

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

**ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONUNDA GREFT
İYİLEŞMESİNİ ETKİLEYEN ANATOMİK VE OPERATİF
FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Ahmet Emin OKUTAN

TRABZON- 2020

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONUNDA GREFT
İYİLEŞMESİNİ ETKİLEYEN ANATOMİK VE OPERATİF
FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Ahmet Emin OKUTAN

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman AYNACI

Trabzon- 2020

ÖZET

Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonunda Greft İyileşmesini Etkileyen Anatmik ve Operatif Faktörlerin Değerlendirilmesi

Amaç: Bu retrospektif çalışmada, hamstring otogreftiyle tek demet anatomik Ön Çapraz Bağ (ÖÇB) rekonstrüksiyonu (ÖÇBR) sonrası greft iyileşmesini etkileyen anatomik ve operatif faktörlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod: 2016-2019 yılları arasında hamstring otogreftiyle tek demet ÖÇBR uygulanan ve en az 18 ay takip edilen 94 hasta çalışmaya dahil edildi. Greft iyileşmesi, postoperatif 1. yılda çekilen kontrol Manyetik Rezonans (MR) görüntüleme ile greft üzerinde 3 ayrı bölgeden Sinyal/Gürültü Oranı (SGO) hesaplanarak kantitatif olarak değerlendirildi. Greft iyileşmesine etki edebilecek potansiyel faktörler; yaş, cinsiyet, vücut kitle indeksi, yaralanma-cerrahi arasında geçen süre, medial ve lateral tibial eğim, lateral femoral kondiler oran, interkondiler çentik indeksi, parsiyel menisektomi, ÖÇB kalıntılarının korunması, femoral ve tibial tünel lokalizasyonu, greft çapı, greft bükülme açısı ve greft/interkondiler çentik hacmi oranı ayrı ayrı değerlendirildi ve 1. yıl SGO değerleri ile korelasyonları tek ve çok değişkenli regresyon analiziyle belirlendi. Klinik değerlendirmede IKDC-SKF (International Knee Documentation Committee- Subjective Knee Form, Uluslararası Diz Dokümantasyon Komitesi, Subjektif Diz Değerlendirme Formu), Lysholm ve Marx aktivite skorları kullanıldı. Greft iyileşmesinin, 1. yıl ve son takipte klinik ve fonksiyonel sonuçlarla ilişkisi değerlendirildi.

Bulgular: Tek değişkenli regresyon analize göre; medial ($p<0.001$) ve lateral tibial eğim ($p<0.001$), interkondiler çentik indeksi ($p=0.016$), korunmuş ÖÇB kalıntıları ($p<0.001$), yüksek femoral tünel ($p=0.011$), önde yerleşmiş tibial tünel ($p=0.005$), greft bükülme açısı ($p=0.005$) ve greft/interkondiler çentik hacim oranı ($p<0.001$), ortalama SGO değerleriyle istatistiksel olarak anlamlı ilişkide görülmüştür. Çok değişkenli regresyon analizine göre ortalama SGO değerleriyle istatistiksel olarak anlamlı ilişki kurulan bağımsız 3 değişken elde edilmiştir: Lateral tibial eğim ($p=0.002$), korunmuş ÖÇB kalıntıları ($p<0.001$), greft/interkondiler

çentik hacim oranı ($p<0.001$). Ayrıca SGO değerleri ile klinik ve radyolojik korelasyon analizine göre 1. yılda SGO ile Marx aktivite skoru ($p=0.031$) ve femoral integrasyon ($p=0.004$) arasında zayıf ancak anlamlı korelasyon görülmüştür. Diğer klinik ve radyolojik sonuçlar arasında anlamlı bir korelasyon görülmemiştir.

Sonuç: ÖÇBR sonrası 1. yıl kontrol MRG değerlendirildiğinde; lateral tibial eğim, ÖÇB kalıntılarının korunması ve greft/interkondiler çentik hacim oranının greft iyileşmesi üzerinde anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca greft iyileşmesinin, femoral tünel integrasyonu ve Marx aktivite skoru ile zayıf korelasyonu bulunmuştur.



SUMMARY

Evaluation of Anatomical and Operative Factors Affecting Graft Healing in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Objective: In this retrospective study, it was aimed to evaluate the anatomical and operative factors affecting graft healing after single bundle anatomical Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction (ACLR) with hamstring autograft.

Material and Method: A total of 94 patients with minimum 18 months follow-up who underwent single-bundle ACLR with hamstring autograft between 2016 and 2019 years were included in this study. Graft healing was quantitatively evaluated at 1 year on magnetic resonance imaging (MRI) scan as the mean Signal/Noise Quotient (SNQ) measured from 3 regions on the graft. Potential factors that may affect graft healing; age, gender, body mass index, time from injury to surgery, medial and lateral tibial slope, lateral femoral condylar ratio, intercondylar notch index, partial meniscectomy, ACL remnant preservation, femoral and tibial tunnel aperture localization, graft diameter, graft bending angle and graft/notch volume ratio were evaluated separately and correlations with 1st year SNQ were determined by univariate and multivariate regression analysis. IKDC (International Knee Documentation Committee), Lysholm and Marx activity scale score were used in clinical evaluation. The relationship of graft healing with clinical and functional results at the first year and at the last follow-up was evaluated.

Results: Univariate regression analysis showed that a medial ($p < 0.001$) and lateral tibial slope ($p < 0.001$), intercondylar notch index ($p = 0.016$), ACL remnant preservation ($p < 0.001$), high femoral tunnel ($p = 0.011$), anteriorly located tibial tunnel ($p = 0.005$), graft bending angle ($p = 0.005$), and graft / intercondylar notch volume ratio ($p < 0.001$) were all statistically significantly correlated with mean SNQ values. A multivariate regression analysis showed 3 independent significant factors: Lateral tibial slope ($p = 0.002$), ACL remnant preservation ($p < 0.001$), graft/notch volume ratio ($p < 0.001$). In addition, a weak correlation was observed between 1 year SNQ values and Marx activity score ($p = 0.031$) and femoral

integration grade ($p = 0.004$). There was no significant correlation between other clinical and radiological results.

Conclusion: Lateral tibial slope, ACL remnant preservation and graft/notch volume ratio appeared to have a significant influence on graft healing as assessed on 1-year MRI scan after ACLR. Also, a weak correlation of graft healing with Marx activity score and femoral tunnel integration was found.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
SUMMARY	iv
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Tarihçe	3
2.2. Embriyoloji ve Histoloji	5
2.3. Anatomi	6
2.4. Diz Kinematiği ve Ön Çapraz Bağ Biyomekaniği	11
2.5. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Etiyoloji ve Mekanizma	13
2.6. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Öykü ve Fizik Muayene	13
2.6.1. Lachman Testi	14
2.6.2. Ön Çekmece Testi	14
2.6.3. Pivot Shift Testi	15
2.6.4. Enstrümanla Laksite Değerlendirme	16
2.7. Radyolojik Değerlendirme	16
2.7.1. Direkt Grafi	16
2.7.2. Manyetik Rezonans İnceleme	17
2.7.3. Bilgisayarlı Tomografi	17
2.8. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarına Eşlik Eden Yaralanmalar	17
2.9. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Doğal Seyir	18
2.10. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Tedavi	18
2.10.1. Konservatif Tedavi	19
2.10.2. Cerrahi Tedavi	19
3. GEREÇ VE YÖNTEM	25
3.1. Cerrahi Teknik	26
3.2. Anatomik ve Operatif Parametrelerin Değerlendirilmesi	28

3.2.1. Sinyal/Gürültü Oranı	28
3.2.2. Lateral ve Medial Tibial Eğim.....	29
3.2.3. Lateral Femoral Kondil Oranı.....	30
3.2.4. İnterkondiler Çentik İndeksi	31
3.2.5. Femoral ve Tibial Tünel Lokalizasyonları.....	32
3.2.6. Greft Bükülme Açısı.....	34
3.2.7. Greft İntegrasyonu	34
3.2.8. Femoral İnterkondiler Çentik-Greft Hacim Oranı	35
3.3. İstatistiksel Analiz	36
4. BULGULAR.....	38
5. TARTIŞMA	46
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
7. KAYNAKLAR	61

KISALTMALAR DİZİNİ

Ark. :	Arkadaşları
AÇB :	Arka Çapraz Bağ
BT :	Bilgisayarlı Tomografi
MM:	Medial Menisküs
MKL:	Medial Kollateral Ligament
MR :	Manyetik Rezonans
MRG :	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MTE :	Medial Tibial Eğim
LTE :	Lateral Tibial Eğim
LFKO :	Lateral Femoral Kondil Oranı
ÖÇB :	Ön Çapraz Bağ
ÖÇBR:	Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu
IKDC-SKF:	(International Knee Documentation Committee-Subjective Knee Form Uluslar arası Diz Dokümantasyon Komitesi, Subjektif Diz Değerlendirme Formu)
VKİ:	Vücut Kitle İndeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	1836 yılında Weber kardeşler tarafından şematize edilen “yürüme aparatı mekaniği”. Fleksiyon-ekstansiyonda farklı gerilimdeki çift bant yapısını ilk kez Weber kardeşler tanımlamışlardır (14).....	3
Şekil 2.	1917 yılında Groves tarafından tanımlanan kemik tünellerden fasya lata geçirilmesiyle uygulanan ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (18).....	4
Şekil 3.	1935'te Campbell tarafından tanımlanan patellar tendonun kullanıldığı ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (19)	5
Şekil 4.	Ön çapraz bağın fetal hayattaki görüntüsü (26)	6
Şekil 5.	Ön çapraz bağın ortalama uzunluğu 32 mm, ortalama genişliği 7 mm'dir ve farklı seviyelerde farklı kesit alanlarına sahiptir (29).....	7
Şekil 6.	Ön çapraz bağın çift demet yapısı	8
Şekil 7.	Ön çapraz bağın şerit şeklindeki yapısı ve posterior korteks trasesinde lateral femoral kondilde direkt yapışma yeri (33).....	9
Şekil 8.	Ön çapraz bağın posteriora uzanım gösteren indirekt lifleri ve iki farklı paternde direkt/indirekt lif yapışma alanları (34).....	9
Şekil 9.	Popliteal arterden çıkan orta genikülat arterin posterior kapsülü delerek eklem içine girmesi, ön çapraz bağ ve diğer anatomik yapılarda dağılması (29).....	10
Şekil 10.	Anteromedial (AMB) ve Posterolateral (PLB) bandın diz fleksiyonuyla birlikte uzunluk değişimi (mm) (29)	12
Şekil 11.	Ön çapraz bağın en sık yaralanma mekanizması, hafif fleksiyon ve valgus pozisyonundaki dizin non-kontakt pivot zorlanmasıdır (43).....	13
Şekil 12.	Ön çekmece, Lachmann ve Pivot shift testleri.....	16
Şekil 13.	Günümüzde ön çapraz bağ rekonstrüksiyonunda kullanılan tespit seçenekleri (92)	22

Şekil 14.	Crain ve ark. tarif ettiği yaralanma sonrası ön çapraz bağın skar paternleri (102)	27
Şekil 15.	Postoperatif 1. yıl manyetik rezonans görüntüleme T2 TSE-FS (Turbo Spin Echo with Fat Saturation) sagittal kesitleri üzerinden sinyal yoğunluğu ölçümü.....	29
Şekil 16.	Sagittal kesitler üzerinden tibia aksının belirlenmesi (a) ve bu aksa dik çizgilerle lateral (b) ve medial (c) tibial eğimlerin ölçülmesi.	30
Şekil 17.	Sagittal kesitte femur shaftının ve lateal femoral kondilin aksının belirlenmesi, kesişme noktalarından lateal femoral kondiler oranının hesaplanması (a/b).....	31
Şekil 18.	Koronal kesitte popliteal oluk seviyesinde bikondiler uzunluğun (b) ve paralel eksende ön çapraz bağ femoral yapışma seviyesinde interkondiler çentik uzunluğunun ölçülmesi (a) ve interkondiler çentik indesinin hesaplanması (a/b).....	32
Şekil 19.	Üç boyutlu tomografi görüntüleri üzerinden femoral tünel lokalizasyonunun belirlenmesi (yüksek-alçak, derin-yüzeyel)	33
Şekil 20.	Üç boyutlu tomografi görüntüleri üzerinden tibial tünel lokalizasyonunun belirlenmesi (iç-dış, ön-arka)	33
Şekil 21.	Diz tomografilerinin multiplanar rekonstrüksiyonuyla elde edilen oblik kesitlerle greftin femoral tünel girişinde bükülme açısının belirlenmesi	34
Şekil 22.	Femoral tünelde evre 1 (a), evre 2 (b) ve evre 3 (c) greft integrasyonu..	35
Şekil 23.	Tibial tünelde evre 1(a), evre 2 (b) ve evre 3(c) greft integrasyonu	35
Şekil 24.	Diz tomografilerinden elde edilen multiplanar rekonstrüksiyon görüntüleriyle interkondiler çentik hacminin hesaplanması	36
Şekil 25.	Greftin eklem içi uzunluğu belirlenerek, kalınlığa göre hacminin hesaplanması	36

Şekil 26. ÖÇBR uygulanan 27 yaş erkek olgu örneği. ÖÇBR sonrası 1. yıl kontrol MR görüntülemesinde ortalama SGO değeri 2.8 olarak bulundu (a). Onüçüncü ayda parsiyel menisektomi nedeniyle yapılan artroskopik bakıda ÖÇB greft maturasyonu, sinovyalizasyonu ve ligamentizasyonu iyi olarak değerlendirildi (b). Onsekizinci ayda son kontrolde ön-arka (c) ve yan (d) diz grafileri..... 44

Şekil 27. ÖÇBR uygulanan 19 yaş erkek olgu örneği. ÖÇBR sonrası 1. yıl kontrol MR görüntülemesinde ortalama SGO değeri 14.5 olarak bulundu (a). Ondördüncü ayda parsiyel menisektomi nedeniyle yapılan artroskopik bakıda ÖÇB greft maturasyonu, sinovyalizasyonu ve ligamentizasyonu kötü olarak değerlendirildi (b). Yirmialtıncı ayda son kontrolde ön-arka (c) ve yan (d) diz grafileri. 45

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.	Demografik ve Klinik Veriler	38
Tablo 2.	Anatomik ve Operatif Faktörler	39
Tablo 3.	Demografik, Anatomik ve Operatif Faktörlerin Tek Değişkenli Regresyon Analizi	41
Tablo 4.	Çok Değişkenli Regresyon Analizi ($R^2=\%44.5$).....	42
Tablo 5.	Klinik ve Radyolojik Sonuçların SGO değerleri ile Korelasyon Analizi	43

1. GİRİŞ

Ön Çapraz Bağ (ÖÇB) yaralanmaları dizde en sık görülen bağ yaralanmalarından biri olup insidansı 100.000'de 85'tir (1,2). ÖÇB, dizin ön translasyon ve iç rotasyonunu sınırlayan primer stabilizatörüdür (3). En sık yaralanma mekanizması, hafif fleksiyon ve valgus pozisyonundaki dizin non-kontakt pivot zorlanmasıdır (4).

ÖÇB yaralanmaları tedavisinde cerrahi seçenekler ve konservatif metodlar gelişmeye devam etmektedir (5). Doğal ÖÇB'nin yapı ve fonksiyonunun daha iyi anlaşılması anatomik ÖÇB rekonstrüksiyon tekniklerinin gelişmesini; buna paralel olarak, ÖÇB yetmezliğine rağmen dize dinamik ve fonksiyonel stabilite kazandıran nöromusküler sistemin etkinliğinin anlaşılması da uygun hastalar için konservatif seçeneklerin öne çıkmasını sağlamıştır (6). Cerrahi tedaviyle laksitenin azaltılması hedeflenirken, konservatif tedaviyle fonksiyonel instabilitenin giderilmesi hedeflenir. Her iki tedavi ile de menisküslerin ve eklem kıkırdığının daha fazla hasarlanmasının ve böylece osteoartrit gelişmesinin engellenmesi amaçlanır (7,8).

Anatomik Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonunda (ÖÇBR), ÖÇB femur ve tibia da doğal yapışma yerlerine, doğal boyutları ve oryantasyonuyla fonksiyonel olarak geri kazandırılması amaçlanır (9). ÖÇBR teknikleri gelişmesine rağmen kusursuz bir rekonstrüksiyon mümkün olamamaktadır, hastalar nadiren yaralanmadan önceki fonksiyonlarına ulaşabilmektedir. ÖÇBR sonuçlarının greftin biyolojik olarak iyileşmesine bağlı olduğu düşünülmektedir. ÖÇBR sonrasında kullanılan biyolojik greft, postoperatif dönemde doğal ÖÇB'ye benzer yapısal ve mekanik özelliklere sahip bir yapıya dönüşür. Bu süreç, greft tünel arayüzünde greftin integrasyonu ve intraartiküler tarafta greftin ligamentizasyonu ya da maturasyonu olarak gerçekleşir (10). Graft iyileşmesi; ÖÇBR sonrası, kas gücü geri kazanımı, nöromusküler kontrol etkinliği, psikolojik yeterlilik gibi spora dönüşü etkileyen önemli faktörlerdendir (11).

Bu çalışmada, dört kat hamstring otogreftiyle anatomik tek demet BR yapılan hastaların klinik ve radyolojik sonuçlarının incelenmesi ve greft iyileşmesine etki eden anatomik ve operatif faktörlerin kombine etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

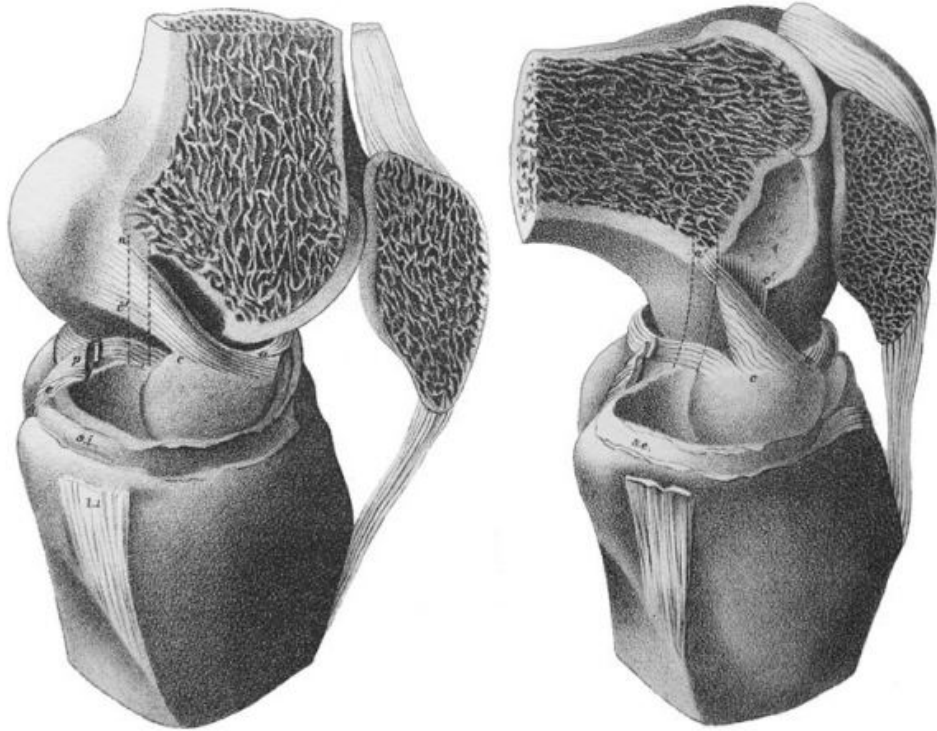


2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

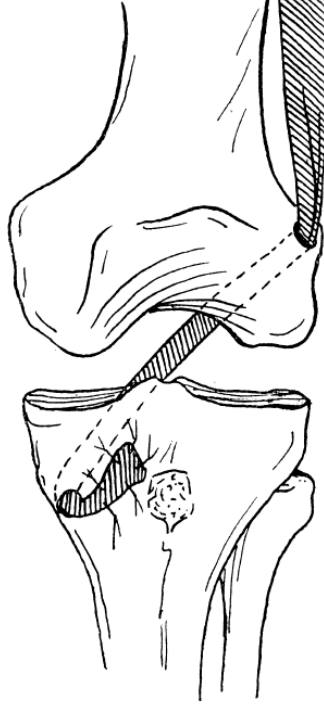
ÖÇB anatomi ve fonksiyonuyla ilgili ilk kayıtlı veriler M.Ö. 129-199 yıllarında yaşamış Claudius Galen'e aittir. Galen, çapraz bağların diz ekleminin hareketini sınırlayan statik yapılar olduğunu söylemiş ve bu yapıları "ligamenta genu cruciate" olarak adlandırmıştır (12).

Weber kardeşler (Şekil 1) 1838 yılında, ÖÇB'nin kesilmesi sonrası gelişen ön translasyonu tariflemiş, 1845'te Fransız cerrah Bonnet, diz bağ yaralanmalarına ait biyomekanik çalışmalar yapmıştır. Bonnet; dizde kopma hissi ile hemartroz ve fonksiyon kaybına neden olan ve kırığın dışlandığı durumlarda bağ yaralanması düşünülmesi gerektiğini bildirmiştir (13).

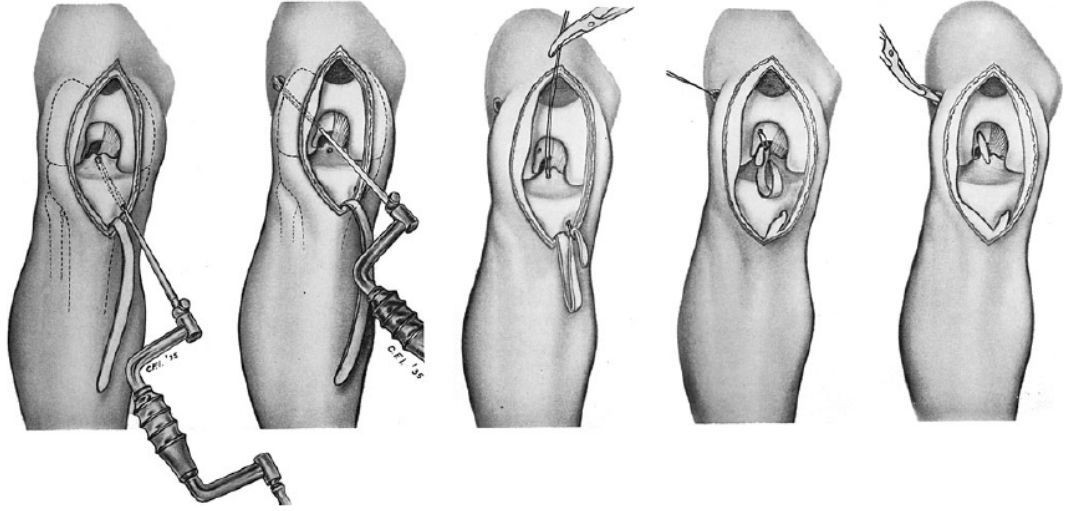


Şekil 1. 1836 yılında Weber kardeşler tarafından şematize edilen "yürüme aparatı mekaniği". Fleksiyon-ekstansiyonda farklı gerilimdeki çift bant yapısını ilk kez Weber kardeşler tanımlamışlardır (14).

Battle tarafından 1900 yılında ilk kez çapraz bağ tamiri yapılmıştır (15). Groves, 1917 yılında, bağ anatomisine uygun olarak oluşturduğu kemik tünellerden fasya lata greftini geçirerek ÖÇBR yapmıştır (Şekil 2) (16). Galeazzi, 1934 yılında, hamstring tendonlarını kullanarak ÖÇBR tanımlamıştır. Campbell, 1935 yılında patellar tendon kullanarak (Şekil 3), 1963 yılında ise Jones kemik-patellar tendon-kemik tekniği ile ÖÇBR uygulanmıştır (17).



Şekil 2. 1917 yılında Groves tarafından tanımlanan kemik tünellerden fasya lata geçirilmesiyle uygulanan ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (18)

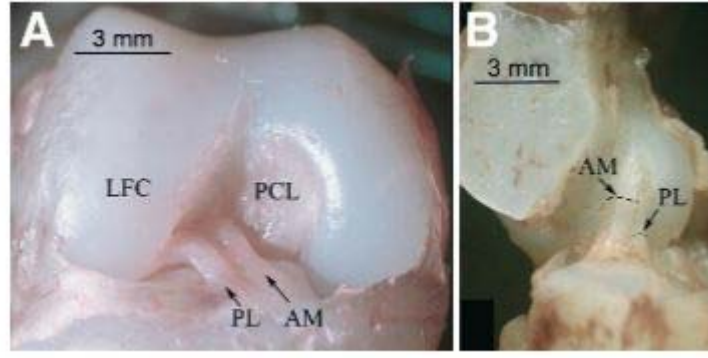


Şekil 3. 1935'te Campbell tarafından tanımlanan patellar tendonun kullanıldığı ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (19)

ÖÇB anatomisinin daha iyi anlaşılmasında ve ÖÇBR tekniklerinin geliştirilmesinde paradigma değişimine neden olacak artroskopik uygulamalar 1980'li yıllarda başlamıştır (20). Sonraki yıllarda artroskopi yardımcı ve transtibial olarak uygulanan ÖÇBR, zamanla anatomik tekniklere evrilmiştir. Bu süreçte ÖÇB'nin çift bant yapısına vurgu yapılmış ve 2000'li yıllarda çift bant rekonstrüksiyonları gündeme gelmiştir. İlerleyen yıllarda daha anatomik bir rekonstrüksiyon elde etmek için, tünel sayısı, yerleşimi greft seçenekleri ve tespit materyalleri ile ilgili farklı bir çok metod tarif edilmiş ve uygulanmıştır (21). Yüz yılı bulan cerrahi tecrübeye rağmen, halen ideal bir teknik ve greft seçeneği ortaya konulamamıştır. Ancak, daha iyi klinik ve fonksiyonel sonuç için doğal anatomiye yakın bir rekonstrüksiyon elde edilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır (22).

2.2. Embriyoloji ve Histoloji

ÖÇB; gestasyonun 6.-7. haftalarında, eklem boşluğu oluşmadan önce blastomanın içinde mezenkimal bir yoğunlaşma şeklinde görülür (23). Bu oluşum diz ekleminin arka kapsülünden köken alan mezenter benzeri iki katlı sinovyum katlantısıyla örtülüdür. Çapraz bağlar, intraartiküler ancak ekstrasinovyal oluşumlardır. Gestasyonun 8. haftasında her iki çapraz bağ da görünür ve 14. haftada tüm diz yapıları oluşmuştur (Şekil 4) (24,25).

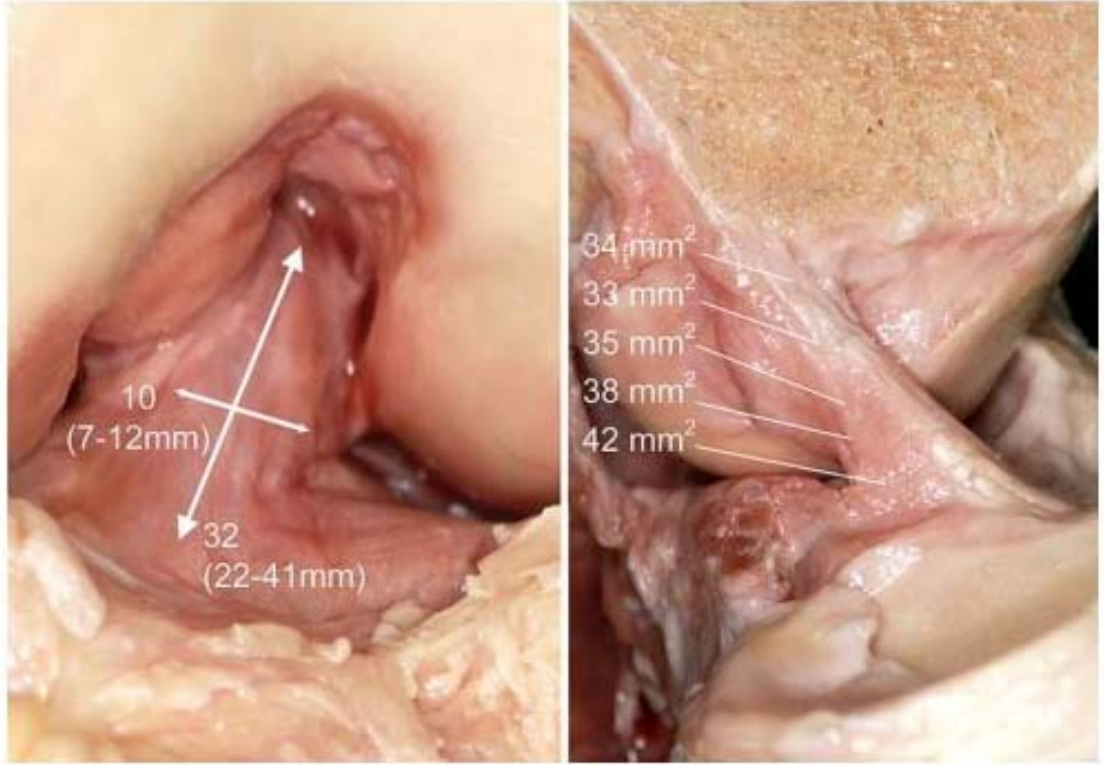


Şekil 4. Ön çapraz bağın fetal hayattaki görüntüsü (26)

ÖÇB histolojik olarak %90 Tip 1 kollajen ve %10 oranında Tip 3 kollajenden oluşur (24). Bunun yanında, ÖÇB matriksi glikozaminoglikanlar, glikokonjugatlar ve elastik komponentler içerir. ÖÇB yapışma bölgelerinde Tip 2, 4, 6 kollajenler de bulunmaktadır. ÖÇB diğer tendonlardan daha fazla miktarda glikozaminoglikan içerdiğinden dolayı viskoelastiktir ve daha fazla şok emici özelliktedir. Laminin, entaktin, tenaskin ve fibronectin gibi glikokonjugatlar ön çapraz bağda yer almakla beraber özellikle fibronectin, hücresel bağlanma, hücre göçü ve matriks morfolojisinde önemli bir role sahiptir. Bu konjugatlar normal ÖÇB ve greftin kemiğe tutunmasında anahtar öneme sahiptir (25).

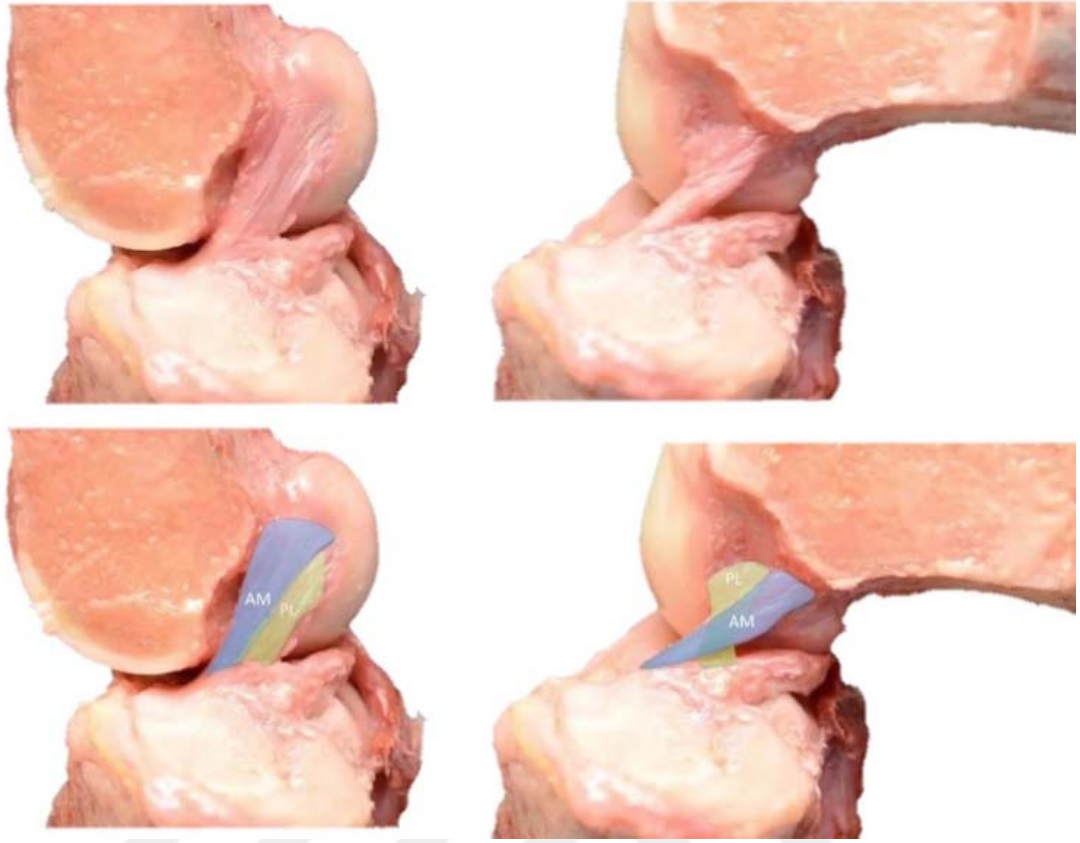
2.3. Anatomi

ÖÇB, eklem içinde uzanan ekstrasinovyal bir yapıdır. Tibial yapışma alanı (yaklaşık 3 cm²) femoral yapışma alanına (yaklaşık 2-2,5 cm²) göre daha geniş ve güçlüdür. ÖÇB'nin en dar olduğu kısım eklem içinde seyrettiği kısımdır ve kalınlığı 7-12 mm arasında değişir. ÖÇB'nin isthmusa ait ortalama kesitsel alanı tibial yapışma yerinin kesit alanının %50.2 ve femoral yapışma yerinin kesit alanının %37.8'i kadardır. ÖÇB'nin ortalama uzunluğu 32 mm'dir (22-41mm) ve ekstansiyondan fleksiyona gelirken bağın uzunluğu kısalır. ÖÇB tam ekstansiyonda dize öne translasyon uygulanırken en uzun halini alır (31.1 mm± 3.1mm). Diz 90 derece fleksiyonda yük uygulanmadan en kısa uzunluktadır (24.3± 3 mm) (27). Eklem içinde seyrettiği kısımda ligaman oval şekillidir ve kesit alanı ortalama olarak kadınlarda 36 mm², erkeklerde 44 mm²'dir (Şekil 5) (24,28).



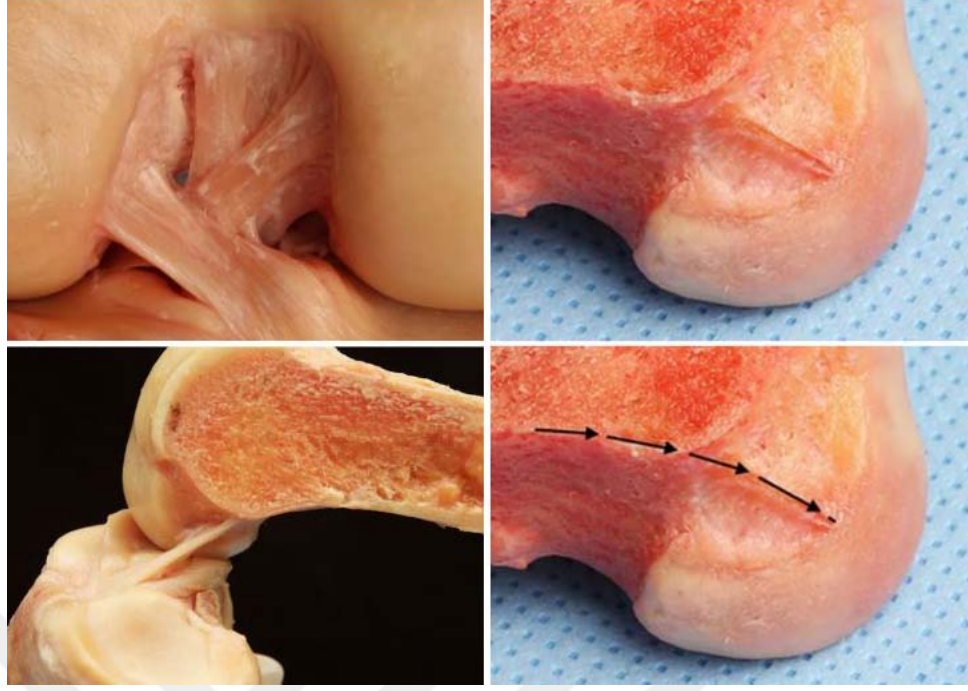
Şekil 5. Ön çapraz bağın ortalama uzunluğu 32 mm, ortalama genişliği 7 mm'dir ve farklı seviyelerde farklı kesit alanlarına sahiptir (29)

ÖÇB, diz kinematığını sağlamak üzere sinerjistik olan çalışan iki demetten oluşur ve bu nedenle dinamik bir yapıya sahiptir. Anatomik olarak tibiadaki yapışma bölgelerine göre adlandırılan anteromedial (AM) ve posterolateral (PL) demetlerden oluşur (30,31). Diz eklemi ekstansiyondan fleksiyona doğru hareket ederken ÖÇB'nin AM ve PL demetleri üzerindeki gerginliği, femoral yapışma yerlerinin oryantasyonunun değişmesine bağlı olarak değişmektedir. PL demet ekstansiyonda gerginken, diz fleksiyonu arttıkça gevşer. AM demet ise ekstansiyonda gevşerken; diz fleksiyonu arttıkça gerginleşir. Frontal planda AM demet daha dikey bir seyir gösterirken ($\sim 70^\circ$), PL demet daha yatay bir seyir gösterir ($\sim 55^\circ$) (Şekil 6) (32).

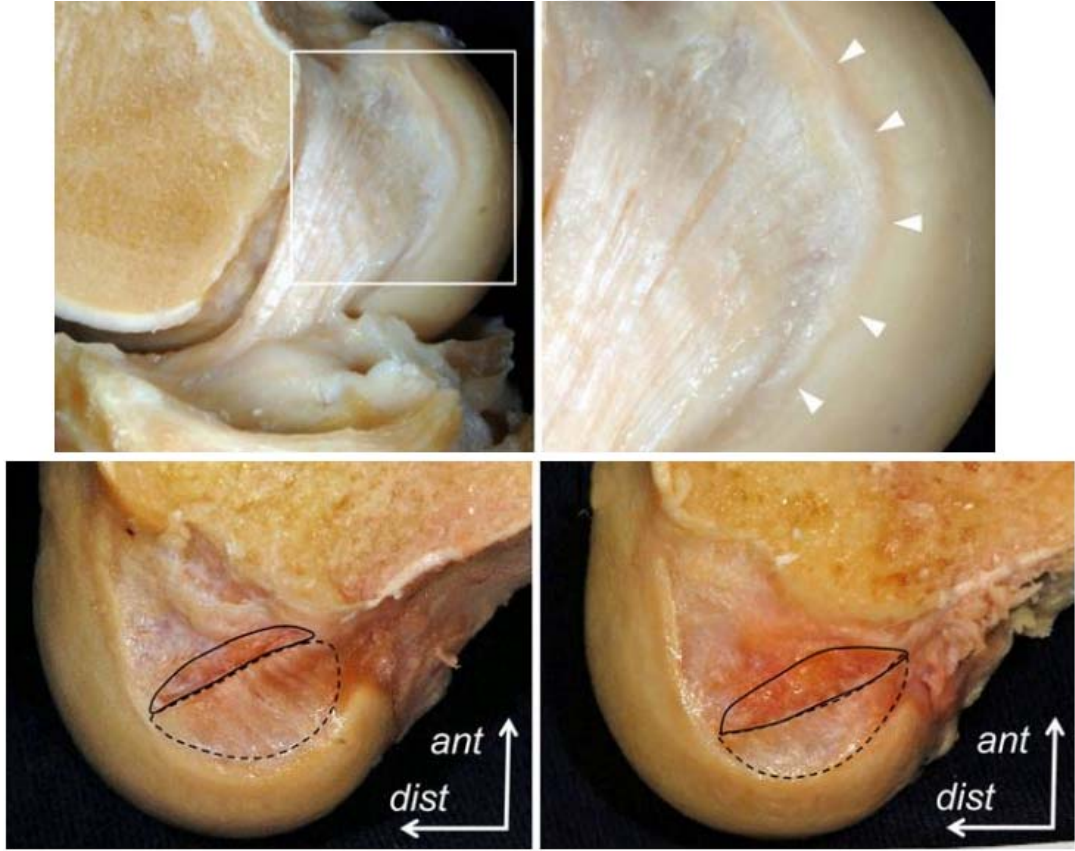


Şekil 6. Ön çapraz bağın çift demet yapısı

Femoral ve tibial yapışma yerleri karmaşık bir geometriye sahiptir ve yelpaze benzeri uzanımlar gösterir (Şekil 7 ve 8). Femoral yapışma yerinde interkondiler çentiğin lateral duvarında Resident's line olarak adlandırılan çıkıntı ÖÇB'nin ön sınırını oluşturur. Buna dik olarak uzanan lateral bifurkat kenar AM ve PL demetleri ayıran bir belirteçtir (9,31). ÖÇBR esnasında femoral kalıntılar olmadığında bu belirteçler kullanılabilir. Tibial yapışma bölgesinde ise genellikle lateral menisküs ön boynunuzu ve intermeniskal ligament belirteç olarak kullanılır.

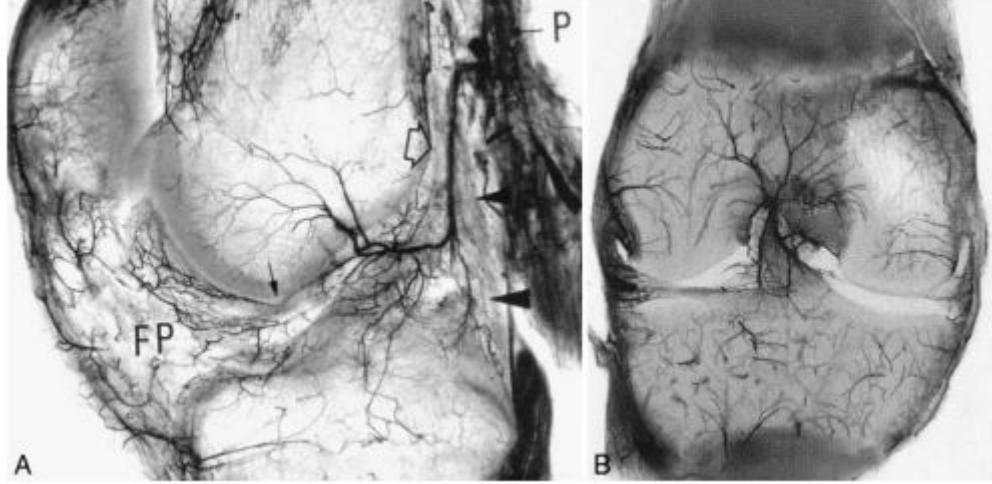


Şekil 7. Ön çapraz bağın şerit şeklindeki yapısı ve posterior korteks trasesinde lateral femoral kondilde direkt yapışma yeri (33)



Şekil 8. Ön çapraz bağın posterioara uzanım gösteren indirekt lifleri ve iki farklı paternde direkt/indirekt lif yapışma alanları (34)

ÖÇB kanlanması başlıca orta genikülat arterin ligamentöz dallarından olmaktadır (Şekil 9). Distal kısımda ise, medial ve lateral inferior geniküler arterlerden de dallar almaktadır. Orta ve inferior geniküler arterin dalları bağın çevresinde anastomoz yaparak sinovyal bir ağ oluşturmaktadır (35).



Şekil 9. Popliteal arterden çıkan orta genikülat arterin posterior kapsülü delerek eklem içine girmesi, ön çapraz bağ ve diğer anatomik yapılarda dağılması (29)

Nörolojik olarak, ÖÇB tibial sinirin posterior artiküler dalı tarafından innerve edilir. Bu sinir; diz eklem kapsülünü posteriordan delerek damar sinir paketi içerisinde sinovyal ve periligamentöz damarlarla birlikte bağa ulaşır (36). Histolojik çalışmalar sinovyal membranın altında; bağın yüzeyinde mekanoreseptörler olduğunu göstermiştir. Golgi benzeri reseptörler ve Ruffini korpuskülleri gibi yavaş adapte olan mekanoreseptörler hareket değişiklikleri, eklem pozisyonu ve açısındaki değişikliklerle uyarılan proprioseptif reseptörlerdir. Paccini korpuskülleri hızlı adapte olan ve bağın gerilmesiyle uyarılan mekanoreseptörlerdir. Az sayıda bulunan serbest sinir sonlanmaları ağrı iletiminden sorumludurlar. Ağrı iletiminden sorumlu olan serbest sinir sonlanmalarının az sayıda bulunması ÖÇB yaralanmalarında ağrıdan ziyade kopma hissinin hissedilmesine neden olur. Daha sonra gelişen ağrının sebebi ise hemartroz nedeniyle eklem kapsülündeki gerilmeye bağlıdır.

2.4. Diz Kinematiki ve Ön Çapraz Bağ Biyomekaniği

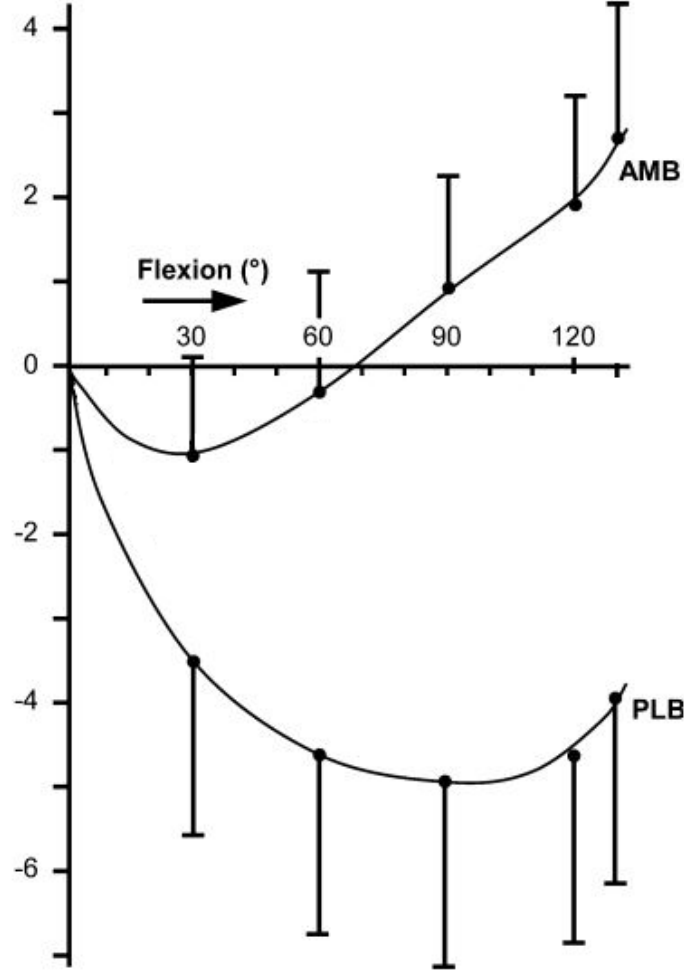
Diz eklemi fleksiyon ekstansiyon hareketleri sırasında femur kondilleri, tibia platosu üzerinde iki ana hareket yapar. Bunlar yuvarlanma (rolling) ve kayma (gliding) hareketleridir (37). Bu hareketlerin birleşimi sayesinde diz eklemi dar bir alan içinde açısal değeri olarak geniş bir hareket aralığı kazanır. Tam ekstansiyonda olan dizde 20° fleksiyon derecesine kadar sadece yuvarlanma hareketi meydana gelir. Diz 20° fleksiyondan sonra ise yuvarlanma hareketi giderek azalırken, kayma hareketi başlar ve fleksiyon derecesi arttıkça kayma giderek artar. Fleksiyonun sonuna gelindiğinde ise femur kondilleri sadece kayma hareketi yapar. ÖÇB ve Arka Çapraz Bağ (AÇB) yuvarlanma ve kayma hareketi sırasında düzenleyici olarak rol oynar. Diz 0-90 derece arasındaki hareketi sırasında femur ile tibia arasındaki temas noktası 14 mm arkaya kayar (38).

Medial femoral kondil, lateral femoral kondile göre daha büyüktür. Medial tibial plato konkav, lateral tibial plato ise hafif konveks yapıdadır. Böylece medial kompartmanda geniş temas yüzeyi oluşur. Bu sebeple diz tam ekstansiyodayken femurun tibia üzerinde iç rotasyona gelmesini sağlar. Ayrıca ekstansiyonda tibia eminensiyaları femur interkondiler çentiğine oturur. Dizin bu özelliğine “vida-yuva mekanizması (screw home)” adı verilir. Bu nedenle dizin tam ekstansiyodayken hiç rotasyon hareketi yoktur. Fleksiyon arttıkça rotasyon miktarı da artar ve 90 derece fleksiyodayken maksimum olur. Diz 90 derece fleksiyon esnasında 25-30 dereceye kadar pasif rotasyon olabilir (39).

ÖÇB’nin temel görevi tibianın öne translasyonunu önlemektir. Bunun yanından tibianın iç rotasyonu ve dizin valgus açılanmasını sınırlar. Tam ekstansiyodaki dizde ÖÇB, tibianın ön translasyonunun %75’ine karşı koyarken, 60-90 derece fleksiyodaki dizde %85 oranında karşı koyar. ÖÇB’nin gerilme kuvveti yaklaşık 2200 N olup, tekrarlayan yüklenmeler ve yaşla birlikte değişir (40).

ÖÇB anizometrik bir yapıdadır ve diz hareketi boyunca ÖÇB liflerinde uzunluk değişimi meydana gelir. Diz tam ekstansiyondan 90 derece fleksiyona alınırken AM demet uzunluğunda %10 artış görülürken, PL demette %6-32 oranında kısalma görülür (Şekil 10). Fleksiyon arttıkça AM demetin, ekstansiyonda ise PL

demet daha baskın hale gelir. Klinik olarak, AM demet ön çekmeceden sorumluyken, PL demet pivot-shift testinden sorumludur (40).

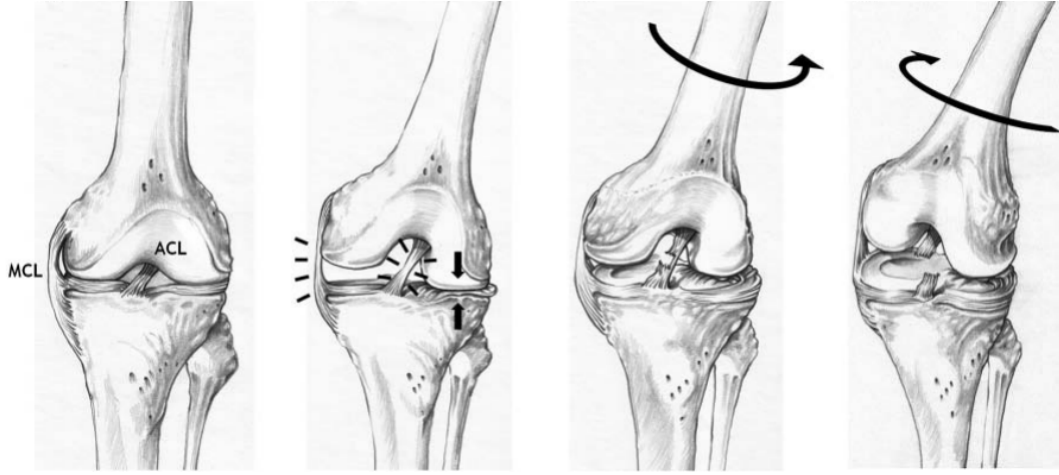


Şekil 10. Anteromedial (AMB) ve Posterolateral (PLB) bandın diz fleksiyonuyla birlikte uzunluk değişimi (mm) (29)

Günlük aktivitelerde ÖÇB'ye binen kuvvetler genellikle gerilme güçleridir. Bu güçler genellikle 285-400 newton arasında değişkenlik gösterir. Bağa giderek artan yükler uygulandığında ÖÇB elastik deformasyon, plastik deformasyon ve yetmezlik olmak üzere 3 ana evrede bozunmaya uğrar. Elastik deformasyon oluştuğunda bağ gerilir fakat bağın bütünlüğü bozulmaz. Elastik deformasyon sınırını aşan kuvvetler uygulandığında ise ÖÇB kopar. Bağa uygulanan gerilme daha da arttırılırsa plastik deformasyona uğrar. Bu fazda ise kollajen fibrilleri arasındaki çapraz bağlar kırılır ve bağın boyu uzar. Bu faz oluştuktan sonra bağ eski haline dönemez (41).

2.5. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Etiyoloji ve Mekanizma

ÖÇB yaralanmalarının %70'i nonkontakt pivot mekanizmayla oluşur. Sıklıkla bir bacak yerde sabitken ani yavaşlama sonrası rotasyon zorlanmasıyla gerçekleşir (Şekil 11) (42). Diz ekstansiyonu sırasında hamstring kasları tarafından karşılanmayan quadriceps kasılmasının, yaralanma için önemli olduğu öne sürülmektedir.



Şekil 11. Ön çapraz bağın en sık yaralanma mekanizması, hafif fleksiyon ve valgus pozisyonundaki dizin non-kontakt pivot zorlanmasıdır (43)

Yaralanma mekanizmasında intrinsek ve ekstrinsek olmak üzere iki grup faktör rol oynar (44). Spor yapılan zeminin özellikleri, spor ekipmanları ve spor türü ekstrinsek faktörler olarak sıralanabilir (45). İntrinsek faktörler ise cinsiyet, dar interkondiler çentik, artmış vücut kitle indeksi, artmış laksite, küçük ÖÇB hacmi, artmış posterior tibial eğim, dizin valgus dizilimi olarak sıralanabilir (46,47). Nöromusküler kontrol yetersizliği de ÖÇB yaralanmasının gelişiminde rol oynamaktadır. Bunların yanında genetik (tek yumurta ikizleri) ve hormonal faktörlerin (östrojen) etkileri de söz konusudur (48).

2.6. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Öykü ve Fizik Muayene

Akut ÖÇB yaralanması sonrasında hastalar sıklıkla ağrı, topallama, dizde dönme ve güvensizlik hissi gibi şikayetlerle başvururlar. Hastaların %80'inden hemartroza bağlı şişlik meydana gelir. Hastaların bazıları ise yaralanma esnasında “popping” olarak tanımlanan bir ses duyduklarını ifade ederler (49). Kronik

yaralanmalarında ise, ÖÇB yaralanmasına eklenen kıkırdak ya da menisküs lezyonları nedeniyle oluşan kilitlenme ve diz önü ağrısı gibi şikayetler de görülebilir (50).

Fizik muayeneye başlamadan önce dizin ön-arka, yan, patella tanjansiyel ve tünel grafilerinin çekilerek kemik patolojilerin varlığı açısından değerlendirilmelidir. Klinik inceleme nazik bir şekilde yapılmalı ve hastaya her işlem öncesi bilgi verilerek hastanın tam olarak gevşemesi sağlanmalıdır. İnspeksiyonla diz çevresindeki cilt lezyonları, ekimoz, efüzyon, normal kontur kayıpları belirlenmelidir. Palpasyonla, özellikle kollateral bağların üzerinde ve yapışma yerlerinde olan hassasiyet kollaterallerin yaralandığını gösterir. Eklem aralığı hassasiyeti menisküs ve kapsül yaralanmasını gösterir. Dizin eklem hareketlerindeki kısıtlılık hemartroza bağlı olabileceği gibi, özellikle ekstansiyon kısıtlılığı deplase menisküs yırtığına veya yırtık ÖÇB liflerinin kondiller arasında sıkışmasına bağlı olabilir (49).

ÖÇB yaralanmasında sıklıkla kullanılan testler; Lachmann testi, ön çekmece testi ve pivot-shift testidir. Bunların haricinde, fleksiyon-rotasyon çekmece testi, jerk testi, Losee testi ve quadriceps aktivite testleri de tanımlanmıştır (51).

2.6.1. Lachman Testi

Dizin ön-arka stabilitesinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli testtir. Hasta supin pozisyonda, diz 15-30 derece fleksiyondayken muayene yapan hekim bir eliyle femuru stabilize eder, diğer eliyle tibia proksimaline ön-arka düzlemde kuvvet uygular. Anterior translasyon miktarı ve sonlanması, evre 1 (1-5 mm), evre 2 (6-10 mm) ve evre 3 (10 mm de fazla) olarak kaydedilir (52). Test karşı tarafa da uygulanarak karşılaştırma yapılmalıdır. Testin sensitivitesi 0.74 ile 0.93 arasında, spesivitesi 0.88 ve 0.98 arasında bildirilmektedir (53). Negatif Lachman testi, ÖÇB yaralanma olasılığını önemli ölçüde ekarte ettirir.

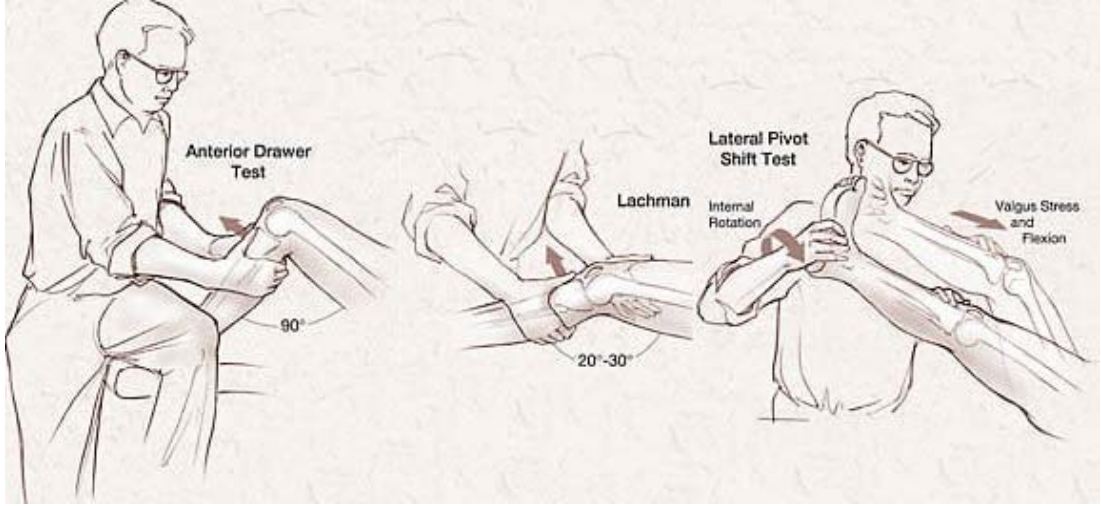
2.6.2. Ön Çekmece Testi

Ön-arka instabilitenin tek planda değerlendirilmesinde değerli bir testtir. Hasta supin pozisyonunda yatarken diz 90°, kalça 45° fleksiyon pozisyonunda ve

ayak nötralde bakılır. Hastanın ayağı üzerine oturularak bacak tespit edilir. Hamstring kaslarının gevşemesini sağlamak için bacağın üst kısmından iki elle tutulur ve daha sonra tibia öne doğru çekilir. Tibianın ön translasyon miktarı karşı tarafla karşılaştırılarak kaydedilir. Pozitif bir öne çekmece testi ÖÇB lezyonunu gösterirken; testin negatif olması bağın sağlam olduğunu göstermemektedir. Bu test bakılırken AÇB'nin sağlam olduğu öncelikle belirlenmelidir. Aksi takdirde posteriora sublukse tibianın anormal öne gelişi yalancı pozitif olarak değerlendirilme riski vardır. Ön çekmece testinin sensitivitesi 0.39 ile 0.77 arasında, spesivitesi 0.78 ile 0.98 arasında bildirilmektedir (53).

2.6.3. Pivot Shift Testi

ÖÇB yaralanması olan kişilerde; rotasyonel ve anterior instabiliteye bağlı olarak oluşturulan diz subluksasyonunun redükte edilmesi esasına dayanan bir testtir. ÖÇB yaralanmasını indirek olarak işaret eden dinamik bir testtir. Kuadriseps kas gücü yetmezliği olan veya anterior diz laksitesi fazla olan normal kişiler de hafif bir fizyolojik pivot shift gösterebilir. Pivot shift testinde hasta supin pozisyonda yatırılır. Hastaya gevşemesi telkininde bulunulur. Hekim muayene edilecek tarafta ayaktan tutarak bacağı masadan kaldırır ve bacağı iç rotasyona getirir. Muayene eden kişi diğer elini dizin hemen altında proksimal tibianın laterale yerleştirir. Diz ekstansiyondayken valgus stresi ve dizi fleksiyona getiren bir kuvvet uygulanır. Diz 20°-30° arası fleksiyona getirildiğinde, anteriora sublukse olan tibia, iliotibial bandın etkisiyle femura göre normal olan pozisyonuna redükte olur. Testin sensitivitesi 0.22 ile 0.31 arasında, spesivitesi 0.97 ile 0.99 arasında bildirilmektedir (53). Anestezi altında duyarlılığı %91 olarak rapor edilmiştir.



Şekil 12. Ön çekmece, Lachmann ve Pivot shift testleri

2.6.4. Enstrümanla Laksite Değerlendirme

Fizik muayene bulgularının sübjektif ve özellikle parsiyel yırtık gibi fizik muayenenin güvenilir olmadığı durumlarda enstrümanla laksite ölçümü objektif ve güvenilir sonuç verir (54). Bu amaçla günümüzde en sık kullanılan cihazlar; KT-2000 artrometresi, GNRB, Rolimeter cihazlarıdır (55). Ölçümler hasta supin pozisyonda, dizin altında destek yerleştirilerek 30 derece fleksiyonda bilateral olarak yapılır. İki ekstremitte arasında 2 mm'den fazla fark patolojik olarak kabul edilir.

2.7. Radyolojik Değerlendirme

Radyolojik değerlendirme ÖÇB yaralanmalarının değerlendirilmesinde klinik değerlendirme ile beraber ayrılmaz bir bütündür. Klinik değerlendirme mutlaka radyolojik değerlendirme ile desteklenmelidir (56).

2.7.1. Direkt Grafi

İzole ÖÇB lezyonu olan hastalarda genellikle direk grafi normal görünümündedir. Bununla beraber akut ÖÇB rüptürü olan hastalarda osteokondral kırıklar, tibial eminensiyanın avulsiyon fraktürleri ve lateral tibial platonun avulsiyon kırığı (Segond kırığı) gibi patolojilerin ortaya konmasına yardımcıdır (56). Yine lateral grafide lateral femoral çentik veya çift sulkus işareti işareti ÖÇB yaralanması olabileceğinin ikinci bir dolaylı işaretidir (57). Genu varus ve valgum gibi dizilim

bozuklukları mevcut ise veya kronik ÖÇB yetmezliği sonrası tedavi planlanacaksa, orteoröntgenografik değerlendirme yapılmalıdır.

2.7.2. Manyetik Rezonans İnceleme

Güncel literatürde ön çapraz bağ yaralanmalarının değerlendirilmesinde altın standart radyolojik yöntem manyetik rezonans görüntülemedir (MRG). Ek olarak MRG, ÖÇB yaralanması ile birlikte olabilecek kemik kırıklarını, kırıkta hasarını, menisküs yaralanmasını ve diğer bağ yaralanmalarını gösterebilmektedir (58).

Ön çapraz bağ yaralanmalarında temel olarak MRG’de sagittal T2 ağırlıklı kesitler kullanılmaktadır. Aksiyel ve koronal kesitler tamamlayıcı olarak değerlendirilmelidir. ÖÇB liflerinin olması gereken alanda ödem olması, lateral femoral kondil medial duvarının boş olması (boş çentik işareti), ÖÇB liflerinin posteriora veya inferiora düşmesi, özellikle adölesanlarda tibial yapışma yerinde avülsiyon kırığı olması ve ÖÇB’nin görüntülenememesi (kronik dönem) gibi bulgular ÖÇB yaralanmasının MRG’de doğrudan işaretidir (59). Bununla beraber lateral femoral kondilde görülen kemik iliği ödemi veya osteokondral çökme, hemartroz, tibianın anteriora translasyonu ÖÇB yaralanmasını düşündüren bulgulardır. Akut ÖÇB yaralanmasında MRG sensitivitesi %92-96, spesivitesi %92-98 arasında bildirilmektedir (60).

2.7.3 Bilgisayarlı Tomografi

Kullanım yeri oldukça sınırlı olmakla birlikte direkt grafilerde şüpheli avülsiyon kırıkları, osteokondral kırıklar, Segond kırığı gibi patolojileri doğrulamak için kullanılabilir. Ayrıca ÖÇBR revizyonlarında tünel pozisyonları ve genişliklerinin değerlendirilmesinde yardımcıdır (61).

2.8. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarına Eşlik Eden Yaralanmalar

Akut ÖÇB yaralanmalarının %10’dan azı izole yaralanmalardır (62). En sık eşlik eden patolojiler anterolateral ligament yaralanması, menisküs ve medial kollateral ligament (MKL) yaralanmalarıdır. Akut yaralanmalarda lateral menisküs (LM) hasarı daha sık görülürken, kronik yaralanmalarda tekrarlayan travmalar

nedeniyle medial menisküs (MM) hasarı daha sık görülür (63). Kıkırdak yaralanmaları daha çok kronik evrede oluşur. ÖÇB yaralanmasına, MM ve MKL yaralanmasının eşlik etmesi “unhappy triad” (mutsuz üçlü) olarak adlandırılır.

2.9. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Doğal Seyir

ÖÇB yetmezliğinde dizin rotasyon merkezi yer değiştirir ve eklem normal kinematığı bozulur (64). ÖÇB yokluğunda dizin statik stabilizatörleri medial tibial platonun konkavitesi, medial menisküsün posterior boynuzu ve posterior kapsüloligamentöz yapılarıdır. Dinamik stabilizatörler ise hamstring ve quadriseps kas grupları ile proprioseptif yapılarıdır. Tüm bunların yetersizliği ile instabilite semptomları ortaya çıkar. Tibianın anterior deplasmanı dizin medial tarafında makaslama kuvvetlerine ve medial menisküs posterior boynuzunda sıkışmaya ve yırtıklara neden olur. Bu da anterior deplasmanın daha da artmasına ve eklem kıkırdağı hasarına neden olabilir (65).

ÖÇB yaralanmaları sonrası osteoartrit oluşumunda; eklem kıkırdağı, menisküs ve ligamentlerin primer hasarı, instabilitenin neden olduğu sekonder hasarlar ya da biyomekanik değişimlerin neden olduğu kronik travmalar etkilidir. ÖÇB sonrası osteoartrit gelimi %40-90 arasında değişen oranlarda gösterilmektedir (66).

Literatürde ÖÇB yaralanması sonrası yapılmış çalışmalarda; yaş, cinsiyet, meslek spor aktivite düzeyi, eşlik eden lezyonlar, farklı tedavi metodları (cerrahi, konservatif), farklı cerrahi seçeneklerinin klinik ve radyolojik sonuçlara etkisi değerlendirilmiş ancak bir fikir birliği oluşturulamamıştır. Dolayısıyla, ÖÇBR'nin osteoartrit oluşumunu engelleyip engellemediği tam olarak bilinmemektedir. Ancak rekonstrüksiyon yapılsın veya yapılmaz ÖÇB yaralanmasının osteoartrit gelişimi için tek başına bir risk faktörü olduğu bilinmektedir (67).

2.10. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarında Tedavi

ÖÇB tedavisinde amaç fonksiyone diz stabilitesinin sağlanması, hastanın yaralanma öncesi aktivitesine geri döndürülmesi ve instabilite nedeniyle oluşabilecek menisküs veya kıkırdak hasarı gibi ilave patolojilerin önüne geçilmesidir. Tedavi

kararında, fizik muayene ve radyolojik görüntülemelerin yanında, hastanın yaşı, aktivite düzeyi, eşlik eden yaralanmaların varlığı, hastanın beklentileri gibi faktörler çok yönlü olarak değerlendirilir, olgu merkezli planlama yapılır. Tedavi seçenekleri konservatif ve cerrahi olarak ikiye ayrılır (69,70).

2.10.1. Konservatif Tedavi

Genellikle düşük beklenti düzeyi olan, nadiren instabilite atakları geçiren, sedanter hastalar için endikedir. Konservatif tedavi, aktivite modifikasyonu, aktif spordan kaçınılması, quadriceps ve hamstring kas gruplarını güçlendirme ile propriyosepsiyon artıran, denge koordinasyon ağırlıklı fizyoterapi programlarını içerir (68,69).

2.10.2. Cerrahi Tedavi

ÖÇB cerrahi tedavisinde amaç hastanın yaralanma öncesi aktivite düzeyine geri dönmesini sağlayacak stabilitenin geri kazanılmasıdır. Bu nedenle aktif yaşam süren ve aktivite beklentisi yüksek hastalarda semptomatik instabilite varlığında, yaştan bağımsız olarak cerrahi tedavi önerilmektedir (70,71).

ÖÇB cerrahisinde, preoperatif dönemde eklem hareket açıklığı, quadriceps kas gücü, yaş, eşlik eden ilave patolojiler, dizilim bozuklukları ve dizdeki dejenerasyon miktarı cerrahi sonuçlara etki eden faktörlerdir. Karşı ekstremita ile karşılaştırıldığında quadriceps kas gücünde %20 oranında azalma, operasyon sonrası fonksiyonel sonuçları olumsuz etkilemektedir, bu nedenle operasyon öncesi fizyoterapi ile optimum seviyeye getirilmesi gerekmektedir. Cerrahi zamanlaması bir diğer tartışma konusudur. Genel olarak, akut inflamatuvar dönemin geçtiği, diz ekleminde tam hareket açıklığının kazanıldığı ve quadriceps kas gücünün geri kazanıldığı dönemde cerrahi tedavi önerilmektedir (72,73).

Greft Seçimi

ÖÇBR’de kullanılan greft seçenekleri, otogreft, allogreft ve sentetik greftler olarak üç gruba ayrılır. Greft seçiminde etkili faktörler; donör saha morbiditesi, doku uyumu, cerrahi süre ve maliyet olarak sıralanabilir. Her greft seçeneğinin kendi

içinde avantaj ve dezavantajları mevcuttur (74,75). Günümüzde sık olarak kullanılan otogreftler; hamstring, kemik-patellar tendon-kemik, quadriseps ve peroneus longus tendon greftleridir.

Hamstring greftleri, düşük donör saha morbiditesi ve yüksek rejenerasyon potansiyeli nedeniyle günümüzde en popüler greft seçeneği olarak öne çıkmaktadır. Buna karşın, greft boyutunun belirlenmesindeki güçlük, yumuşak doku iyileşme problemleri ve özellikle tırmanıcılar gibi bazı sporcularda ortaya çıkan hamstring performans kayıpları potansiyel dezavantajlarıdır (76).

Kemik-patellar tendon-kemik grefti tünel içinde kemik-kemik tespit prensibine dayanır, bu nedenle yüksek stabilite ve dayanım gücüne sahiptir. Buna karşın, diz önü ağrısı, patella kırığı, quadriseps güç kaybı gibi donör saha morbiditeleri vardır. Geçtiğimiz yıllarda altın standart greft seçeneği olmasına karşın, güncel literatürde hamstring otogreftine bir üstünlüğü olmadığı vurgulanmaktadır (76).

Quadriseps ve peroneus longus tendon otogreftleri özellikle son yıllarda revizyon cerrahilerinde başta olmak üzere alternatif seçenekler arasına girmiştir (77,78). Büyük boyutta greft elde edilebilme olanağı, yüksek biyomekanik dayanım gücü başlıca avantajlarıdır. Quadriseps tendonu için patella kırığı ve quadriseps güç kaybı başlıca dezavantajlardır (78). Peroneus longus tendon greft alımında ise ayak kinematığı ve yürüyüş biyomekaniğinin bozulması başlıca kaygıları oluşturur ancak etkisi tam olarak bilinmemektedir (79,80).

Allogreft olarak patellar tendon, tibialis anterior tendonu, aşil tendonu, hamstring tendonları kullanılmaktadır. Donör saha morbiditesinin olmaması, cerrahi süreyi kısaltması gibi başlıca avantajlarının yanında, enfeksiyon riski ve uzamış iyileşme süresi gibi dezavantajları bulunmaktadır (81).

Sentetik greftler, allogreftlerin dezavantajları nedeniyle geliştirilmiştir. Karbon, dacron materyalleri kullanılarak yapılan ilk kuşak sentetik greftlerde yüksek oranda greft yetmezliği görülmüştür (82). Polietilen tepitalat yapıdaki Ligament

Advanced Reinforcement System sentetik grefti günümüzde özellikle ÖÇB primer onarımında kullanılmakta ve gelecek vaad eden sonuçlar bildirilmektedir (83).

Rekonstrüksiyon Teknikleri

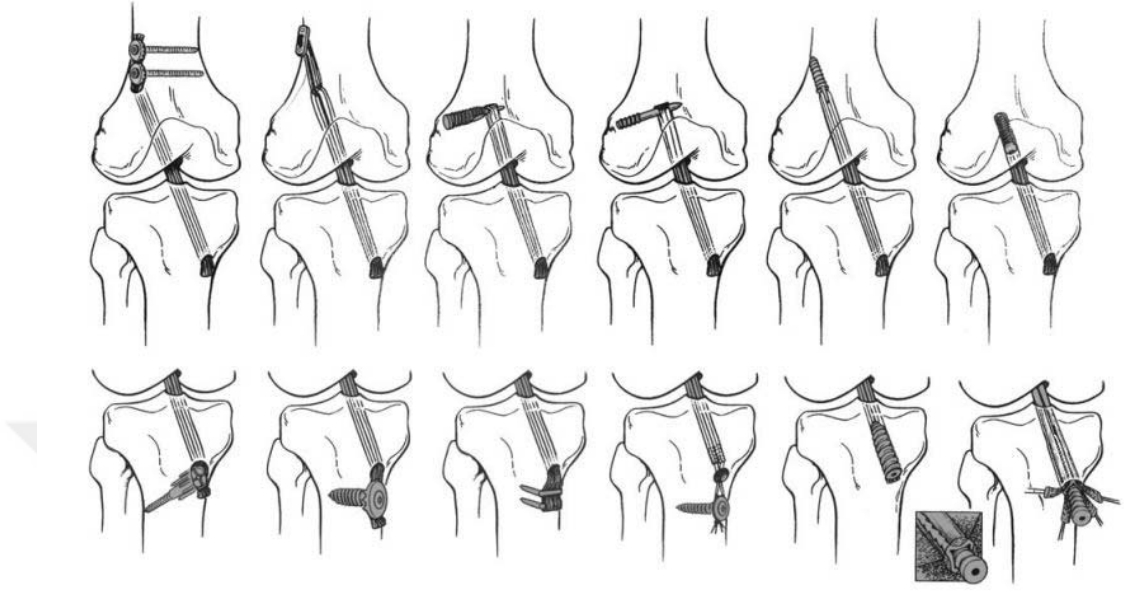
ÖÇBR’de ilk uygulamalar, diz hareketiyle greftin geriliminin değişmediği izometrik rekonstrüksiyon prensibine dayanmaktadır (84). Ancak yapılan biyomekanik çalışmalarla diz fleksiyonuyla ÖÇB’nin geriliminin değiştiği ve izometrik davranmadığı gösterilmiştir. Ayrıca izometrik rekonstrüksiyon yapılan olguların normal diz fonksiyonuna sahip olmadığı gösterilmiştir. Bu nedenle başlangıçta transtibial olarak uygulanan teknik, daha yatay konumlandırılarak modifiye edilmiştir (85). Yine biyomekanik çalışmalarla gösterilen, izometrik transtibial rekonstrüksiyon sonrası dizin rotasyonel stabilitesindeki yetersizlik, anatomik rekonstrüksiyon tekniklerinin gelişmesini sağlamıştır. Anatomik rekonstrüksiyonda, ÖÇB’nin doğal yapışma yerlerine doğal oryantasyonla geri kazandırılması amaçlanmaktadır. Ardından çift demetin fonksiyonel olarak geri kazandırılmasının diz kinematiğinin daha iyi restore edebileceği varsayımıyla çift demet rekonstrüksiyon teknikleri geliştirilmiştir (86). Ancak, anatomik tek demetle çift demetin kıyaslandığı biyomekanik çalışmalarda birbirlerine bir üstünlüğü gösterilememiştir (87). Son yıllarda dinamik intraligamenter stabilizasyonla ÖÇB primer onarımı gündeme gelmiş ve tatmin edici sonuçlar bildirilmiştir (88).

Greft Tespiti

ÖÇBR’de greftin inkorporasyonu greft seçeneğine göre farklılık göstermektedir. İnkorporasyon süreci kemik-patellar tendon-kemik greftlerinde 6 hafta, diğer otogreftlerde 8-12 hafta ve allogreftlerde 6 ay olarak bildirilmektedir (89). Erken dönemde, greft inkorporasyonuna kadar geçen süre içinde greft tespiti kritik role sahiptir.

Femoral fiksasyonda kemikli greftler için metalik ya da biyobozunur interferans vidası ile tespit altın standarttır. Yumuşak doku greftleri için, kortikal askı, kansellöz askı ve kortikokansellöz askı sistemleri mevcuttur. Benzer şekilde tibial

fiksasyon da kansellöz kemiğe, kortikal kemiğe ya da kombine olarak her ikisine de uygulanır (Şekil 13) (90,91).



Şekil 13. Günümüzde ön çapraz bağ rekonstrüksiyonunda kullanılan tespit seçenekleri (92)

Cerrahi Sonrası Rehabilitasyon

ÖÇBR sonrası rehabilitasyon tedavinin ayrılmaz parçasıdır ve fonksiyonel sonuçlar için kritik öneme sahiptir. ÖÇBR sonrası rehabilitasyonu için çok sayıda protokol tanımlanmıştır (93). Bunlar genel olarak en kısa sürede dize yük verme, kas güçlendirme, kapalı ve daha sonra açık kinetik zincir egzersizleri, nöromüsküler kontrol, denge ve propriyosepsiyon egzersizlerini içerir. ÖÇBR sonrası rehabilitasyon temel olarak 4 aşamadan oluşur. Faz I'de temel amaç; greft fiksasyonunu korumak, immobilizasyonun etkilerini azaltmak, enflamasyonu kontrol etmek, tam ekstansiyon ve 90° fleksiyon elde etmektir. Operasyon sonrası ilk 2 haftayı içerir. Bu aşamada hasta bacak ekstansiyonda ve bir çift koltuk değneği ile tolere edebildiği kadar yük verebilir. Kuadriseps kontrolü iyi ise bir veya ikinci hafta sonunda koltuk değnekleri bırakılabilir. Bu fazda yatakta ve duvarda topuk kaydırma, oturma yardımcı fleksiyon egzersizleri, kuadriseps ve hamstring izometrik egzersizler, gastrosoleus ve hamstring germe ve propriyosepsiyon egzersizleri, düz bacak kaldırma, ve CPM (Continuous Passive Motion) cihazı ile pasif hareketler yapılır. İyi kuadriseps kontrolü, 90° diz fleksiyonu, tam ekstansiyon ve enflamasyon

bulguları yok ise faz II'ye geçilir. Faz II operasyon sonrası 2 ile 4. haftalar arasındır. Bu fazda mini çömelme, kondüsyon bisikleti, 0°-30° arasında kapalı kinetik zincir egzersizleri, parmak ucunda yükselme, ağırlık ile düz bacak kaldırma, proprioseptif egzersizler yapılır. Normal yürüme paterni, tam eklem hareket açıklığı, fonksiyonel aktivite için yeterli güç ve propriosepsiyon kazanıldıktan sonra greftin de stabilitesine güveniliyorsa faz III'e geçilir. Operasyon sonrası 6 hafta ile 4. ay arasındır. Bu fazda 0°-60° arası ileri kapalı kinetik zincir güçlendirmeleri, eliptik bisiklet, açık kinetik zincir ve izokinetik egzersizler ve fonksiyonel rehabilitasyona ağırlık verilir. Fonksiyonel rehabilitasyonda hastaya pilometrik ve proprioseptif egzersizler, koşular (hafif koşu, düz koşu, dairesel koşu, ani yön değiştirme) yaptırılır. Tam ve ağrısız eklem hareketi, yeterli güç ve propriosepsiyon sonrasında faz IV'e geçilir. Bu fazda amaç kısıtlama olmaksızın aktiviteye tam dönüştür. Esneklik ve güçlendirme programlarına devam edilir, bunların yanında çeviklik, propriosepsiyon, aerobik egzersizler, koşular ve yapılan spora yönelik egzersizler yapılır. Faz IV ile spora güvenli dönüş amaçlanır (94-96).

Komplikasyonlar

ÖÇBR komplikasyonları genel olarak cerrahi öncesi, cerrahi esnası ve sonrası olarak üç gruba ayrılır. Cerrahi öncesi komplikasyonlar; yanlış tanı, eşlik eden patolojilere yönelik planlama yapılmaması, uygun olmayan zamanda cerrahi yapılması olarak sıralanabilir.

Cerrahi sırasında meydana gelebilecek komplikasyonlar; hatalı açılan femoral ve tibial tüneller nedeni ile greftin interkondiler bölgede sıkışması, patella kırıkları ve patellar tendon kopması veya sıyrılması, eklem içinde kemik veya metal artıkları kalması, femoral tünelin posterior duvarının kırılması, alınan greftin yere düşürülmesi, kemik bloklarının kırılması veya vida yerleştirirken greftin kesilmesi, tibial tespit sırasında vidanın grefti iterek kemik bloğun eklem içerisine penetrasyonu, iyatrojenik olarak eklem içi diğer yapılara (kıkırdak, menisküsler, arka çapraz bağ) verilen hasarlar olarak sıralanabilir (97,98).

Cerrahi sonrasında meydana gelebilecek komplikasyonlar ise, hatalı pozisyonda yerleştirilmiş ÖÇB nedeniyle instabilitenin devam etmesi, artrofibrozis,

diz eklemının fleksiyon ve ekstansiyon kayıpları, enfeksiyon, refleks sempatik distrofi, derin ven trombozu, patellofemoral ağrı, donör sahada hipoestezi, ekstansör ve fleksör kaslarda kuvvet kaybı, tünel genişlemesi olarak sayılabilir (99–101).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu retrospektif çalışmada, 2016-2019 yılları arasında anatomik ÖÇBR uygulanan hastaların klinik ve radyolojik sonuçları incelenmek üzere Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul onayı alındı (Protokol no: 2020/61 Sayı: 24237859-226). 18-44 yaş arasında fizik muayene ve görüntüleme yöntemleri ile tam kat ÖÇB yırtığı tanısı konulmuş ve dört kat hamstring (semitendinosus+gracilis) otogreftiyle femurda endobutton kortikal askı, tibia da interferans vidası ve staple ile tespit edilerek tek demet anatomik ÖÇBR ameliyatı uygulanmış, sağlıklı karşı dize sahip ve en az 18 aylık süreyle takip edilen 124 hasta değerlendirildi. Outbridge sınıflamasına göre Evre 2 ve üzeri kırıldak hasarı, kombine bağ yaralanmaları, inflamatuvar artrit varlığı, geçirilmiş diz cerrahisi hikayesi dışlanma kriterleri olarak belirlendi. Kriterleri sağlayan ve ulaşılabilen 96 hasta çalışmaya dahil edildi.

Tüm hastalara çalışmaya dair bilgi verildi ve onay alındı. Tüm hastaların yaş, cinsiyet, vücut kitle indeksi (VKİ) gibi demografik verileri kaydedildi. Preoperatif ve postoperatif 1. yılda kontrol amaçlı çekilen Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve Manyetik Rezonans (MR) görüntüleri incelendi. İki ayrı gözlemci tarafından postoperatif BT ve MR görüntüleri üzerinden; greft iyileşmesini etkileyecek olası anatomik ve operatif faktörler: femoral ve tibial tünel lokalizasyonu, medial ve lateral tibial eğim, lateral femoral kondiler oran, greft bükülme açısı, greft çapı, interkondiler çentik indeksi, greft/interkondiler çentik hacim oranı ölçüldü. Gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirlik için, ölçümler 1 aylık bir arayla yazar tarafından iki kez tekrarlandı ve deneyimli radyolog ölçümleriyle eşleştirildi. Tüm hastalarda görüntüleme için 3T-MR (Magnetom Skyra; Siemens Healthcare) kullanıldı.

Son kontrolde IKDC-SKF (International Knee Documentation Committee-Subjective Knee Form; Uluslararası Diz Dokümantasyon Komitesi-Subjektif Diz Değerlendirme Formu), Lysholm skorlaması sistemi kullanılarak fonksiyonel değerlendirme yapıldı. Tüm hastaların eklem hareket açıklıkları, pivot shift evresi (0: normal, 1: gliding, 2: clunk ve 3: subluksasyon) ve KT-2000 artrometrisiyle ölçülen

ön çekmece miktarları kaydedildi. Yapılan spora göre aniden yavaşlama, aniden dönme gibi diz hareket tipinin ve zamana göre sıklığının değerlendirildiği Marx aktivite skalasına göre son kontrolde aktivite düzeyi, ÖÇB yaralanması olmadan önceki aktivite düzeyiyle birlikte kaydedildi. Lysholm ve IKDC diz değerlendirme formları skora sistemleri 100 üzerinden, Marx aktivite skoru ise 16 üzerinden değerlendirildi.

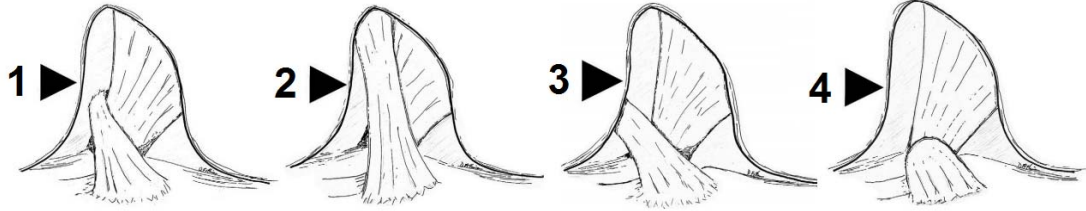
3.1. Cerrahi Teknik

ÖÇBR planlanan tüm hastalar gerekli hazırlıklar yapıldıktan sonra ameliyattan bir gün önce servise yatırıldı. Profilaktik olarak birinci kuşak sefalosporin (penisilin alerjisi olanlara siprofloksasin) verildi ve ameliyat sonrası 48 saat günde dört kez devam edildi. Tüm hastalara genel ya da spinal anestezi yapıldı. Supin pozisyonda, diz maksimum fleksiyona gelebilecek şekilde hastalar hazırlandı. Uyluk proksimaline turnike yerleştirilerek elevasyonda şişirildi. Uygun saha temizliği ve örtünmenin ardından artroskopik olarak dize girildi. Standart anterolateral ve uzak medial portal açıldı. Suprapatellar alan, patellofemoral eklem, lateral ve medial gutter, lateral ve medial kompartman ayrıntılı olarak değerlendirildi. Patolojik plikalar, olası eklem fareleri, menisküs yırtıkları veya kondral lezyon varlığı araştırıldı, gerekli müdahaleler yapıldı ve ÖÇB yırtığı teyit edildi.

Ardından greft alımı için dize pozisyon verildi. Tüberositas tibia ve pes anserinus fasyası palpe edildi ve vertikal olarak 3-4 cm'lik insizyon yapıldı. Gracilis ve semitendinosus tendonları fasya altında palpe edilerek fasyadan ayrıldı, kemiğe yapışma yerinden kesildi, işaret sütürleriyle tutularak künt diseksiyonla fasyal bantlardan serbestleştirildi. Ardından tendon sıyrıcısıyla her iki tendon da greft olarak alındı. Greftlerin, muskulöz kısımları bistüri yardımıyla temizlendi. Gracilis ve semitendinosus tendonları krackow tekniği kullanılarak 5 numara ethibondla gergin olarak tespit edildi.

Ardından tekrar artroskopi ile dize girildi. Yaralanmış ÖÇB morfolojisi Crain ve ark. (102) tarif ettiği şekilde 4 gruba ayrılarak değerlendirildi: ÖÇB'nin yırtılıp AÇB'ye yapıştığı tip 1, interkondiler çentiğin tavanına yapıştığı tip 2, zayıflamış

olarak lateral duvara yapıştığı tip 3 ve rezorbe olup görünmediği tip 4 (Şekil 14). Tip 1, 2 ve 3'ün görüldüğü durumlarda femoral ve tibial yapışma yerlerinde ÖÇB kalıntıları korunarak parsiyel debridman uygulandı. Tip 4'te ise radyofrekans ablasyonla femoral yapışma yerleri tamamen temizlendi, tibial taraf ise korundu.



Şekil 14. Crain ve ark. tarif ettiği yaralanma sonrası ön çapraz bağın skar paternleri (102)

Femoral tünel için “Resident’s Ridge” görüldükten sonra kondil posterioru probe ile değerlendirildi. Diz maksimum fleksiyona alınarak ÖÇB doğal yapışma yerinden klavuz tel geçildi. Telin diz lateralinden çıkış yeri kontrol edildi. Ardından klavuz üzerinden 5 mm oyucu ile endobutton için tünel açıldı. Tünel uzunluğu ölçüldü. Greftin tünel içerisinde en az 20 mm kalması ve endobutton takla atması için ilave 5 mm olacak şekilde greft çapındaki oyucuyla en az 25 mm oyuldu. Ardından klavuz tel üzerinden taşıyıcı sütür geçirilerek femoral tünel hazırlığı tamamlandı.

Tibial tünel lokalizasyonu AÇB’nin 15-16 mm önünde ve lateral menisküs ön boynuzu hizasında olacak şekilde işaretlendi. 55 derece klavuzla medial kollateral bağ hasar görmeyecek şekilde klavuz tel geçildi. Klavuz telin çıkış yeri kontrol edildikten sonra bu tel üzerinden belirlenmiş aynı çaptaki oyucu ile tibial tünel açıldı. Ardından probe yardımıyla taşıyıcı ip tibial tünel içerisinden dışarıya alındı.

Hazırlanmış olan 4 katlı otojen hamstring grefti tibial tüneldeki taşıyıcı ip ile femoral tünelden proksimale doğru çekildi. Endobutton’a ait iki adet taşıyıcı sütürden birisinin çekilerek ve diğerinin boşluğu alınarak greftin femoral tünele girdiği görüldü. Ardından taşıyıcı ip kontrollü bir şekilde ve sabit bir kuvvetle çekilerek endobutton’ın korteksi geçmesi ve takla atması sağlandı. Taşıyıcı iplerle endobutton’ın takla attığı kontrol edildi, ardından greft tibial taraftan güçlü bir şekilde çekilerek endobutton’ın kortekse oturduğundan emin olundu.

Daha sonra tibial tespiti geçildi. Greft distaldeki serbest ip uçlarından tünel doğrultusunda çekilip maksimum gerginlikte tutularak diz 15 derece fleksiyondayken tünel kalınlığında emilemeyen (PEEK: Polietereeterketon) interferans vidası tibial tünele yerleştirildi. Yine ipler gergin tutulurken greft üzerinden tibial tünele yakın yerden bir adet U staple ile tespit edildi.

Daha sonra Lachman testi yapıldı sorun olmadığı görüldükten sonra tünel dışında kalan greft ve grefte bağlı ip uçları kesilerek çıkartıldı. Artroskopik olarak greftin gerginliği, sıkışma olup olmadığı kontrol edildi. Anatomik yapılar usulüne uygun olarak kapatıldı. Hemovak dren yerleştirilerek turnike sonlandırıldı ve elastik bandaj uygulandı.

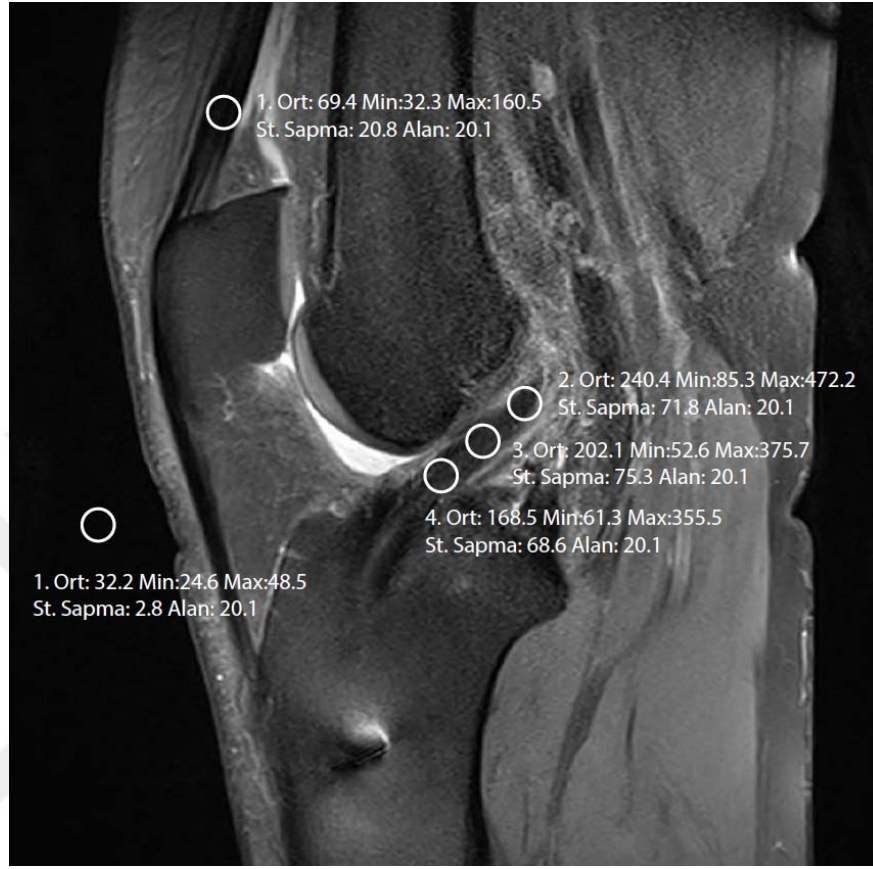
Tüm hastalar derin ven trombozu ve emboli profilaksi amacıyla düşük molekül ağırlıklı heparin tedavisi başlandı. Soğuk uygulama ve kompresyon ilk hafta rutin uygulandı. Analjezik amaçlı non-steroid antiinflatuar ilaçlar ve narkotik analjezikler verildi, 24 saat sonra dren çıkartıldı. Ameliyat öncesi dönemde hastalara öğretilen izometrik kuadriseps ve düz bacak kaldırma egzersizleri ameliyat sonrasında da hemen uygulanmaya başlandı. Ameliyat sonrası birinci günde açılı ayarlı kilitli dizlik tam ekstansiyon ve 90 derece fleksiyona izin verecek şekilde ayarlandı. Koltuk değneği yardımı ile kısmi yük vererek mobilizasyona izin verildi. Açılı ayarlı kilitli dizliğin fleksiyon açısı kademeli olarak artırılarak 3. haftada tam harekete izin verecek şekilde 6 hafta kullanıldı. Dizlik çıkarıldıktan sonra hızlı yürüme, 5. ayda düz koşuya, 6. aydan sonra antremanlara ve 9 aydan sonra spora dönüşü izin verildi.

3.2. Anatomik ve Operatif Parametrelerin Değerlendirilmesi

3.2.1. Sinyal/Gürültü Oranı

Sagittal kesitte 5 ayrı bölgede sinyal yoğunluğu ölçüldü: greftin proksimal 1/3'ü, orta 1/3'ü, distal 1/3'ü, patellanın üst kutbunun 2 cm proksimalinde kuadriseps tendonu ve patellar tendonun 1 cm önünde arka plan. Ardından Sinyal Gürültü Oranı (SGO)= [(ÖÇB sinyali - kuadriseps sinyali)/ Arka Plan Sinyali] formülüyle

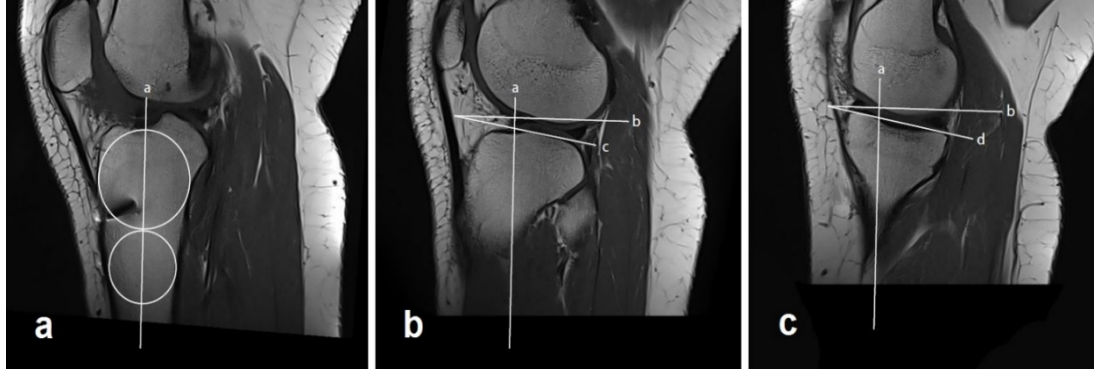
hesaplandı (Şekil 15). Greft üzerindeki üç ayrı ölçümün ortalaması alınarak ortalama SGO değerleri belirlendi.



Şekil 15. Postoperatif 1. yıl manyetik rezonans görüntüleme T2 TSE-FS (Turbo Spin Echo with Fat Saturation) sagittal kesitleri üzerinden sinyal yoğunluğu ölçümü

3.2.2. Lateral ve Medial Tibial Eğim

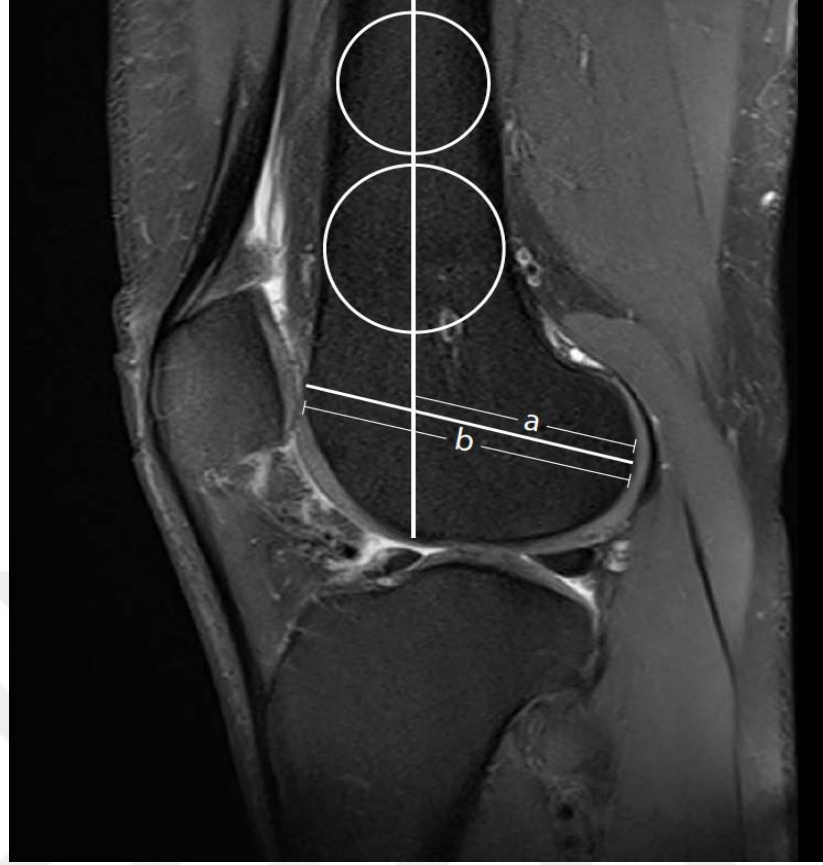
Lateral (LTE) ve medial (MTE) tibial eğimler Hudek ve ark. (103) tarif ettiği şekilde ölçüldü. Santral sagittal kesitte, proksimalde tibia anterior, posterior ve superior kortekse teğet geçen ve distalde anterior ve posterior kortekse teğet geçen birer daire çizildi. Bu iki dairenin merkezinden geçen çizgi tibia longitudinal aksı olarak belirlendi. Ardından lateral ve medial plato anterior ve posterior kenarlarından geçen çizgilerin bu aksa dik çizgiyle yaptıkları açılarla lateral ve medial tibial eğim hesaplandı (Şekil 16).



Şekil 16. Sagittal kesitler üzerinden tibia aksının belirlenmesi (a) ve bu aksa dik çizgilerle lateral (b) ve medial (c) tibial eğimlerin ölçülmesi.

3.2.3. Lateral Femoral Kondil Oranı

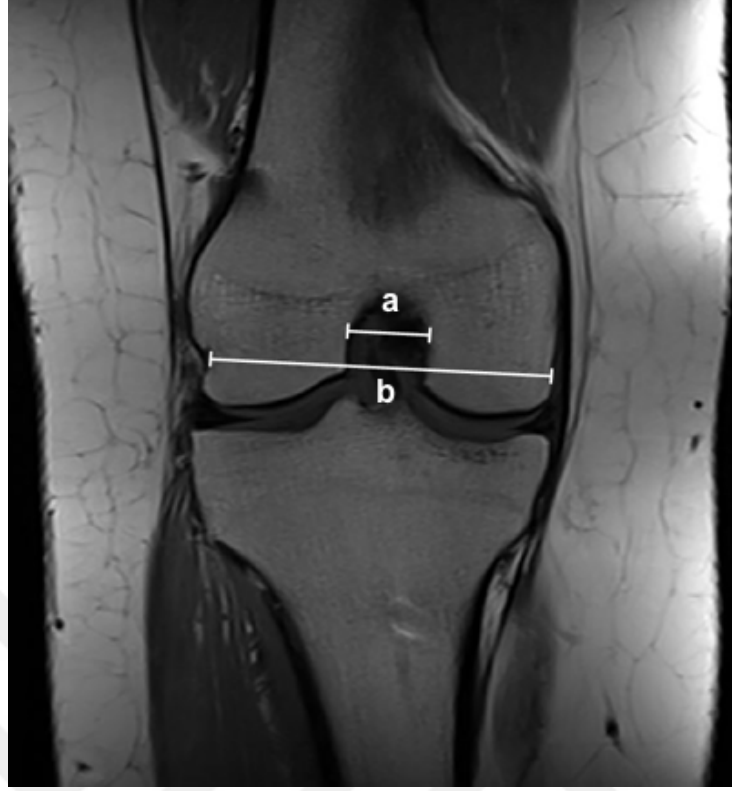
Lateral femoral kondil oranı (LFKO), lateral diz grafisinde Pfeiffer ve ark.(104) tarif ettiği metodun MR görüntülemeindeki modifikasyonu ile ölçüldü. Sagittal kesitte femur shaftı proksimal ve distalinde olacak şekilde ön ve arka kortekslere teğet geçen iki adet daire çizildi. Bu dairelerin merkezinden geçen çizgi femur shaft aksı olarak belirlendi. Ardından yine sagittal kesitte lateral femoral kondilin en ön ve en arka noktaları birleştirilerek lateral femoral kondil aksı belirlendi. Bu iki çizginin kesişim noktasının arka femoral kondile uzaklığının toplam femoral kondil ön-arka uzunluğuna oranı LFKO olarak belirlendi (Şekil 17).



Şekil 17. Sagittal kesitte femur şaftının ve lateal femoral kondilin aksının belirlenmesi, kesişme noktalarından lateal femoral kondiler oranının hesaplanması (a/b)

3.2.4. İnterkondiler Çentik İndeksi

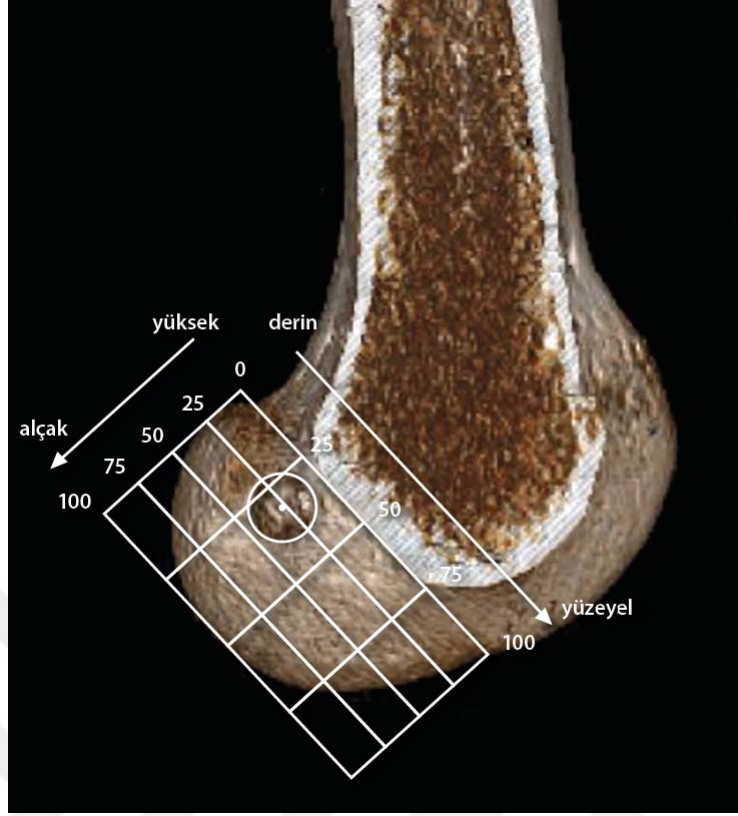
İnterkondiler çentik indeksi için, koronal kesitte popliteal oluk seviyesinde bikondiler uzunluk ölçüldü, ardından paralel ekseninde ön çapraz bağ femoral yapışma seviyesinde interkondiler çentik uzunluğu ölçüldü. İnterkondiler çentik uzunluğunun, bikondiler uzunluğa oranı ile interkondiler çentik indeksi hesaplandı (Şekil 18).



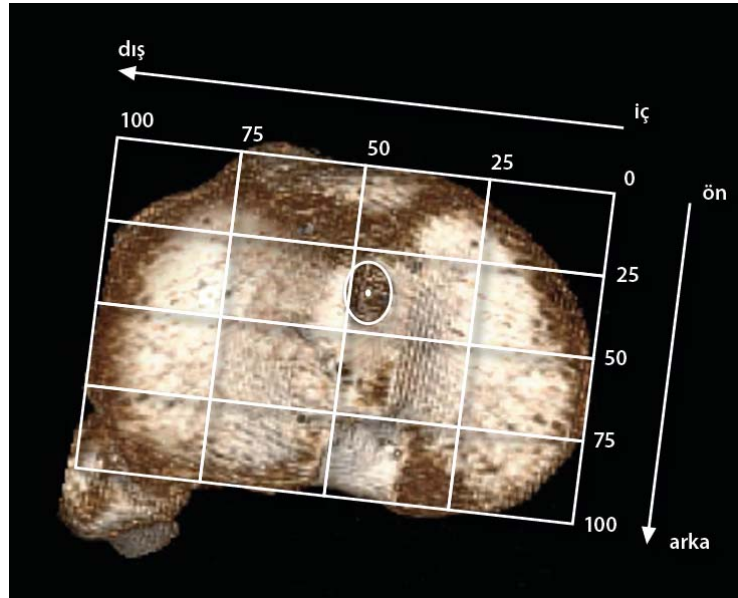
Şekil 18. Koronal kesitte popliteal oluk seviyesinde bikondiler uzunluğun (b) ve paralel ekseninde ön çapraz bağ femoral yapışma seviyesinde interkondiler çentik uzunluğunun ölçülmesi (a) ve interkondiler çentik indisinin hesaplanması (a/b)

3.2.5. Femoral ve Tibial Tünel Lokalizasyonları

Femoral tünel lokalizasyonu 3 boyutlu BT görüntüleri üzerinden blumensaat çizgisi referans alınarak oluşturulan dikdörgene göre ön/arka ve derin/yüzeyel yerleşim olarak belirlendi ve yüzde olarak hesaplandı (Şekil 19). Benzer şekilde tibial tünel lokalizasyonu da tibia plato çevresi referans alınarak oluşturulan dikdörgene göre ön/arka ve iç/dış yerleşim olarak belirlendi ve yüzde olarak hesaplandı (Şekil 20).



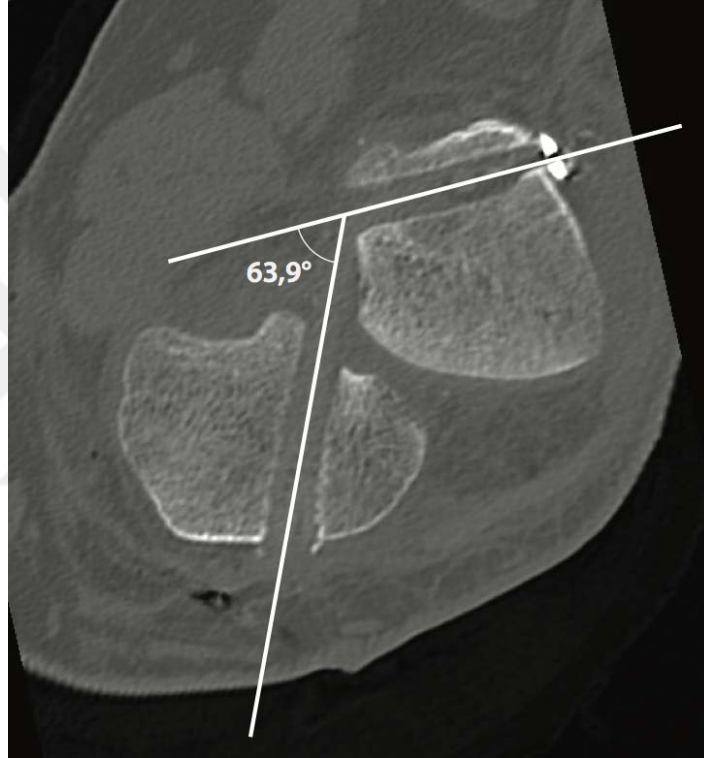
Şekil 19. Üç boyutlu tomografi görüntüleri üzerinden femoral tünel lokalizasyonunun belirlenmesi (yüksek-alçak, derin-yüzeysel)



Şekil 20. Üç boyutlu tomografi görüntüleri üzerinden tibial tünel lokalizasyonunun belirlenmesi (iç-dış, ön-arka)

3.2.6. Greft Bükölme Açısı

Greft bükölme açısı, postoperatif dönemde çekilen diz tomografi görüntülerinin multiplanar rekonstrüksiyonu sonrası tünel lokalizasyonları belirlenerek elde edilen görüntülerle ölçüldü (Şekil 21).



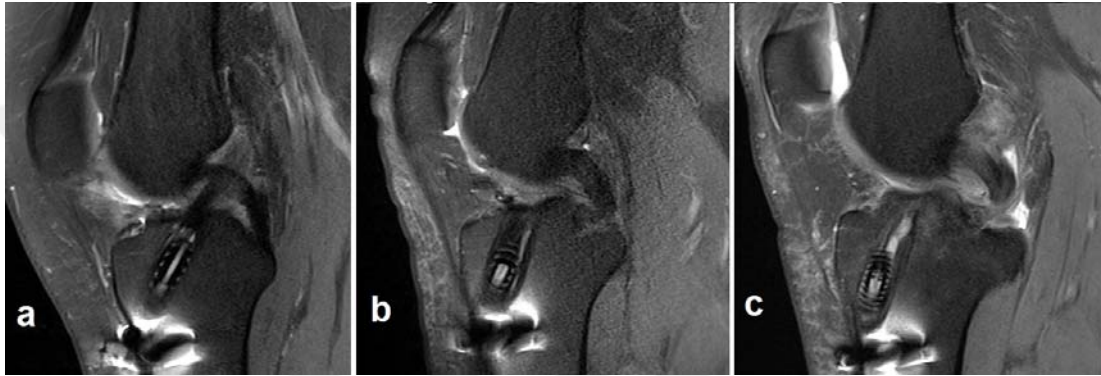
Şekil 21. Diz tomografilerinin multiplanar rekonstrüksiyonuyla elde edilen oblik kesitlerle greftin femoral tünel girişinde bükölme açısının belirlenmesi

3.2.7. Greft İntegrasyonu

Greft integrasyonu, Ge ve ark.(105) tanımladığı şekilde femoral ve tibial tünellerin greft-kemik bileşkesinde sinyal yoğunluğuna göre 3 grupta değerlendirildi: düşük sinyal yoğunluğu ile tam integrasyonun görüldüğü evre 1, kısmi yüksek yoğunluğun görüldüğü evre 2 ve yüksek sinyal yoğunluğu ile zayıf integrasyonun görüldüğü evre 3 olarak belirlendi (Şekil 22, 23).



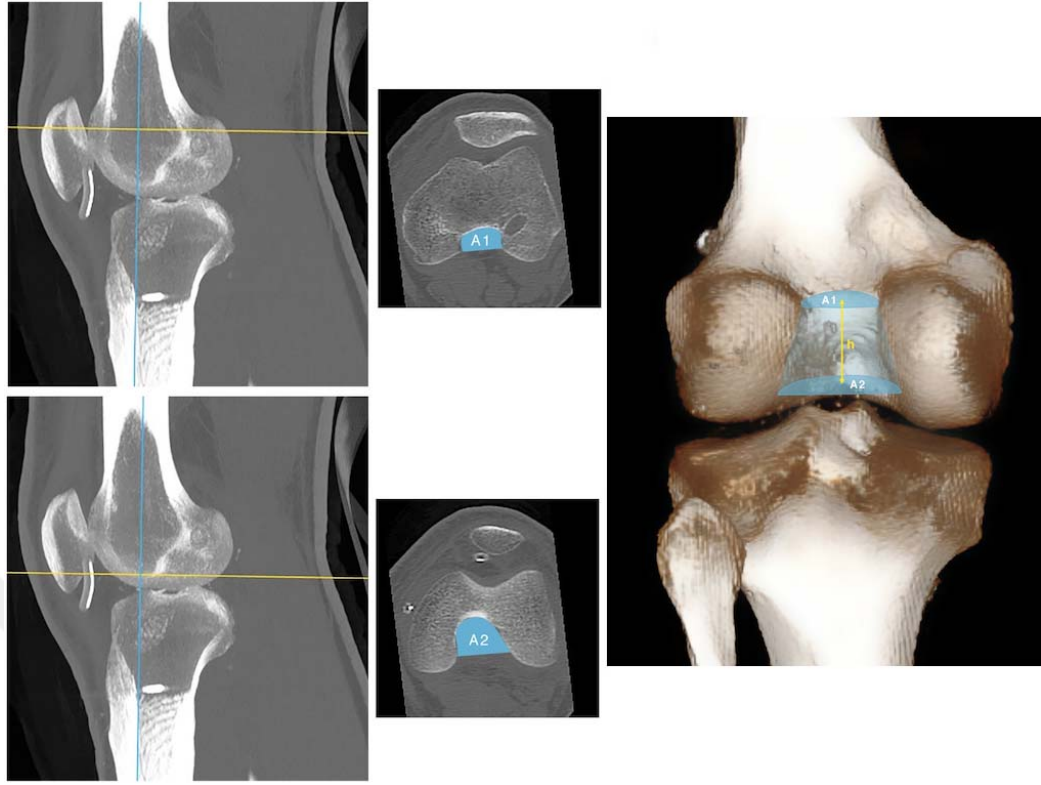
Şekil 22. Femoral tünelde evre 1 (a), evre 2 (b) ve evre 3 (c) greft integrasyonu



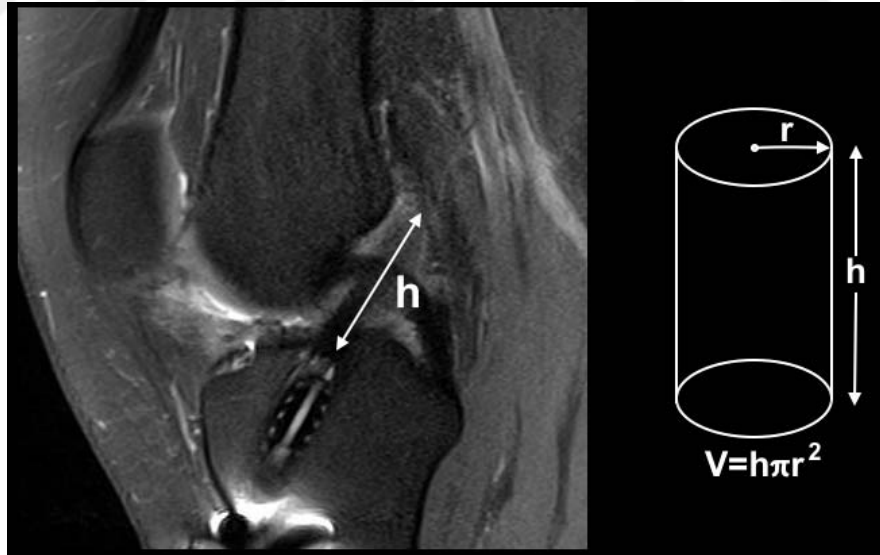
Şekil 23. Tibial tünelde evre 1(a), evre 2 (b) ve evre 3(c) greft integrasyonu

3.2.8. Femoral İnterkondiler Çentik-Greft Hacim Oranı

Femoral interkondiler çentik hacmi, BT görüntülerinden elde edilen multiplanar rekonstrüksiyon görüntüleri yazılım kullanılarak ölçüldü (Şekil 24). Greft hacmi ise, bilinen greft kalınlığı ($2r$) kullanılarak ve greftin eklem içinde uzunluğu ölçülerek (h) hesaplandı (Şekil 25). Bu iki ölçüm oranlanarak greft hacmi / interkondiler çentik hacmi oranı belirlendi.



Şekil 24. Diz tomografilerinden elde edilen multiplanar rekonstrüksiyon görüntüleriyle interkondiler çentik hacminin hesaplanması



Şekil 25. Greftin eklem içi uzunluğu belirlenerek, kalınlığa göre hacminin hesaplanması

3.3. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizleri için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Versiyon 23.0 programı kullanıldı. Değerler ortalama $\pm$ standart sapma

olarak sunuldu. MRG ve BT görüntülerinden elde edilen parametrelerin gözlemci içi ve gözlemciler arası korelasyonu, sınıf içi korelasyon katsayısı (Interclass Correlation Coefficient) ile değerlendirildi. Katsayı 0.4'ten küçükse zayıf, 0.4-0.75 arasında ise orta ve 0.75'ten büyükse iyi olarak yorumlandı.

SGO değerlerinin dağılımı Kolmogorov Smirnov testi ile değerlendirildi. Femoral kalıntıların korunması, cinsiyet gibi kategorik değişkenlerin SGO farklılıkları için bağımsız t testi yapıldı. SGO değerlerinin lokalizasyona göre karşılaştırılması için tekrarlayıcı ölçümlerde varyans analizi uygulandı.

Greft iyileşmesini etkileyecek tüm olası faktörler için ayrı ayrı tek değişkenli regresyon analizi uygulandı. Bu değerlendirmede anlamlı olan parametreler çok değişkenli regresyon analizine dahil edildi ve SGO üzerindeki kombine etkileri değerlendirildi. Çoklu doğrusallık sorununu aşmak için de varyans genişlik faktörüne (variance inflation factor) bakıldı ve literatürde bildirildiği gibi 10'dan küçük olması anlamlı kabul edildi. Son olarak SGO değerleri ile klinik ve radyolojik sonuçlarının korelasyon analizi için Pearson ve Spearman testleri uygulandı. Tüm analizler için $p < 0.05$ anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Ortalama 26.2 ± 6.1 yaşında (18-44 yaş) ve ortalama 28.5 ± 9.2 ay (18-48 ay) takip süreli toplam 94 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların 72'si erkek, 22'si kadındı. Ortalama vücut kitle indeksleri 24.8 ± 4.5 idi. Yaralanma mekanizması 80 hastada nonkontakt, 14 hastada kontakt travmaydı. Demografik ve klinik veriler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Demografik ve Klinik Veriler

Ortalama Yaş (Yıl)	26.2 ± 6.1 (18-44)
Cinsiyet (Erkek / Kadın)	72 / 22
Taraf (Sağ/ Sol)	60 / 34
Ortalama Vücut Kitle İndeksi (kg/m^2)	24.8 ± 4.5 (15.8-38.7)
Yaralanma Mekanizması	
Kontakt, n (%)	14 (%14.8)
Non-kontakt, n (%)	80 (%85.1)
Yaralanma-Cerrahi Süresi (Hafta)	14.5 ± 18.8 (3-44)
Preoperatif Dönem	
IKDC Skoru (Operasyon Öncesi)	56.7 ± 14.5 (23.2-75.4)
Lsyholm Skoru (Operasyon Öncesi)	58.1 ± 18.8 (11-76)
Marx Aktivite Skoru (Yaralanma Öncesi)	11.5 ± 5.1 (6-16)
Takip Süresi (Ay)	28.5 ± 9.2 (18-48)

ÖÇB femoral kalıntıları 36 hasta radyofrekans ablasyonla tamamen debride edildi, 58 hastada korundu. Medial menisküs 36 hastada sağlam görüldü, 34 hastada onarım yapıldı ve 24 hastaya parsiyel menisektomi uygulandı. Lateral menisküs ise 48 hastada sağlam görüldü, 12 hastada onarıldı ve 34 hastaya parsiyel menisektomi uygulandı.

Femoral tünel lokalizasyonu lateral femoral kondil kadrana göre ortalama %34.7 yükseklikte ve %32.1 derinlikte görüldü. Tibial tünel lokalizasyonu, tibia plato kadrana göre ortalama %29.7 arkada ve %48.8 medialde görüldü. Ortalama

medial tibial eğim 9.8 derece, lateral tibial eğim 10.3 derece bulundu. Ortalama greft bükülme açısı 63.5 derece görüldü. Ortalama greft çapı 8.4 mm, ortalama interkondiler çentik indeksi %26.4 ve ortalama greft/interkondiler çentik hacmi oranı %25.7 olarak bulundu. Operatif ve anatomik bu parametreler Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Anatomik ve Operatif Faktörler

ÖÇB Kalıntıları	
Korunmuş, n (%)	58 (%61.7)
Rezeke Edilmiş, n (%)	36 (%38.3)
Medial Menisküs	
Sağlam, n (%)	36 (%38.3)
Onarım, n (%)	34 (%36.2)
Parsiyel Menisektomi, n (%)	24 (%25.5)
Lateral Menisküs	
Sağlam, n (%)	48 (%51.1)
Onarım, n (%)	12 (%12.8)
Parsiyel Menisektomi, n (%)	34 (%36.2)
Femoral Tünel Lokalizasyonu	
Yüksek-Alçak (%)	34.7± 4.5 (19.9-45.5)
Derin-Yüzeyel (%)	32.1± 4.8 (17.3-46.8)
Tibial Tünel Lokalizasyonu	
Ön-Arka (%)	29.7± 4.7 (20.1-48.3)
Medial-Lateral (%)	48.8± 2.8 (45.3-52.2)
Tibial Eğim	
Medial (°)	9.8± 3.1 (1.8 - 16.1)
Lateral (°)	10.3± 3.5(2.4-16.7)
Lateral Femoral Kondiler Oran (%)	64.8± 4.1 (54.5-76.4)
Greft Bükülme Açısı (°)	63.5± 2.8 (54.1-68.3)
İnterkondiler Çentik İndeksi (%)	26.4± 5.7 (21.7-33.4)
Greft Çapı (mm)	8.4± 0.7 (7-9)
Greft / İnterkondiler Çentik Hacim Oranı (%)	25.7± 6.8 (20.5-39.5)

Ortalama SGO değeri 4.5 ± 2.3 olarak bulundu. Greft üzerindeki üç ayrı noktada ortalama SGO değerleri; proksimalde 5.2 ± 2.4 , orta 1/3'te 4.1 ± 1.8 ve distal 1/3'te 3.9 ± 1.5 olarak hesaplandı. Proksimaldeki SGO değerleri, orta ve distal 1/3 SGO değerlerine göre anlamlı olarak yüksek bulundu ($p < 0.001$). Gözlemciler arası korelasyon katsayıları; SGO, femoral ve tibial integrasyon evresi ve greft/interkondiler çentik hacmi oranı için sırasıyla; 0.86, 0.81 ve 0.82 olarak bulundu. Gözlemci içi korelasyon katsayıları ise sırasıyla; 0.91, 0.94 ve 0.93 olarak bulundu.

Tablo 3'te özetlenen tek değişkenli regresyon analize göre; medial ($R^2 = \%10.8$, $p < 0.001$) ve lateral tibial eğim ($R^2 = \%11.3$, $p < 0.001$), interkondiler çentik indeksi ($R^2 = \%7.5$, $p = 0.016$), korunmuş ÖÇB kalıntıları ($R^2 = \%12.7$, $p < 0.001$), yüksek femoral tünel ($R^2 = \%8.2$, $p = 0.011$), önde yerleşmiş tibia tünel ($R^2 = \%7.2$, $p = 0.005$), greft bükülme açısı ($R^2 = \%8.9$, $p = 0.005$) ve greft/interkondiler çentik hacim oranının ($R^2 = \%13.3$, $p < 0.001$) ortalama SGO değerleriyle istatistiksel olarak anlamlı korelasyonu görülmüştür.

Tablo 3. Demografik, Anatamik ve Operatif Faktörlerin Tek Değişkenli Regresyon Analizi

	R ² , %	β	P değeri
Yaş	2.9	-0.025	0.457
Erkek Cinsiyet	3.7	0.214	0.342
Vücut Kitle İndeksi	1.2	0.125	0.552
Yaralanma-Cerrahi Süresi	1.9	0.059	0.421
Tibial Eğim			
Medial	10.8	1.625	<0.001
Lateral	11.3	1.674	<0.001
Lateral Femoral Kondiler Oran	3.5	0.178	0.285
İnterkondiler Çentik İndeksi	7.5	-0.299	0.016
Parsiyel Menisektomi			
Medial Menisküs	2.7	0.221	0.238
Lateral Menisküs	3.2	0.187	0.266
Korunmuş ÖÇB Kalıntıları	12.7	-12.281	<0.001
Femoral Tünel Lokalizasyonu			
Yüksek-Alçak	8.2	0.057	0.011
Derin-Yüzeyel	3.8	0.89	0.189
Tibial Tünel Lokalizasyonu			
Ön-Arka	7.7	-0.079	0.005
Medial-Lateral	3.4	0.127	0.127
Graft Çapı	1.1	0.119	0.328
Graft Bükülme Açısı	8.9	0.138	0.002
Graft / İnterkondiler Çentik Hacim Oranı	13.3	0.644	<0.001

p<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı.

Medial tibial eğim, lateral tibial eğimle çoklu doğrusallık sorunu gösterdiği için ileri analize dahil edilmemiştir. Tek değişkenli regresyon analizinde anlamlı bulunan bu 7 değişken, çok değişkenli regresyon modelinde kullanılmış ve anlamlı ilişki görülmüştür. (R²= %44.5, p<0.001). Değerlendirilen bu parametreler arasında çoklu doğrusallık sorunu görülmemiştir (VGF: Varyans Genişlik Faktörü, 1.22-5.81). Tablo 4'te özetlenen çok değişkenli regresyon analizine göre ortalama SGO

değerleriyle istatistiksel olarak anlamlı ilişki kurulan bağımsız 3 değişken elde edilmiştir: Lateral tibial eğim ($R^2 = \%9.9$, $p=0.002$), korunmuş ÖÇB kalıntıları ($R^2 = \%11.8$, $p<0.001$) ve greft/interkondiler çentik hacim oranı ($R^2 = \%12.2$, $p<0.001$).

Tablo 4. Çok Değişkenli Regresyon Analizi ($R^2=\%44.5$)

	R^2 , %	β	P değeri	VGF
Lateral Tibial Eğim	9.9	1.355	0.002	2.15
İnterkondiler Çentik İndeksi	3.1	0.198	0.428	5.81
Korunmuş ÖÇB Kalıntıları	11.8	-7.082	<0.001	1.32
Tünel Lokalizasyonu				
Femoral: Yüksek-Alçak	2.4	0.037	0.397	4.81
Tibial: Ön-Arka	2.3	-0.087	0.359	4.99
Greft Bükülme Açısı	2.8	0.125	0.238	3.56
Greft / İnterkondiler Çentik Hacim Oranı	12.2	0.409	<0.001	1.22

$p<0.05$ İstatistiksel olarak anlamlı. VGF: Varyans Genişlik Faktörü

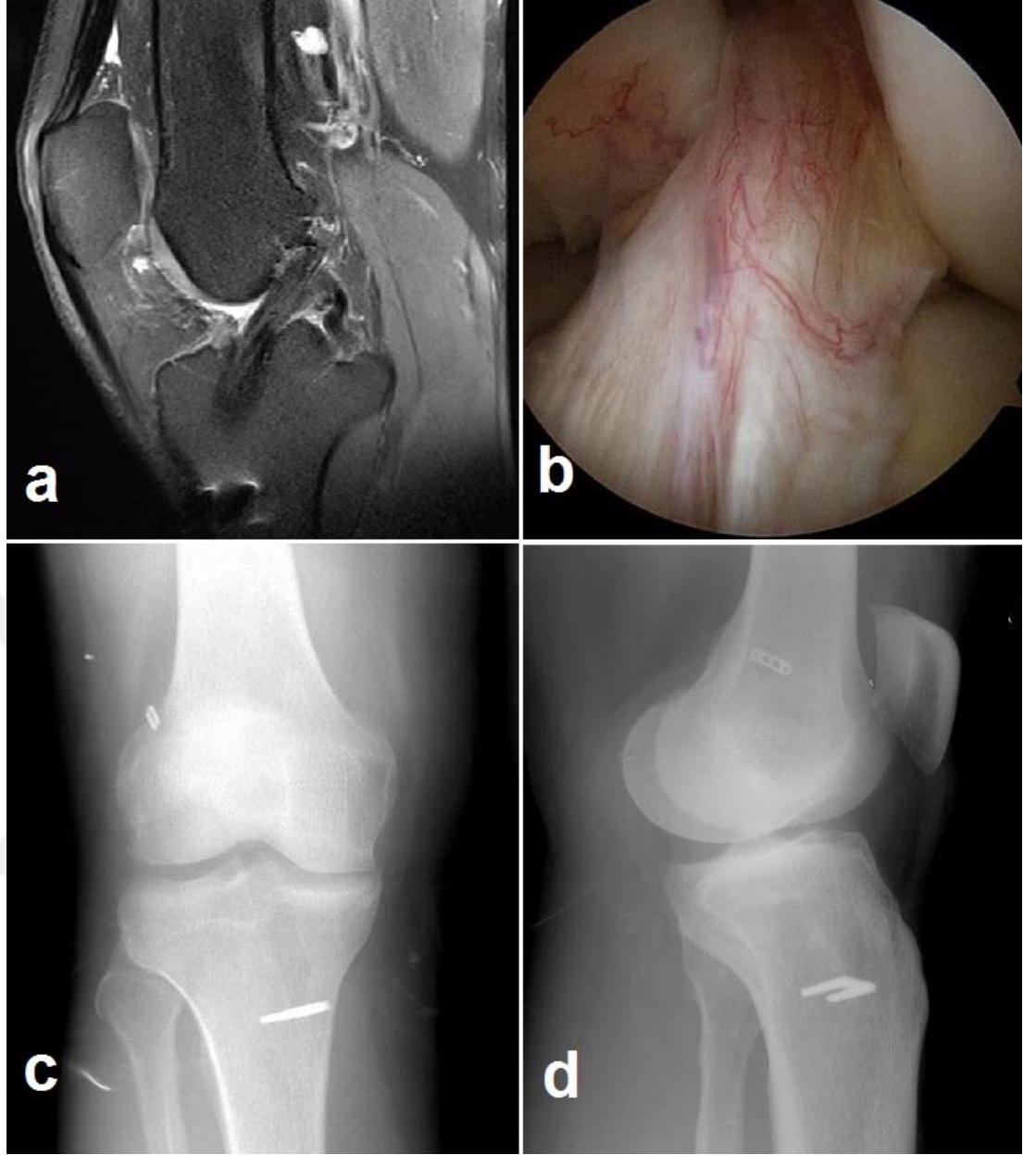
Tablo 5’te özetlen SGO değerleri ile klinik ve radyolojik korelasyon analizine göre 1. yılda SGO ile Marx aktivite skoru ($r= 0.231$, $p=0.031$) ve femoral integrasyon ($r= 0.217$, $p=0.004$) arasında zayıf ancak anlamlı korelasyon görülmüştür. Diğer klinik ve radyolojik sonuçlar arasında anlamlı bir korelasyon görülmemiştir.

Tablo 5. Klinik ve Radyolojik Sonuçların 1. yıl SGO değerleri ile Korelasyon Analizi

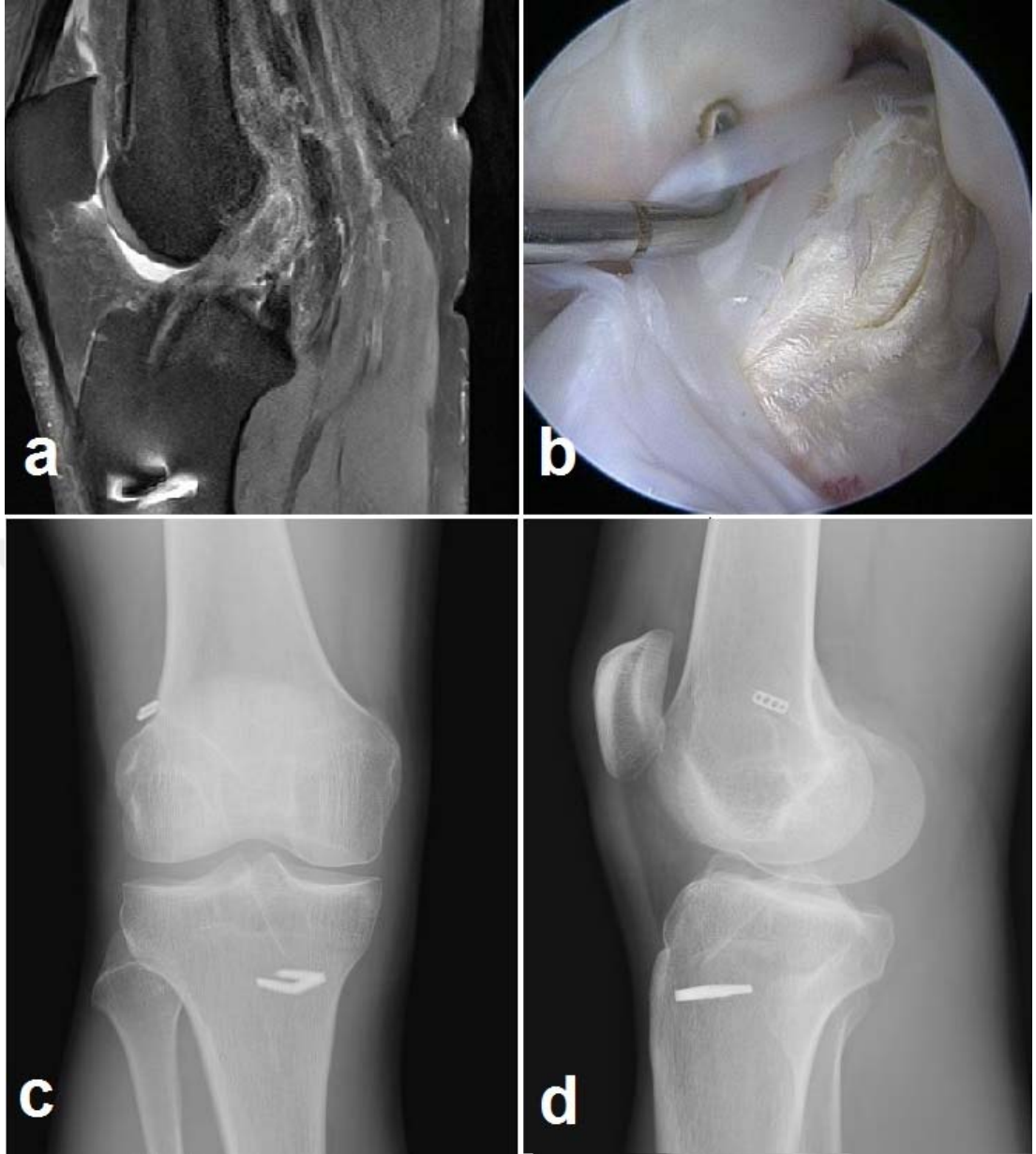
	Ortalama	r	P değeri
1. yıl			
IKDC skoru	85.7± 12.5 (40.2-96.4)	0.134	0.129
Lysholm skoru	91.5± 13.4 (15-100)	0.123	0.312
Marx aktivite skoru	6,5± 4,1 (3-10)	0.231	0.031
Femoral Tünel İntegrasyonu	1.8± 0.7 (1-3)	0.217	0.004
Tibial Tünel İntegrasyonu	2.1± 0.4 (1-3)	0.156	0.062
Son Takip			
IKDC skoru	87.8± 10.9 (41.4-100)	0.164	0.125
Lysholm skoru	92.6± 11.4 (17-100)	0.132	0.258
Marx aktivite skoru	9,1± 4,6 (4-13)	0.238	0.178
Ön Çekmece Farkı (mm)	2.2± 1.4 (-0.5-8.2)	0.126	0.289
Pivot Shift	1.5± 0.8 (0-3)	- 0.315	0.347

p<0.05 İstatistiksel olarak anlamlı.

Hastaların hiçbirinde derin ven trombozu, derin veya yüzeysel enfeksiyon ve greft yetmezliği gibi komplikasyonlara rastlanılmadı. 6 hastada mekanik menisküs semptomları gelişmesi üzerine tekrar artroskopi yapıldı ve parsiyel menisektomi uygulandı (Şekil 26, 27).



Şekil 26. ÖÇBR uygulanan 27 yaş erkek olgu örneği. ÖÇBR sonrası 1. yıl kontrol MR görüntülemesinde ortalama SGO değeri 2.8 olarak bulundu (a). Onüçüncü ayda parsiyel menisektomi nedeniyle yapılan artroskopik bakıda ÖÇB greft maturasyonu, sinovyalizasyonu ve ligamentizasyonu iyi olarak değerlendirildi (b). Onsekizinci ayda son kontrolde ön-arka (c) ve yan (d) diz grafileri.



Şekil 27. ÖÇBR uygulanan 19 yaş erkek olgu örneği. ÖÇBR sonrası 1. yıl kontrol MR görüntülemesinde ortalama SGO değeri 14.5 olarak bulundu (a). Ondördüncü ayda parsiyel menisektomi nedeniyle yapılan artroskopik bakıda ÖÇB greft maturasyonu, sinovyalizasyonu ve ligamentizasyonu kötü olarak değerlendirildi (b). Yirmialtıncı ayda son kontrolde ön-arka (c) ve yan (d) diz grafileri.

5. TARTIŞMA

ÖÇB yaralanması, en sık karşılaşılan diz bağ yaralanmasıdır ve yaralanma sonrası spora dönüş performansını dramatik olarak etkilemektedir. ÖÇBR'de, ÖÇB femur ve tibiada doğal yapışma yerlerine, doğal boyutları ve oryantasyonuyla fonksiyonel olarak geri kazandırılması amaçlanmaktadır. Artroskopik tekniklerin ilerlemesi ve gelişmiş implant seçeneklerine rağmen kusursuz bir rekonstrüksiyon mümkün olamamakta, hastaların %77'si yaralanma öncesi aktivite düzeyine ulaşamamakta ve ÖÇB yaralanması geçirmemiş olanlara oranla daha erken dönemde diz osteoartriti semptomları göstermektedirler (1-5). Bu durum yeni arayışların temel noktasıdır ve her dekada farklı bir tekniğin popülerize edildiği bu yaralanma tedavisinde, halen yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Diz stabilite ve fonksiyonunun sağlanabilmesi ve uzun dönemde korunabilmesi için ÖÇBR sonrası greftin integrasyon ve maturasyonu anahtar role sahiptir (106,107). ÖÇBR'de greft tespit edildiği anda doğal ÖÇB'den daha yüksek bir dayanım gücüne sahiptir. Ancak integrasyon ve maturasyon gerçekleşmezse tespit noktaları zayıflabilir ve bu da zamanla greft yetmezliğiyle sonuçlanabilir. Bu nedenle ÖÇBR sonrası greft sağkalımı için greftin biyolojik olarak iyileşmesi gerekmektedir.

Greftin intraartiküler kısımda iyileşmesi 3 aşamadan oluşmaktadır: Erken inflamatuvar faz, proliferasyon ve revaskülarizasyon fazı ve son olarak ligamentizasyon fazı (108). Erken inflamatuvar faz 1-4. haftalarda gerçekleşir ve bu dönemde sitokinler aracılığıyla greft nekrozu görülür. Konak hücreleri greft bölgesine göç eder ve greftin yerini almaya başlar. Bu konak hücrelerin kaynağı sinovial sıvı, tüneller açılırken gelen mezenkimal hücreler ve ÖÇB kalıntılarıdır (107). İkinci faz 4-12. haftalarda gerçekleşir ve greftin karakteristik adaptasyonunu belirleyecek fibroblast aktivitesi ile proliferasyon görülür. Yine bu dönemde kollajen geniş çaplı fibriller küçük çaplı fibrillere dönüşmeye başlar. Aynı zamanda doku mikromimarisi ve fonksiyonu için temel olacak revaskülarizasyon başlar. 6. ayda vasküler yoğunluk doğal ÖÇB'ye benzer seviyededir (109). Üçüncü faz 12. haftadan

sonra başlar ve ligamentizasyon olarak isimlendirilir. Bu dönemde fibroblast metabolik aktiviteleri yavaşlar ve doğal ÖÇB'ye benzer şekilde sessizleşir. Birinci yılda greftin mekanik özellikleri iyileşmeye devam eder ancak sertlik ve dayanıklılıkta doğal ÖÇB'nin ancak %50-60 seviyesine ulaşabilir. Bu süreçte greftin biyomekanik özellikleri gelişmeye devam eder ancak doğal ÖÇB'ye hiçbir zaman tam olarak dönüşemez (110).

Benzer biyolojik süreç greft-kemik arayüzünde gerçekleşir. Öncelikle greft integrasyonu için vaskülarize granülasyon dokusu oluşur. Tip 3 kollajen, inflamatuvar hücreler, büyüme faktörleri gibi mediatörler aracılığıyla kemik-greft arayüzünde Sharpey benzeri lifler meydana gelir. Güvenli bir iyileşmede 1. yılda kemik greft arayüzü, tamamen Sharpey benzeri düşük yoğunlukta liflerle çevrelenir. Ancak, tespit yetersizliği, erken spora dönüş gibi greft kemik arayüzünde mikrohareketlere neden olabilecek ekstrasik faktörler integrasyonu kötü etkileyip osteoklastlar aracılığıyla kemik rezorpsiyonuna neden olabilir (109,110).

Greft integrasyon ve maturasyonunun altın standart olarak değerlendirilebilmesi ancak histolojik çalışmalarla mümkündür. Ancak insanda ÖÇBR sonrası histolojik analiz mümkün olamamaktadır. Weiler ve ark. (111) 2001'de MR görüntülemeye sinyal yoğunluğu üzerinden remodelizasyonunun kantitatif olarak değerlendirilebileceğini öne sürmüşlerdir. Yazarlar koyunlarda otolog aşıllı greftiyle ÖÇBR uygulamış ve 6. 12. 24. 52. ve 104. haftalarda MRG'nin hemen ardından greftleri sakrifiye ederek histolojik ve biyomekanik analiz uygulamışlar ve biyomekanik özelliklerle sinyal yoğunluğu arasında güçlü negatif korelasyon göstermişlerdir. MRG'de artmış SGO değerlerinin; sertlik, tensil gücü gibi biyomekanik özelliklerde azalmayı gösterdiğini; böylelikle greft remodelizasyon sürecinin MRG aracılığıyla kantitatif olarak değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir. Sonraki süreçte benzer birçok çalışma yapılmış ve bu değerlendirme metodu birçok klinik çalışmada kullanılmıştır (112-116). Biz de bu çalışmada postoperatif 1. yıl MR görüntülerini kullanarak greft üzerinde üç ayrı noktadan sinyal yoğunluğu ölçümüyle SGO değerlerini hesapladık ve ortalama SGO değerlerini kullanarak intraartiküler greft maturasyonunu kantitatif olarak belirledik. Ayrıca femoral ve tibial tünelde greft integrasyonlarını Ge ve ark. (105) tanımladığı şekilde evrelendirdik.

Greft iyileşmesi, intergasyon ve maturasyonu mekanik faktörlerden etkilenen biyolojik bir süreçtir. ÖÇBR sonrası greftin zorlanması ya da grefte binen yüklerin anatomik ya da çevresel nedenlerle artması bu iyileşmeyi zarar verebilir. Ma ve ark. (117) ratlar üzerinde yaptıkları çalışmada erken dönemde dinamik değişikliklerin ÖÇBR sonrası greft iyileşmesi üzerine etkisini incelemişler ve artan yüklenmelerin greft maturasyon ve integrasyonunu kötü etkilediğini göstermişlerdir. Biz de bu çalışmada; yaş, cinsiyet, ÖÇB kalıntıları gibi biyolojik faktörlerin; tibial eğim, lateral femoral kondil oranı, interkondiler çentik indeksi ve hacmi gibi anatomik faktörlerin; femoral ve tibial tünel lokalizasyonu, greft hacmi gibi operatif faktörlerin kombine etkisini değerlendirdik.

ÖÇBR sonrası greft yetmezliği için yaş, predispozan bir faktör olarak literatürde bildirilmiştir. Wiggins ve ark.(118) yaptıkları sistematik derlemede genel popülasyonda ikincil yaralanma oranının %7 olduğunu ancak 25 yaş altındaki hastalarda bu oranın %21'e yükseldiğini raporlamışlardır. Barrett ve ark. (119) da, yüksek aktivite düzeyine sahip 25 yaş altındaki hastalarda greft yetmezliğinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bu duruma adolesan gurubun yüksek aktivite düzeyi ve spora erken dönüşün neden olabileceği belirtilmiştir (120). Aynı zamanda genetik predispozisyon ya da anatomik ve nöromusküler faktörler nedeniyle de olabileceği ileri sürülmüştür (118). Van Eck ve ark. (121) yaptıkları çalışmada genç yaşın, erken spora dönüşün ve artmış ağırlığın greft yetmezliği için risk faktörü olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Maletis ve ark. (122) ÖÇBR yapılan 21.304 hastayı değerlendirdikleri geniş çaplı kohort çalışmalarında 21 yaş altındaki hastaların 7.76 kat daha fazla revizyon riskiyle karşı karşıya olduklarını bulmuşlardır. Yazarlar yaş faktörünü aktivite düzeyiyle ilişkilendirmiş ve genç yaş grubunda artmış aktivite düzeyi nedeniyle greft yetmezliği gelişebileceğini öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızda yaşın, tek başına ve diğer faktörlerle birlikte 1. yıl SGO değerlerini etkileyen anlamlı bir korelasyonu görülmemiştir. Ancak aktivite düzeyini yansıtan 1. yıl Marx aktivite skoruyla zayıf ancak anlamlı korelasyon bulunmuştur. Bu durum yaşın değil, aktivite düzeyinin greft iyileşmesini etkilediği şeklinde yorumlanabilir.

Cinsiyet bir diğer predispozan faktördür ve benzer sporu yapan kadınlarda erkeklere göre 4-8 kat artmış ÖÇB yaralanması insidansı bildirilmektedir (123). Bu

duruma anatomik, genetik, nöromusküler ya da hormonal faktörlerin neden olduğu belirtilmektedir. Lefevre ve ark. (124) kadınlarda ÖÇB yaralanma insidansının menstrüasyon döngüsü boyunca sabit olmadığını, preovulatar dönemde postmenarş döneme göre 4 kat daha fazla görüldüğünü bildirmişlerdir. Alt ekstremitte Q açısı, quadriceps/hamstring indeksi gibi anatomik/fizyolojik faktörler de kadınlarda artmış ÖÇB yaralanmasıyla ilişkilendirilmiştir. Hosseinzadeh ve ark. ise büyüme çağındaki çocuklarda (3-18 yaş) kadın cinsiyette, yaşa göre eşleştirilmiş erkeklere göre daha dar femoral çentik, artmış lateral tibial eğim, daha düz medial tibial plato ve daha kısa tibial eminensiyalar göstermiş ve cinsiyet farklılığının ÖÇB yaralanmasıyla anatomik nedenlerle ilişkili olabileceği bildirmişlerdir (125). Kaeding ve ark. (126) ise ÖÇBR sonrası greft yetmezliğine neden olabilecek prediktif faktörleri inceledikleri çok merkezli prospektif çalışmalarında allogreft kullanımı ve genç yaşı greft yetmezliği için anlamlı risk faktörü olarak bulmuşlardır. Yazarlar kadın cinsiyetin doğal ÖÇB yaralanması için risk faktörü olduğunu ancak ÖÇBR sonrası greft yetmezliği için anlamlı olmadığını belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da cinsiyetin 1. yıl SGO değerleriyle anlamlı bir ilişkisi görülmemiştir. Bu durum tek başına cinsiyetin değil, cinsiyet farklılıklarının neden olduğu anatomik faktörlerin greft iyileşmesini etkilediği şeklinde yorumlanabilir.

Artmış vücut kitle indeksinin ÖÇBR sonrasında negatif prognostik faktör olduğuna dair bir çok çalışma yapılmıştır. Kowalchuk ve ark. (127) obezitenin klinik sonuçlar için risk faktörü olduğunu göstermişlerdir. Griffith ve ark. (128) VKİ'nin 28 kg/m^2 nin üzerinde olmasının revizyon ÖÇB sonrası kötü Lysholm skorları ile ilişkili olarak bulmuşlardır. Spindler ve ark. (129) yaptıkları çok merkezli prospektif çalışmada VKİ'nin 10 yıllık sonuçları kötü etkileyen değiştirilebilir bir risk faktörü olduğunu raporlamışlardır. Maletis ve ark. (130) ise VKİ'nin 30 ve üzerinde olmasının ÖÇBR sonrası düşük revizyon riskiyle ilişkilendirmeşlerdir. Yazarlar artmış VKİ'nin aktivite düzeyinde azalmaya neden olduğunu, böylece ikincil yaralanma riskinin azalmış olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızda VKİ'nin 1. yıl SGO değerleriyle anlamlı bir ilişkisi görülmemiştir. Bu durum VKİ'nin greft iyileşmesini tek başına doğrudan etkileyen bir faktör olmadığını, buna karşılık artmış VKİ'nin menisküs yaralanması, kıkırdak hasarı gibi ikincil nedenlerle klinik sonuçları kötü etkileyebileceğini bize düşündürmektedir.

Yaralanma sonrası gecikmiş ÖÇBR cerrahisi artmış menisküs ve kıkırdak hasarıyla ilişkilendirilmiştir (131). Akut dönem ÖÇBR’de ise suboptimal klinik sonuçlar ve artrofibrozis riski bildirilmiştir (132). Ancak Lee ve ark. (133) yaptıkları meta analizde, ÖÇBR zamanlamasının klinik ve fonksiyonel sonuçlar üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermişlerdir. Diğer taraftan ÖÇB kalıntılarının morfolojisi ve etkinliği, yaralanma ile cerrahi arasında geçen süreyle ilişkilendirilmiştir. Haviv ve ark. (134) yaralanma sonrası geçen süre içinde ÖÇB güdüğünün ardışık skarlaşma paternleri izlediğini, ilk 3 ay içinde herhangi bir yapışma olmadan güdük olarak görüldüğünü, 3-6 ay içinde femoral çentığe ve 6 aydan sonra ise genellikle AÇB’ye yapıştığını raporlamışlardır. Novaretti ve ark. (135) greft iyileşmesini etkileyen gen ekspresyon farklılıklarını inceledikleri çalışmalarında, ÖÇBR esnasında ÖÇB kalıntılarından aldıkları biyopsi örneklerini incelemişler, akut yaralanmalardan (3 aydan daha az) alınan örneklerde orta ve kronik dönemden alınan örneklerle göre daha fazla gen ekspresyonu olduğunu göstermişler ve ÖÇB kalıntılarının akut dönem yaralanmalarda daha fazla iyileşmeye potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Kirizuki ve ark. (136) ÖÇB kalıntılarının osteojenik ve endotelyal farklılaşma üzerine potansiyel etkilerini araştırdıkları çalışmalarında ÖÇB güdüğünün herhangi bir yere yapışma göstermediği akut olgularda, çentik ya da AÇB’ye skarlaştığı olgulara göre daha fazla CD34+ hücre içerdiğini ve daha fazla iyileşme potansiyeli gösterdiklerini belirtmişlerdir. Yazarlar ÖÇB güdüğünün yapışma gösterdiği durumlarda biyolojik olarak iyileşme ve iyileştirme potansiyelini kaybettiğini, henüz yapışmadığı akut olgularda ise iyileşme potansiyelini koruduğunu öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızda yaralanmayla cerrahi arasındaki sürenin 1. yıl SGO değerleriyle anlamlı bir ilişkisi görülmemiştir. Bu durum, çalışmamızda ÖÇB kalıntılarının mekanik etkinliğinin biyolojik etkinliğe göre daha baskın olduğunu ve yaralanma sonrası geçen sürenin iyileşme üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Tibial eğim literatürde ÖÇB yaralanmalarında en çok tartışılan konulardan biridir. Hem primer ÖÇB yaralanmalarında hem de ÖÇBR sonrası greft sağkalımı ve ikincil yaralanmalarda predispozan bir faktör olarak bildirilmiştir. Salmon ve ark. (137) hamstring otogreftiyle ÖÇBR’nin uzun dönem sonuçlarını değerlendirdikleri

200 hastada genç yaşın ve artmış tibial eğimin ikincil bağ yaralanması için bağımsız risk faktörü olduğunu bildirmişlerdir. Oniki derece üzerinde tibial eğimin 11 kat daha fazla ve adolesan grubun erişkinlere göre 3 kat daha fazla greft yaralanmasıyla ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Yine Hashemi ve ark. (138) yaptıkları çalışmada artmış LTE nonkontakt ÖÇB yaralanmaları ve ÖÇBR sonrası greft yetmezliği için risk faktörü olarak bildirilmişlerdir ve artmış lateral tibial eğimin, tibianın ön ve iç rotasyon makaslama kuvvetlerinde artışa yol açarak ÖÇB zorlanmasına neden olabileceği belirtmişlerdir. Song ve ark. (139) da artmış LTE'nin yüksek derecede pivot shift ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Webb ve ark. (140) 12 derece üzerinde tibial eğimi ÖÇBR sonrası tekrar ÖÇB yaralanmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Benzer şekilde Christensen ve ark. (141) artmış LTE'nin greft tipinden bağımsız olarak erken dönem greft yetmezliğine neden olabileceğini bildirmişler ve bu durumda revizyon cerrahileri planlanırken eğim düzeltici osteotomiler önermişlerdir (142).

Tibial eğim 0-18 dereceler arasında değişir ve ortalama 8 derecedir (143). Bernhardson ve ark. (144) tibial eğimin ÖÇB yüklenmesine etkisini araştırdıkları kadaverik çalışmalarında, tüm fleksiyon derecelerinde tibial eğimle ÖÇB greft yüklenmesi arasında güçlü doğrusal ilişki bulmuşlardır. Ayrıca diğer fleksiyon derecelerine göre tam ekstansiyonda anlamlı olarak daha fazla greft yüklenmesi göstermişlerdir. Christensen ve ark. (141) artmış LTE'nin erken greft yetmezliğine neden olabileceğini göstermişler, erken greft yetmezliği (2 yıl içinde) görülen hastalarda LTE'nin ortalama 8.4 derece olduğunu kontrol grubunda ise 6.5 derece bulmuşlardır. LTE'de 2,4 ve 6 derece artışın, greft yetmezliği riskini sırasıyla 1.6, 2.4 ve 3.8 artıracığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da lateral tibial eğimle 1. yıl SGO değerleri arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur. Artmış tibial eğimin, greft iyileşmesini negatif olarak etkileyen bağımsız bir faktör olduğu görülmüştür ($R^2=9.9$, $p=0.002$). Bu durum artmış tibial eğimin, greft yüklenmesini orantılı olarak artırdığını ve greft maturasyonunu kötü etkileyebileceğini göstermektedir.

LFKO, ÖÇB sağkalımını etkileyebilecek diğer bir potansiyel faktördür. Pfeiffer ve ark.(104) ÖÇB yaralanmasıyla distal femoral morfolojinin ilişkisini inceledikleri çalışmalarında, ÖÇBR, ÖÇBR revizyonu uyguladıkları ve kontrol grubu olarak

sağlam ÖÇB'ye sahip toplam 200 hastayı incelemişlerdir. Artmış LFKO'nun fleksiyondaki dizde lateral ve anterolateral yapılarda uzamaya ve ekstansiyonda ise göreceli olarak laksiteye neden olabileceğini, oluşan bu anizometrinin diz kinematığını etkileyebileceğini ve rotator diz laksitesine neden olabileceğini öne sürmüşler ve %63 üzerinde LFKO'nun primer ÖÇB yaralanmasıyla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca primer ÖÇB yaralanması ve ÖÇBR sonrası greft yetmezliği grupları arasında LFKO değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmediğini belirtmişlerdir. Grassi ve ark.(145) ÖÇB rekonstrüksiyonunun birden fazla revizyon nedenlerini inceledikleri çalışmalarında, kontrol grubu olarak primer ÖÇBR ve bir defa revizyon uygulanmış intakt ÖÇB hastalarını dahil etmişler ve artmış tibial eğim, artmış LFKO ve menisküs yetmezliğinin çoklu revizyona neden olabilecek kötü senaryo olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda, LFKO ile 1. yıl SGO değerleri arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır. Bu durum çalışmamızda LFKO'nun tek başına greft iyileşmesini anlamlı ölçüde etkilemediğini bize düşündürmüştür.

Dar femoral çentik, artmış ÖÇB yüklenmesiyle ilişkilendirilmiş ve ÖÇB yaralanması için artmış risk faktörü olarak bildirilmiştir. Dar femoral çentik, anatomik olarak daha küçük ve bu nedenle yaralanmaya daha yatkın bir ÖÇB'ye neden olabileceği belirtilmiştir. Tanımlanan diğer mekanizma ise dar femoral çentiğin ÖÇB'de sıkışmaya neden olması ve hareketlerle oluşan tekrarlayıcı temaslarla ÖÇB'nin zarar görmesidir. Chung ve ark. (146) ÖÇB yaralanması olan hastalarda anatomik değişkenleri inceledikleri çalışmalarında ortalama interkondiler çentik indeksini ÖÇB yaralanması olan grupta 0.26 ve sağlıklı grupta 0.29 olarak bulmuşlar ve ÖÇB yaralanması için anlamlı farklılık olarak raporlamışlardır. Bizim çalışmamızda, ortalama interkondiler çentik indeksi %26.4 olarak bulunmuş ve çok değişkenli regresyon analizinde 1. yıl SGO değerleri arasında anlamlı bir korelasyon görülmemiştir. Ancak greft/interkondiler çentik hacmi oranı arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur. Bu durum interkondiler çentiğin tek başına değil, greftle ilişkisine göre anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Dar femoral çentiğin greft iyileşmesini her zaman kötü etkilemediği, ancak dar femoral çentikteki kalın greftin iyileşmeyi kötü etkileyebileceği çıkarımı yapılabilir.

Menisküs yırtıkları diz stabilitesini etkileyerek greft yüklenmesini artırabilecek potansiyel bir faktördür. Elmansori ve ark. (147) ÖÇB yaralanması olan 100 hastayı, sağlıklı 100 hasta ile MR görüntüleme üzerinden karşılaştırdıkları çalışmalarında artmış tibial ve meniskal eğimin ÖÇB yaralanması için risk faktörü olduğunu bildirmişlerdir. Posterior menisküs kaybının fonksiyonel tibial eğimi artırarak bu riski artıracağını belirtmişlerdir. Posterior menisküs kök kaybının da fonksiyonel eğimi etkileyerek pivot shift manevrası esnasında lateral kompartmanın anterior translasyonu artıracağı gösterilmiştir (148). Samuelsen ve ark. (149) medial menisküs arka kök yırtığının ÖÇB greft yüklenmesi üzerine etkisini inceledikleri kadaverik çalışmalarında, kök yırtığının sağlam veya onarılması durumlarına göre tibia eğim etkisini ve greft yüklenmesini artırdığını göstermişlerdir. Yazarlar, kök yırtığı ve 12 derece üzerinde tibial eğim varlığında revizyon ÖÇB ameliyatlarında eğim düzeltici osteotomilerin düşünülmesini önermişlerdir. Bizim çalışmamızda lateral ve medial parsiyel menisektominin 1. yıl SGO değerleriyle anlamlı bir ilişkisi görülmemiştir. Bu durum çalışmamızda lateral ve medial parsiyel menisektomilerin dizlerde anlamlı bir instabilite yaratmayabileceğini göstermektedir.

ÖÇB kalıntılarının korunması, greftin iyileşmesini etkileyen biyolojik bir faktör olarak tartışılmaktadır. Teorik olarak öne sürülen avantajları; greft remodelizasyonunu hızlandırması, propriyosepsiyonu iyileştirmesi, tünel genişleme oranını azaltması, anatomik tünel lokalizasyonu için landmark olarak kullanlabilmesi ve tek demet rekonstrüksiyonda korunan demetin mekanik destek sağlaması şekilde sıralanabilir (150). Takahashi ve ark. (151), ÖÇB kalıntılarının korunmasının etkisini araştırdıkları hayvan deneyi çalışmasında ÖÇBR uyguladıkları koyunlarda 12. haftada biyomekanik ve histolojik farklılıkları incelemişlerdir. ÖÇB kalıntılarının korunduğu grupta hücre proliferasyonu, revaskülarizasyonu ve proprioseptif reseptörler gelişiminin daha iyi olduğunu, ön çekmece miktarının daha az olduğunu; buna karşın maksimum yüklenme, sertlik ve uzama gibi greftin yapısal özelliklerinde anlamlı bir farklılık olmadığını göstermişlerdir. Masuda ve ark.(152) ÖÇB kalıntılarının korunmasının tünel genişlemesi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, çift demet anatomik ÖÇBR uyguladıkları hastaları iki gruba ayırmışlar ve ÖÇB korudukları hastalarda daha az anteromedial femoral tünel genişlemesi görmüşlerdir. Yazarlar ÖÇB kalıntılarının mekanik ve biyolojik olarak

etkili olduğunu öne sürmüşler; mekanik olarak sinovyal sıvının greft-kemik arayüzüne girişini önleyerek integrasyonu pozitif etkileyebileceğini, biyolojik olarak ÖÇB kalıntılarının hücresel aktivitesinin integrasyon ve maturasyonu iyileştirebileceğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda 58 hastada ÖÇB femoral kalıntılarına ait direkt ve indirekt lif bağlantıları korunmuş ve bu hastaların 1. yıl SGO değerlerinde anlamlı bir korelasyon görülmüştür ($R^2=12.7$, $p<0.001$). Femoral kalıntıların radyofrekans ablasyon ile agresif olarak debride edildiği hastalarda, greft iyileşmesinin kötü etkilendiği görülmüştür. Ayrıca greft iyileşmesi ile femoral tünel integrasyonu arasında zayıf ancak anlamlı korelasyon görülmüştür. Bu durum, ÖÇB kalıntılarının biyolojik ve mekanik olarak etkili olabileceğini göstermektedir.

Femoral tünel lokalizasyonu greftin sağkalımını etkileyen en önemli operatif faktörlerden biridir ve cerrahi olarak yapılan teknik hataların başında gelmektedir. Femoral tünelin uygun lokalizasyonda açılmaması, stabilite kaybına, greftin anormal gerilmesine, femoral çentikte ya arka çapraz bağda sıkışmasına neden olabilir. Bütün bunlar, tek demek ÖÇBR cerrahisinde greftin optimum fonksiyon görebilmesi için cerrahları spesifik yerleşim noktaları arayışına itmiştir. İdeal femoral tünel lokalizasyonu için Howell ve ark.(153) I.D.E.A.L. konseptini öne sürmüşlerdir. Buna göre ideal femoral tünel yerleşimi; izometrik, direkt lifleri içeren, eksantrik yerleşimli (yüksek ve derin), anatomik ayak izi içerisinde ve düşük gerginlikte fleksiyon paterninde olmalıdır. Yazarlar ancak böylelikle fleksiyon ekstansiyon sırasında gerginliğin değişmediği, AÇB ya da interkondiler çentik tavanında sıkışmanın olmadığı ve greftin zarar görmeyeceği bir lokalizasyonun elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Chiba ve ark. (113) da tünel lokalizasyonlarının greft maturasyonu üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında hastaları femoral tünel yerleşimine göre yüzeysel, orta ve derin olmak üzere üç gruba ayırmışlar ve yüzeysel femoral tünelin, önde yerleşmiş tibial tünel ya da alçak yerleşimli femoral tünelle kombinasyonu durumunda greftte sinyal artışının olduğunu göstermişlerdir. Bu korelasyonun orta ve derin femoral tüellerde ise görülmediğini belirtmişlerdir. Yazarlar önde yerleşmiş tibial tünelin greftin femoral çentikte sıkışmaya neden olabileceğini, alçak yerleşimli femoral tünelin ise greftte anizometriye neden olabileceğini öne sürerek sinyal artışına yol açtığını belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda femoral tünelin yüksek lokalizasyonu ile 1. yıl SGO değerleri arasında

tek değişkenli analizde anlamlı korelasyon görölmüş ancak diğer faktörlerle kombine olarak değerlendirildiğinde anlamlı bir korelasyon görölememiştir.

Benzer şekilde tibial tünel lokalizasyonu da greft sağkalımı açısından önem arzeder. Rose ve ark. (116) maturasyonu etkileyen sagittal greft parametrelerini inceledikleri çalışmalarında sagittal greft açısı ve sagittal tibial tünel pozisyonunun SGO ile korele olduğunu ancak femoral tünel lokalizasyonunda böyle bir ilişki olmadığını göstermişlerdir. Daha önde yerleşmiş bir tibial tünelin greftte daha fazla gerilmeye yol açabileceğini ve böylece greft maturasyonunun kötü etkilenebileceğini belirtmişlerdir. Tanabe ve ark. (154) tünel lokalizasyonlarının izometriye etkisini inceledikleri biyomekanik çalışmalarında, günümüzde anatomik tek demet ÖÇBR olarak uygulanan doğal ÖÇB yapışma yerlerinde ancak farklı lokalizasyonlarda 5 farklı kombinasyonu değerlendirmişler ve fleksiyon-ekstansiyon esnasında her birinde farklı greft uzunluk değişimi olduğunu göstermişlerdir. Yazarlar doğal ÖÇB'nin izometrik olmadığını ancak ÖÇBR'de greftin fleksiyon ve ekstansiyonda fonksiyonel olabilmesi ve sağkalımı için izometrik uygulanması gerektiğini öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızda tibial tünel ön-arka lokalizasyonu ile 1. yıl SGO arasında tek değişkenli analizde anlamlı korelasyon görölmüş ancak diğer faktörlerle kombine olarak değerlendirildiğinde anlamlı bir korelasyon görölememiştir.

Uygunsuz greft kalınlığı ÖÇBR sonrası greft iyileşmesini ve sağkalımını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Spragg ve ark. (155) ÖÇBR için hamstring greft kalınlığının greft sağkalımına etkisini inceledikleri çalışmalarında 7-9 mm arasında greft kalınlığında 0.5 mm artışın revizyon riskini 0.8 azalttığını bildirmişlerdir. Conte ve ark. (156) yaptıkları sistematik tarama çalışmasında ÖÇBR'de dört kat hamstring greft kalınlığının 8 mm ve üzerinde olmasının greft yetmezliği oranını düşürdüğünü göstermişlerdir. Ancak greft kalınlığının artması da, özellikle femoral çentik dar olduğu hastalarda sıkışma nedeniyle greft yetmezliğine neden olabilmektedir. Orsi ve ark. (157) yaptıkları üç boyutlu yazılım modeli çalışmalarında ÖÇB kalınlığındaki milimetrik değişimlerin sıkışma kuvvetlerinde ve temas alanlarında ciddi artışlara yol açabileceğini göstermiştir. Oshima ve ark (158); ÖÇBR sonrası 1. yıl greft maturasyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında greft hacmi ile femoral çentik hacmi oranının SGO'yu önemli derecede etkilediğini

göstermişlerdir. Iriuchishima ve ark. (159) femoral interkondiler çentik hacmini bilgisayarlı tomografi ile değerlendirdikleri çalışmalarında ÖÇB yırtığı olan hastalarda hacmin, ÖÇB sağlam olan hastalara göre anlamlı derecede düşük olduğunu bulmuşlardır. Oshima ve ark.(160) ise ÖÇB yaralanmasında femoral çentik hacminin etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, ÖÇB yaralanması olan grubun yaralanma olmayan dizlerle benzer femoral çentik hacmine sahip olduğunu buna karşın AÇB volümünün daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Yazarlar ÖÇBR’de greftin AÇB ve çentik arasında sınırlı bir bölgeye sahip olduğunu ve bu nedenle greft seçiminde bunun dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Fujimaki ve ark. (27), kişiye özgü ÖÇBR için karşı dizin MR görüntülemesinin kullanılabileceğini bildirmişlerdir. ÖÇB’nin isthmus lokalizasyonun ekstansiyon pozisyonundaki dizde tibial yapışma yerinin %49.4 uzaklığında olduğunu, bu seviyeden elde edilecek kesitsel alanın optimal greft kalınlığını vereceğini, böylelikle gücün maksimize ve patolojik sıkışmanın minimize edilebileceği bir greft ölçüsüne ulaşılabileceğini bildirmişlerdir. Benzer bir çok çalışmada greft sıkışmasının önemine ve greft iyileşmesi üzerine etkisine vurgu yapılmıştır. Howell ve ark.(161) greftin femoral çentikte sıkışması 2-3 kat fazla sinyal artışına neden olabileceğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda greft kalınlığı ile 1. yıl SGO arasında anlamlı bir korelasyon görülmemiştir. Ancak greft/interkondiler çentik hacmiyle SGO arasında bağımsız anlamlı bir korelasyon görülmüştür ($R^2=13.3$, $p<0.001$). Bu durum, interkondiler çentiğe göre artmış greft hacminin patolojik sıkışma ya da greftte artmış yüklenme oluşturarak greft iyileşmesini kötü etkileyebileceğini göstermektedir.

Greft bükülme açısı, AÇB rekonstrüksiyonunda greft yetmezliğiyle ilişkilendirilen “killer turn” fenomenine benzer şekilde ÖÇBR’de de tartışılmaktadır. Tashiro ve ark. (162) greft bükülme açısının greft iyileşmesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında greftin intraartiküler bölümünün proksimal 1/3 ünün, orta ve distal 1/3’e göre daha yüksek SGO’ya sahip olduğunu ve bu değer greft bükülme açısıyla korele olduğunu göstermişlerdir. Yazarlar femoral tünel girişinde oluşan bükülmenin greftte artan strese ve tekrarlayıcı yüklenmelerle abrazyonlara yol açabileceğini öne sürmüşler ve artmış bükülmenin greft iyileşmesini kötü etkilediğini belirtmişlerdir. Saito ve ark. (115) transtibial ve transportal çift demet ÖÇBR tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında femoral tünel pozisyonları arasında

anlamli bir fark olmadigini, transportal gruptaki greftlerin anlamli olarak daha fazla bükülmeye maruz kaldigini ve bu nedenle 12. ay kontrol MR görüntülemesinde daha yüksek SGO ve daha az maturasyon gösterdiklerini bildirmişlerdir. Sim ve ark. (163) ise transportal ve dıştan-içe ÖÇBR tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; dıştan içe tekniğin daha fazla greft bükülme açısı oluşturmaya rağmen greft iyileşmesi üzerine negatif etkisinin olmadığını göstermişlerdir. Chen ve ark. (164) greft bükülme açısının etkisini araştırdıkları çalışmada otogreft kullanılan grupta 12. ayda greftin proksimali ile SGO arasında güçlü pozitif korelasyon göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda greftin proksimal 1/3'ünde, orta ve distal 1/3'üne göre SGO anlamli olarak yüksek bulunmuştur. Bunun greft bükülmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Ancak greft bükülme açısının 1. yıl ortalama SGO değerleri ile anlamli bir korelasyonu gösterilememiştir.

Literatürde anatomik ve operatif faktörlerin greft iyileşmesi üzerine kombine etkilerinin araştırıldığı benzer çalışmalar mevcuttur. Li ve ark. (165), ÖÇBR sonrası greft maturasyonunu etkileyen potansiyel faktörleri inceledikleri çalışmalarında; yaş, vücut kitle indeksi, postoperatif süre, Tegner aktivite düzeyi, ÖÇB-Blumensaat açısı, greft çapı ve tibial eğim parametrelerini değerlendirmiş ve yaptıkları çoklu regresyon analizi sonucunda aktivite düzeyi, postoperatif süre, yaş ve ÖÇB-Blumensaat açısının bağımsız etkileyici faktör olduklarını bulmuşlardır. Benzer şekilde Oshima ve ark. (158); greft büyüklüğü ve bükülme açısının greft maturasyonunu etkileyen bağımsız faktörler olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda anatomik, biyolojik ve operatif faktörlerin greft iyileşmesi üzerine kombine etkisi değerlendirilmiş ve tibial eğim, ÖÇB kalıntılarının korunması ve greft/interkondiler çentik hacim oranının 1. yıl SGO değerleri ile anlamli bağımsız korelasyonu gösterilmiştir.

Greft integrasyonu, greft maturasyonu ile birlikte literatürde tartışılmıştır. Putnis ve ark. (112) femur ve tibia da ayarlanabilir endobutton tespiti kullanarak yaptıkları tek demek ÖÇBR sonuçlarını değerlendirmişler, ortalama 28 aylık takip sonucunda tibia da %71, femurda %23 tam integrasyon görmüşlerdir. İntegrasyon ve maturasyon her ikisinin de femura göre tibia da daha iyi olduğunu belirtmişler, bunun da femoral tünel girişinde greftin bükülmesi ya da femoral tünel hazırlanırken daha fazla yumuşak doku temizliği yapılması ve böylece biyolojik iyileşmenin etkilenmesi

nedeniyle olabileceğini öne sürmüşlerdir. Hofbauer ve ark. (114) 6. ay kontrol SGO inceledikleri çalışmalarında greftin distal bölümünün proksimal bölümüne göre daha fazla maturasyon gösterdiğini görmüşler ve bu bölgede infrapatellar yağ yastığından mikrovaksüler damarlar yoluyla beslenmiş olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde tibial tarafta daha iyi integrasyon görülmüştür. Tibia tarafta femura göre daha stabil bir tespit olması, mikrohareketin daha az olması, ÖÇB kalıntılarının femoral tarafa göre daha yoğun olması ve tibial tünelde spongiyoz kemik yapısının bunda etkili olabileceğini düşünüyoruz. Ayrıca çalışmamızda femoral tünel integrasyonu ile SGO arasında zayıf ancak anlamlı bir korelasyon gösterilmiştir. Femoral ÖÇB kalıntıları, tibial eğim ve greft/interkondiler çentik hacmi oranının benzer şekilde anlamlı olarak femoral integrasyonu da etkilediği görülmüştür.

Klinik değerlendirmede IKDC-SKF, Lysholm subjektif değerlendirme skorlarına göre hastalarda anlamlı iyileşme görülmüştür. Marx aktivite düzeyi skorlamasına göre yaralanma öncesi aktivite düzeyine göre son kontrolde gerileme görülmüştür. Postoperatif dönemde aktivite düzeyinin, yaralanma öncesi aktivite düzeyine göre düşmesi ÖÇBR sonrası bilinen bir durumdur. Spindler ve ark. (166) tek taraflı ÖÇBR uygulanmış 448 hastayı inceledikleri çok merkezli çalışmalarında, Marx aktivite düzeyinin yaralanma öncesi dönemde ortalama 12, postoperatif 2. yılda ortalama 9 ve postoperatif 6. yılda ortalama 7 olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Nwachukwu ve ark. (167) yarışmalı sporcuları içeren kohort gruplarında yaralanma öncesinde ortalama 15.8 olan Marx aktivite düzeyini, postoperatif 2. yılda 11.9'a düşüğünü raporlamışlardır. Bizim çalışmamızda; yaralanma öncesi aktivite düzeyi 11.5 iken, 1. yılda 6.5 ve son takipte ortalama 9.1 olarak bulunmuştur.

Postoperatif dönemde SGO değerleri ile klinik sonuçların ilişkisi bir çok çalışmada değerlendirilmiştir. Li ve ark. (168) 6. ve 12. aylarda SGO değerleri ile IKDC skorları arasında anlamlı düzeyde korelasyon bulmuşlar ve SGO'nun klinik sonuçları tahmin etmede ve spora dönüşü karar vermede etkili olabileceğini öne sürmüşlerdir. Buna karşılık Li ve ark. (169) IKDC, Lysholm ve Tegner aktivite skorları ile SGO arasında anlamlı bir korelasyon olmadığını göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda da 1. yıl SGO ile IKDC, Lysholm, ön çekmece farkı, pivot shift evresi

gibi klinik ve fonksiyonel sonuçlar arasında bir korelasyon görülmemiştir. Bununla birlikte 1. yıl Marx aktivite skoru ile SGO arasında zayıf korelasyon görülmüştür. Bu durum, artmış aktivite düzeyinin greft iyileşmesini kötü yönde etkileyebileceğini göstermektedir.

Bu çalışmanın bazı zayıf yönleri bulunmaktadır. Birincisi çalışmanın retrospektif doğasından kaynaklanmaktadır; diz stabilitesini ve bu nedenle greft iyileşmesini etkileyebilecek preoperatif fonksiyonel (ön-çekmece miktarı, pivot shift evresi) faktörler değerlendirilmediği için çalışmada kullanılamamıştır. İkincisi greft iyileşmesi değerlendirilmesi için yalnızca 1. yıl SGO değerleri kullanılmıştır. Anatomik ve operatif faktörlerin erken dönem (6. ay) ve uzun dönem (>2 yıl) etkilerinin değerlendirilmesi çalışmanın gücünü artıracaktır. Üçüncüsü greft maturasyonu greft üzerinde sinyal yoğunluğu ile kantitatif olarak değerlendirilirken, greft integrasyonu evrelendirilerek 3 ayrı evrede değerlendirilebilmiştir. Dolayısıyla anatomik ve operatif faktörlerin integrasyona olan etkisi doğrudan değil dolaylı olarak yorumlanmıştır. Greft iyileşmesinin anatomik, mekanik ve biyolojik olmak üzere multifaktöriyel bir doğaya sahip olduğu tartışmasız bir gerçektir. Biz bu çalışma ile tüm bu sorunları çözmeyi değil bu karmaşık sorunun çözümündeki anlayışa katkı sağlamayı hedefledik. Son olarak, greft sağkalımı ve işlevselliği için 1. yıl SGO değerleri tek başına yeterli değildir. 1. yıl SGO değerleri greft iyileşmesi hakkında fikir verebilir ancak bunun uzun dönem etkisi belirsizdir. SGO değerlerinin klinik korelasyon ve uzun dönem fonksiyonel sonuçlarını aydınlatacak yeni klinik çalışmaların yapılması gerektiğine inanıyoruz.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hamstring otogrefti ile tek demet ÖÇBR sonrası 1. yıl kontrol MR görüntülemeden elde edilen SGO değerlerinin, tibial eğim, ÖÇB kalıntılarının korunması ve greft/interkondiler çentik hacim oranı ile güçlü ilişkisi görülmüştür. Ayrıca, 1. yıl SGO değerlerinin femoral tünel integrasyonu ve Marx aktivite skoru ile zayıf korelasyonu bulunmuştur.

Tibial eğim, ÖÇB yaralanması olan hastalarda artmış olarak görülmektedir, benzer şekilde postoperatif dönemde de greft iyileşmesini etkileyen bir faktör olarak bulunmuştur. Bu nedenle, artmış tibial eğim varlığında primer olgularda greft daha uzun süre korunmalı, spora dönüş ertelenmeli; revizyon olgularında ise düzeltici osteotomiler düşünülmelidir.

ÖÇBR’de femoral ve tibial tünel hazırlığında agresif debridmandan kaçınılmalı, ÖÇB kalıntıları korunmaya çalışılmalıdır. Kalıntıların biyolojik olarak greft remodelizasyonunu iyileştirdiği, mekanik olarak greft-kemik arayüzüne sıvı geçişini önlediği böylece integrasyonu etkilediği unutulmamalıdır.

Greft kalınlığı hastanın anatomisine göre ayarlanmalı, azalmış greft kalınlığının greft yetmezliğiyle, artmış kalınlığın ise sıkışmayla sonuçlanabileceği unutulmamalıdır. İnterkondiler çentik indeksi ve hacmi ÖÇBR planlamasında akılda bulundurulmalı, gerektiğinde notchplasti uygulanmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. Vol. 36, Clinics in Sports Medicine. W.B. Saunders; 2017. p. 1–8.
2. Lynch TS, Parker RD, Patel RM, Andrish JT, Spindler KP. The impact of the Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) research on anterior cruciate ligament reconstruction and orthopaedic practice. Vol. 23, Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. Lippincott Williams and Wilkins; 2015. p. 154–63.
3. Musahl V, Kopf S, Rabuck S, Becker R, Van Der Merwe W, Zaffagnini S, et al. Rotatory knee laxity tests and the pivot shift as tools for ACL treatment algorithm. 2012;20(4):793-800.
4. Boden BP, Dean GS, Feagin JR, Garrett GE. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. Orthopedics. 2000;23(6):573-8.
5. Wendy JH, Michael JA, Lynn SM. A 10-year prospective trial of a patient management algorithm and screening examination for highly active individuals with anterior cruciate ligament injury: Part 1, outcomes. Am J Sports Med. 2008;36(1):40-7
6. Eitzen I, Moksnes H, Synder-Mackler L, Risberg MA. A Progressive 5-Week Exercise Therapy Program Leads to Significant Improvement in Knee Function Early After Anterior Cruciate Ligament Injury. J Orthop Sports Phys Ther. 2010;40(11):705–721.
7. Van Yperen DT, Reijman M, Van Es EM, Bierma-Zeinstra MA, Meuffels DE. Twenty-Year Follow-up Study Comparing Operative Versus Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Ruptures in High-Level Athletes. journals.sagepub.com. 2018;46(5):1129–3
8. Neuman P, Englund M, Kostogiannis I, Fridén T, Roos H, Dahlberg LE. Prevalence of tibiofemoral osteoarthritis 15 years after nonoperative treatment of anterior cruciate ligament injury: a prospective cohort study. Am J Sports Med. 2008;36(9):1717-25
9. Van Eck CF, Lesniak BP, Schreiber VM, Fu FH. Anatomic Single- and Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Flowchart. Arthroscopy. 2010;26(2):258–68.
10. Pauzenberger L, Syré S, Schurz M. "Ligamentization" in hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of the literature and a glimpse into the future. Arthroscopy. 2013;29(10):1712-21.

11. Scheffler SU, Unterhauser AFN, Weiler AA. Graft remodeling and ligamentization after cruciate ligament reconstruction. 2008;16(9):834-42.
12. Chouliaras V, Hellenica HP-AO et T,. The history of the anterior cruciate ligament from Galen to double-bundle acl reconstruction.
13. Davarinos N, James O’neill B, Curtin W. A Brief History of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction.
14. Weber W, Weber E, Maquet P. Mechanics of the human walking apparatus. 1991
15. Snook GA. A short history of the anterior cruciate ligament and the treatment of tears. Clin Orthop Relat Res. 1983;(172):11-3.
16. Groves H, Ernest W. Operation for Repair of the Crucial Ligaments. Clin Orthop Relat Res. 1980;147:4-6
17. Jones KG. Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the central one-third of the patellar ligament. A follow-up report. J Bone Joint Surg Am. 1970;52(7):1302-8.
18. Groves H, Ernest W. Operation for the repair of the crucial ligaments. The Lancet. 1917
19. Campbell WC Repair of the ligaments of the knee. Report of a new operation for repair of the anterior cruciate ligament. Surgery Gynecology&Obstetrics 1936;62:964-8.
20. Schindler OS, Schindler OS. Surgery for anterior cruciate ligament deficiency: a historical perspective. Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc 2012;20:5–47.
21. Quinn R, Sanders J, Brown G, Murray J. The American Academy of Orthopaedic Surgeons Appropriate Use Criteria on the Management of Anterior Cruciate Ligament Injuries. J Bone Joint Surg Am. 2016;98(2):153-5
22. LaPrade RF, Moulton SG, Nitri M, Mueller W, Engebretsen L. Clinically relevant anatomy and what anatomic reconstruction means. Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc. 2015 Oct 26;23(10):2950–9.
23. Ferretti M, Levicoff EA, Macpherson TA, Moreland MS, Cohen M, Fu FH. The fetal anterior cruciate ligament: an anatomic and histologic study. Arthroscopy. 2007;23(3):278-83
24. Bicer EK, Lustig S, Servien E, Selmi TAS, Neyret P. Current knowledge in the anatomy of the human anterior cruciate ligament. Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc. 2010;18(8):1075–84.

25. Ellison AE, Berg EE. Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am.* 1985;16(1):3-14
26. Ferretti M, Levicoff EA, Macpherson TA, Moreland MS, Cohen M, Fu FH. The Fetal Anterior Cruciate Ligament: An Anatomic and Histologic Study. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg.* 2007 Mar 1;23(3):278–83.
27. Fujimaki Y, Thorhauer E, Sasaki Y, Smolinski P, Tashman S, Fu FH. Quantitative in Situ Analysis of the Anterior Cruciate Ligament. *Am J Sports Med.* 2016 Jan 1;44(1):118–25.
28. Arnoczky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;(172):19-25.
29. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2006;16:204–13.
30. Chhabra A, Starman J, Ferretti M, Vidal A, JBJS TZ-, 2006 undefined. Anatomic, radiographic, biomechanical, and kinematic evaluation of the anterior cruciate ligament and its two functional bundles.
31. Steckel H, Starman JS, Baums MH, Klinger HM, Schultz W, Fu FH. Anatomy of the anterior cruciate ligament double bundle structure: A macroscopic evaluation. *Scand J Med Sci Sport.* 2007;17(4):387–92.
32. Gabriel MT, Wong EK, Woo SLY, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res.* 2004;22(1):85–9.
33. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Ciszek B, Ciszewska-Łysoń B, Siebold R. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2015 Nov 1;23(11):3143–50.
34. Mochizuki T, Fujishiro H, Nimura A, Pasuk, Kazunori M, Takeshi Muneta Y. Anatomic and histologic analysis of the mid-substance and fan-like extension fibres of the anterior cruciate ligament during knee motion, with special reference to the femoral attachment.
35. Scapinelli R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures. *Clin Anat.* 1997;10(3):151-62
36. Nyland J, Gamble C, Franklin T, Caborn DNM. Permanent knee sensorimotor system changes following ACL injury and surgery. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2017 May 1;25(5):1461–74.

37. Fu FH, Harner CD, Johnson DL, Miller MD, Woo SL. Biomechanics of knee ligaments: basic concepts and clinical application. Vol. 43, Instructional course lectures. 1994. p. 137–48.
38. Girgis F, Marshall J. The cruciate ligaments of the knee joint: anatomical, functional and experimental analysis. 1975;(106):216-31
39. Kraeutler M, Wolsky R, Vidal A. Anatomy and biomechanics of the native and reconstructed anterior cruciate ligament: surgical implications. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99(5):438-445
40. Amis AA, Dawkins GPC. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Jt Surg - Ser B.* 1991;73(2):260–7.
41. Butler D, Noyes F. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(2):259-70
42. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med.* 2006 Feb;34(2):299–311.
43. Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries Knee Joint Kinematics in 10 Injury Situations From Female Team Handball and Basketball.
44. Sutton K, Bullock JM. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013;21(1):41-50.
45. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scand J Med Sci Sport.* 2003 Oct;13(5):299–304.
46. Hohmann E, Bryant A, Reaburn P, Tetsworth K. Is there a correlation between posterior tibial slope and non-contact anterior cruciate ligament injuries?
47. Laprade RF, Burnett QM. Femoral Intercondylar Notch Stenosis and Correlation to Anterior Cruciate Ligament Injuries: A Prospective Study. *Am J Sports Med.* 1994;22(2):198–203.
48. Warren D, Panossian V. Combined effects of estrogen and progesterone on the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(383):268-81.
49. Nandra R, Najran P, Matharu GS, Porter K, Ashraf T, Greaves I. A review of anterior cruciate ligament injuries and reconstructive techniques. Part 1: Basic science. *journals.sagepub.com.* 2013;15(2):107–15.

50. Salzler M, Nwachukwu BU, Rosas S, Nguyen C, Law Y, Eberle T, et al. The Physician and Sportsmedicine State-of-the-art anterior cruciate ligament tears: A primer for primary care physicians State-of-the-art anterior cruciate ligament tears: A primer for primary care physicians. *Taylor Fr* 2015;43(2):169–77.
51. Lubowitz JH, Bernardini BJ. Current concepts review: comprehensive physical examination for instability of the knee. *Am J Sports Med.* 2008;36(3):577-94
52. Paessler HH, Michel D. How new is the Lachman test? Vol. 20, *American Journal of Sports Medicine.* 1992. p. 95–8.
53. Scholten RP, Opstelten W, Plas CG, Bijl D, Deville WL, Bouter LM. Accuracy of physical diagnostic tests for assessing ruptures of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. *J Fam Pract.* 2003;52(9):689-94.
54. Daniel DM, Stone ML, Sachs R, Malcom L. Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. *Am J Sports Med.* 1985;13(6):401–7.
55. Ahldén M, Hoshino Y, Samuelsson K, Araujo P, Musahl V, Karlsson J. *Dynamic knee laxity measurement devices.* Springer
56. Griffith JF, Antonio GE, Tong CW, Ming CK. Cruciate ligament avulsion fractures. *Arthroscopy.* 2004;20(8):803-12
57. Herbst E, Hoser C, Tecklenburg K, Filipovic M, Dallapozza C, Herbolt M, et al. The lateral femoral notch sign following ACL injury: frequency, morphology and relation to meniscal injury and sports activity. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2015 Aug 27;23(8):2250–8.
58. Spindler KP, Schils JP, Bergfeld JA, Andrish JT, Weiker GG, Anderson TE, et al. Prospective study of osseous, articular, and meniscal lesions in recent anterior cruciate ligament tears by magnetic resonance imaging and arthroscopy. *Am J Sports Med.* 1993;21(4):551–7.
59. Ng AWH, Griffith JF, Hung EHY, Law KY, Yung PSH. MRI diagnosis of ACL bundle tears: Value of oblique axial imaging. *Skeletal Radiol.* 2013 Feb;42(2):209–17.
60. Chen HY, Chee HC, Kian SN, Lee PVS, Goh JCH. Anterior cruciate ligament failure and cartilage damage during knee joint compression: A preliminary study based on the porcine model. *Am J Sports Med.* 2008 May;36(5):934–42.
61. Irie, Kazunori, and Takayuki Yamada. Three-dimensional virtual computed tomography imaging for injured anterior cruciate ligament. *Archives of orthopaedic and trauma surgery.* 122.2 (2002): 93-95.

62. Bowers AL., Spindler KP., McCarty EC. Arrigain, S. Height, weight, and BMI predict intra-articular injuries observed during ACL reconstruction: evaluation of 456 cases from a prospective ACL database. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2005;15(1), 9-13..
63. Piasecki DP, Spindler KP, Warren TA, Andrish JT, Parker RD. Intraarticular injuries associated with anterior cruciate ligament tear: Findings at ligament reconstruction in high school and recreational athletes. An analysis of sex-based differences. *Am J Sports Med*. 2003;31(4):601–5.
64. Frankel, V. H., Burstein, A. H., Brooks, D. B. Biomechanics of internal derangement of the knee: pathomechanics as determined by analysis of the instant centers of motion. *JBJS*. 1971;53(5), 945-977.
65. Louboutin H., Debarge R., Richou J., Selmi TAS., Donell ST., Neyret P., Dubrana, F. Osteoarthritis in patients with anterior cruciate ligament rupture: a review of risk factors. *The Knee*. 2009;16(4), 239-244.
66. Arna Risberg M, Elin Oiestad B, Gunderson R, Kristian Aune A, Engebretsen L, Culvenor A, et al. Changes in Knee Osteoarthritis, Symptoms, and Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A 20-Year Prospective Follow-up Study. *journals.sagepub.com*. 2015;44(5):1215–24.
67. Simon, D., Mascarenhas, R., Saltzman, B. M., Rollins, M., Bach, B. R., & MacDonald, P. The relationship between anterior cruciate ligament injury and osteoarthritis of the knee. *Advances in orthopedics*. 2015.
68. Strehl, A., & Eggli, S. The value of conservative treatment in ruptures of the anterior cruciate ligament (ACL). *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 2007;62(5):1159-1162.
69. Kessler MA, Behrend H, Henz S, Stutz G, Rukavina A, Kuster MS. Function, osteoarthritis and activity after ACL-rupture: 11 Years follow-up results of conservative versus reconstructive treatment. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2008 May;16(5):442–8.
70. Duthon V, Messerli G, suisse JM-R medicale, 2008 undefined. Anterior cruciate ligament reconstruction: indications and techniques. *ncbi.nlm.nih.gov*
71. Daniel, D. M., & Fithian, D. C. Indications for ACL surgery. *Arthroscopy*, 1994;10(4), 434-441.
72. Asano, H., Muneta, T., & Shinomiya, K. Evaluation of clinical factors affecting knee pain after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Knee Surgery*, 2002;15(1), 23-28.

73. Né Dicte Quelard B, Sonnery-Cottet B, Zayni R, Ogassawara R, Prost T, Chambat P. Preoperative Factors Correlating With Prolonged Range of Motion Deficit After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Springer*. 2010;38(10):2034–9.
74. Koh HS, In Y, Kong CG, Won HY, Kim KH, Lee JH. Factors affecting patients' graft choice in anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Surg*. 2010;2(2):69–75.
75. Mars Group. Effect of graft choice on the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) Cohort. *The American journal of sports medicine*, 2014;42(10), 2301-2310..
76. Spindler KP, Md †, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Autograft Choice: Bone-Tendon-Bone Versus Hamstring Does It Really Matter? A Systematic Review Clinical Sports Medicine Update. *Am J Sports Med*. 2004;32(8):1986–95.
77. Rhatomy S, Asikin AIZ, Wardani AE, Rukmoyo T, Lumban-Gaol I, Budhiparama NC. Peroneus longus autograft can be recommended as a superior graft to hamstring tendon in single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2019 Nov 1;27(11):3552–9.
78. Offerhaus C, Albers M, Nagai K, Arner JW, Höher J, Musahl V, et al. Individualized Anterior Cruciate Ligament Graft Matching: In Vivo Comparison of Cross-sectional Areas of Hamstring, Patellar, and Quadriceps Tendon Grafts and ACL Insertion Area. *Am J Sports Med*. 2018 Sep 1;46(11):2646–52.
79. Kerimoğlu S., Aynaci O., Saraçoğlu M., Aydın H., Turhan AU. Anterior cruciate ligament reconstruction with the peroneus longus tendon. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. 2008;42(1), 38.
80. Rhatomy S, Wicaksono FH, Soekarno NR, Setyawan R, Primasara S, Budhiparama NC. Eversion and First Ray Plantarflexion Muscle Strength in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using a Peroneus Longus Tendon Graft. *Orthop J Sport Med*. 2019;7(9):232596711987246.
81. Jost PW, Dy CJ, Robertson CM, Kelly AM. *Allograft Use in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*. Springer
82. Ventura A., Terzaghi C., Legnani C., Borgo E. Albisetti, W. Synthetic grafts for anterior cruciate ligament rupture: 19-year outcome study. *The Knee*. 2010;17(2), 108-113.

83. Ranger P, Senay A, Gratton GR, Lacelle M, Delisle J. LARS synthetic ligaments for the acute management of 111 acute knee dislocations: effective surgical treatment for most ligaments. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2018;26(12):3673–81.
84. Kim YK, Yoo JD, Kim SW, Park SH, Cho JH, Lim HM. Intraoperative Graft Isometry in Anatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Knee Surg Relat Res.* 2018;30(2):115–20.
85. Lee DW, Kim JG. Anatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using the Modified Transtibial Technique. *Arthrosc Tech.* 2017 Feb 1;6(1):e227–32.
86. Svantesson E, Sundemo D, Hamrin Senorski E, Alentorn-Geli E, Musahl V, Fu FH, et al. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction is superior to single-bundle reconstruction in terms of revision frequency: a study of 22,460 patients from the Swedish National Knee Ligament Register. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2017;25(12):3884–91.
87. Mayr HO, Bruder S, Hube R, Bernstein A, Suedkamp NP, Stoeckl A. Single-Bundle Versus Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction—5-Year Results. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg.* 2018 Sep 1;34(9):2647–53.
88. Büchler L., Regli D., Evangelopoulos DS., Bieri K., Ahmad SS., Krismer, A., Kohl, S. Functional recovery following primary ACL repair with dynamic intraligamentary stabilization. *The knee*, 2016;23(3), 549-553.
89. Ishibashi Y, Toh S, Okamura Y, Sasaki T, Kusumi T. Graft incorporation within the tibial bone tunnel after anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone autograft. *Am J Sports Med.* 2001;29(4):473–9.
90. Kousa P, Järvinen TLN, Vihavainen M, Kannus P, Järvinen M. The fixation strength of six hamstring tendon graft fixation devices in anterior cruciate ligament reconstruction: Part I: Femoral site. In: *American Journal of Sports Medicine*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2003. p. 174–81.
91. Halewood C, Hirschmann MT, Newman S, Hleihil J, Chaimski G, Amis AA. The fixation strength of a novel ACL soft-tissue graft fixation device compared with conventional interference screws: a biomechanical study in vitro. *Springer*
92. Martin SD, Martin TL, Brown CH. Anterior cruciate ligament graft fixation. Vol. 33, *Orthopedic Clinics of North America*. Orthop Clin North Am; 2002
93. Cavanaugh JT, Powers M. ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now? Vol. 10, *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. Humana Press Inc.; 2017. p. 289–96.

94. Setuain, I., Izquierdo, M., Idoate, F., Bikandi, E., Gorostiaga, E. M., Aagaard, P., Alfaro-Adrián, J. Differential effects of 2 rehabilitation programs following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of sport rehabilitation*, 2017;26(6), 544-555.
95. Panariello, R. A., Stump, T. J., & Maddalone, D. Postoperative rehabilitation and return to play after anterior cruciate ligament reconstruction. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 2016;24(1), 35-44.
96. Biggs, A., Jenkins, W. L., Urch, S. E., & Shelbourne, K. D. Rehabilitation for patients following ACL reconstruction: a knee symmetry model. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 2009;4(1), 2.
97. Strum, G. M., Friedman, M. J., Fox, J. M., Ferkel, R. D., Dorey, F. H., Del, W. P., & Snyder, S. J. Acute anterior cruciate ligament reconstruction. Analysis of complications. *Clinical orthopaedics and related research*, 1990;253:184-189.
98. Spindler, K. P., Bergfeld, J. A., & Andrish, J. T. Intraoperative complications of ACL surgery: avoidance and management. *Orthopedics*, 1993;16(4), 425-430.
99. Eckenrode, B. J., Carey, J. L., Sennett, B. J., & Zgonis, M. H. Prevention and management of post-operative complications following ACL reconstruction. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 2017;10(3), 315-321.
100. Crawford, D. C., Hallvik, S. E., Petering, R. C., Quilici, S. M., Black, L. O., Lavigne, S. A., ... & Marshall, L. M. Post-operative complications following primary ACL reconstruction using allogenic and autogenic soft tissue grafts: increased relative morbidity risk is associated with increased graft diameter. *The Knee*, 2013;20(6), 520-525.
101. Eckenrode BJ, Carey JL, Sennett BJ, Zgonis MH. Prevention and Management of Post-operative Complications Following ACL Reconstruction. Vol. 10, *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. Humana Press Inc.; 2017. p. 315–21.
102. Crain EH, Fithian DC, Paxton EW, Luetzow WF. Variation in anterior cruciate ligament scar pattern: Does the scar pattern affect anterior laxity in anterior cruciate ligament-deficient knees? *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg*. 2005 Jan 1;21(1):19–24.
103. Hudek R, Schmutz S, Regenfelder F, Fuchs B, Koch PP. Novel measurement technique of the tibial slope on conventional MRI. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;67(8):2066–72.

104. Pfeiffer TR, Burnham JM, Hughes JD, Kanakamedala AC, Herbst E, Popchak A, et al. An Increased Lateral Femoral Condyle Ratio Is a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Bone Jt Surg.* 2018;100(10):857–64.
105. Ge Y, Li H, Tao H, Hua Y, Chen J, Chen S. Comparison of tendon–bone healing between autografts and allografts after anterior cruciate ligament reconstruction using magnetic resonance imaging. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2015;23(4):954–60.
106. Liu SH, Panossian V, Al-Shaikh R, Tomin E, Shepherd E, Finerman GA, et al. Morphology and matrix composition during early tendon to bone healing. *Clin Orthop Relat Res.* 1997;(339):253–60.
107. Kobayashi M, Watanabe N, Oshima Y, Kajikawa Y, Kawata M, Kubo T. The fate of host and graft cells in early healing of bone tunnel after tendon graft. *Am J Sports Med.* 2005;33(12):1892–7.
108. Kondo E, Yasuda K, Katsura T, Hayashi R, Kotani Y, Tohyama H. Biomechanical and histological evaluations of the doubled semitendinosus tendon autograft after anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Am J Sports Med.* 2012 Feb;40(2):315–24.
109. Kleiner JB, Amiel D, Harwood FL, Akeson WH. Early histologic, metabolic, and vascular assessment of anterior cruciate ligament autografts. *J Orthop Res.* 1989;7(2):235–42.
110. Higuchi H, Shirakura K, Kimura M, Terauchi M, Shinozaki T, Watanabe H, et al. Changes in biochemical parameters after anterior cruciate ligament injury. *Int Orthop.* 2006;30(1):43–7.
111. Weiler A, Peters G, Mäurer J, Unterhauser FN, Südkamp NP. Biomechanical properties and vascularity of an anterior cruciate ligament graft can be predicted by contrast-enhanced magnetic resonance imaging: A two-year study in sheep. In: *American Journal of Sports Medicine.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2001. p. 751–61.
112. Putnis S, Neri T, Grasso S, Linklater J, Fritsch B, Parker D. ACL hamstring grafts fixed using adjustable cortical suspension in both the femur and tibia demonstrate healing and integration on MRI at one year. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2020;28(3):906–14.
113. Chiba D, Yamamoto Y, Kimura Y, Sasaki S, Tsuda E, Ishibashi Y. Combination of anterior tibial and femoral tunnels makes the signal intensity of antero-medial graft higher in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2020;1–10.

114. Hofbauer M, Soldati F, Szomolanyi P, Trattnig S, Bartolucci F, Fu F, et al. Hamstring tendon autografts do not show complete graft maturity 6 months postoperatively after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2019 Jan 30;27(1):130–6.
115. Saito M, Nakajima A, Sonobe M, Takahashi H, Akatsu Y, Inaoka T, et al. Superior graft maturation after anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using the transtibial drilling technique compared to the transportal technique. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2019;27(8):2468–77.
116. Rose M, Crawford D. Allograft Maturation After Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament Is Dependent on Graft Parameters in the Sagittal Plane. *Orthop J Sport Med.* 2017;5(8):232596711771969.
117. Ma R, Schär M, Chen T, Sisto M, Nguyen J, Voigt C, et al. Effect of Dynamic Changes in Anterior Cruciate Ligament In Situ Graft Force on the Biological Healing Response of the Graft-Tunnel Interface. *Am J Sports Med* [Internet]. 2018;46(4):915–23.
118. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Vol. 44, *American Journal of Sports Medicine*. SAGE Publications Inc.; 2016. p. 1861–76.
119. Barrett AM, Craft JA, Replogle WH, Hydrick JM, Barrett GR. Anterior cruciate ligament graft failure: A comparison of graft type based on age and tegner activity level. *Am J Sports Med.* 2011;39(10):2194–8.
120. Shelbourne KD, Gray T, Haro M. Incidence of subsequent injury to either knee within 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Am J Sports Med.* 2009;37(2):246–51.
121. Van Eck CF, Schkrohowsky JG, Working ZM, Irrgang JJ, Fu FH. Prospective analysis of failure rate and predictors of failure after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with allograft. Vol. 40, *American Journal of Sports Medicine*. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA; 2012. p. 800–7.
122. Maletis GB, Chen J, Inacio MCS, Funahashi TT. Age-Related Risk Factors for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Cohort Study of 21,304 Patients from the Kaiser Permanente Anterior Cruciate Ligament Registry. *Am J Sports Med.* 2016;44(2):331–6.
123. Parkkari J, Pasanen K, Manila VM, Kannus P, Rimpelä A. The risk for a cruciate ligament injury of the knee in adolescents and young adults: A population-based cohort study of 46 500 people with a 9 year follow-up. *Br J Sports Med.* 2008 Jun 1;42(6):422–6.

124. Lefevre N, Bohu Y, Klouche S, Lecocq J, Herman S. Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013 Sep 1;99(5):571–5.
125. Hosseinzadeh S, Kiapour AM. Sex Differences in Anatomic Features Linked to Anterior Cruciate Ligament Injuries During Skeletal Growth and Maturation. *Am J Sports Med.* 2020;48(9):2205–12.
126. Kaeding CC, Aros B, Pedroza A, Pifel E, Amendola A, Andrish JT, et al. Allograft Versus Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Predictors of Failure From a MOON Prospective Longitudinal Cohort. *Sports Health.* 2011;3(1):73–81.
127. Kowalchuk DA, Harner CD, Fu FH, Irrgang JJ. Prediction of Patient-Reported Outcome After Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg.* 2009 May 1;25(5):457–63.
128. Griffith TB, Allen BJ, Levy BA, Stuart MJ, Dahm DL. Outcomes of repeat revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2013
129. Spindler KP, Huston LJ, Chagin KM, Kattan MW, Reinke EK, Amendola A, et al. Ten-Year Outcomes and Risk Factors After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A MOON Longitudinal Prospective Cohort Study. *Am J Sports Med* 2018
130. Maletis GB, Inacio MCS, Funahashi TT. Risk factors associated with revision and contralateral anterior cruciate ligament reconstructions in the Kaiser Permanente ACLR registry. *Am J Sports Med.* 2015
131. Fok AWM, Yau • W P. Delay in ACL reconstruction is associated with more severe and painful meniscal and chondral injuries. *Springer*
132. Wasilewski SA, Covall DJ, Cohen S. Effect of surgical timing on recovery and associated injuries after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1993
133. Lee YS, Lee OS, Lee SH, Hui TS. Effect of the Timing of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on Clinical and Stability Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg.* 2018
134. Haviv B, Kittani M, Yaari L, Rath E, Heller S, Shemesh S, et al. The detached stump of the torn anterior cruciate ligament adheres to the femoral notch wall and then to the posterior cruciate ligament within 6 months from injury. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2019
135. Novaretti JV, Astur DC, Casadio D, Nicolini AP, de Castro Pochini A, Andreoli CV, et al. Higher Gene Expression of Healing Factors in Anterior Cruciate Ligament Remnant in Acute Anterior Cruciate Ligament Tear. *Am J Sports Med* 2018

136. Kirizuki S, Matsumoto T, Ueha T, Uefuji A, Inokuchi T, Takayama K, et al. The Influence of Ruptured Scar Pattern on the Healing Potential of Anterior Cruciate Ligament Remnant Cells. *Am J Sports Med*. 2018
137. Salmon LJ, Heath E, Akrawi H, Roe JP, Linklater J, Pinczewski LA. 20-Year Outcomes of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Hamstring Tendon Autograft: The Catastrophic Effect of Age and Posterior Tibial Slope. *Am J Sports Med* 2018
138. Hashemi J, Chandrashekar N, Mansouri H, Gill B, Slauterbeck JR, Schutt RC, et al. Shallow medial tibial plateau and steep medial and lateral tibial slopes: New risk factors for anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 2010
139. Song GY, Zhang H, Zhang J, Liu X, Xue Z, Qian Y, et al. Greater Static Anterior Tibial Subluxation of the Lateral Compartment After an Acute Anterior Cruciate Ligament Injury Is Associated With an Increased Posterior Tibial Slope. *Am J Sports Med* 2018
140. Webb JM, Salmon LJ, Leclerc E, Pinczewski LA, Roe JP. Posterior tibial slope and further anterior cruciate ligament injuries in the anterior cruciate ligament-reconstructed patient. *Am J Sports Med* 2013
141. Christensen JJ, Krych AJ, Engasser WM, Vanhees MK, Collins MS, Dahm DL. Lateral Tibial Posterior Slope Is Increased in Patients with Early Graft Failure after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2015
142. Sonnery-Cottet B, Mogos S, Thaumat M, Archbold P, Fayard JM, Freychet B, et al. Proximal tibial anterior closing wedge osteotomy in repeat revision of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2014
143. Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SLY, Harner CD. Effects of Increasing Tibial Slope on the Biomechanics of the Knee. *Am J Sports Med* 2004
144. Bernhardson AS, Aman ZS, Dornan GJ, Kemler BR, Storaci HW, Brady AW, et al. Tibial Slope and Its Effect on Force in Anterior Cruciate Ligament Grafts: Anterior Cruciate Ligament Force Increases Linearly as Posterior Tibial Slope Increases. *Am J Sports Med* 2019
145. Grassi A, Macchiarola L, Urrizola Barrientos F, Zicaro JP, Costa Paz M, Adravanti P, et al. Steep Posterior Tibial Slope, Anterior Tibial Subluxation, Deep Posterior Lateral Femoral Condyle, and Meniscal Deficiency Are Common Findings in Multiple Anterior Cruciate Ligament Failures: An MRI Case-Control Study. *Am J Sports Med* 2019

146. Chung SC yat, Chan W lam, Wong S hung. Lower limb alignment in anterior cruciate ligament-deficient versus -intact knees. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2011
147. Elmansori A, Lording T, Dumas R, Elmajri K, Neyret P, Lustig S. Proximal tibial bony and meniscal slopes are higher in ACL injured subjects than controls: a comparative MRI study. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2017
148. Shybut TB, Vega CE, Haddad J, Alexander JW, Gold JE, Noble PC, et al. Effect of lateral meniscal root tear on the stability of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med* 2015
149. Samuelsen BT, Aman ZS, Kennedy MI, Dornan GJ, Storaci HW, Brady AW, et al. Posterior Medial Meniscus Root Tears Potentiate the Effect of Increased Tibial Slope on Anterior Cruciate Ligament Graft Forces. *Am J Sports Med* 2020
150. Rothrauff BB, Kondo E, Siebold R, Wang JH, Yoon KH, Fu FH. Anterior cruciate ligament reconstruction with remnant preservation: current concepts Current concepts. *J ISAKOS* 2020
151. Takahashi T, Kondo E, Yasuda K, Miyatake S, Kawaguchi Y, Onodera J, et al. Effects of Remnant Tissue Preservation on the Tendon Graft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2016
152. Masuda T, Kondo E, Onodera J, Kitamura N, Inoue M, Nakamura E, et al. Effects of Remnant Tissue Preservation on Tunnel Enlargement After Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using the Hamstring Tendon. *Orthop J Sport Med* 2018
153. Rationale for Strategic Graft Placement in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: I.D.E.A.L. Femoral Tunnel Position | MDedge Surgery
154. Tanabe Y, Yasuda K, Kondo E, Kawaguchi Y, Akita K, Yagi T. Comparison of Graft Length Changes During Knee Motion Among 5 Different Anatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Approaches: A Biomechanical Study. *Orthop J Sport Med* 2019
155. Spragg L, Chen J, Mirzayan R, Love R, Maletis G. The effect of autologous hamstring graft diameter on the likelihood for revision of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2016
156. Conte EJ, Hyatt AE, Gatt CJ, Dhawan A. Hamstring autograft size can be predicted and is a potential risk factor for anterior cruciate ligament reconstruction failure. Vol. 30, *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. W.B. Saunders; 2014.

157. Orsi AD, Canavan PK, Vaziri A, Goebel R, Kapasi OA, Nayeb-Hashemi H. The effects of graft size and insertion site location during anterior cruciate ligament reconstruction on intercondylar notch impingement. *Knee*. 2017
158. Oshima T, Putnis S, Grasso S, Klasan A, Parker DA. Graft Size and Orientation Within the Femoral Notch Affect Graft Healing at 1 Year After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2020
159. Iriuchishima T, Yorifuji H, Aizawa S, Tajika Y, Murakami T, Fu FH. Evaluation of ACL mid-substance cross-sectional area for reconstructed autograft selection. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* . 2014
160. Oshima T, Putnis S, Grasso S, Parker DA. The space available for the anterior cruciate ligament in the intercondylar notch is less in patients with ACL injury. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2020
161. Howell SM, Berns GS, Farley TE. Unimpinged and impinged anterior cruciate ligament grafts: MR signal intensity measurements. *Radiology* 1991
162. Tashiro Y, Gale T, Sundaram V, Nagai K, Irrgang JJ, Anderst W, et al. The graft bending angle can affect early graft healing after anterior cruciate ligament reconstruction: In vivo analysis with 2 years' follow-up. *Am J Sports Med* 2017
163. Sim JA, Kim JM, Lee S, Bae JY, Seon JK. Comparison of tunnel variability between trans-portal and outside-in techniques in ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2017
164. Chen L, Wu Y, Lin G, Wei P, Ye Z, Wang Y, et al. Graft bending angle affects allograft tendon maturity early after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 2018
165. Li H, Chen S, Tao H, Li H, Chen S. Correlation Analysis of Potential Factors Influencing Graft Maturity After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sport Med* 2014
166. Spindler KP, Huston LJ, Wright RW, Kaeding CC, Marx RG, Amendola A, et al. The prognosis and predictors of sports function and activity at minimum 6 years after anterior cruciate ligament reconstruction: A population cohort study. *Am J Sports Med*. 2011
167. Nwachukwu BU, Voleti PB, Chang B, Berkanish P, Mahony GT, Williams RJ, et al. Comparative Influence of Sport Type on Outcome After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction at Minimum 2-Year Follow-up. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg*. 2017
168. Li Q, Zhang Y, Zhan L, Han Q, Wu M, Zhang N. Correlation Analysis of Magnetic Resonance Imaging-Based Graft Maturity and Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using International Knee Documentation Committee Score. *Am J Phys Med Rehabil*

169. Li H, Chen J, Li H, Wu Z, Chen S. MRI-based ACL graft maturity does not predict clinical and functional outcomes during the first year after ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*

