi değerlendirmelerinde; Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasının etkisini incelemeye yönelik olarak; A (fat-pad korunan) ve B (fat pad eksize edilen) gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin karşılaştırdık. Wilcoxon Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptamadık (pA: 0,715 - pB: 0,715). Bu veriyi 12 hafta sonunda bu modelin diz eklemi A-P stabilitesini etkilemediği yönünde yorumluyoruz.

Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanma modelinde infra-patellar yağ yastıkçığı eksizyonunun etkisini araştırmaya yönelik; A (Fat- pad korunan), ve B (Fat pad eksize edilen) gruplarının opere edilen dizlerini Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırdık. İstatistiksel olarak anlamlı fark saptamadık (p: 0,149). Bu veriyi fat-pad eksizyonunun santral defek modelinde A-P stabiliteyi etkilemediği yönünde yorumluyoruz.

Tensil test verileri değerlendirmelerinde; santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasında fat-pad dokusu eksizyonunun Femur-ÖÇB-Tibia Sisteminin tensil özellikleri üzerine etkisini incelemeye yönelik olarak A (fat-pad korunan) ve B (fat-pad eksize edilen) gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin Wilcoxon Testi ile karşılaştırılmasında Maksimum Tensil Kuvvet, Maksimum Elongasyon, Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı. Bu verileri Santral defekt modelinin Femur-ÖÇB-Tibia sisteminin tensil özelliklerini değiştirmedeği yönünde yorumluyoruz.

Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasında fat-pad dokusu eksizyonun Femur-ÖÇB- Tibia Sisteminin tensil özellikleri üzerine etkisini incelemeye yönelik olarak A (fat-pad korunan) ve B (fat-pad eksize edilen) gruplarının opere edilen dizlerinin Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılmasında: Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptandı (p: 0,043). Fat-pad dokusu eksize edilerek oluşturulan santral defekt modeli örneklerindeki sistemlerde dayandıkları tensil yüklerin yüksek oluşu ve bu yük altında daha az deformasyona uğramaları bu veriyi çıkarmıştır.

Kopma lokalizasyonlarında hiçbir örnekte defekt bölgesini içeren orta hat bağdan kopma olmamıştır. Kopmalar genelde tibial avulsiyon şeklinde ya da bağın distal kısmından olmuştur. Bu durumun; deney hayvanlarımızın adölesan çağda olması ve santral defekt bölgesinin iyileştikten sonra tüm bağın remodelasyon sürecine girmesi nedeniyle olduğu görüşündeyiz. Böylece deney dizlerde santral defekt bölgesi iyileştikten sonra kontrol dizlerde ve genç bireylerde görüldüğü gibi kopmalar kaydedilmiştir. Bir denekte ise hem deney hem kontrol örnekte kopma femur epifizo-metafizler bileşkeden olmuştur. Bu durum distal femoral epifizin kapanmamış olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Histopatolojik incelemede fat-pad dokusu eksize edilerek yapılan santral defekt tipi ÖÇB parsiyel yaralanması, fat pad eksize edilmeden yapılan grupla karşılaştırıldığında belirtilen süre sonunda makroskobik olarak her iki grupta da **tam dolma** izlenmiştir. Sellülarite verilerinde deney dizlerin kontrollere oranlarında fark bulunmamaktadır. Fat pad eksize edilen örnekte ödem, fibrozis ve mukoid dejenerasyon gibi bulgular gözlenirken fat pad dokusu korunan örnekte iyileşme olağan gerçekleşmiştir. En fazla damar kesiti fat-pad çıkarılarak santral defekt oluşturulmuş örnekte görülmüştür. İmmunohistokimya çalışmasında fat pad eksize edilen grupta defekt bölgesinde daha fazla kollagen-1 boyanan lif saptanmıştır. Deney ve kontrol dizlerin hiçbirinde eklem kıkırdağı lezyonu saptanmamıştır. Histopatolojik değerlendirmelerin birer denekte olması çok kapsamlı yorumlar yapmamıza engel olsada santral defektin tamamen dolmasıyla iyileşme potansiyelinin bulunduğunu görerek önceki çalışmalarla uyuştuğumuz fikrini doğrumuştur. Biyomekanik testlerde; uyguladığımız santral defekt modelinin diz eklemi biyomekaniğini değiştirmedeği sonucunu hiçbir örnekte eklem kıkırdağı lezyonu görülmemesiyle bağdaştırabiliriz.

Sonuç olarak santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasının iyileşmesi 10 hafta sonunda makroskobik olarak tamamen kapanmıştır. Santral defekt uygulaması ile eklem ve bağ biyomekaniğine belirgin bir etki oluşturulmamıştır. Bu santral defektin biyomekanik

stabilitesini literatürle benzer şekilde desteklemektedir. Santral defekt bölgesinin mikroskobik iyileşmesi fat-pad korunduğu zaman daha olağan olmakta ve sorun içermemektedir. Fat pad eksizyonu iyileşme sürecinde ödem, fibrozis, mukoid dejenerasyon gibi olaylara sebebiyet vermektedir. Fat-pad eksizyonu santral defekt bölgesinde daha fazla kollagen-1 ile boyanan lif saptamamızı sağlamış; bu durumda tensil özelliklerden stiffness değerinin anlamlı yüksek çıkmasına yol açmış olabileceği görüşündeyiz. Fat pad dokusu ÖÇB dolaşımı yanı sıra sentez olaylarına da yön veren biyokimyasal özellikler de içeriyor olabilir. Bu konu üzerinde daha fazla sayıda denekle araştırmalar yapılması faydalı olacaktır.

Unstabil ve total kesi modelleri genelde rekonstrüksiyon ve primer tamir deneylerinde tercih edilmiştir. Biz temel hedef olarak ÖÇB primer iyileşme sürecini incelemeyi almıştık. Bu yüzden rekonstrüksiyon ve primer tamir dışındaki bir müdahale ile ÖÇB primer iyileşmesinin mümkün olup olamayacağını inceledik. Tam ÖÇB kesisi sonrası oluşan instabilitenin ÖÇB iyileşmesini bozduğu görüşündeyiz. Janet Dunlap ve ark. ÖÇB perfüzyonu üzerine yaptıkları deneysel çalışmada Anterior Tibial kayma yaratıldığında ÖÇB dolaşımının bozulduğunu kaymanın kaldırıldığında ise normalize olduğunu göstermişlerdir. Biz de tam kesi sonrasında oluşan A-P instabilitenin Eksternal Fiksator İmmobilizasyonu ile giderilmesinin ÖÇB primer iyileşmesini mümkün kılıp kılmayacağını araştırdık. Fikirler doğrultusunda daha önce yapılan deneysel çalışmalarda;

H. Roth ve arkadaşları keçiler üzerinde yaptıkları çalışmada ÖÇB total kesisi sonrası rekonstrüksiyon uygulamışlardır. Rekonstrüksiyon uygulanan deneklerde post-op eksternal fiksatorle immobilizasyon yapıldığında ciddi patellar kırık lezyonları saptamışlardır [100].

J T. Muneta ve arkadaşları tavşanlar üzerinde yaptıkları çalışmada ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası 4 hafta immobilizasyon ile sınırlı hareket verme uygulamaları arasında biyomekanik açıdan anlamlı fark saptamamışlardır [82].

O'Donoghue ve arkadaşları köpekler üzerinde yaptıkları çalışmada [88] ÖÇB parsiyel kesileri sonrası steinmann pinleri ve alçılama ile yaptıkları immobilizasyon uygulaması sonrası kesi bölgesinin iyileşme sürecine girdiğini ancak 10 hafta sonunda tam olarak dolmadığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada total kesi-immobilizasyon sonrası ÖÇB kesik uçları arasında füzyon olmadığını (1-2-4-6-8-10 hft intervallerinde), mikroskobik olarak bağda atrofik değişiklikler olduğunu görmüşlerdir. Biyomekanik değerlendirmede manuel A-P instabilite tespiti yapmışlar ve total kesilerde ciddi instabilite kayıtları etmişlerdir. Çalışmanın

başka bir bölümünde total transeksiyon sonrasında sutur tamiri ve immobilizasyonun etkileri incelenmiştir. Sütür tamiri ve immobilizasyon ile makroskobik granülasyon dokusu gözlemlenmiştir. Sütür tamiri yapılan dizlerdeki immobilizasyon süreleri karşılaştırıldığında net bir tensil veri çıkaramamışlardır. Çalışmalarında net şekilde vurguladıkları fikir ise ÖÇB total kesilerinin ancak kesik uçlar arasında apozisyon sağlanmasıyla mümkün olabileceğidir.

Bizim çalışmamızda ATT Testi değerlendirmelerinde; uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB kesisinin etkisini incelemeye yönelik olarak C (tam kesi), D (tam kesi ve fiksator) gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin karşılaştırılmasında Wilcoxon Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. (pC: 0,715- pD: 0,465). Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB yaralanmasında Eksternal Fiksator Immobilizasyonun etkisini araştırmaya yönelik olarak C (tam kesi), ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının opere edilen dizlerinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p: 0,564).

Tensil test verileri değerlendirmelerinde; uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB kesisinin etkilerini incelemeye yönelik olarak C (tam kesi) ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin Wilcoxon Testi ile karşılaştırılmasında; Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,068- pD: 0,068). Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,465,- pD: 0, 465). Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,144- pD: 0,144).

Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB yaralanmasında Eksternal Fiksator Immobilizasyonun etkisini araştırmaya yönelik olarak C (tam kesi), ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının opere edilen dizlerinin Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılmasında; Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,386). Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,564). Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,773).

Kopma lokalizasyonlarında kesi hattının güçsüzlüğü ile oluşabilecek midsubstance kopmalarla beraber tibial avulsiyonlar ve distal bölgeden kopmalar da kaydedilmiştir. Granülasyon dokusu gözlenen örneklerde kesi bölgesi dışı kopma türleri ÖÇB’ın remodelasyon sürecine girmiş olabileceğini düşündürmektedir. Granülasyon dokusu

gözlenmeyen örneklerde ise farklı bölgelere yapışan kesi uçlarının farklı özellikler göstererek; değişik şekillerdeki kopmaları ortaya çıkarmış olabileceği görüşündeyiz.

ÖÇB da ‘z plasti’ şeklinde total kesi ve elongasyon yaralanması üzerinde eksternal fiksator ile immobilizasyon uygulaması yaptığımız ikinci deneyimizde; eksternal fiksator uygulanan dizlerde ÖÇB da füzyon oluşturan bir granülasyon dokusuyla karşılaşırken, immobilize edilmemiş grupta böyle bir makroskobik görüntüye rastlamadık. Her iki grupta da eklem kıkırdağında lezyonlar saptadık. Mikroskobik-immunohistokimyasal incelemelerde belirgin bir fark saptamadık. Biyomekanik incelemelerde her iki grubun birbiriyle ve kendi kontrolleriyle karşılaştırılmasında anlamlı bir fark saptamadık.

Sonuç olarak ‘z plasti’ tipi total ÖÇB yaralanmasında EF uygulamasının güdük uçlarının apozisyonda kalmasına yardımcı olarak makroskobik füzyonu sağladığı ancak bunun biyomekanik açıdan fark yaratmadığı görüşündeyiz. EF uygulaması tam kesi sonunda oluşan A-P instabiliteyi engelleyerek kesi uçları arasında apozisyona yardımcı olmuş olabilir. Ancak bu uygulama bile ÖÇB tam kesisiyle ortaya çıkan çok yönlü instabiliteyi tam olarak önleyemeyip eklem kıkırdağı harabiyeti gözlenen örneklerle karşılaşmamızı neden olmuştur. Total kesi iyileşme potansiyelinin; kesi uçlarının apozisyonunu sağlayabilecek başka tekniklerle (örn: sütur tamiri, PRP) beraber uygulandığı çalışmalarla daha iyi anlaşılabilceği görüşündeyiz.

Çalışmamız bazı eksiklikler içermektedir. Değerlendirme ölçütü olarak başlıca biyomekanik testleri almamız ve denek sayımızın sınırlı oluşundan dolayı her gruptan sadece birer deneği histopatolojik değerlendirmeye alabildik. İyileşme sürecini ilgilendiren deneysel çalışmalarda histopatolojik değerlendirmelerin değişik zaman intervallerinde ve daha fazla örnekte yapılması daha önemli bilgiler verebilir. Eksternal fiksator uygulaması etkilerinin değişik zaman intervallerinde yapılması da daha fazla bilgi verebilirdi.

Çalışmamızda daha önceki çalışmalardan farklı unsurlar mevcuttur. Santral defektin iyileşme sürecinde fat-pad dokusunun incelenmesi önemli bir farklılıktır. Bu perfüzyon çalışmaları dışında yapılmamıştır. Yine santral defektin stabilitesinin araştırılmasında ATT uygulaması daha önce yapılmamıştır. Santral defektin eklem A-P stabilitesini değiştirmede sonucunu çıkarmış olmamız bu model üzerine önemli bir katkı sağlamıştır. Uyguladığımız tam kesi yöntemi sıkça uygulanan transvers kesi değildir. Bu modelde EF ile kesi uçları arasında apozisyon sağlanarak makroskobik granülasyon dokusu oluşumu görülmüştür.

6. SONUÇLAR:

1- Keçi diğer denek türleriyle ve insanla yapılan karşılaştırmalı çalışmalar sonrası **ÖÇB ve eklem kıkırdağına yönelik deneysel araştırmalarda önerilen türlerden biridir. Yeterli bakım şartları ve deneyimli veteriner hekim desteğinde özellikle biyomekanik araştırmalarda tercih edilmelidir.**

2- Deneysel çalışmalarda kullanılan ÖÇB yaralanma modelleri tam olarak standardize olamamıştır. **ÖÇB yaralanma mekanizmalarını ve yetmezliğinde oluşan biyomekanik süreçleri tümüyle kurgulayan ve değerlendirilebilen bir model tasarlanamamıştır.**

3- Santral defekt tarzı parsiyel ÖÇB modeli primer histolojik iyileşmesi mümkün bir modeldir. Histopatolojik incelemede fat-pad dokusu eksize edilerek yapılan santral defekt tipi ÖÇB parsiyel yaralanması, fat pad eksize edilmeden yapılan grupla karşılaştırıldığında belirtilen süre sonunda makroskobik olarak **her iki grupta da tam dolma izlenmiştir.** Santral defekt bölgesinin mikroskobik iyileşmesi fat-pad korunduğu zaman daha olağan olmakta ve sorun içermemektedir. **Fat pad eksizyonu iyileşme sürecinde ödem, fibrozis, mukoid dejenerasyon gibi olaylara sebebiyet vermektedir.**

4- Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasının etkisini incelemeye yönelik olarak; A (fat-pad korunan) ve B (fat pad eksize edilen) gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin ATT değerlerini karşılaştırdık. Wilcoxon Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptamadık (pA: 0,715 - pB: 0,715). **Bu veriyi 12 hafta sonunda bu modelin diz eklemi A-P stabilitesini etkilemediği yönünde yorumluyoruz.**

Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanma modelinde infra-patellar yağ yastıkçığı eksizyonunun etkisini araştırmaya yönelik; A (Fat- pad korunan), ve B (Fat pad eksize edilen) gruplarının opere edilen dizlerinin ATT değerlerini Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırdık. İstatistiksel olarak anlamlı fark saptamadık (p: 0,149). Bu veriyi fat-pad eksizyonun santral defek modelinde A-P stabiliteyi etkilemediği yönünde yorumluyoruz.

Santral defekt tarzı parsiyel ÖÇB yaralanması tensil özellikler ve A-P eklem stabilitesi yönünden stabil bir modeldir. ÖÇB yaralanmalarındaki biyomekanik olarak bozulan süreçleri tam olarak açıklayamaz.

Tensil test verileri değerlendirmelerinde; santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasında fat-pad dokusu eksizyonun Femur-ÖÇB-Tibia Sisteminin tensil özellikleri üzerine etkisini incelemeye yönelik olarak A (fat-pad korunan) ve B (fat-pad eksize edilen) gruplarının kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin Wilcoxon Testi ile karşılaştırılmasında Maksimum Tensil Kuvvet, Maksimum Elongasyon, Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı. Bu verileri Santral defekt modelinin Femur-ÖÇB-Tibia sisteminin tensil özelliklerini değiştirmediği yönünde yorumluyoruz.

Santral defekt tipi parsiyel ÖÇB yaralanmasında fat-pad dokusu eksizyonun Femur-ÖÇB- Tibia Sisteminin tensil özellikleri üzerine etkisini incelemeye yönelik olarak A (fat-pad korunan) ve B (fat-pad eksize edilen) gruplarının opere edilen dizlerinin Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılmasında: **Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptandı (p: 0,043).** Fat-pad dokusu eksize edilerek oluşturulan santral defekt modeli örneklerindeki sistemlerde dayandıkları tensil yüklerin yüksek oluşu ve bu yük altında daha az deformasyona uğramaları bu veriyi çıkarmıştır. **Fat-pad eksizyonu santral defekt bölgesinde daha fazla kollagen-1 ile boyanan lif saptamamızı sağlamış; bu durumunda tensil özelliklerden stifness değerinin anlamlı yüksek çıkmasına yol açmış olabileceği görüşündeyiz.** Fat pad dokusu ÖÇB dolaşımı yanı sıra sentez olaylarına da yön veren biyokimyasal özellikler de içeriıyor olabilir. Bu konu üzerinde daha fazla sayıda denekle araştırmalar yapılması faydalı olacaktır. Infrapatellar fat-pad dokusu ÖÇB dolaşımı ve iyileşme süreçlerinde rol oynayan bir yapıdır. **ÖÇB histolojik iyileşme süreçlerindeki etkisi daha fazla sayıda örnek içeren çalışmalarla araştırılmalıdır.**

5- Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB kesisinin etkisini incelemeye yönelik olarak C (tam kesi), D (tam kesi ve fiksatör) gruplarının ATT değerlerinin kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin karşılaştırılmasında Wilcoxon Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,715- pD: 0,465).

Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB yaralanmasında Eksternal Fiksator İmmobilizasyonun etkisini araştırmaya yönelik olarak C (tam kesi), ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının opere edilen dizlerinin ATT değerlerinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U Testi ile istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p: 0,564).

Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB kesisinin etkilerini incelemeye yönelik olarak C (tam kesi) ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının tensil test verilerinin kendi içlerinde deney-kontrol dizlerinin Wilcoxon Testi ile karşılaştırılmasında:

- Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,068- pD: 0,068).
- Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,465,- pD: 0, 465).
- Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (pC: 0,144- pD: 0,144).

Uyguladığımız ‘z plasti’ şeklindeki tam ÖÇB yaralanmasında Eksternal Fiksator İmmobilizasyonun etkisini araştırmaya yönelik olarak C (tam kesi), ve D (tam kesi ve fiksator) gruplarının opere edilen dizlerinin tensil test verilerinin Mann-Whitney U Testi ile karşılaştırılmasında:

- Maksimum Tensil Kuvvet değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,386).
- Maksimum Elongasyon değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,564).
- Stiffness değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmadı (p: 0,773).

Tam kesi sonrasında kesi uçlarının eksternal fiksasyon ile apozisyonda kalması makroskobik bir granülasyon-tamir dokusu oluştursada biyomekanik açıdan bir fark yaratmamaktadır.

Tam ÖÇB kesileri çok yönlü bir instabilite yaratarak eklem kıkırdağında ciddi hasarlanmalara neden olabilir.

7. KAYNAKLAR

- 1- Abramowitch S D, Papageorgiou C D, Withrow J D, Gilbert T W, Woo S L-The effect of initial graft tension on the biomechanical properties of a healing ACL replacement graft: a study in goats- J Orthop Res 21(4) 708-714 Jul 2003
- 2- Abramowitch S D, Yagi M, Tsuda E, Woo S L –The healing medial collateral ligament following a combined anterior cruciate and medial collateral ligament injury- a biomechanical study in a goat model-J Orthop Res 21(6) 1124-1130 Nov-2003
- 3- Adachi N,Ochi M,Uchio Y,Iwasa J,Ryoke K, Kuriwaka M-Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense-Acta Orthop. Scand 73: 330-334-2002
- 4- Anderson D E, St Jean G-External skeletal fixation in ruminants-Vet Clic North Am Food Anim Pract Mar 12(1) 117-152 1996
- 5- Arnoczky S P,Rubin R M,Marshall J L-Microvasculature of the cruciate ligaments and its response to injury-Journal Bone. Joint Surg. 61-A:1221-1229,1979
- 6- Arnoczky S P, Tarvin G B, Marshall J L-ACL replacement using patellar tendon an evauation of graft revascularization in the dog-J Bone Joint Surg Am Feb:64(2) 217-224 1982
- 7- Arnoczky S P-Anatomy of the ACL –Clin Orthop. 172: 19-25 1983
- 8- Arnoczky S P-Blood supply to Anterior Cruciate ligament and supporting structures – Orthop. Clic. North Amer:vol16 No:1/15-28 1985
- 9- Atkinson T S, Atkinson P J, Mendenhall H V, Haut R C-Patellar tendon andinfrapatellar fat pad healing after harvest of an ACL graft-J Surg Res. 79(1) 25-30 Sep 1998
- 10- Attia E, Brown H, Henshaw R, George S, Hannafin J A-Patterns of gene expression in a rabbit partial anterior cruciate ligament transection model: the potential role of mechanical forces.-The Am J of Sports Med vol:38 no:2 2010

- 11- Bassam Moses, John Orchard, Jessica Orchard Systematic Review: Annual Incidence of ACL Injury and Surgery in Various Populations- Research in Sports Medicine: An International Journal, 20: 3-4, 157-179
- 12- Beye J A, Hart D A, Bray R C, McDougall J J, Salo P T-Injury –induced changes in mRNA levels differ widely between ACL and medial collateral ligament-Am J Sports Med Jul 36(7) 1337-1346 2008
- 13- Bicer E K,Lustig S.,Servien E,Tarık Ait Si Semli,Neyret P-Current knowledge in the anatomy of the human anterior cruciate ligament
- 14- Bilik A, Krticka M, Kvasnicka P- Traumatic haemarthrosis of the knee -- indication to acute arthroscopy.- Bratisl Lek Listy. 2012;113(4):243-5.
- 15- Blauth W (1984) Die zweizügige Ersatzplastik des vorderen Kreuzband der Quadricepssehne [2-strip substitution-plasty of the anterior cruciate ligament with the quadriceps tendon]. Unfallheilkunde 87: 45–51
- 16- Bonnet A (1853) Traite´ de therapeutique des maladies articulaires [Treatise on the treatment of joint diseases]. Baillie`re, Paris
- 17- Bray R C, Leonard C A, Salo P T-Vascular physiology and long term healing of partial ligament tears-J Orthop Res Sep 20(5) 984-989 2002
- 18- Bray R C, Leonard C A, Salo P T- Correlation of healing capacity with vascular response in the ACL and MCL of the rabbit.-J Orthop Res Nov:21(6) 1118-1123 2003
- 19- Buma P, Kok H J, Blankevoort L, Kuijpers W, Huiskes R, Van Kampen A- Augmentation in anterior cruciate ligament reconstruction –a histological and biomechanical study on goats-Int Orthop 28(2) 91-96 Apr-2004
- 20- Butler D L, Noyes F R, Grood E S,-Ligamentous Restraints to anterior-posterior drawer in human knee, A Biomechanical study-J Bone Joint Surg 62-A 259-270 Mar 1980
- 21- Chabra A,Elliott C,Miller M.D.-Normal anatomy and biomechanics of the knee-Sports Medicine and Arthroscopy 2001 9: 166-177

- 22- Chabra A,Starman J.S, Fertti M,Vidal A.F,Zantop T,Fu F.H-Anatomic, radiographic, biomechanical and kinematic evaluation of the anterior cruciate ligament and its two functional bundles-J.Bone Joint Surg Am.2006 Dec.88:suppl 4: 2-10
- 23- Cheng M, Johnson V M, Martha M Murray-Effects of age and platelet rich plasma on acl cell viability and coolagen expression-Journal of orthopaedic research jan-2012 79-85
- 24- Crelin,E.S:Development of the musculoskeletal system –Clic. Symp.33:1-36 1981
- 25- Cummings J F, Grood E S, Levy M S, Korvick D L, Wyatt R, Noyes F R-The effects of graft width and graft laxity on the outcome of caprine anterior cruciate ligament reconstruction-J Orthop Research 20(2) 338-345 Mar 2002
- 26- Cummings J F, Grood E S-The progression of anterior translation after –anterior cruciate ligament reconstruction in a caprine model-J Orthop. Research 20(5) 1003-1008 Sep 2002
- 27- DeHaven KE (1983) Arthroscopy in the diagnosis and management of the anterior cruciate ligament deficient knee. Clin Orthop Relat Res 172: 52–56
- 28- Drez D J, DeLee J, Holden J P, Arnoczky S, Noyes F R, Roberts T S,-ACL reconstruction using bone-patellar tendon-bone allografts a biomechanical and biological evaluation in goats-Am J Sports Med. 19(3) 256-263 May-Jun 1991
- 29- Dunlap J, McCarthy J A, Joyce M E, Ogata K, Shively R A-Quantification of the perfusion of the anterior cruciate ligament and the effects of stres and injury to supporting structures-Am. Journal Of Sports Med vol-17 no.6 808-810 1989
- 30- Duthon V B, Barea C, Abrassart S, Fasel J H, Fritschy D, Menetrey J- Anatomy of the anterior cruciate ligament- Knee Surg Sports Traumatol Arthroscop 14:204-213 2006
- 31- Edward H, Cabaud M D, -Biomechanics of anterior cruciate ligament-Clinical Orthopedics and Rel. REsearch JAN-Feb. 172: 26-31 1983
- 32- Falciglia F, Mastantoni G, Guzzanti V, -The effects of anterior cruciate ligament lesion on the articular cartilage of growing goats-Orthopedics 32(11) Nov:2009

- 33- Fan H, Liu H, Toh S L, Goh J CH, -Anterior cruciate ligament regeneration using mesenchymal stem cells and silk scaffold in large animal model.-Biomaterials 30-4967-4977 2009
- 34- Feder S M, Butler D L, Holden J P, -A technique for the evaluation of the contributions of knee structures to knee mechanics in the knee that has a reconstructed ACL-J Orthop Res.11(3) 448-451 May 1993
- 35- Ferretti M, Levicoff E A, MacPherson T A, Moreland M S, Cohen M, Fu F H-The fetal ACL:an anatomic and histologic study-Arthroscopy 23-1218-1225 2007
- 36- Fisher M B, Jung H J, McMahon P, Woo S L, -Suture Augmentation following ACL injury to restore the function of the ACL, MCL and medial meniscus in the goat stifle joint
- 37- Fisher M B, Jung H J, McMahon P J, Woo S L, -Evaluation of bone tunnel placement for suture augmentation of an injured anterior cruciate ligament: effects on joint stability in a goat model
- 38- Fleming B C, Abate J A, Peura G D, Beynon B D-The relationship between graft tensioning and the anterior-posterior laxity in the anterior cruciate ligament reconstructed goat knee-J orthop Research 19(5) 841-844 Sep 2001
- 39- Fleming B C, Carey J L, Spindler K P, Martha M Murray-Can suture repair of acl transection restore normal anteroposterior laxity of the knee an ex vivo study- Journal of orthopaedic research 26(11) 1500-1505 Nov 2008
- 40- Friedman MJ (1988) Arthroscopic semitendinosus (gracilis) reconstruction for anterior cruciate ligament deficiency. Tech Orthop 2: 74–8
- 41- Frosch K. H, D. Stengel, T. Brodhun et al. “Outcomes and risks of operative treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents,” Arthroscopy, vol. 26, no. 11, pp. 1539–1550, 2010
- 42- Fu F H, Harner C D, Johnson D L, Miler M D, Woo S L-Y-Biomechanics of knee ligaments: basic concepts and clinical application –J.Bone Joint Surg:75-A 1715-1727 1993

- 43- Galen C (1968) On the usefulness of parts of the body (trans: May MT). Cornell University Press, New York
- 44- Galeazzi R (1934) La ricostituzione dei ligamenti crociati del ginocchio [Reconstitution of the cruciate ligaments]. Atti e Memorie della Societa Lombarda di Chirurgica 13: 302–317
- 45- Georgoulis A D, Pappa L, Moebius U, Malamou-Mitsi, Pappa S, Papageorgiou C O, Agnantis N J, Soucacos P N-The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft-Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 9: 364- 368 2001
- 46- Girgis F, Marshall J.L, Monajem A.R.S-The cruciate ligaments of the knee joint: Clic. Orthop-106:216-231 :1975
- 47- Hardaker WT Jr, Garrett WE Jr, Bassett FH 3rd.- Evaluation of acute traumatic hemarthrosis of the knee joint-South Med J. 1990 Jun;83(6):640-4
- 48- Harner C D, Baek G H, Vogrin T M, Carlin G J, Kashiwaguchi S, Woo S L-Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions-Arthroscopy 15: 741-749 1999
- 49- Haus B M, Mastrangelo A N, Martha M Murray-Effect of ACL healing on the uninjured ligament insertion site- J Orthop Res Jan:30(1) 86-94 2012
- 50- Hefti F L, Kress A, Fasel J, Morscher E-Healing of the transected anterior cruciate ligament in the rabbit-The J Bone Joint Surg Vol 73-A Mar-1991
- 51- Hey Groves EW (1920) The crucial ligaments of the knee joint: their function, rupture and operative treatment of the same. Br J Surg 7: 505–515
- 52- Holden J P, Grood E S, Korvick D L, Cummings J F, Butler D L, Bylski –Austrow D I- In vivo forces in the anterior cruciate ligament: direct measurements during walking and trotting in a quadruped-J Biomechanics 27(5) 517-526 May 1994
- 53- Hoppenfeld S;Physical Examination of the Spine and Extremities 1976)

- 54- Jackson D W, Grood E S, Arnoczky S P, Butler D L, Simon T M-Freeze dried ACL allografts-preliminary studies in a goat model- Am J Sports Med Jun-Aug 15(4) 295-303 1987
- 55- Jackson D W, Grood E S, Arnoczky S P, Butler D L, Simon T M-Cruciate reconstruction using freeze dried ACL aallograft and a ligament augmantation device an experimental study in a goat model Am J Sports Med: Nov-Dec 15(6) 528-538 1987
- 56- Jones K G, Recontruction of the anterior cruciate ligament using the central one-third of the patellar ligament-J Bone Joint Surg Am 52: 838-839 1970
- 57- Joshi S M, Mastrangelo A, Magarian E M, Fleming B C, Martha M Murray-Collagen-platelet composite enhances biomechanical and histologic healing of the porcine anterior cruciate ligament-Am J Sports Med 37(12) 2401-2410 Dec 2009
- 58- Kennedy J. C, Winberg H.W, Wilson A.S: The Anatomy and function of the Anterior Cruciate Ligament –J. Bone Joint Surg. 56A:123-235,1974
- 59- Kilian M L, Isaac D I, Haut R C, Dejardin L M, Leetun D, Donahue Haut T L- Traumatic anterior cruciate ligament tear and its implications on meniscal degradation: a preliminary novel lapine osteoarthritis model-Journal of surgical reasearch 164;234-241 2010
- 60- Koche M. S., H. S. Saxon, W. D. Hovis, and R. J. Hawkins, Management and complications of anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients: survey of The Herodicus Society and The ACL Study Group,” Journal of Pediatric Orthopaedics, vol. 22, no. 4, pp. 452–457, 2002
- 61- Kondo E, Yasuda K, Yamanaka M, Minami A, Tohyama H-Biomechanical evaluation of a newly devised model for the elongation type anterior cruciate ligament injury with partial laceration and permanent elongation-Clinical Biomechanics 18:942-949 2003
- 62- Kondo E, Yasuda K, Yamanaka M, Minami A, Tohyama H-Effects of administration of exogenous growth factors on biomechanical properties of the elongation-type ACL injury with partial laceration-Am J Sports Med Feb 33(2) 188-196 2005

- 63- Lambert KL (1983) Vascularized patellar tendon graft with rigid internal fixation for anterior cruciate ligament insufficiency. Clin Orthop Relat Res 172: 85–89
- 64- Langer MK(1858) Das Kniegelenk des Menschen. Dritter Beitrag zur vergleichenden Anatomie und Mechanik der Gelenke. Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften 32: 99–142
- 65- Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. Am J Sports Med 2007; 35(10): 1756-69
- 66- Louboutin H, Debarge R, Richou J, et al. Osteoarthritis in patients with anterior cruciate ligament rupture: a review of risk factors. Knee 2009; 16(4): 239-44.
- 67- Lundberg W R, Lewiss J L, Smith J J, Lindquist C, Meglitsch T, Lew W D, Poff B C-In vivo forces during remodelling of a two segment ACL graft in a goat model-J Orthop Res Sep-15(5) 645-651 1997
- 68- MacIntosh DL, Tregonning RJ (1977) A follow-up study and eventuation of over-the-top repair of acute tears of the anterior cruciate ligament. In: Proceedings of the Canadian Orthopaedic Association. J Bone Jt Surg 59-B(Supp 1):505
- 69- Majewski M, Habelt Susanne, Klaus Steinbrück- Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year-- The Knee 13 (2006) 184 – 188
- 70- Mandeep S D, Bali K, Vasistha R K-Immunohistological evaluation of proprioceptive potential of the residual stump of injured anterior cruciate ligaments-International orthopaedics 34-737-741 2010
- 71- Marshall JL, Warren RF, Wickiewicz TL, Reider B (1979) The anterior cruciate ligament: a technique of repair and reconstruction. Clin Orthop Relat Res 143: 97–106
- 72- Martha M Murray, Spindler K P, Devin C, Snyder B S, Muller J, Takahashi M, Ballard P, Nanney L B, Zurakowski D-Use of a collagen – platelet rich plasma scaffold to stimulate healing of a central defect in the canine ACL- Journal of orthopaedic research Apr- 2006 820-830

- 73- Martha M Murray, Spindler K P, Ballard P, Welch T P, Zurakowski D, Nanney L B-Enhanced histologic repair in a central wound in the anterior cruciate ligament with a collagen –platelet rich plasma scaffold- Journal of orthopaedic research Aug.2007 1007-1017
- 74- Martha M Murray-Clic Sports Med Jan:28-1 51-61 2009- Current Status and potetial for primary acl repair
- 75- Martha M Murray, Palmer M P, Abreu E L, Spindler K P, Zurakowski D, Fleming B C-Platelet – rich plasma alone is not sufficient to enhance suture repair of the acl in skeletally immature animals: an in vivo study- Journal of orthopaedic research 27(5) 639-645 May 2009
- 76- Mayo Robson AW (1903) Ruptured crucial ligaments and their repair by operation. Ann Surg 37: 716–718
- 77- McDougall J J, Bray R C-Vascular volume determination of articular tissues in normal and anterior cruciate ligament deficient rabbit knees-Anat Rec. Jun 251(2) 207-213 1998
- 78- Merida –Velasco J A, Sanchez-Montesinos I, Espin-Ferra J, Merida-Velasco J R, Rodriguez-Vazquez J F, Jimenez-Collado J, -Development of the knee joint ligaments-Anat. Rec 248:259-268 1997
- 79- Miyasaka K C, Daniel D M, Stone M L-The incidence of knee ligament injuries in the general population-Am J Knee Surg. 4: 3-8 1991
- 80- Mochizuki T,Muneta T,Nagase T,Shirasawa S,Akita K.I,Sekiya I.-Cadaveric knee observation study for describing anatomic femoral tunnel placement for two bundle anterior cruciate ligament reconstructioArtroscopy 22: 356-361
- 81- Muller W:The Knee : Form,Function and Ligamentous Reconstruction 1983
- 82- Muneta T, Yamamoto H, Takakuda K, Sakai H, Furuya K-Effects of postoperative immobilization on the reconstructed anterior cruciate ligament-The Am J. Sports Med. Vol:21 No:2 305-313 1993

- 83- Musahl V, Abramowitch S D, Gabriel M T, Debski R E, Hertel P, Fu F H, Woo S L- Tensile properties of an anterior cruciate ligament graft after bone patellar-bone press fit fixation-Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy 11(2) 68-74 Mar-2003
- 84- Ng G Y, Oakes B, Deacon O W, McLean I D, Lampard D-Biomechanics of patellar tendon autograft for reconstruction of ACL in the goat: three year study-J Orthop Res Jul 13(4) 602-608 1995
- 85- Ng G Y, Oakes B W, McLean I D, Deacon O W, Lampard D-The long term biomechanical and viscoelastic performance of repairing ACL after hemitranssection injury in a goat model Am J Sports Med. 1996 Jan-Feb;24(1):109-17.
- 86- Odensen M, Gillquist J,-Functional anatomy of the ACL and a rationale for reconstruction-J Bone Joint Surg Am 67: 257-262 1985
- 87- O'Donoghue DH (1950) Surgical treatment of fresh injuries to the major ligaments of the knee. J Bone J Surg 32-A:721-738
- 88- O'Donoghue D H, Rockwood C A, Frank G R, Jack S C, Kenyon R-Repair of the anterior cruciate ligament in dogs-The journal of bone and joint surgery 48-A No:3 April 1966
- 89- Oster D M, Grood E S, Feder S M, Butler D L, Levy M S-Primary and couple motions in the intact and the ACL-deficient knee:an in vitro study in the goat model-J Orthop Res.10(4) 476-484 Jul 1992
- 90- Palmer M P, Abreu E L, Mastrangelo A, Martha M Murray-Injection temperature significantly affects in vitro and in vivo performance of collagen platelet scaffolds-Journal of orthopaedic research 27(7) 964-971 JULY 2009
- 91- Pandy M G, Kumar V, Berme N, Waldron K J-The Dynamics of quadrupedal locomotion- Biomechanic Eng. Aug 110(3) 230-237 1988
- 92- Perthes G (1926) U"ber die Wiederbefestigung des abgerissenen vorderen Kreuzbandes im Kniegelenk. [On the re-attachment of the torn anterior cruciate ligament of the knee joint]. Zentralbl Chir 53: 866-872

- 93- Petersen W, Tillmann B-Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint-Anat Embryol(Berl) 200:325-334 1999
- 94- Petersen W, Zantop T : Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles-Clin Orthop Rel Res 454: 35-47 2006
- 95- Pietsch P, Richter E, Brückner H (1969) Ergebnisse plastischer Wiederherstellungsoperationen der Kreuz- und Seitenbänder am Kniegelenk bei 80 Patienten [Results of plastic repair of the cruciate and collateral ligaments of the knee joint in 80 patients]. Mschr Unfallheilk 72: 141–154
- 96- Powers D L, Jacob P A, Drews M J- Anatomical reconstruction of the ACL in goats-J Invest Surg.4(2) 1991-202 1991
- 97- Proffen B L, McElfresh M, Fleming B C, Martha M Murray-A comparative anatomical study of the human knee and six animal species-The Knee 2011
- 98- Ratajczak W-Early development of the cruciate ligaments in staged human embryos – Morphol 59: 285-290 2000
- 99- Roszek B, Weinans H, Van Loon P, Huijskes R-In Vivo measurements of the loading conditions on the tibia of the goat-Acta Anat(Basel) 146(2-3):188-92 1993
- 100- Roth J H, Mendenhall H V, McPherson G K-The effect of immobilization on goat knees following reconstruction of the acl
- 101- Sarimo J, Rantanen J, Heikkilä J, Helttula I, Hiltunen A, Orava S- Acute traumatic hemarthrosis of the knee. Is routine arthroscopic examination necessary? A study of 320 consecutive patients.-Scand J Surg. 2002;91(4):361-4
- 102- Savio L-Y Woo, Serena S. Chan, Tomoo Yamaji- Biomechanics of knee ligament healing, repair and reconstruction-J. Biomechanics vol-30 no-5 431-439 1997
- 103- Scapinelli R –Studies on the vasculature on the human knee joint –Acta Anat, 70: 305-331 1968
- 104- Scapinelli R-Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures-Clic Anat.10: 151-162 1997

- 105- Schindler Oliver S. -Surgery for anterior cruciate ligament deficiency: a historical perspective-Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc (2012) 20: 5–47
- 106- Schultz R A, Miller D C, Kerr C S, Micheli L-Mechanoreceptors in human cruciate ligaments: a histological study-J.Bone Joint Surg Am 66: 1072-1076 1984
- 107- Schutte M J, Dabezies E J, Zimny M, Happel L T, -Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament-J.Bone.Joint Surg Am-69:243-247 1987
- 108- Shea K. G, R. Pfeiffer, H. W. Jo, M. Curtin, and P. J. Apel, “Anterior cruciate ligament injury in pediatric and adolescent soccer players: an analysis of insurance data, Journal of Pediatric Orthopaedics, vol. 24, no. 6, pp. 623–628, 2004
- 109- Siebold R, Ellert T, Metz S, Metz J-Tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry, arthroscopic landmarks and orientation model for bone tunnel placement-Arthroscopy 24: 151-161 2008
- 110- Spindler K P, Martha M Murray, Devin C, Nanney B, Davidson J M-The central ACL defect as a model for failure of intraarticular healing- Journal of orthopaedic research Mar-2006
- 111- Spindler K P, Martha M Murray, Carey J L, Zurakowski D, Fleming B C-The use of platelets to affect functional healing of an ACL autograft in a caprine ACL reconstruction model- Journal of orthopaedic research 27(5) 631-638 May 2009
- 112- Stark J (1850) Two cases of rupture of the crucial ligament of the knee-joint. Edinb Med Surg 74: 267–271
- 113- Strocchi R, de Pasquale V, Gubellini P, Facchini A, Marcacci M, Budar, Zaffagnini S, Ruggeri A-The human anterior cruciate ligament: histological and ultrastructural observations – J Anat 180:515-519 1992
- 114- Tallay A, Lim M H, Barlett J-Anatomical study of the human ACL stump’s tibial insertion footprint-Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 16:741-746 2008
- 115- The Orthopedic Clinics of North America Jan.1985 ‘The Anterior Cruciate Ligament’

- 116- Tischer T, Ronga M, Tsai A, Ingham SJ, Ekdahl M, Smolinski P, Fu FH-Biomechanics of the goat three bundle anterior cruciate ligament.- *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009 Aug;17(8): 935-40
- 117- Toy B J, Yeasting R A, Morse D E, McCann P-Arterial supply to the human anterior cruciate ligament-*Journal of Athletic Training* vol:30 no.2 Jun 1995
- 118- Tsuda E, Fukuda Y, Loh J C, Debski R E, Fu F H, Woo S L-The effect of soft tissue graft fixation in ACL reconstruction on graft-tunnel motion under anterior tibial loading-*Arthroscopy* Nov-Dec 18(9) 960-967 2002
- 119- Vavken P, Martha M Murray-The potential for primary Repair of the ACL-Sports Med Arthroscopy Rev vol-19 no:1 march 2011
- 120- Vavken P. and M. M. Murray, "Treating anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients," *Arthroscopy*, vol. 27, no. 5, pp. 704–716, 2011.
- 121- Vavken P, Fleming B C, Mastrangelo A N, Machan J T, Martha M Murray - Biomechanical outcomes after bioenhanced ACL repair and ACL reconstruction are equal in a porcine model-*Arthroscopy* Jan.19 2012
- 122- Walden Markus, Martin Hagglund, Jonas Werner, Jan Ekstrand- The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective-*Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (2011) 19: 3–10
- 123- Weber W, Weber E (1836) *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*. Dieterichsche Buchhandlung, Go'ttingen [Weber W, Weber E (1992) *Mechanics of the human walking apparatus*(trans: Maquet P, Furlong R). Springer, Berlin]
- 124- Wiig M E, Amiel D, Ivarsson M, Nagineni C N, Wallece C D, Arfors K-E-Type 1 procollagen gene expression in normal and early heling of the medial collateral and anterior cruciate ligaments in rabbits:an in situ hybridization study- *Journal of orthopaedic research* vol:9 no:3 1991
- 125- Xerogeanes J W, Fox R J, Takeda Y, Kim H-S, Ishibashi Y, Carlin G J, Woo S L- A functional comparison of animal ACL models to the human ACL -*Annals of Biomedical Engineering* Vol:26 345-352 1998

- 126- Zantop T, Petersen W, Fu F.H-Anatomy of the anterior cruciate ligament-Oper. Tech Orthop. 15: 20-28 2005
- 127- Zantop T,Petersen W, Fu F H, Sekiya J K, Musahl V-Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction-Knee Surg. Sports. Traumatol. Arthrosc 14: 982-992 2006
- 128- Zantop T, Herbort M, Raschke M J, Fu F H, Petersen W-The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation-The Am Sports Med. Vol.35 no: 2 - 2007
- 129- Zantop T, Ferretti M, Bell K M, Brucker P U, Gilbertson L, Fu F H,-Effect of tunnel – graft length on the biomechanics of anterior cruciate ligament reconstructed knees: intra –articular study in a goat model-Am J Sports Med 36(11) 2158-2166 Nov:2008
- 130- Zelle BA, Brucker PU, Feng MT, Fu FH (2006) Anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Sports Med 36: 99–108

8. EKLER

EK-1

DENEK İZLEME - KAYIT FORMU - 1

YAPISAL BİLGİLER

Denek Adı – Numarası :

Cinsiyet : ☐ E ☐ D

Yaş (Aylık) :

Ağırlık : Deney Öncesi : Deney –İzlem Sonu :

OPERASYON BİLGİLERİ

Operasyon Tarihi :/...../2012

Hoca Katılımı : ☐ Evet ☐ Hayır

Deney Grubu :

Operasyon Notu :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

İLAÇ UYGULAMALARI

Anestezi : Başlangıç Ek Doz

Post op Antibiyotik :

Post op Ağrı Kesici :

.....

DENEK İZLEME - KAYIT FORMU - 2

POST OP VİZİTLER - GÖZLEMLER

Erken Post op izlem :

.....

.....

.....

HAFTALIK İZLEM :

1. Hafta :

.....

.....

.....

2. Hafta :

.....

.....

.....

3. Hafta :

.....

.....

.....

4. Hafta :

.....

.....

.....

DENEK İZLEME - KAYIT FORMU - 3

5. Hafta :

.....
.....
.....
.....
.....

6. Hafta :

.....
.....
.....
.....
.....

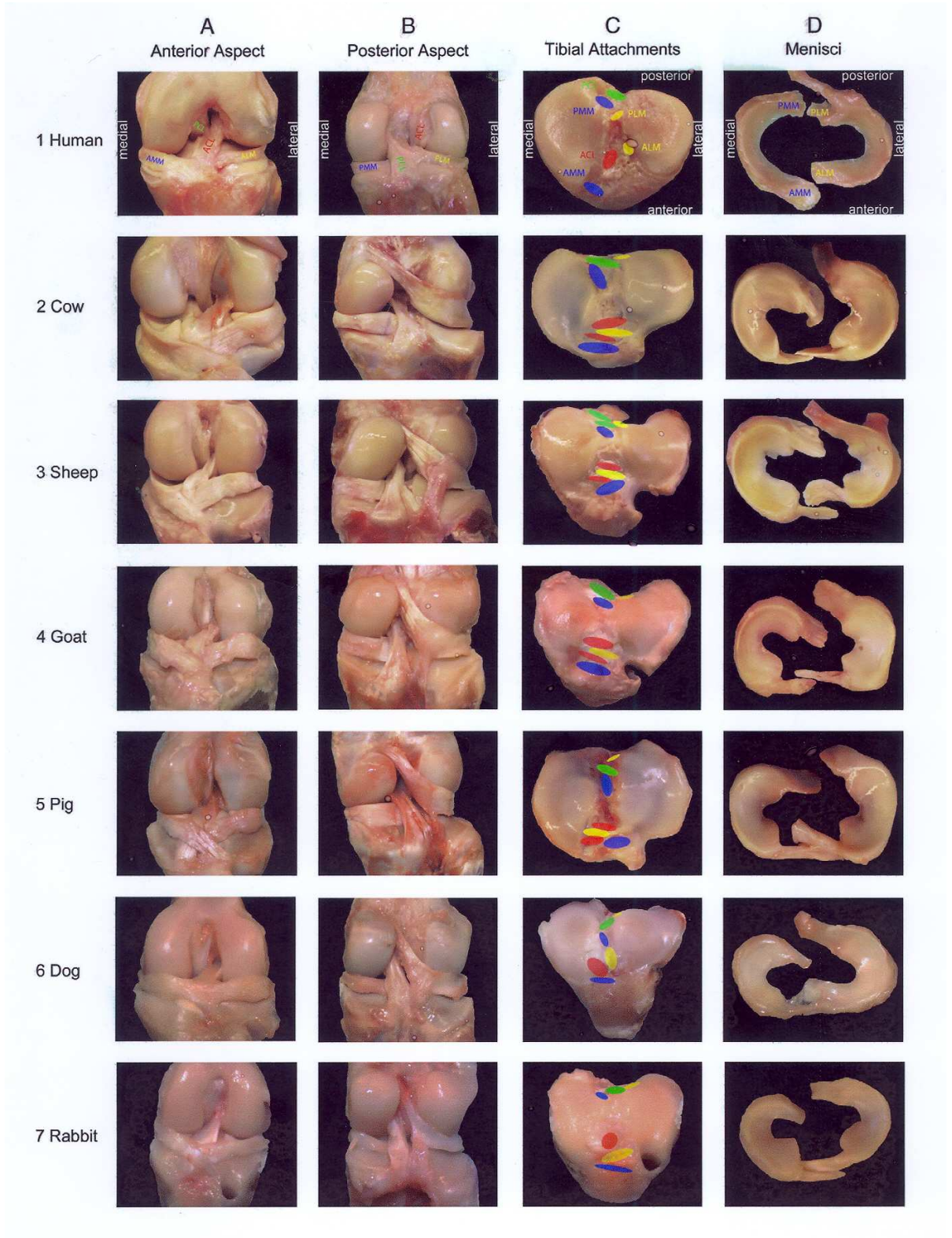
Sakrifikasyon :

.....
.....
.....
.....
.....

Komplikasyon :

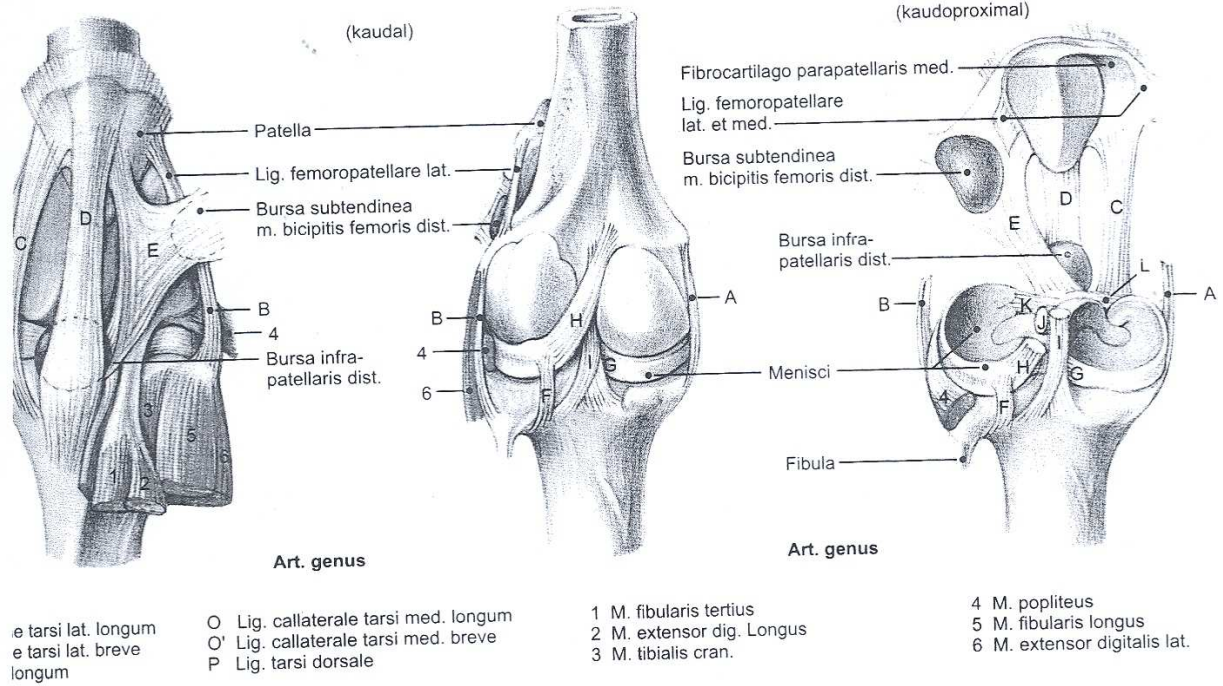
.....
.....
.....
.....
.....

EK-2



Proffen B L, McElfresh M, Fleming B C, Martha M Murray tarafından deney hayvanlarının diz-ön çapraz bağ anatomisi karşılaştırma kesitleri [97]

EK - 3



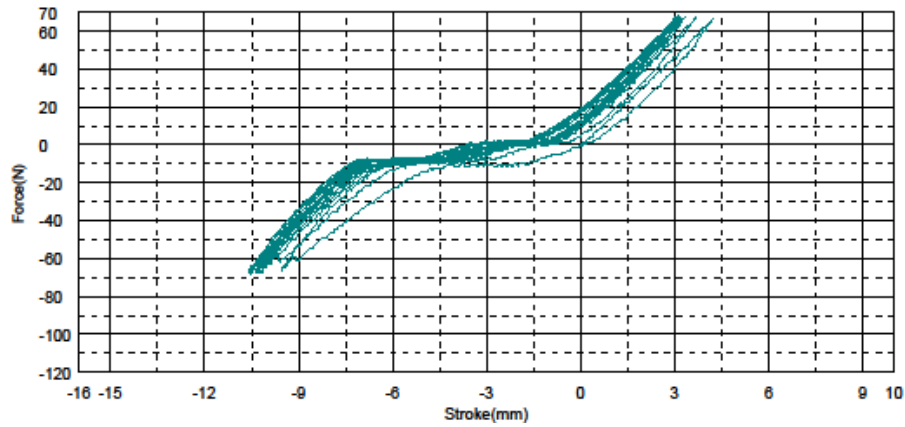
Keçi dizi anatomik çizimleri

BİYOMEKANİK TEST GRAFİK ÖRNEKLERİ

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

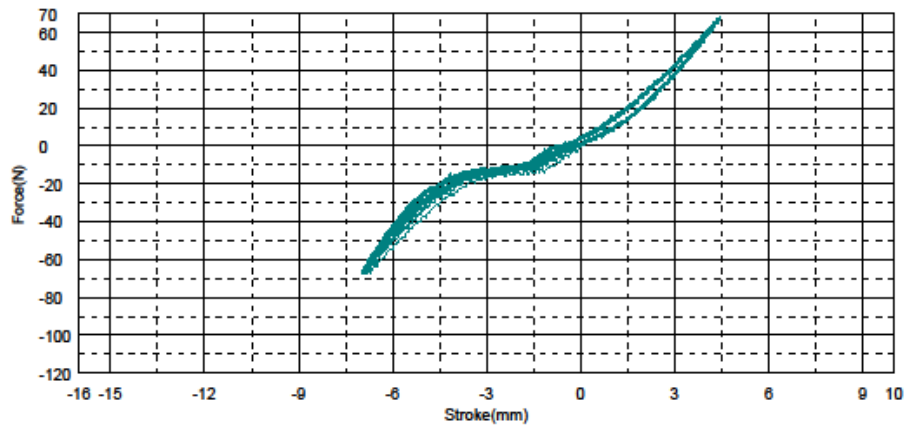
Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	66.5625	4.25500	-66.875	-9.5310
Cycle #2	67.6563	3.66600	-67.188	-10.210
Cycle #3	67.3438	3.34500	-67.500	-10.158
Cycle #4	67.0313	3.24800	-67.188	-10.277
Cycle #5	67.5000	3.19500	-67.188	-10.351
Cycle #6	68.2813	3.14200	-66.875	-10.384
Cycle #7	67.0313	3.10300	-67.188	-10.479
Cycle #8	67.5000	3.08800	-68.281	-10.537
Cycle #9	67.1875	3.07200	-67.344	-10.578
Cycle #10	66.7188	3.02400	-66.563	-10.601



Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	67.5000	4.37600	-67.031	-6.7120
Cycle #2	67.8125	4.43700	-67.188	-6.8090
Cycle #3	67.1875	4.44300	-67.656	-6.8680
Cycle #4	67.0313	4.42900	-66.875	-6.8750
Cycle #5	67.9688	4.44100	-67.344	-6.9380
Cycle #6	66.8750	4.43900	-67.500	-6.9680
Cycle #7	66.8750	4.43100	-66.875	-6.9720
Cycle #8	67.0313	4.43100	-66.719	-6.9400
Cycle #9	67.0313	4.44200	-67.656	-7.0050
Cycle #10	67.3438	4.44200	-66.250	-6.9890

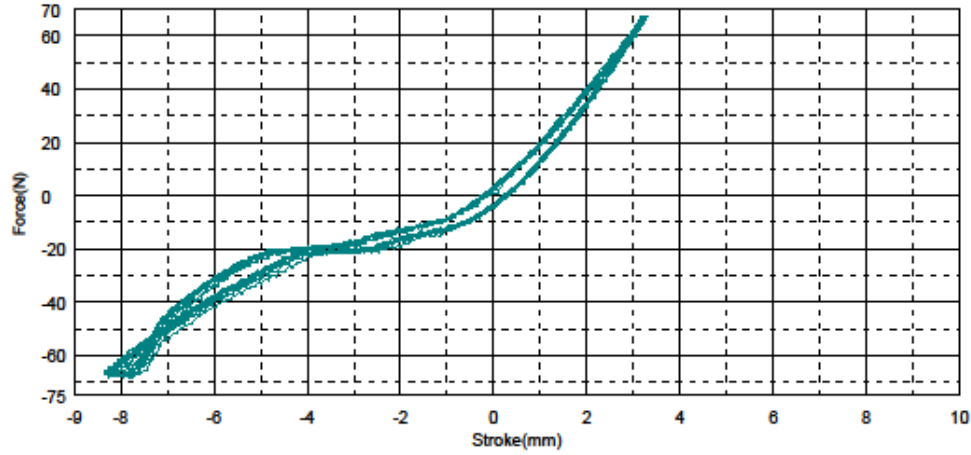


A-5 Deneği deney(üst) – kontrol (alt) dizlerinin ATT Testi grafik verileri

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

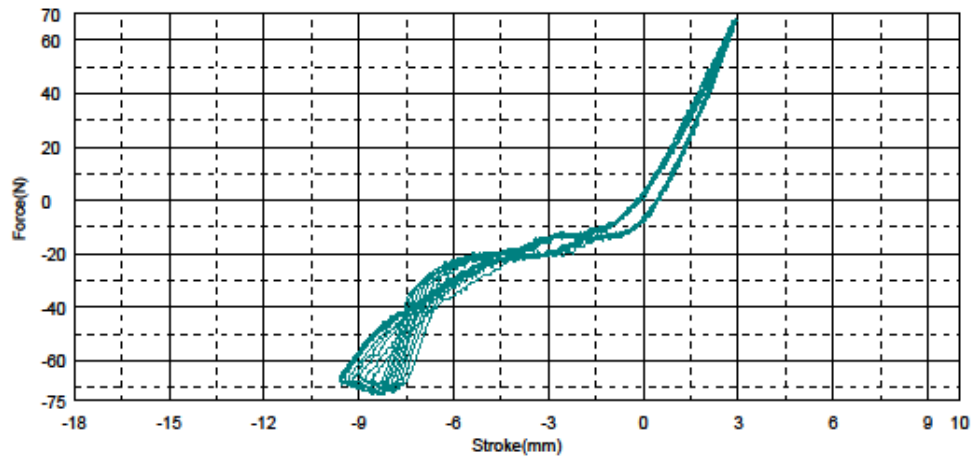
Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	66.8750	3.21300	-68.438	-7.9640
Cycle #2	67.5000	3.21700	-67.344	-8.0600
Cycle #3	67.1875	3.23400	-66.875	-8.1010
Cycle #4	67.3438	3.26600	-67.031	-8.1800
Cycle #5	67.6563	3.28000	-67.344	-8.2240
Cycle #6	67.3438	3.27300	-68.125	-8.2530
Cycle #7	67.6563	3.29500	-68.281	-8.2620
Cycle #8	66.7188	3.29000	-67.500	-8.2840
Cycle #9	66.7188	3.31400	-66.875	-8.3310
Cycle #10	66.2500	3.28700	-67.188	-8.3570



Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	67.5000	2.81700	-67.969	-8.5070
Cycle #2	67.5000	2.82800	-68.594	-8.6850
Cycle #3	67.5000	2.87400	-67.188	-8.9240
Cycle #4	67.5000	2.90500	-67.188	-9.1870
Cycle #5	67.1875	2.90500	-67.656	-9.3070
Cycle #6	67.3438	2.91300	-67.969	-9.4510
Cycle #7	67.5000	2.92300	-66.719	-9.5710
Cycle #8	67.5000	2.95600	-67.188	-9.6100
Cycle #9	67.5000	2.95700	-67.031	-9.6110
Cycle #10	67.9688	2.94700	-66.406	-9.5180

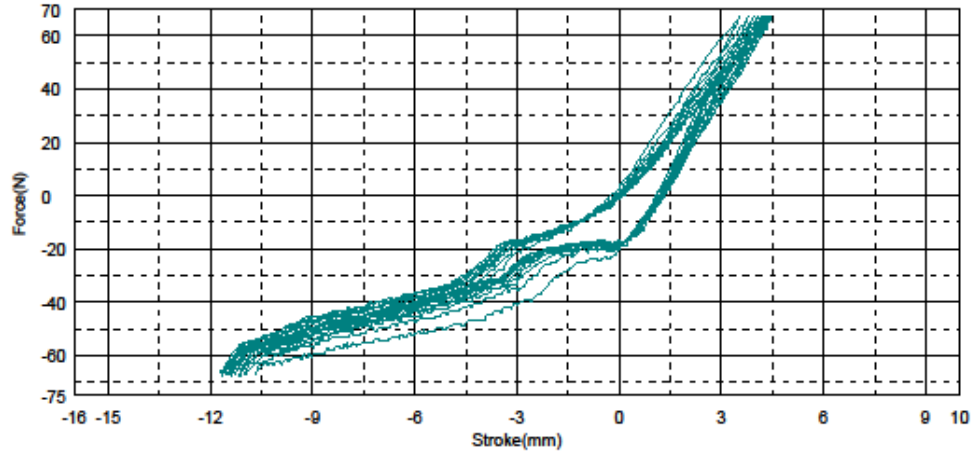


B-5 Deneyinin deney(üst) – kontrol (alt) dizlerinin ATT Testi grafik verileri

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

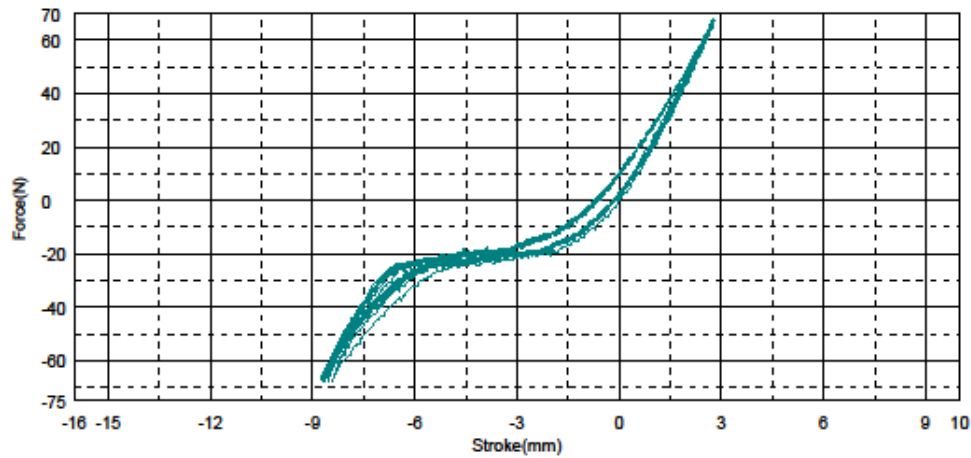
Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	67.5000	3.54600	-67.031	-10.673
Cycle #2	67.1875	3.84000	-67.031	-10.989
Cycle #3	67.0313	3.97300	-67.656	-11.144
Cycle #4	67.0313	4.09500	-66.875	-11.256
Cycle #5	67.0313	4.19400	-67.813	-11.377
Cycle #6	67.1875	4.27000	-66.875	-11.473
Cycle #7	67.0313	4.34000	-67.031	-11.474
Cycle #8	66.4063	4.35900	-66.563	-11.593
Cycle #9	67.5000	4.47000	-68.125	-11.660
Cycle #10	66.5625	4.48100	-66.406	-11.675



Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	66.8750	2.82600	-67.500	-8.4430
Cycle #2	66.5625	2.77000	-67.188	-8.5920
Cycle #3	66.8750	2.77100	-67.813	-8.6530
Cycle #4	67.1875	2.76000	-67.500	-8.6880
Cycle #5	67.5000	2.74400	-67.969	-8.7040
Cycle #6	67.6563	2.75500	-67.188	-8.7070
Cycle #7	66.2500	2.75100	-67.656	-8.7040
Cycle #8	67.3438	2.76800	-67.188	-8.7260
Cycle #9	67.6563	2.76700	-67.344	-8.7480
Cycle #10	67.8125	2.77900	-66.875	-8.7590

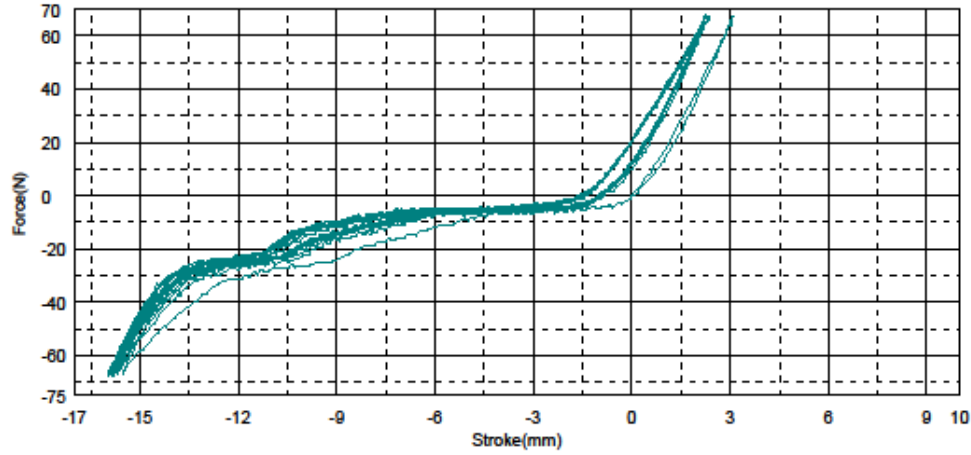


C-1 Deneyinin deney(üst) – kontrol (alt) dizlerinin ATT Testi grafik verileri

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

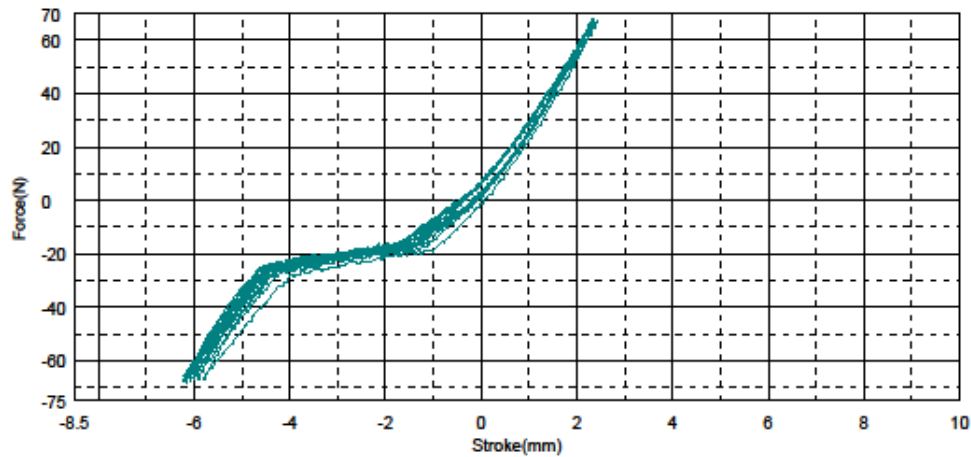
Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	66.7188	3.09900	-66.875	-15.508
Cycle #2	67.5000	2.35600	-67.188	-15.665
Cycle #3	66.0938	2.27600	-67.813	-15.777
Cycle #4	66.4063	2.25300	-67.500	-15.822
Cycle #5	66.8750	2.25600	-66.875	-15.857
Cycle #6	67.3438	2.26100	-67.031	-15.900
Cycle #7	67.3438	2.26300	-67.344	-15.916
Cycle #8	66.4063	2.24700	-66.719	-15.929
Cycle #9	67.0313	2.21400	-67.656	-15.992
Cycle #10	68.2813	2.26200	-66.563	-15.966



Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	67.6563	2.44300	-67.344	-5.8220
Cycle #2	67.0313	2.32200	-67.188	-5.9370
Cycle #3	67.3438	2.33900	-67.031	-5.9980
Cycle #4	67.0313	2.33600	-67.500	-6.0870
Cycle #5	67.8125	2.34300	-67.188	-6.1210
Cycle #6	67.9688	2.34500	-68.281	-6.1640
Cycle #7	68.2813	2.34800	-68.125	-6.1670
Cycle #8	66.4063	2.34300	-66.719	-6.1930
Cycle #9	67.3438	2.35500	-67.969	-6.2270
Cycle #10	67.3438	2.37000	-66.250	-6.1980



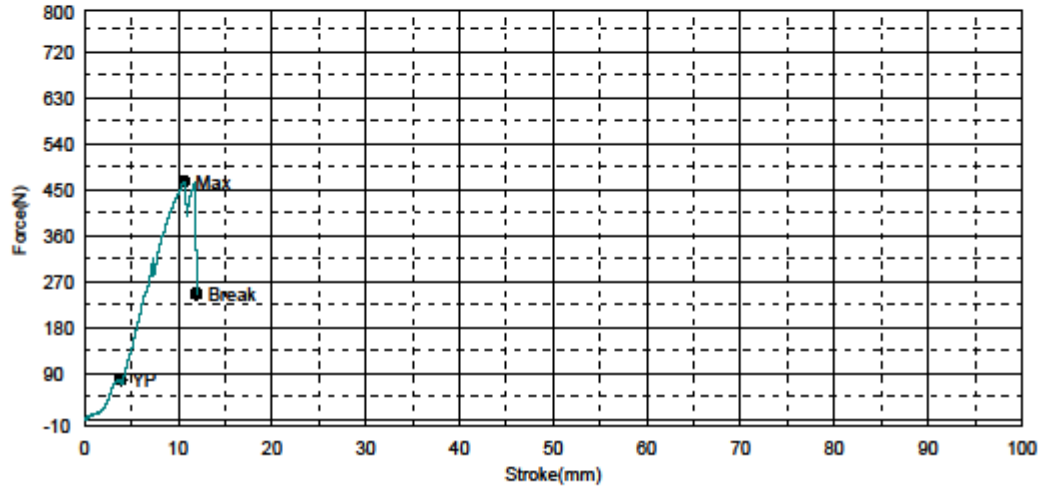
D-3 Deneyinin deney(üst) – kontrol (alt) dizlerinin ATT Testi grafik verileri

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Break Force	Break Disp	YP Force
Parameter					0.1 %/FS
Units	N	mm	N	mm	N
1 - 1	466.719	10.6290	246.406	11.9290	78.9063

Name	YP Disp
Parameter	0.1 %/FS
Units	mm
1 - 1	3.84600

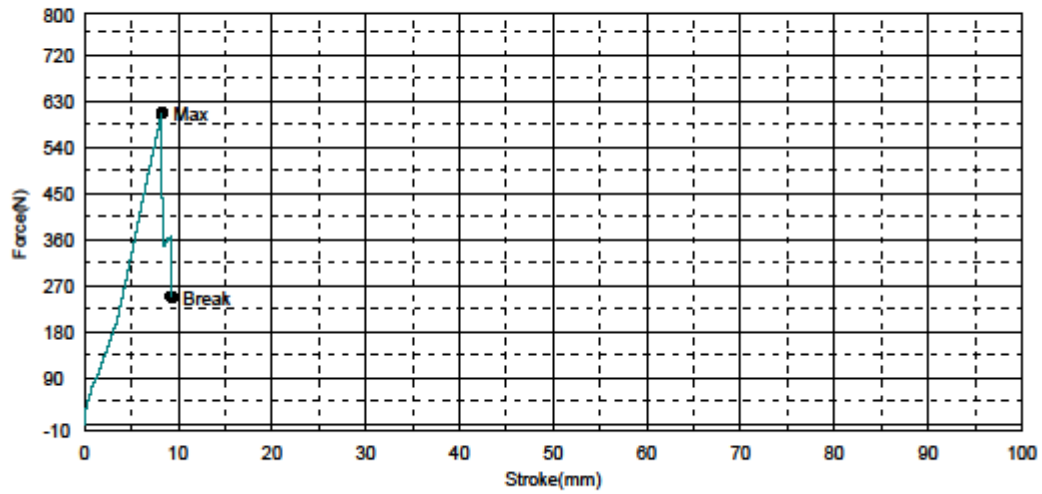


Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Break Force	Break Disp	YP Force
Parameter					0.1 %/FS
Units	N	mm	N	mm	N
1 - 1	607.656	8.25800	249.219	9.29100	--

Name	YP Disp
Parameter	0.1 %/FS
Units	mm
1 - 1	--



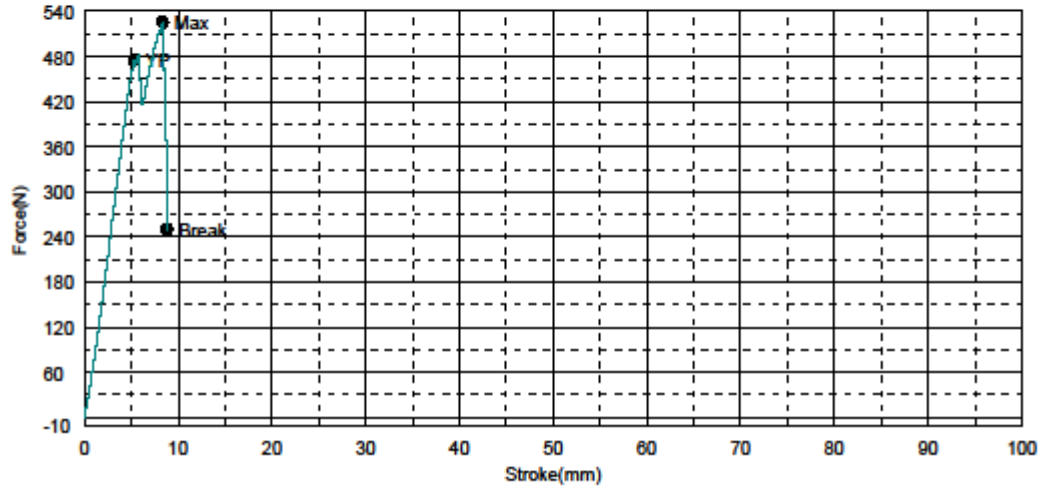
A-1 Deneyinin deney(üst) – kontrol (alt) dizlerinin çekme koparma testi verileri grafiği

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Break Force	Break Disp	YP Force
Parameter					0.1 %/FS
Units	N	mm	N	mm	N
1 - 1	525.000	8.35500	249.844	8.82200	475.000

Name	YP Disp
Parameter	0.1 %/FS
Units	mm
1 - 1	5.28800

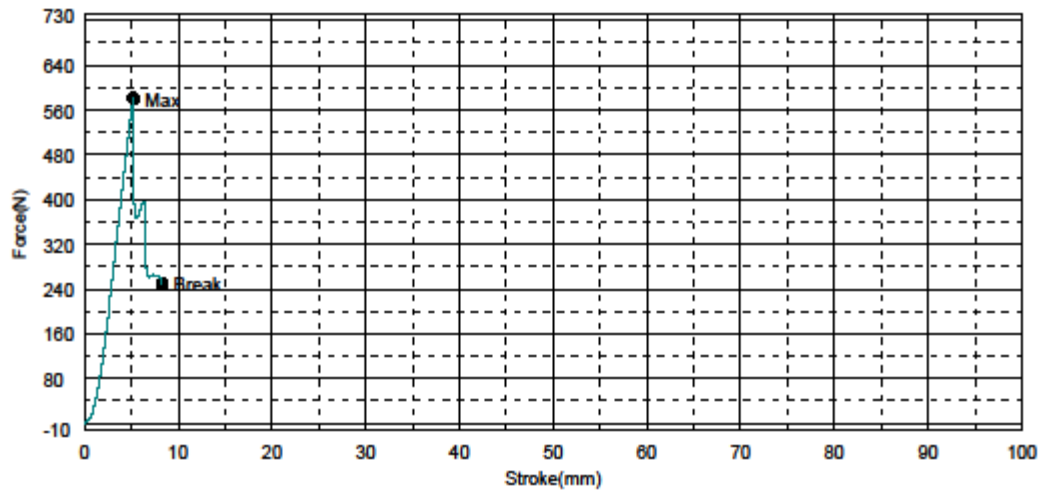


Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Break Force	Break Disp	YP Force
Parameter					0.1 %/FS
Units	N	mm	N	mm	N
1 - 1	580.469	5.23500	249.688	8.28500	--

Name	YP Disp
Parameter	0.1 %/FS
Units	mm
1 - 1	--



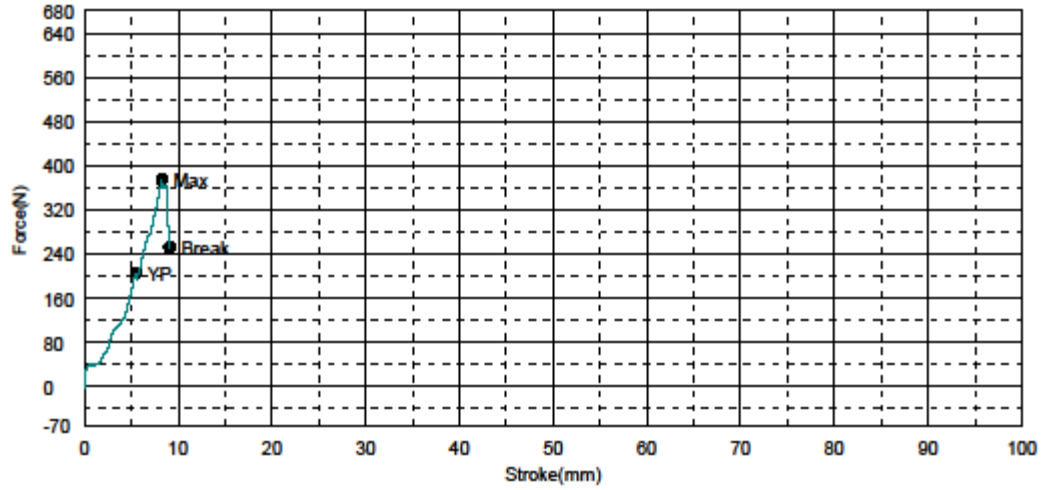
B-4 Deneyinin deney(üst) – kontrol (alt) dizlerinin çekme koparma testi verileri grafiği

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Break Force	Break Disp	YP Force
Parameter					0.1 %/FS
Units	N	mm	N	mm	N
1 - 1	373.594	8.24800	250.781	9.09600	205.625

Name	YP Disp
Parameter	0.1 %/FS
Units	mm
1 - 1	5.47900

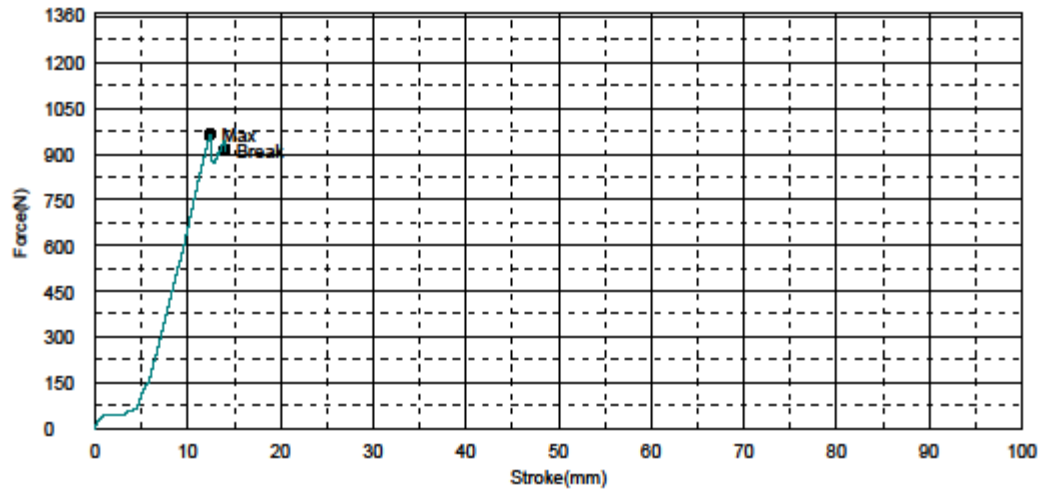


Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Break Force	Break Disp	YP Force
Parameter					0.1 %/FS
Units	N	mm	N	mm	N
1 - 1	964.063	12.4190	913.906	13.9690	--

Name	YP Disp
Parameter	0.1 %/FS
Units	mm
1 - 1	--



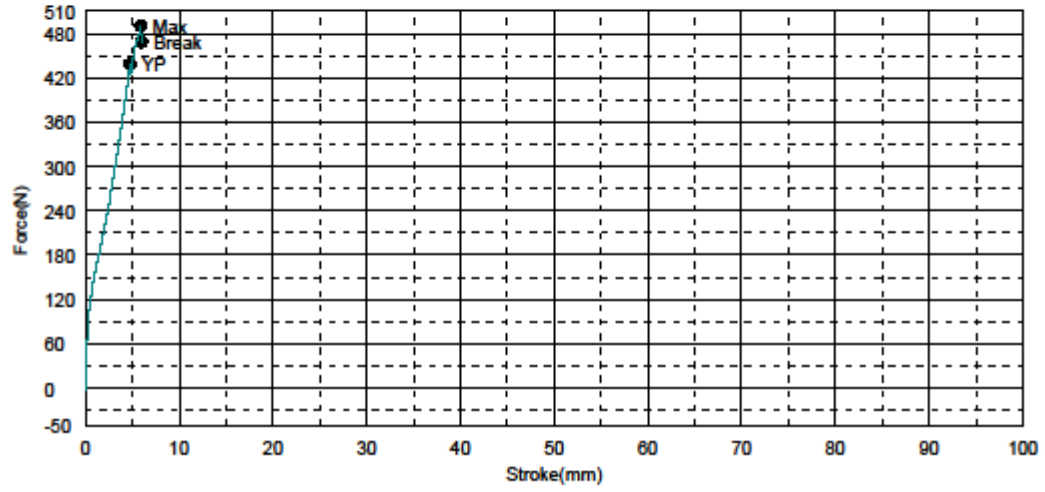
C-5 Deneyinin deney(üst) – kontrol (alt) dizlerinin çekme koparma testi verileri grafiği

Shape: Plate

	Thickness	Width	Gauge Length
Units	mm	mm	mm
1 - 1	1.0000	1.0000	100.0000

Name	Max Force	Max Disp	Break Force	Break Disp	YP Force
Parameter					0.1 %/FS
Units	N	mm	N	mm	N
1 - 1	489.844	5.89100	468.281	6.00800	438.438

Name	YP Disp
Parameter	0.1 %/FS
Units	mm
1 - 1	4.77400



D-1 Deneyinin deney dizinin çekme koparma testi verileri grafiği

BİYOMEKANİK TESTLERİN GENEL VERİ DÖKÜMÜ

	grup	N	Mean	Std. Deviation	Median	Minimum	Maximum	Range
ortalama anterior translasyon SAG	A	4	4,259525	1,5006480	3,735500	3,1554	6,4117	3,2563
	B	4	3,097300	,3445740	3,187150	2,6130	3,4019	,7889
	C	4	3,553700	2,7730191	2,902400	1,1863	7,2237	6,0374
	D	4	4,074325	2,2721829	3,266100	2,3487	7,4164	5,0677
	Total	16	3,746212	1,8071440	3,290350	1,1863	7,4164	6,2301
max.tensil kuvvet SAG	A	4	518,51575	161,948321	556,17200	312,031	649,688	337,657
	B	4	549,84400	166,338752	495,15650	418,438	790,625	372,187
	C	4	374,84375	69,312794	359,37500	309,531	471,094	161,563
	D	4	290,70325	154,836914	254,84400	163,281	489,844	326,563
	Total	16	433,47669	168,602885	441,87550	163,281	790,625	627,344
max. Elongasyon SAG	A	4	9,35038	2,679377	10,12925	5,521	11,622	6,101
	B	4	6,86175	1,572409	6,85650	5,379	8,355	2,976
	C	4	6,32500	1,609220	6,36750	4,319	8,246	3,927
	D	4	6,19175	3,673118	5,38800	2,672	11,319	8,647
	Total	16	7,18222	2,623948	6,36750	2,672	11,622	8,950
stiffness SAG	A	4	54843,805	9859,421325	54209,341	43909,963	67046,576	23136,613
	B	4	80368,499	15146,315073	80387,815	62836,625	97861,740	35025,115
	C	4	64350,656	30144,554418	51510,874	45306,088	109074,79	63768,702
	D	4	57803,317	29977,133130	66818,314	14425,391	83151,248	68725,857
	Total	16	64341,569	23020,844349	63756,075	14425,391	109074,79	94649,399
ORTALAMA ANTERİYÖR TRANSLASYON SOL	A	4	3,507850	2,1603201	3,622800	,8788	5,9070	5,0282
	B	4	2,874000	1,1597605	2,532050	1,9328	4,4991	2,5663
	C	4	2,697350	1,5259733	2,348450	1,2934	4,7991	3,5057
	D	4	2,362700	1,4769926	2,139300	,8180	4,3542	3,5362
	Total	16	2,860475	1,5130776	2,561750	,8180	5,9070	5,0890
MAX. TENSİL KUVVET SOL	A	4	563,51575	202,757089	617,50000	273,438	745,625	472,187
	B	4	581,64100	96,618365	553,90650	500,938	717,813	216,875
	C	4	570,82050	281,507798	500,78150	317,056	964,063	646,407
	D	4	722,69625	291,884413	759,92200	338,281	1032,660	694,379
	Total	16	609,66838	218,092685	594,06250	273,438	1032,660	759,222
MAX.ELONGASYON SOL	A	4	8,41600	2,811180	7,73000	5,841	12,363	6,522
	B	4	7,04500	1,504905	7,07150	5,235	8,802	3,567
	C	4	7,37275	3,493427	6,30850	4,455	12,419	7,964
	D	4	7,67925	1,798715	8,10650	5,258	9,246	3,988
	Total	16	7,62825	2,322859	7,29650	4,455	12,419	7,964
STYFFNESS SOL	A	4	68667,855	26066,851815	62163,795	46813,559	103530,27	56716,711
	B	4	84679,704	18719,993522	80677,500	66481,486	110882,33	44400,844
	C	4	81460,259	33662,144168	75637,758	46834,988	127630,53	80695,542
	D	4	90877,724	19612,088273	93743,618	64336,440	111687,22	47350,780
	Total	16	81421,385	24074,676551	78716,340	46813,559	127630,53	80816,971