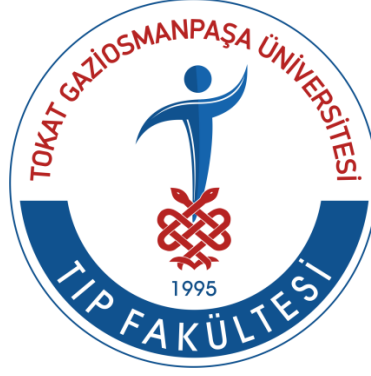




T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

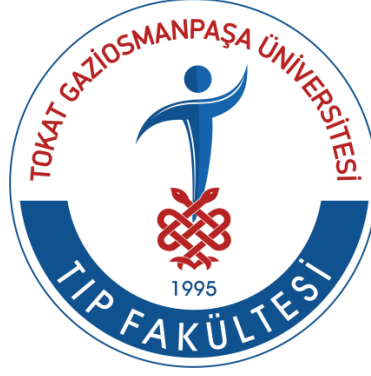
**HAMSTRİNG OTOGREFTİ KULLANILARAK YAPILAN TEK
DEMET ANATOMİK ÖN ÇAPRAZ BAĞ
REKONSTRÜKSİYONU SONRASI FEMORAL VE/VEYA
TİBİAL TÜNEL GENİŞLEMESİNİ ÖNGÖREN RİSK
FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ VE TÜNEL
GENİŞLEMESİNİN KLİNİK SONUÇLARA ETKİSİ**

Dr. Utkan SOBAY

UZMANLIK TEZİ

TOKAT

2022



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

**HAMSTRİNG OTOGREFTİ KULLANILARAK YAPILAN TEK
DEMET ANATOMİK ÖN ÇAPRAZ BAĞ
REKONSTRÜKSİYONU SONRASI FEMORAL VE/VEYA
TİBİAL TÜNEL GENİŞLEMESİNİ ÖNGÖREN RİSK
FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ VE TÜNEL
GENİŞLEMESİNİN KLİNİK SONUÇLARA ETKİSİ**

Dr. Utkan SOBAY

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Orhan BALTA

TOKAT

2022

TEŞEKKÜR

Hayat yolunda yaklaşık on senedir beraber yürüdüğüm, bana sevgi veren ve sevgi katan, ayrı kaldığımız son bir senede özlem duygusunu derinlemesine hissettiren biricik eşim Dr. Nurten Selin SOBAY'a

Yaptıkları fedakarlıkları düşündükçe, karşılığını vermemin zor olduğunu bilsem de onlara layık bir evlat olabilmeye çabaladığım ve çabalayacağım, huzur kaynaklarım sevgili ebeveynlerim Nezahat ve Bülent SOBAY'a

Hayata farklı bakış açısıyla ufkumu genişleten, dert ve derman ortağım, hem en zor hem de en güzel zamanlarımda manevi desteğini hep hissettiğim saygıdeğer ağabeyim Utku SOBAY'a

Hastalara ve hayata karşı sorumluluk duygusunu aşılayan, asistanlık sürecimin tümünde manevi desteğini esirgemeyen saygıdeğer tez hocam Dr. Öğr. Üyesi Orhan BALTA'ya

Kısa vakitte tecrübelerinden yararlanabilme fırsatı bulabildiğim, çalışma arkadaşlarına karşı davranışlarını örnek olarak benimseyeceğim anabilim dalı başkanımız saygıdeğer hocam Doç. Dr. Eyüp Çağatay ZENGİN'e

Saygı kelimesinin karşılığını kendisinden gözlemleme fırsatı bulabildiğim ağabeyim kadar sevip saygı duyduğum hocam Doç. Dr. Mehmet Burtaç EREN'e

Gerek hastane içi gerek hastane dışı her zaman yanımda olduğunu hissettiren, cerrahi nosyon olarak farklı tecrübelerini gözlemleyebildiğim saygıdeğer ağabeyim ve hocam Dr. Öğr. Üyesi Tahir ÖZTÜRK'e

Disiplin ve özveri kavramlarını bana yeniden öğreten saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Erkal BİLGİÇ'e

Asistanlığımın ilk iki senesinde hastalar ile iletişimine hayran kaldığım, cerrahi bilgi ve tecrübelerinden kısa süre de olsa istifade edebildiğim saygıdeğer hocam Doç. Dr. Murat AŞÇI'ya

Kliniğimizde geçirdiği bir senede omurga cerrahisi alanında bilgi ve tecrübelerinden yararlanabildiğim saygıdeğer ağabeyim ve hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer BOZDUMAN'a

Kıymetli ağabeylerim Dr. Sezer ASTAN'a ve Dr. Harun ALTINAYAK'a

Hastane içinde ve dışında beraber keyifli vakit geçirdiğim, gülmeyi ve sohbet etmeyi unuttuğum asistanlığımın ilk yıllarında her nöbetine kalıp keyifli sohbetler yapıp beraber kahkaha atabildiğim ve kendisine her zaman saygı duyacağım sevgili ağabeyim Dr. Mete GEDİKBAŞ'a

Zorlu koşullarda desteklerini ve dostluklarını hissettiren sevgili çalışma arkadaşlarım Dr. Ömer Cahit ÇITIR'a, Dr. Kübra ŞAHİN'e, Dr. Hasan Basri POLAT'a, Dr. Mehmet Akif YILMAZ'a ve Dr. Burak KÜRKOĞLU'na

Teşekkürler...

ÖZET

Çalışmamızda hamstring otogrefti kullanılarak yapılan tek demet anatomik ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası femoral ve/veya tibial tünel genişlemesini öngören risk faktörlerini belirleyip, tünel genişlemesinin klinik sonuçlara etkisini araştırmayı amaçladık.

Kasım 2011-Haziran 2020 tarihleri arasında hamstring otogrefti kullanılarak tek demet ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu yapılan ve çalışmaya dahil edilme kriterlerini taşıyan 42 hasta retrospektif olarak incelendi. Tünel genişleme miktarı cerrahiden bir yıl sonra çekilen bilgisayarlı tomografide oblik-koronal ve oblik-sagittal rekonstrüksiyon kesitleri incelenip yapılan ölçümlerden ameliyatta kullanılan matkap ucu çapı arasındaki fark bulunarak elde edildi. Tünel genişlemesi olanlar (>0.5 mm) ve tünel genişlemesi olmayanlar (≤ 0.5 mm) olarak hastalar iki gruba ayrıldı. Tünel genişlemesine sebep olabilecek faktörler ayrı ayrı değerlendirildi. Klinik değerlendirme IKDC öznel diz formu, Lysholm ve Tegner aktivite skoru, KT2000™ rolimetre ölçümü kullanılarak yapıldı.

Yapılan çok değişkenli regresyon analizine göre lateral posterior tibial eğim femoral ve tibial tünel genişlemesinin iyi bir öngörücüsü olduğu görüldü. ROC analizinde lateral posterior tibial eğimin özellikle 6° üzerinde olması ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası hem femoral hem de tibial tünel genişlemesini anlamlı derecede etkilemekteydi. Femoral ve tibial tünel genişlemesi olmayan hastalar ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası IKDC değerleri ile travma öncesi, travma sonrası ve ameliyat sonrası Tegner aktivite skorlaması ile ayrı ayrı karşılaştırılmış olup ameliyat sonrası klinik durumlarında anlamlı düzeyde ($p<0.001$) iyileşme bulundu. Benzer klinik karşılaştırma femoral ve tibial tünel genişlemesi olan hastalarda yapıldı ve ameliyat sonrası klinik durumlarında yine anlamlı düzeyde ($p<0.001$) iyileşme bulundu.

Sonuç olarak bu çalışma, artan lateral posterior tibial eğimin hamstring otogrefti kullanılarak yapılan tek demet anatomik ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu takiben tibial ve femoral tünel genişlemesini öngören bağımsız bir faktör olduğunu ancak bu tünel genişlemelerinin klinik sonuçlar üzerine anlamlı etkisi olmadığını gösterdi.

Anahtar kelimeler: tünel genişlemesi, lateral posterior tibial eğim, ön çapraz bağ

ABSTRACT

In our study, we aimed to determine the risk factors predicting femoral and/or tibial tunnel widening after single-bundle anatomical anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft and to investigate the effect of tunnel widening on clinical outcomes.

Forty-two patients who underwent single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft between the dates of November 2011 and June 2020 and met the inclusion criteria of the study were retrospectively reviewed. The amount of tunnel widening was obtained by finding the difference between the measurements made by examining the oblique-coronal and oblique-sagittal reconstruction sections in the computed tomography taken one year after the surgery and the diameter of the drill bit used in the surgery. The patients were divided into two groups as those with tunnel widening (>0.5 mm) and those without tunnel widening (≤ 0.5 mm). The factors that may cause tunnel widening were evaluated separately. IKDC subjective knee form, Lysholm and Tegner activity scores and KT2000™ rolimeter measurements were used in the clinical evaluation.

According to the multivariate regression analysis performed, lateral posterior tibial slope was seen to be a good predictor of femoral and tibial tunnel widening. In the ROC analysis, it was determined that the lateral posterior tibial slope, especially above 6° , significantly affected both femoral and tibial tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction. In the patients without femoral and tibial tunnel widening, preoperative and postoperative IKDC values as well as Tegner activity scores before and after trauma and postoperatively were separately compared, and a significant improvement was found in their postoperative clinical status ($p < 0.001$). A similar clinical comparison was made in the patients with femoral and tibial tunnel widening and it was determined that their postoperative clinical status also significantly improved ($p < 0.001$).

The present study showed that increased lateral posterior tibial slope was an independent factor predicting tibial and femoral tunnel widening following single-bundle anatomical anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft, but these tunnel widenings had no significant effect on clinical outcomes.

Keywords: tunnel widening, lateral posterior tibial slope, anterior cruciate ligament

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
İNGİLİZCE ÖZET	v
KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLOLAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Tarihçe	2
2.2. Embriyoloji	6
2.3. Histoloji	6
2.4. Anatomi	7
2.4.1. Nörovasküler Anatomi	8
2.5. Diz ve Ön Çapraz Bağın Biyomekanik Özellikleri	9
2.6. Ön Çapraz Bağ Yaralanmasının Mekanizması ve Önlenmesi	12
2.7. Öykü ve Fizik Muayene	13
2.7.1. Anamnez	13
2.7.2. Fizik Muayene	14
2.7.3. İnstabilite Testleri	14
2.7.4. Artrometre ile Laksite Ölçümü (KT2000™, Rolimetre)	17
2.8. Görüntüleme	17
2.8.1. Direkt Grafi	17
2.8.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme	18
2.9. Tedavi	19
2.9.1. Greft Biyomekaniği	19
2.9.2. Femoral ve Tibial Tünel Tespit Farklılıkları	20
2.9.3. Tespit Materyalleri	20
2.9.4. Uzak Anteromedial Portal	25
2.9.5. Femoral Tünel için Anatomik Oluşumlar	26
2.9.6. Tibial Tünel için Anatomik Oluşumlar	28
2.10. Ön Çapraz Bağ Yırtığı Cerrahi Tedavisinde Greft Seçenekleri	28

2.10.1. Hamstring Tendon Grefti	29
2.10.2. Kemik-Patellar Tendon-Kemik otogrefti	30
2.11. Ön Çapraz Bağ Yaralanması Tedavisinin Komplikasyonları	31
2.11.1. Yaralanmanın Boyutu	31
2.11.2. Ameliyat Öncesi Faktörler	31
2.11.3. Artrofibrozis	32
2.11.4. Teknik Faktörler	34
2.11.5. Ameliyat Sonrası Dönem ve Rehabilitasyon	35
2.11.6. Enfeksiyon	36
2.12. Tünel Genişlemesi Etyolojisi	37
2.12.1. Mekanik Faktörler	37
2.12.2. Biyolojik Faktörler	38
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	40
3.1. Klinik Değerlendirme	40
3.2. Radyolojik Değerlendirme	42
3.3. Cerrahi Teknik	46
3.4. İstatiksel Analiz	47
4. BULGULAR	48
5. TARTIŞMA	65
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	82
7. KAYNAKLAR	83

KISALTMALAR

AIKB: Ayarlanabilir ilmekli kortikal buton
AMD: Anteromedial demet
BT: Bilgisayarlı tomografi
EHA: Eklem hareket açıklığı
FT: Femoral tünel
FTG: Femoral tünel genişlemesi
FTU: Femoral tünel uzunluğu
GYTU: Greftin yerleşeceği tünelin uzunluğu
HT: Hamstring tendon
IKDC: Uluslararası diz dökümantasyon komitesi
KKZ: Kapalı kinetik zincir
KPTK: Kemik-patellar tendon-kemik
KTK: Kemik-tendon-kemik
LPTS: Lateral posterior tibial eğim (slope)
MRG: Manyetik rezonans görüntüleme
ÖÇB: Ön çapraz bağ
ÖÇBR: Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu
PLD: Posterolateral demet
PT: Patellar tendon
SIKB: Sabit ilmekli kortikal buton
TG: Tünel genişlemesi
TT: Tibial tünel
TTG: Tibial tünel genişlemesi
UAMP: Uzak anteromedial portal
VKİ: Vücut kitle indeksi

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
1. 1917'deki ilk intraartiküler ÖÇBR modeli –Ernest W.Hey Groves (1)'dan-	3
2. 1939'da tarif edilen ÖÇBR modeli -W.C. Campbell (2)'dan-	3
3. 1963'te tarif edilen ÖÇBR modeli -K.G. Jones (3)'dan-	4
4. 1966'da tarif edilen ÖÇBR modeli -H. Brückner (4)'den-	4
5. 1987'de tarif edilen kansellöz vida ile fiksasyon -M. Kurosaka (5)'dan-	5
6. ÖÇB'nin femurdaki yapışma alanı: a) -Girgis ve ark. (6)'ndan- b) -Odensten ve Gillquist (7)'den-	8
7. ÖÇB'nin tibiadaki yapışma alanı: a) -Girgis ve ark. (6)'ndan- b) -Odensten ve Gillquist (7)'den-	8
8. Segond kırığı (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)	17
9. ÖÇB rüptür MRG ile değerlendirilmesi (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)	18
10. İnterferans vidası (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)	21
11. Cross-pin sistemi (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)	22
12. Transfemoral askı sistemi (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)	22
13. Kortikal buton ve U çivisi (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)	23
14. Sol dizin anteromedialden görüntülenmesi -Akmeşe ve ark. (8)'ndan-	27
15. İdeal tibial tünel yerleşimi	28
16. Dört demet şeklinde hazırlanmış semitendinozus ve grasilis otogreftleri	30
17. KT2000™ artrometresiyle laksite ölçümü	41
18. FT çapının BT görüntülemesinde ölçümü	43
19. TT çapının BT görüntülemesinde ölçümü	43
20. LPTS'nin MRG'de ölçümü	44
21. İdeal FT lokalizasyonu	45
22. İdeal TT lokalizasyonu	45
23. TT'nin anatomik açılmış olduğunu gösteren 3 boyutlu BT kesiti	55
24. FT'nin anatomik açılmış olduğunu gösteren 3 boyutlu BT kesiti	55

25. Yapılan ROC analizinde $6^\circ \leq \text{LPTS}$ olması %84 sensitivite %50 spesifiteyle FTG'yi tahmin edebiliyor idi ($p=0.049$).	57
26. İki değişkene ilişkin saçılım grafiği (LPTS ile FTG pozitif korelasyon göstermekte, $r=0,275$)	58
27. Yapılan ROC analizinde $6^\circ \leq \text{LPTS}$ olması %82 sensitivite %85 spesifiteyle ve yüksek bir eğri altında kalan alan ile (AUC 0.8449) TTG'yi tahmin edebiliyor idi ($p<0.001$).	60
28. İki değişkene ilişkin saçılım grafiği (LPTS ile TTG pozitif korelasyon göstermekte, $r=0,212$)	61



TABLÖLAR

Tablo	Sayfa
1. ÖÇBR’de kullanılabilecek greft tespit materyali çeşitleri	20
2. ÖÇBR’de kullanılan çeşitli tespit materyallerinin avantaj ve dezavantajları	24
3. Artrofibrozisin klinik sınıflaması	33
4. Tünel genişlemesiyle ilişkili kategorik değişkenler	49
5. Tünel genişlemesiyle ilişkili sayısal değişkenler	50
6. Ölçüm güvenilirliği	50
7. FT ve TT çap için kullanılan ölçüm noktaları arasındaki sonuç ilişkisi	50
8. TG’yi değerlendirmek için kullanılan sayısal değişkenler	51
9. FTG miktarı (altı farklı referans kullanılarak, sayısal veri)	52
10. TTG miktarı (altı farklı referans kullanılarak, sayısal veri)	52
11. FTG’nin kategorik olarak değerlendirilmesi	53
12. TTG’nin kategorik olarak değerlendirilmesi	54
13. TG ile ilgili sayısal ve kategorik verilerin analizi	55
14. FS3 kullanılarak FTG değişkeninin nitel değişkenlere göre dağılımı	56
15. FS3 kullanılarak FTG değişkeninin nicel değişkenlere göre dağılımı	57
16. FS3 kullanılarak FTG’nin çoklu lojistik regresyon sonuçları	58
17. TC1 kullanılarak TTG değişkeninin nitel değişkenlere göre dağılımı	59
18. TC1 kullanılarak TTG değişkeninin nicel değişkenlere göre dağılımı	60
19. TC1 kullanılarak TTG’nin çoklu lojistik regresyon sonuçları	61
20. FS3 kullanılarak FTG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası IKDC’nin karşılaştırması	62
21. TC1 kullanılarak TTG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası IKDC’nin karşılaştırması	63
22. FS3 ve TC1 kullanılarak TG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası Tegner skorlamasının karşılaştırması	64
23. LPTS değişkeninin cinsiyete göre dağılımı	64

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (ÖÇBR) yapılırken allogreftler veya otogreftler kullanılabilir. Günümüzde hamstring otogrefti ile rekonstrüksiyon en çok kullanılan metod haline gelmiştir (9). ÖÇBR sonrasında tünel genişlemesi (TG) çokça karşılaşılan bir haldir ve bu sebeple 1990'ların ortasından itibaren literatürde önemli bir yer tutmuştur (10). Ancak mekanizma halen tam olarak anlaşılamamıştır. TG'nin tünel içerisinde greftin mikro hareketi ve buna bağlı oluşan inflamatuvar yanıtı sekonder olarak oluştuğu düşünülmektedir (11,12).

TG'nin klinik sonuçları üzerine etkisi kesin olarak gösterilmemesine karşın oluşabilecek laksiteye bağlı olarak klinik sonuçları olumsuz etkilediği düşünülmektedir (13). Çalışmamızda hamstring tendon (HT) otogrefti kullanılarak tek demet anatomik ÖÇBR yaptığımız hastaların en az 1 senelik takip sonrasındaki dönemde femoral tünel genişlemesi (FTG) ve/veya tibial tünel genişlemesine (TTG)'ye sebep olabilecek değişkenleri belirlemeyi ve TG'nin klinik sonuçlar üzerine etkisini incelemeyi amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

Tarihte çapraz bağlarla ilişkili ilk tanım Hipokrat tarafından diz instabilitesinin iç ligamanlarla ilişkili olabileceği yönünde yapılmıştır. Çapraz bağ isimlendirilmesi ise ilk olarak görünümüne göre Bergama-Roma krallığından Claidius Galen tarafından yapılmıştır (14).

1836 senesinde Weber kardeşler tarafından ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanması sonrasında ilk defa ön–arka translyasyon tanımlanmıştır (14).

1845 senesinde Amedeé Bonnet, dizden menteşeli yürüme ortezi ile erken hareket verilen konservatif tedavi seçeneğini yayınlamıştır (14).

1875 senesinde George C. Noulis tarafından Lachman testi tarif edilmiş (14).

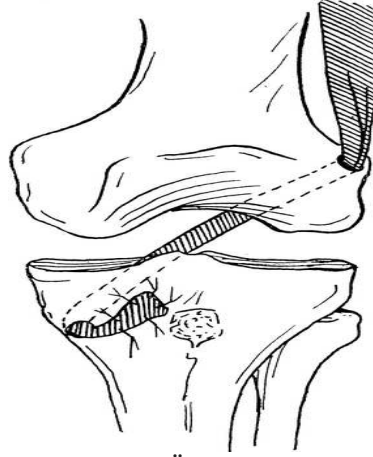
1879 senesinde Paul Segond, kadavra üzerinde dizin iç rotasyon ve fleksiyondayken dönmesi sonucunda meydana gelen ÖÇB yırtığının patognomik işareti olan avülsiyon kırığını tanımlamıştır (14).

1903 senesinde Mayo-Robson, bir maden işçisinin cerrahi sonrası 8 senelik takibinde işine sorunsuz olarak döndüğünü belirtmiştir (14).

1900 senesinde W. H. Battle, literatürdeki ilk dikiş ile tamiri yapmıştır (14).

1913 senesinde Goetjes, 30 olguda ÖÇB rüptürü oluş mekanizmasını araştırmış, şüphe varsa anestezi altında muayene ve akut vakalarda akut tamiri önermiş. Kronik hastalarda ise konservatif tedaviyi önermiştir (14).

1917 senesinde Hey Groves, ilk intraartiküler ÖÇBR’yi distal saplı olacak şekilde tibial tünelden (TT)’den iliotibial bandı geçirerek uygulamıştır. Diz önünde at nalı görünümünde insizyonla girip tuberositas tibiaya osteotomi uygulayarak cerrahi sahayı geniş olarak görmüştür. İliotibial bant eksplore edilmiş, femurdan ve tibiadan açılan tünellerden geçirilerek periost ve fasyaya suture edilmiştir. 1919 senesinde yine iliotibial bandı kullanarak fakat proksimal saplı olacak şekilde 14 hastayı rekonstrükte etmiştir (Şekil 1). Bu teknik şimdiki intraartiküler rekonstrüksiyon yöntemlerin esası olarak kabul edilmiştir (15).

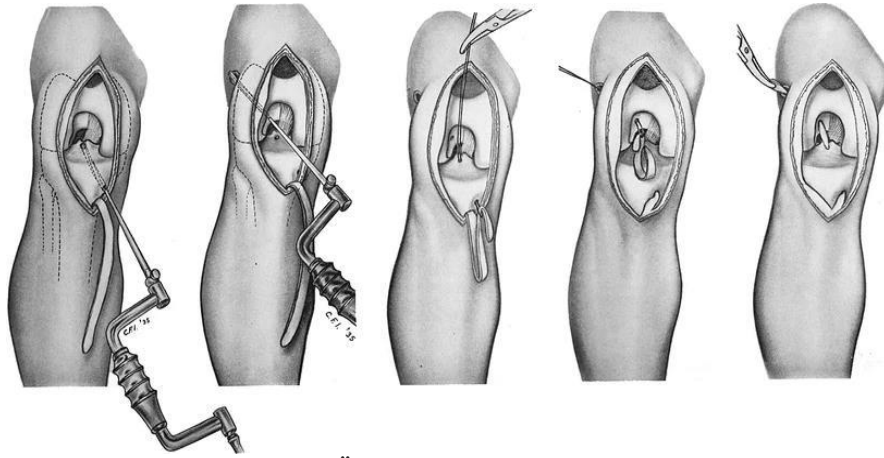


Şekil 1: 1917'deki ilk intraartiküler ÖÇBR modeli –Ernest W.Hey Groves (1)'dan- 1918 senesinde A. Smith, iç yan bağı güçlendirip sartorius adelesinin yapışma yerini anteriora alarak ekstraartiküler destek sağlayıp Hey Groves'un cerrahi tekniğini modifiye etmiştir (14).

1919 senesinde Hey Groves, semptomatik ÖÇB rüptürü olan hastalarda hafif fleksiyonda ön-arka instabiliteyi gözlemlediği test ile “boşalma” fenomenini tanımlamıştır (16).

1918 senesinde K. Takagi, diz eklemi ilk kez sistoskopi ile görüntülemiştir (17). 1931 senesinde şimdiki anlamda artroskopi ilk defa Takeda ve Ikeuchi tarafından yapılmıştır (18).

1939 senesinde W.C. Campbell, tibiadan ve femurdan açtığı tünellerden patellar tendonun (PT)'nin iç kısmını geçirdiği ve femur periostuna diktği teknik ile ÖÇBR'yi yapmıştır (Şekil 2). W.C. Campbell aynı zamanda ÖÇB, iç kollateral bağ ve iç menisküs yaralanmalarının birlikteliğine ilk defa dikkat çekmiştir (14).

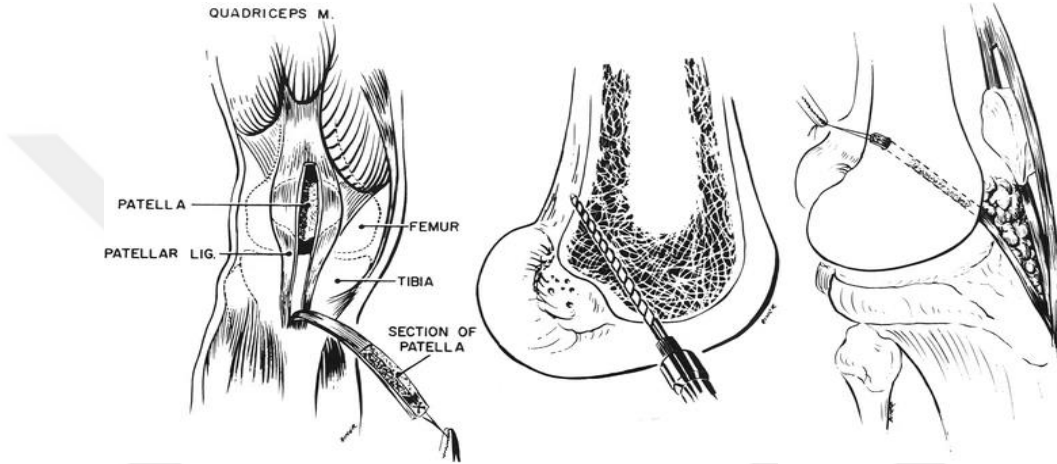


Şekil 2: 1939'da tarif edilen ÖÇBR modeli -W.C. Campbell (2)'dan- 1939 senesinde H.B. Macey semitendinosus tendonunu ilk defa kullanarak ÖÇBR uygulamıştır. 4.7 mm genişliğinde tüneller oluşturup, tendonu tüneller

içinden geçirip diz ekstansiyonda iken periosta suture etmiştir. Eklemi 4 hafta hareketsiz bırakmış, 8. haftada tüm aktivite kısıtlamasını kaldırmıştır (14).

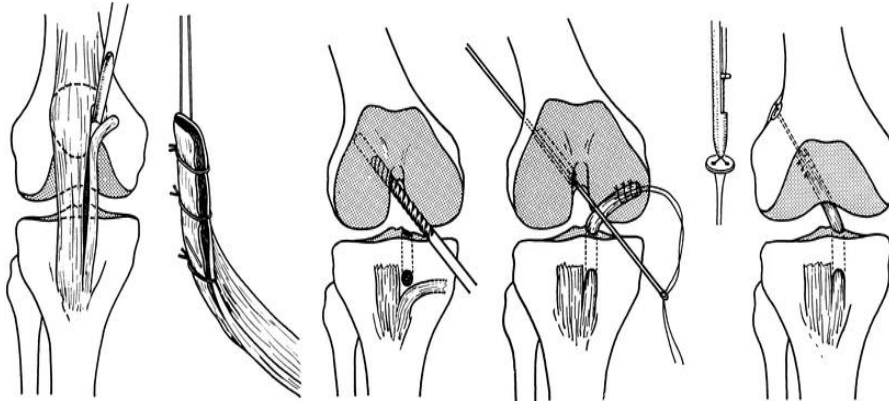
1950 senesinde Lindemann tarafından HT'yi kullanılarak ilk kez intraartiküler rekonstrüksiyon uygulanmış (19), aynı senede O. Donoghue, primer suture ile onardığı 22 adet sporcu diz yaralanması sonuçlarını belirtirken erken tanıya ve tedaviye dikkat çekmiştir (14).

1963 senesinde K.G. Jones, kemik blokla beraber orta 1/3 PT grefti kullanarak ÖÇBR uygulamıştır (14) (Şekil 3).



Şekil 3: 1963'te tarif edilen ÖÇBR modeli -K.G. Jones (3)'dan-

1966 senesinde H. Brückner, iç 1/3'lük PT'yi proximalden kemik blok ile birlikte ayırıp, tendon distal ucunu yapışma bölgesinden kaldırmadan yeterli uzunluğu sağlayabilmek adına tibiadan tünel açıp içinden geçirdiği metodu tanımlamıştır (14) (Şekil 4).



Şekil 4: 1966'da tarif edilen ÖÇBR modeli -H. Brückner (4)'den-

1969 senesinde K. Franke, ilk defa serbest kemik-tendon-kemik (KTK) grefti kullanımını tariflemiştir. 1976 senesinde bu metodla opere ettiği 100 hastayı sunmuş ve bu hastalardan biri cerrahiden 6 ay sonra güreşçi olarak olimpiyatlarda yerini almıştır (14).

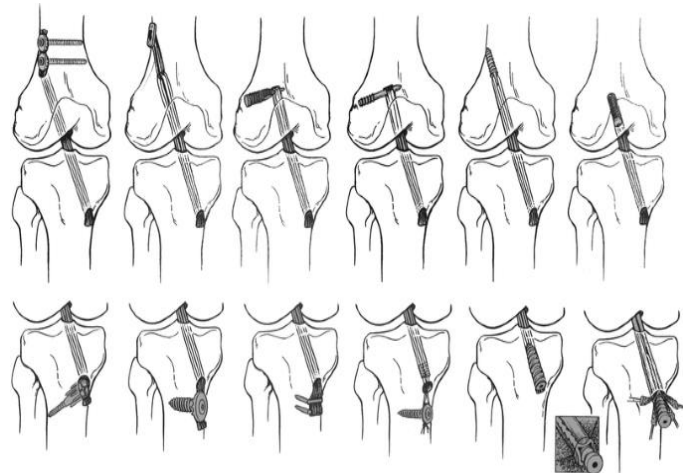
1976 senesinde J.S. Torg, ÖÇB rüptüründe tanıya yardımcı olacak bir test yayınlamış. Testin ismini hocası olan John Lachman onuruna Lachman olarak tanımlamıştır (14).

1981 senesinde D.J. Dandy, karbon fiber yardımıyla ilk defa artroskopik rekonstrüksiyonu tanımlamıştır. Karbonun sinovyal doku ve karaciğer dokusunda bulunması sonucunda bu teknikten vazgeçilmiştir. 1982 senesinde Clancy, PT yardımıyla yaptığı rekonstrüktif cerrahilerde Kenneth Jones'un tersine başarılı sonuçlar almıştır (17).

1989 senesinde T. Rosenberg, ilk defa artroskopi yardımlı ÖÇB tamirinde tek insizyon yöntemini tatbik etmiş ve başarıyla sonuçlandırmıştır. Artroskopik yöntemlerin artması 90'lı senelerde cerrahları genel olarak intraartiküler yöntemleri kullanmaya teşvik etti ve modern ÖÇB cerrahisinin esasları oluşturulmuş oldu (20).

Kemik-patellar tendon-kemik (KPTK) prosedürü (Jones tekniği) diz ekleminde sertliğe neden olduğu ve kimi vakalarda ekstensör mekanizmada (patella ve PT'de) problemlere sebep olduğu gösterilmiştir. Bu sebeple 1982 senesinde A.B. Lipscomb, semitendinosus ve grasilis tendonları yardımıyla ÖÇBR yapmıştır. 1975 senesinde K.O. Cho yalnızca semitendinosus tendonu yardımıyla benzer bir yöntem geliştirmişti (14).

1987 senesinde M. Kurosaka, rekonstrüksiyonda kullanılan greftin en dayanıksız yerinin fiksasyon bölgesi olduğunu belirten çalışmalar yaptı. Genç insan kadavralarıyla yapılan çalışmada 9 mm çapında kansellöz vidaların en dayanıklı fiksasyon tekniği olduğunu gösterdi. Birkaç sene içinde bu vidalar emilebilen PLA (polylactic acid -Fransa 1992-) veya PGA (polyglycolic acid -ABD 1990-) gibi materyallerden yapılmaya başlandı (14) (Şekil 5).



Şekil 5: 1987'de tarif edilen kansellöz vida ile fiksasyon -M. Kurosaka (5)'dan-

İlk çift demet rekonstrüksiyon 1983 senesinde yapılmıştır (21). Marcacci, artroskopik çift demet ÖÇBR'yi tanımlamıştır (22). Yasuda, 2004 senesinde anatomik yerleşim için anatomik bölge tanımını gerçekleştirmiştir (23). Çift demet rekonstrüksiyonların tek demet rekonstrüksiyonlara göre daha iyi stabilite ve kinematik sağladığını gösteren çalışmalar mevcuttur (24).

2.2. Embriyoloji

Diz eklemi gebeliğin 4. haftasında “prekartilaj durum” olarak bilinen mezankimal yoğunlaşma ile başlar. 44. gün civarında femur ve tibia cismi kıkırdak yapıda oluşur ve femur distaliyle tibia proksimali arasında homojenik bir gap saptanır (25). Homojen gap farklılaşarak periferde menisküsler, ortada ise ön ve arka çapraz bağların primordial yapıları görülür (25).

56. günde femur ve tibia shaftı ossifiye olur. Eklem aralığı, menisküsler ve çapraz bağlar meydana gelir. 10. hafta itibari ile çapraz bağlar longitudinal uzanan kalın bantlar halinde birbirinden ayrılır (25).

2.3. Histoloji

Diğer tüm bağlarda olduğu gibi, en dışta epiligaman, en içeride endoligaman ve bu ikisinin arasında katmanlar halinde kollejen lifler yer almaktadır. Çapraz bağların kuru ağırlığının 3/4'ü organize olmuş kollejen matriksten oluşmaktadır. Kollejenin %90'ı tip 1, %10'u tip 3'tür. ÖÇB'nin hücreleri; kollejen lifleri arasında kalmış, kolonlar halinde, ovoid ve füziform benzeri şekillerde olan uzayan fibroblastlardır (26).

Histolojik yapı homojen değildir, fibrokartilaj özellikte olan bir bölüm vardır. ÖÇB'deki fibrokartilaj bölge tibiaya yapıştığı yerin 5-10 mm proksimalindedir. Bu kısmın vasküleritesi azdır ve diz ekstansiyondayken interkondiler çentiğe sıkışan bölgeye uymaktadır (27).

ÖÇB'nin kemiğe yapışması diğer bağlar gibidir. Esnek bağdan mineralize kemiğe yapışırken transizyonel fibrokartilaj ile yapışma bölgesinde stres konsantrasyonları önlenir. Tibiaya yapışma bölgesi femoral yapışma bölgesine göre daha güçlüdür. Bu geçişler dört zondan meydana gelir (6). Birinci zon tip 1 kollejen ve ekstrasellüler matriks içerir. İkinci zon fibrokartilajdır. Bu zonda kollejen lifleri

fibrokartilaj bölgesini geçerken mineralize olmuş doku içinde dönerek dik açığa yakın konuma gelirler, bu da mekanik stresleri azaltır. Üçüncü zon “tidemark” diye bilinen bazofilik boya tutan mineralize fibrokartilajdır. Dördüncü zon kemik doku oluşturur.

2.4. Anatomi

ÖÇB; intraartiküler, ekstra sinovyal, 32-40 mm uzunluğunda ve 9-11 mm genişliğinde kollajen bir bağdır (28).

ÖÇB, lateral femoral kondil medialinin posteriorundaki fossaya daire segmenti biçiminde yapışır. ÖÇB tibiada ise anterior eminensiyanın anterolateralindeki fossaya yapışır. Femoral yapışma yüzeyi yaklaşık 2-2.5 cm², tibia yapışma yüzeyi yaklaşık 3 cm²'dir (29) .

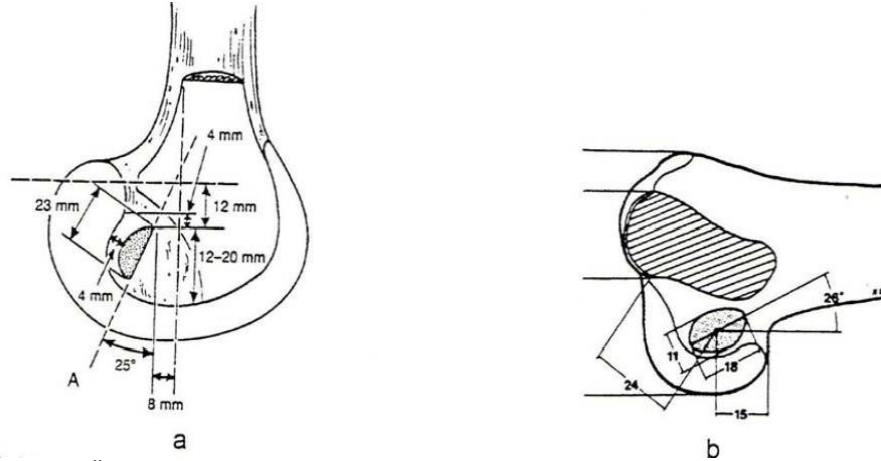
ÖÇB fasiküllerden oluşmuştur. Bu fasiküller fonksiyonel olarak anteriomedial demet (AMD) ve posteriolateral demet (PLD) olarak ikiye ayrılır. Bu demetler arasında anatomik bir sınır yoktur fakat bu demetler yapışma bölgeleri ve hareket esnasındaki davranışları sebebi ile fonksiyonel farklılık gösterirler.

Diz fleksiyondan ekstansiyona gelirken ÖÇB'nin AMD ve PLD üstündeki gerginliği, femoral yapışma bölgelerinin farklı oryantasyon göstermesine bağlı olarak değişmektedir (30).

PLD diz eklemi ekstansiyon halinde gergin iken, fleksiyon pozisyonuna geçerken gevşer. AMD ise diz eklemi ekstansiyon halinde gevşek iken, fleksiyon pozisyonuna geçerken gerginleşir. Amis ve Dawkins iki demetin de stabilitede önem teşkil ettiğini ve bazı pozisyonlarda parsiyel kopmalar olabileceğini bildirmişlerdir (29).

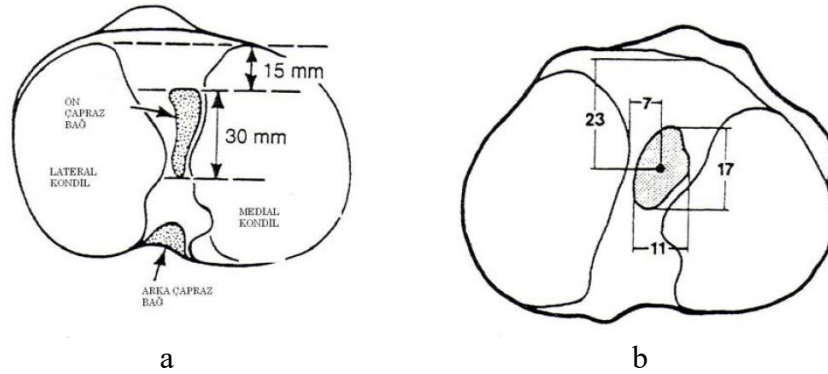
AMD femurda proksimale, tibiada anteromediale; PLD tibiada posterolaterale, femurda distale yapışır.

ÖÇB'nin femurdaki yapışma yeri Girgis ve ark. (6)'na göre 23 mm çapındaki dairenin segmenti olarak; Odensten ve Gillquist (7)'e göre maksimum çap 18 mm, minimum çap 11 mm olan oval alan olarak ifade edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: ÖÇB'nin femurdaki yapışma alanı: a) -Girgis ve ark. (6)'ndan-
b) -Odensten ve Gillquist (7)'den-

Tibial yapışma alanı için Girgis ve ark. (6) ön sınırını tibia platosu ön kenarından 15 mm posteriorunda belirlediği ve 30 mm uzunluğunda bir alan olarak ifade ederken, Odensten ve Gillquist (7) maksimum çapı 17 mm, minimum çapı 11 mm olan oval bir bölge olarak ifade etmişlerdir (Şekil 7).



Şekil 7: ÖÇB'nin tibiadaki yapışma alanı: a) -Girgis ve ark. (6)'ndan-
b) -Odensten ve Gillquist (7)'den-

2.4.1. Nörovasküler Anatomi

ÖÇB'yi çeviren sinovyal membranın ana vasküleritesi popliteal arterden köken alan posterior kapsülden geçen orta genikuler arterin ligamentöz dalları tarafından sağlanır ve inferior genikuler arterin terminal dalları bu vasküler yapıya katılır. Bağın kemik yapışma bölgelerinde kanlanması en az seviyededir (31).

ÖÇB, posterior artiküler sinir (tibial sinirin dalı) tarafından inerve edilir. Posterior artiküler sinir, eklem kapsülünü posteriorundan delerek bağa ulaşır. Ek olarak lateral ve medial artiküler sinirin dalları da bu inervasyona katılırlar (32).

Az miktarda bulunan serbest sinir sonlanmaları nedeniyle ÖÇB kopmalarında ağrıdan öte kopma hissinin duyulmasına sebep olur. Daha sonra gelişen ağrı, hemartrozun eklem kapsülünü germesine bağlı olarak oluşur.

Mekanoreseptörler bağın ve dizin fonksiyonel stabilitesinde önemli rol oynar. Bu hal ÖÇBR’de, ÖÇB güdüğünün korunup korunmaması konusunu akla getirir. ÖÇB güdüğünde mekanoreseptörlerin varlığı Georgoulis ve ark. tarafından yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Adachi ve ark. eklem pozisyon duygusu ile mekanoreseptör sayısı arasında korelasyon olabileceğini savunmuşlardır. Sonuç olarak; ÖÇBR’de güdük korunması önerilmekte, fakat “siklops” lezyonu oluşması riski de akılda tutulmalıdır (33).

Tedavisiz ÖÇB yaralanmalarında travma sonrasındaki 3 aylık süreçte mekanoreseptörlerin sayısı değişmez. Daha sonra bu sayı yavaş yavaş azalır ve 9. ayda yalnızca serbest sinir uçları görülür (34). Kronik ÖÇB yaralanması olan vakalarda ÖÇB yaralanmasının ilk aylarda asemptomatik olup daha sonra boşluk ve dizde güvensizlik hissi gibi bulguların ortaya çıkmasının ana sebebi azalan mekanoreseptör sayısına bağlanmaktadır.

2.5. Diz ve Ön Çapraz Bağın Biyomekanik Özellikleri

Diz eklemi bikondiler tip eklem sınıfına girse de üç düzlemde ve değişen akslarda karmaşık hareketler yapabilmektedir (35). Bu hareketler; transvers düzlemde dış rotasyon-iç rotasyon, koronal düzlemde adduksiyon-abduksiyon, sagittal düzlemde ekstansiyon-fleksiyondur.

Eklem hareketi sırasında diz ligamentlerinin uzunluk değişimlerinin minimal olması izometrisite olarak bilinir. ÖÇB tamamıyla izometrik değildir, diz ekstansiyundayken PLD, diz fleksiyundayken AMD gergin olup bu geçiş uyum içerisinde olur. Nihayetinde her fleksiyon derecesinde bağın belirli bir bölümü izometrik olur (36–38).

Diz ekstansiyondan fleksiyona gelirken femur ve tibia birbirlerine göre iki hareket oluşturur. Bunlar; yuvarlanma ve kaymadır. Yuvarlanma ve kayma hareketleri sonucunda eklem dar bir hacimde fakat geniş açılarda hareket eder. Bu femoral yuvarlanma ve kayma hareketi tümleşik dört bar sistemiyle açıklanmıştır.

Bu sistemdeki dört bar; ön ve arka çapraz bağların lifleri, bağların tibial ve femoral yapışma yerlerini birleştiren çizgilerden oluşmuştur (36–38).

Femur kondillerindeki yuvarlanma ve kayma hareketleri medial femoral kondilin lateral femoral kondile oranla küçük olması, medial menisküsün lateral menisküse oranla daha az hareketli olması, medial tibia platonun konkav, lateral tibia platonun hafif konveks olması sebebiyle asimetrik olarak yapılmaktadır. Lateral femoral kondil, medial femoral kondile göre daha fazla safi yuvarlanma hareketi yaparak, dizde fleksiyon derecesi artarken tibiada iç rotasyon olur, ekstansiyona geldikçe dış rotasyon olur. Bu harekete “vida-yuva mekanizması” denir. ÖÇB bu hareketlere kılavuzluk eder. ÖÇB yokluğunda vida-yuva hareketi görülmez (36,37).

Geri kayma sırasında femurun tibia arkasına geçmesini tümleşik dört bar sistemi önler. Diz 0° - 90° arasındaki hareketi sırasında tibia ile femur arasındaki temas noktası 14 mm arkaya kayar. Çapraz bağlar, dizde hareket sırasında dişli fonksiyonu üstlenirler (36–38).

Anterior tibial translasyonunu engelleyen en önemli yapı ÖÇB’dir. Diz 30° fleksiyonda iken translasyon en yüksek düzeydedir. Ekstansiyonda lateral kollateral ligament ve posterolateral oluşumlar, fleksiyonda medial menisküsün arka boynuzu, medial kolateral ligament ve posteromedial kapsül tibianın anteriora translasyonunu engelleyen sekonder yapılardır. ÖÇB’nin sağlam olduğu hallerde bu yapılar anterior translasyonu önleyen ana yapılar değildir (39–41).

Diz ekleminde adduksiyon-abduksiyon hareketi koronal planda yapılır, 30° fleksiyonda bu hareketler en üst düzeydedir. Normal yürüme sırasında maksimum abduksiyon 11° civarındadır (42).

Diz eklemine normal yürüme sırasında iki ayrı yük biner; basma fazında yer reaksiyon kuvveti, salınım fazında inersiyal yük. Bu yükler diz eklemi çevresindeki kaslar tarafından özellikle hamstring grubu kaslar, kuadriseps, çapraz bağlar ve kollateral bağlar tarafından üstlenilir. Normal bir yürüme sırasında dize vücut ağırlığının ikiyle beş katı arasında, koşma sırasındaysa vücut ağırlığının yirmi beş katına kadar yük binebilir (38).

Normal günlük aktiviteler esnasında ÖÇB’ye aktarılan kuvvetler sıklıkla gerilme yükleri tarzındadır. Bu yüklerin günlük aktiviteler esnasında 285-400 Newton arasında değiştiği gösterilmiştir. ÖÇB, elastik deformasyon sınırını aşan

yüklere maruz kaldığında kopar. ÖÇB'ye giderek artan yükler bindirildiğinde ÖÇB'de plastik deformasyon, elastik deformasyon ve yetmezlik dönemlerinden oluşan üç farklı evre izlenebilir (37,38,43). Elastik deformasyonda bağ gerilir, fakat bağın bütünlüğü bozulmaz. Kuvvet ortadan kaldırıldığında eski haline geri döner. Klinik instabilite testlerinde bağa uygulanan gerilme kuvveti bu duruma örnektir. Bu kuvvet daha fazla artarsa bağ, plastik deformasyon dönemine geçer. Bu sırada kollajen fibrilleri arasındaki çapraz bağlar kırılarak bağın boyu uzar. Histolojik olarak bağda oluşan bu değişiklik sonrasında bağ önceki boyuna ulaşamaz. Fonksiyonel açıdan bağda yetmezlik gelişebilir fakat makroskobik olarak bağın bütünlüğü bozulmaz. Uygulanan kuvvet 2000 Newton sınırını aştığı zaman bağ makroskobik olarak kopar. Hem fonksiyonel açıdan hem de makroskobik açıdan bağda yetmezlik olur (36,38,44).

Sistemik hastalıklar, immobilizasyon, yaşlanma, steroid kullanımı, vasküler yetmezlikler ve tekrarlayan travmalar gibi çoğu faktör bağın gücünü, plastik deformasyon eşikini ve elastisitesini düşürür. Özellikle immobilizasyonun etkisi bahsedilen durumlar içinde etkisi en çok olandır. Altı hafta immobil kalan yaralanmamış bir ÖÇB'nin gerilim kuvveti %60 azalırken önceki kuvvetini elde etmesi için 10 aylık bir zaman gerekebilir (36,44).

ÖÇB'de bulunan nöral reseptörler bağın propriyoseptif özelliği için önemli olup, diz hareketleri esnasında pozisyonel değişiklikleri algılar ve merkezi sinir sistemine iletir (45).

ÖÇBR uygulanan vakalarda kullanılan greftin propriyoseptif özelliğini tekrar kazanıp kazanmadığına yönelik yapılan bir çalışmada HT ile rekonstrüksiyon uygulanan vakaların dizlerine elektrik stimülasyon uygulanmış ve greftte oluşan somatosensoriyal uyarılmış potansiyeller kaydedilmiştir, sensoryal nöronlarda rejenerasyon oluşmuş ve somatosensoryal uyarılmış potansiyel cevabının verildiği gösterilmiştir (45).

AMD gerilimini dizin ilk 60°'lik fleksiyonunun sonuna kadar sürdürebilir. PLD daha değişken gerilim özellikleri gösterir; fleksiyonunun son 30°'sinde gevşek, tam ekstansiyondayken en gergin pozisyondaydır (38,39). Böylece değişken fleksiyon derecelerinde bağın belli bir bölümü gergin kalır. AMD ve PLD farklı diz fleksiyon derecelerinde stabiliteye farklı şekilde katkıda bulunur. PLD öne tibial translasyonu ve rotasyonunu sınırlarken, AMD ön-arka translasyonun sınırlanmasına katkıda

bulunur. Demetlerin, farklı işlevlerinin olduğunu göstermek için yapılan çalışmalarda; izole PLD kesisinde 30° fleksiyonda öne tibial translasyon artarken, tek başına AMD kesisinde 60° ve 90° fleksiyonda öne tibial translasyon artar. Rotasyonel stabilite açısından ise tek başına PLD kesisinde 0° ve 30° fleksiyonda tibial rotasyon miktarında artış gösterilmiştir (39–41).

2.6. Ön Çapraz Bağ Yaralanmasının Mekanizması ve Önlenmesi

ÖÇB rüptürleri kontakt veya non-kontakt yaralanmalar neticesinde meydana gelir (46). %75'i non-kontakt yaralanmalar neticesinde olur. Aynı spor türüyle ilgilenen kadın sporcular ile erkek sporcular karşılaştırıldığında kadınların 2-8 kat daha risk altında olduğu bildirilmiştir (47). Bunun sebebi kadınlarda anatomik temelli olarak görülen daha fazla eklem laksitesi , valgus ve abdüksiyon momentleri ve genu rekurvatum olarak ileri sürülmüştür (48–51).

ÖÇB yaralanmaları risk faktörleri dış (çevresel) kaynaklı ve iç (bireysel) kaynaklı olarak ikiye ayrılır.

Dış kaynaklı risk faktörleri: İklim şartları (düşük yağış alan iklim koşulları, yüksek nem oranı), suni/kötü zemin şartları (52–54).

İç kaynaklı risk faktörleri:

-Anatomik faktörler: Femoral İnterkondiler çentik aralığının darlığı; özellikle kadın sporcularda her bir mm daralmanın riski artıran faktörlerden biri olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (55,56). Bir diğer anatomik risk faktörü tibial eğim değerinin lateral ve posterior eksenlerde normalden daha fazla olmasıdır (57). Epifizleri kapanmamış olan hastaların medial eğim değeri artmış olarak kabul edilir ve ÖÇB yaralanma ihtimali artmıştır (58). Kadın sporcularda femoro-tibial plato açısında artma ÖÇB rüptürü ihtimalini artırır (59). ÖÇB rüptürü için diğer anatomik risk faktörleri arasında alfa açısı değerinin artması, troklear oluk ile tüberositas tibia arası mesafe artması, jeneralize diz eklemde laksite durumu, dizde rekurvatum deformitesi, ÖÇB'nin çapının dar ve boyunun uzun olması sayılır.

-Kuadriseps kas gücü: Kuadriseps kas gücünün anterior vektörel kuvveti eski yayınlara göre ÖÇB rüptürünün esas predispozan sebebi olarak ileri sürülmüştür (47,60,61). Fakat sonrasında yapılan birçok MRG (Manyetik Rezonans Görüntüleme) çalışmalarında ÖÇB rüptürü olan hastalarda impaksiyon

yaralanmasının da eşlik ettiği görülmüştür ve bu durum kuadriseps kas gücünün dize yüklemiş olduğu kompresif kuvvetlere de bağlı olduğunu düşündürmektedir (60,62). Dejour ve Bonnin (63) yaptıkları yayında 10°'den fazla posterior tibial eğimin 6 mm'den fazla tibianın anteriora translasyonuna sebep olabileceğini belirtmiştir. Posterior tibial eğimi artırmaya yönelik uygulanan osteotomiler anterior tibial translasyona sebep olmakta ve sonuç itibarıyla ÖÇB rüptür riskini artırmaktadır (60).

-Nöromusküler faktörler: Kas gücü, genç, aktif erkek ve kadın sporcularda ÖÇB yaralanmalarına karşı korunmada önemli bir rol oynar (64). Kalçanın abdüktör ve dış rotator kaslarındaki güç kaybı vücut ağırlığıyla alakalı olarak ÖÇB yaralanma ihtimali artmaktadır (65). Hamstring ve kuadriseps kas kuvvetleri arasındaki dengesizlik ve iliotibial bant fleksibilite kaybı da ÖÇB yaralanma ihtimalini artırmaktadır (60).

-Fizyolojik faktörler: Vücut kitle indeksi (VKİ) yüksek olanlarda ÖÇB rüptür ihtimali daha fazladır (53). Ayrıca kadınlarda postmenarş ve preovulator dönemlerde ÖÇB rüptür ihtimalinin daha fazla olabileceği ileri sürülmüştür (60,66).

-Biyomekanik faktörler: Artmış genu valgum derecesi, artmış kalça eklem iç-dış rotasyon eklem hareket açıklığı ÖÇB yaralanma riskini artırmaktadır (67).

-Genetik faktörler: COL1A1 gen mutasyonu hem kadın hem de erkekte ÖÇB yaralanma ihtimalini artırmaktadır. Metalloproteinaz enzimi doku rejenerasyonunda önemli rol oynar (68). Proteoglikan gen polimorfizm eksikliği ya da yokluğu da ÖÇB yaralanma ihtimalini artırmaktadır (69).

2.7. Öykü ve Fizik Muayene

2.7.1. Anamnez

ÖÇB yaralanması tanısı için ayrıntılara dikkat edilmeli, hastanın öyküsü iyi anlaşılmalıdır. ÖÇB'yle beraber yaralanabilme ihtimali olan diğer yapıların tahmin edilebilmesi için yaralanma esnasında dizin konumu ve yaralanmanın ne yönden geldiği iyi anlaşılmalıdır.

Hastanın şikayetleri kronik (>3 hafta) ve akut (<3 hafta) durumlarda farklı olabilir. Akut vakalarda hareket kısıtlanması, tam ekstansiyon yapmakta zorlanma, aksama, yürümede güvensizlik, ağrı, şişlik şikayetleri olmaktadır. Kronik vakalarda

ise şikayetler daha fazla ÖÇB yaralanmasına ikincil durumlardan ve instabiliteden kaynaklanır. Bunlar arasında koşamama, spor yapamama, ani durma ve zıplamalarda dizde boşalma şeklinde olur.

Kalça ekleminde oluşan patolojiler dizde yansıyan ağrı şeklinde bulgu verebilir, bu sebeple kalça ile alakalı anamnezin de alınması önem teşkil eder (70).

2.7.2. Fizik Muayene

Yapılan bir çalışmada akut vakalarda %60 oranında çapraz bağ rüptürlerinin atlandığı görülmüştür. Muayene esnasında laksite ile patolojik olan instabiliteyi birbirinden iyi ayırt etmek gerekir. İnstabilite, travma sonrasında meydana gelen ve fonksiyon kaybı ile kendini belli eden patolojik bir bulgudur. Laksite ise bağların gevşekliği ile kendini belli eden fizyolojik bir durumdur. Bu sebeple eklemden laksiteye neden olabilecek ek hastalığının varlığı sorgulanmalıdır (Osteogenezis imperfekta, Ehler Danlos sendromu, mukopolisakkaridozlar vb.).

Bağ yaralanmasından şüphe edilen bir olgunun muayenesi ilk altı saatte yapılmalı; altı saat içerisinde muayenesi yapılmayan hastanın dizinde oluşan hematom ve refleks olarak adeste spazmının gelişmesi sebebiyle muayene doğru sonuçlar vermeyebilir.

Mutlak olarak muayene diğer dizle karşılaştırmalı olarak yapılmalıdır. Hastanın ağrıları muayeneye izin vermeyecek kadar çok ise genel anestezi altında muayene yapılabilir.

Hemartrozu ciddi olan hastalarda ponksiyon yapılması gerekir. Gelen sıvı hemorajik ise menisküs ya da bağ lezyonlarından şüphenilmeli, eğer yağ tanecikleri şeklinde ise kırıkta lezyonu veya eklem içi kırık düşünülmelidir. Akut hemartrozu olan vakalarda %70-75 oranında ÖÇB rüptürü saptanmıştır (71).

2.7.3. İnstabilite Testleri

Pasif Lachman testi: Akut ÖÇB yaralanmalarında en güvenilir testtir. Duyarlılığı ve özgüllüğü yüksek olması ve akut hemartrozu olan vakalarda ağrı olmadan daha rahat yapılabilmesi nedeniyle bu test diğerlerine göre daha üstündür. Arka çapraz bağ rüptürü testin yalancı pozitifliğine sebep olur (72). Hasta supin pozisyonda yatar, diz 30° fleksiyona alınır. Femur bir elle sabitlenir, diğer el tibiaı

öne doğru çeker. Bu esnada hasta rahat hissetmelidir. Özellikle ÖÇB'nin posterolateral bandını değerlendirmek için bu test önemlidir. Doktorun eli ile hastanın dizi arasındaki uyumsuzluk testte yanlış sonuçlar verilmesine sebep olur. Bu yüzden Müller, Hackenburg ve Feagin tarafından “Stabilize Lachman Testi” geliştirilmiştir. Bu testte doktor muayene edeceği dizin altına kendi dizini yerleştirir ve hastanın bacak yükünü kendi dizi üstüne bırakmasını ister. Testin kullanımı kolaylaşmış olur (73). Lachman testi yapılırken son nokta testi de yapılmalıdır, ÖÇB'nin yırtık olduğunda yumuşak; intakt ya da parsiyel yırtık olduğuna sert nokta hissi elde edilir. Deplase medial menisküs rüptürü varsa yalancı sert nokta hissi alınabilir (73–75).

Lachman testi (+) olan olgularda son nokta değerlendirilmesi;

- Hemartroz var ve sert son nokta: Akut parsiyel rüptür
- Hemartroz yok ve sert son nokta: Eski parsiyel rüptür
- Hemartroz var ve yumuşak son nokta: Akut tam rüptür
- Hemartroz yok ve yumuşak son nokta: Eski tam rüptür

Aktif Lachman testi: Hasta sırt üstü yatar. Doktor bir elini yumruk yapar ve hastanın dizi 30° fleksiyonda olacak biçimde popliteal alana koyar; diğer el ise ayağı sabit tutar. Hastanın tüm gücü ile tam ekstansiyona zorlaması istenir. Tibianın anterior translasyonuna bakılır. Bu yer değiştirme sağlam tarafta ortalama 4 mm'dir. Yer değiştirme miktarı 7 mm'nin üzerinde ise tanı koydurur. Tibianın öne yer değiştirme miktarı diğer dize göre değerlendirilir;

0: Diğer dizle fark yok

+1: 1-5 mm kayma

+2: 5-10 mm kayma

+3: 10 mm'den fazla kayma mevcuttur.

Ön çekmece testi: Hasta supin pozisyonundadır. Diz eklemi 90°, kalça eklemi 45° fleksiyondayken, ayak plantar yüzü muayene masasına konulur, doktor hastanın ayağını sabitlemek için üzerine oturur. İki elle bacak arkadan kavranır, kruris öne doğru çekilir. Bu test ile aynı zamanda ayak 15° dış rotasyonda yapılırsa medial kapsüller oluşumlar, 30° iç rotasyonda yapılırsa lateral kapsüller oluşumlar da ÖÇB'yle beraber değerlendirilebilir. Normal bağ yapısında tibianın öne translasyonu 6 mm'dir (76). Arka çapraz bağ yaralanması olan hastada yalancı pozitiflik çıkabilir. Bu sebeple arka çapraz bağın sağlamlığından şüphe olunmamalıdır.

Pivot-shift testleri: ÖÇB rüptüründe diz fleksiyondan ekstansiyona giderken tibianın öne doğru yer değiştirmesi ve diz tekrar fleksiyona gelirken 20° - 30° civarında yerine gelmesine dayanır. Diz eklemi valgusta, tibia iç rotasyonda olduğunda bu test daha görülür duruma gelir. 1970'lerde MacIntosh, lateral pivot-shift testi diye bilinen testi tanımlamıştır (77,78).

Lateral pivot-shift testi: Hasta supin pozisyonda kalça eklemi 30° abduksiyon ve fleksiyona, diz eklemi tam ekstansiyon durumuna getirilir, bir el fibula başında diğer el bacağa valgus, iç rotasyon ve abduksiyon yaptırır. Burada tibia öne yer değiştirmiştir. Diz yavaşça fleksiyona gelirken 20° - 30° civarında iliotibial bandın etkisi ile bir atlama hissi ile beraber redükte olur.

Slocum (antero-lateral rotasyonel instabilite) testi: Patolojik olduğu düşünülen taraf yukarda olacak biçimde olgu lateral dekübitis pozisyonunda yatar. Desteksiz ekstansiyon ve valgus pozisyonunda duran dize bir el uylukta diğer el ayakta olacak şekilde yavaşça fleksiyon yaptırılır ve 30° - 40° sublukse pozisyonundaki tibia redükte olur (79).

Hughston'un Jerk testi: Pivot-shift testinden farkı teste diz 90° fleksiyondayken başlanmasıdır. Bu pozisyonda tibia yerindedir. Diz ekstansiyona giderken 20° - 30° 'de tibia öne doğru yer değiştirir (80).

Losee testi: Hasta sırt üstü uzanır. Diz 45° fleksiyon ve bir miktar dış rotasyonda tutulur. Diğer el uyluğu kavrar, birinci parmak fibula posterioruna konur. Bu sırada dize valgus stresi uygulanır. Diz eklemi ekstansiyon durumuna getirilir ve aynı zamanda iç rotasyon yapılır. Tibia öne doğru sublukse olur.

Fleksiyon rotasyon çekmece (Noyes) testi: Hasta supindeyken kalça 20° fleksiyon, diz 30° fleksiyon pozisyonunda doktor tibia proksimalini iki eliyle kavrar. ÖÇB yırtığında femur posteriora gider. Fleksiyon derecesi artarken bacak aşağı bastırılırsa femurun yerine geldiği görülür.

Larson'un zıplama testi: Hastadan sağlam tarafta kalça abdüksiyonda iken yer ile ilişkisi kesilmiş şekilde olduğu yerde zıplaması istenir. Hastanın korkması, tedirginlik durumu veya az miktar zıplaması testin pozitif olduğunu gösterir (81).

Tek ayak üzerinde zıplama testi: Hastadan hem sağlam taraf hem de patolojik olduğu düşünülen taraf için tek ayak üzerinde öne sıçrayabildiği kadar sıçraması istenir. Bu testin tanı değeri düşüktür, stabiliteden ziyade kas kuvveti hakkında karşılaştırma yapılmasına yardımcı olur (82).

2.7.4. Artrometre ile Laksite Ölçümü (KT2000™, Rolimetre)

En yaygın olarak kullanılan Daniel ve ark.'nın geliştirdiği KT2000™ artrometresidir (83). Jakob tarafından geliştirilen ve daha az karmaşık, pahalı olmayan Rolimetre ile de ÖÇB patolojileri kantitatif olarak ölçülebilir. Ölçüm sonucu, her iki dizle karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek yapılır. Standart diz fleksiyonu ve tibial rotasyonda 15, 20 ve 30 pound güç uygulaması ile tibianın öne yer değiştirmesi mm cinsinden görülür. Mukayeseli ölçüm 20 pound (9,1 kg) ile 3 mm, kompliyans indeksinde ise 1,5 mm'nin üstündeki fark durumu anlamlıdır ve ÖÇB rüptürünü gösterir. KT2000™ ve Rolimetre ile yapılan testler arasında güvenilirlik açısından anlamlı bir fark görülmemiştir (84). Ama yapılacak olan bir klinik muayene her zaman artrometreyle yapılan ölçümden daha değerlidir.

2.8. Görüntüleme

2.8.1. Direkt Grafi

ÖÇB yırtığından şüphelenilen vakalarda kırıkların görülmesi açısından yararlıdır. Başta genç vakalarda emineste kırık görülmesi ÖÇB rüptürü sonucunu verir.

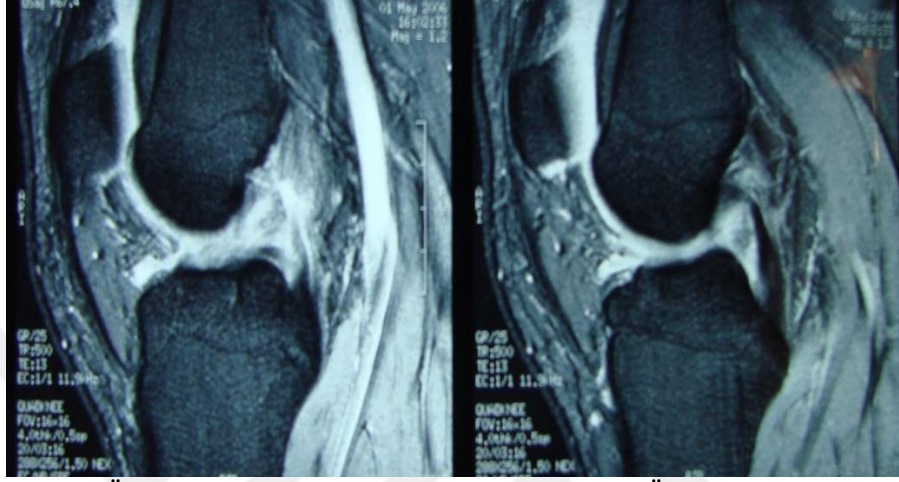
“Segond kırığı” ÖÇB rüptürlerinde görülebilen lateral tibia plato avülsiyon kırığıdır (Şekil 8). Yakın vakitlerde “segond kırığı” ile anterolateral ligament arasında ilişki kuran çalışmalar vardır.



Şekil 8: Segond kırığı (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)

Kronik ÖÇB rüptürlerinde basarak çekilen grafiplerle eklemdaki daralmalar da görülebilir. Bu durum ÖÇBR yapılacak hastaya yüksek tibial osteotominin de gerekip gerekmeyeceği konusunda ön fikir sağlar.

2.8.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme



Şekil 9: ÖÇB rüptür MRG ile değerlendirilmesi (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)

“Altın standart” görüntüleme ile aynı anda eklem içi ve eklem dışı ek patolojiler açısından fikir sahibi olunabilir. ÖÇB rüptürlerinde tanı için T1 ve T2 kesitler yeterlidir. Parsiyel ÖÇB yaralanmalarında ise “koronal oblik” ve “sagittal oblik” pozisyonundaki değerlendirmeler de gerekebilir (85,86).

ÖÇB rüptür MRG bulguları; Sagittal kesitte ÖÇB’nin anteriorunda dalgalanma, T2 kesitinde yüksel sinyal görülmesi ve ÖÇB devamlılığının bozulması görülebilir (87) (Şekil 9).

Kronik yaralanmaların MRG ile tanısı zor olabilir. Vahey ve ark. yapmış olduğu çalışmalarında, akut ÖÇB rüptürlerinde dokunun ödemli olduğunu görmekte; kronik rüptürlerde, bir bölümü sağlam olan ÖÇB liflerinin ÖÇB rüptür tanısında hekimi yanıltabilen durumlardan dolayı zorluk olabileceğini belirtmişlerdir. Bahsedilen kronik vakalarda ÖÇB’de ince bir bütünlük veya bağın bir bölümünde açılanma görülmesi ÖÇB rüptürü hakkında ipucu verebileceğini belirtmişlerdir (88).

Lee ve ark. instabilite testlerini, MRG ve artroskopi ile karşılaştırmalarında, MRG %94, öne çekmece testinin %78, Lachman testininse %89 sensitiviteye sahip olduğu belirtmişlerdir (87).

2.9. Tedavi

Konservatif tedavi ile takip edilen vakalarda %75-87 oranında kronik instabil bir diz eklemi gözlenmiştir (89–93). Bu durum %25-50 arasında travma sonrası diz osteoartritine neden olur ve spora geri dönme ihtimali çok çok azdır (94,95).

2003'te Levy ve Meier, çalışmalarında ÖÇB yetmezliği olan vakalarda %40'ında ilk bir senede, %60'ında beş senede, %80'inde 10 senede menisküs yırtığının görüldüğünü bildirmişlerdir (96). ÖÇB yetersizliği olan vakalarda fizik tedavi programlarıyla stabilite problemlerinin ortadan kaldırılabileceğini gösteren yayınlar mevcuttur (97–99).

ÖÇB rüptürlerinde sonuçları iyi olan konservatif tedavilerin çoğu kanıt düzeyi 4 olan olgu sunumlarından oluşmuştur. 2000'li yıllarda dört tane randomize kontrollü çalışmanın yalnızca birisinde konservatif ve cerrahi tedavi seçenekleri arasında fark olmadığı görülürken, prospektif olarak yapılan bir çalışmada da ÖÇB rüptürü olan 100 vakanın konservatif tedavi ile takip sürecinde 15 sene takip ardından %68 oranında herhangi bir diz şikayetiyle karşılaşılmamıştır (100).

Konservatif tedaviyi kime yapalım sorusuna tek bir test ile karar vermek doğru değil (97,98) ama kabul gören bir test olarak Fitzgerald ve ark., dört tane tek ayakla sıçrama testi (tek ayak sabit mesafede sıçrama testi, tek ayak 3'lü sıçrama testi, tek ayak çapraz sıçrama testi, tek ayak 6 metre zamana karşı sıçrama testi) ile beraber dizin boşalma sıklığı ve hastanın kendi diz fonksiyonlarını değerlendirdiği karma bir sistem tariflemişlerdir (97). Bu teste göre tüm zıplamalarda diğer bacakla karşılaştırıldığında en az %80 uyum, kendi dizini değerlendirmede %60 üzeri puan verilmesi ve bu test zamanında en fazla bir kere dizde boşalma hissettiğini belirtmesi hastanın konservatif tedaviden fayda görebileceği anlamına gelmektedir (97,98).

2.9.1. Greft Biyomekaniği

ÖÇBR operasyonunda en çok kullanılan iki greft çeşidi HT ve KPTK otogreftleridir. Yapılan yayınlarda; KTK greft tercih edilen vakalarda ilk altı hafta (101), HT grefti tercih edilen vakalarda ise ilk 12 hafta (102) boyunca, bütün ÖÇBR'nin zayıf olan kısımları greft-tünel tespit yerleri olduğu bildirilmiştir. Doğal ÖÇB'nin kopma kuvvetinin 1730-2160 Newton (103,104) olduğu, 10 mm kalınlığa sahip KTK greftinin kopma kuvvetinin 2977 Newton (105), HT greftinin kopma

kuvvetinin ise 4000 Newton (106) olduğu bildirilmiştir. Buna göre ÖÇBR'nin erken zamandaki dayanıklılığı tamamıyla cerrahi tespit seçeneğine bağlı diyebiliriz.

2.9.2. Femoral ve Tibial Tespit Farklılıkları

Femoral tünel (FT) ve tibial tünel (TT) tespitlerinin karşılaştırmasında 2 esas nokta vardır.

İlki; proksimal tibia kemik mineral yoğunluğu, distal femura göre azdır ve bu nedenle interferans vida tespitinde önem arz eder.

İkincisi ise greft üzerindeki kuvvet TT'de tünele paralel, FT'de ise tünele oblik olmasıdır (107). Bu sebeple TT'deki greft tespit sahası rekonstrüksiyonun en zayıf yeri olarak kabul görmüştür (108).

2.9.3. Tespit Materyalleri

Tablo 1: ÖÇBR'de kullanılabilecek greft tespit materyali çeşitleri

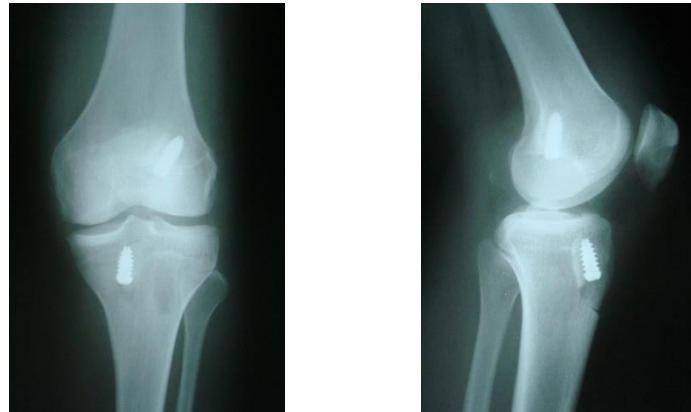
Tünel içi tespit materyalleri	Askı tespit materyalleri	Tünel dışı tespit materyalleri
İnterferans vidaları Dübel-vida sistemi Cross-pin'ler Transfemoral askı pinler	Kortikal butonlar	U çivileri (staples) Vida-dişli pul sistemleri Vida-dikiş sistemleri

Greftin tüneldeki hareketliliği, greft iyileşmesine olumsuz etki ederek (11) TG'ye sebep olabileceği (109) bildirilmiştir. İki çeşit tünel içi greft hareketliliğinden bahsedebiliriz. İlki, greftin tüneldeki longitudinal hareketi “bungee etkisi” şeklinde; diğeri ise greftin tüneldeki transvers hareketi şeklinde tanımlanan “windshield wiper” (cam sileceği) etkisidir.

Yapılan çalışmalarda greftin tespit bölgesinin tünel giriş yerinde veya tünelin dışında olması TG, stabilite veya fonksiyonel sonuçlar açısından, istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı bildirilmiştir (110–112).

İnterferans vidaları (Şekil 10) tünel giriş yerinde grefti eklem yüzüne yakın bir yerde tünel duvarına sıkıştırarak stabil bir sabitleme sağlar. Uzun zamandır hem HT hem de KTK greftlerle kullanımları başarılı neticeler bildirmiştir (113). Fakat yumuşak doku greftlerinde yaptıkları bası ile greftin mekanik özelliğini

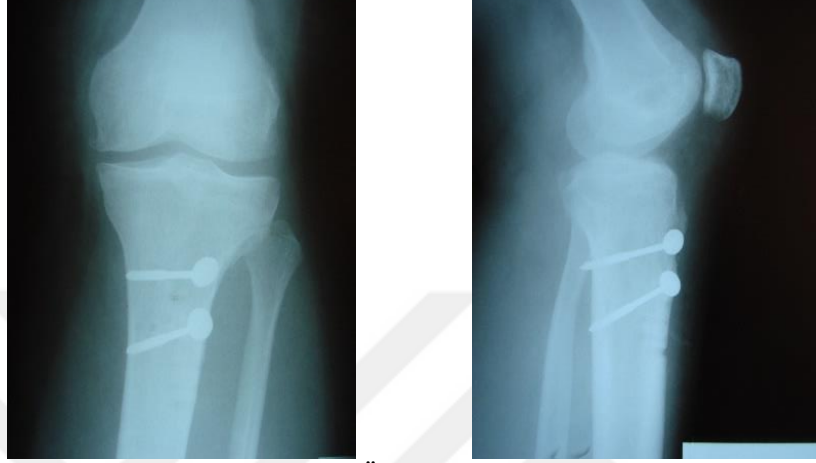
zayıflatabileceği ve iyileşmeyi olumsuz olarak etkileyebileceği hususunda endişelere yol açmaktadır. Bir hayvan modeli çalışmasında, interferans vidası ile tespit sağlanan tendon otogreftlerinin tamamı vida ile tespit yerlerinden iflas etmiştir (114). Vida boyunun tespit gücüyle alakalı farklı çalışmalarda farklı sonuçlar bildirilmiş olup kesin bir sonuç bildirilmemiştir ve tartışmalıdır (115–117). Vida çapı artması ise hem HT hem de KTK greftlerinin tespit kuvvetini artırır (118). Bilhassa HT greft kullanılacaksa biyo-emilir interferans vidasıyla tespit, tünel çapının 1 mm daha genişliğinde bir vida kullanılması tavsiye edilmektedir (75). Fakat geniş çapta kullanılacak vida yumuşak doku greftini lasere edebilir, bu da unutulmamalıdır. Çeşitli yayınlarda metal interferans vidalarının iki ile üç sene arası bir zamanda biyo-emilir interferans vidalarına göre daha kuvvetli bir tespit elde edildiği ve iflas öncesi daha büyük bir güce karşı koyabildiği gösterilmiş olsa da revizyon ameliyatı esnasında implantların çıkarılması gerekebileceği ve ameliyat sonrası görüntülenen MRG’de artefakt yaratmaları gibi dezavantajları vardır. Bazı meta-analiz çalışmalarında biyo-emilir vida tercih edildiğinde implant kırılması, FTG ve eklem içi effüzyonun uzun sürmesi gibi problemlere metal interferans vidası uygulamasına göre daha sık gözlenmiştir. Fakat her iki vida çeşidi mukayese edildiğinde, hem HT hem de KTK greft seçeneklerinde klinik ve fonksiyonel sonuçlar yönünde anlamlı fark görülmemiştir (119).



Şekil 10: İnterferans vidası (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)

Dübel-vida sistemi, vidanın tüneldeki yerleşimini konsantirik duruma getirerek greftin bacakları ile kemik arasında homojen olacak şekilde sürtünme alanı ve daha geniş temas yüzeyi sağlaması için geliştirilen tespit seçenekleri arasında yer alır. Bu tespit seçeneğiyle alakalı çalışmalar kısıtlı olmakla beraber, diğer tespit seçenekleri ile mukayese edildiğinde prospektif bir çalışmada klinik neticeler açısından anlamlı bir fark görülmemiştir (120).

Cross-pin sistemleri (Şekil 11) greft gövdesinden yatay olacak şekilde geçirilip greftin kemiğe tespitini sağlayan hem FT hem TT tespitinde kullanılabilen sistemlerdir. Olası revizyon cerrahilerinde tünelde bir implant bulunmaması yönünden avantajlıdır (121,122). Bunun haricinde ise klinik sonuçlar açısından diğer tespit yöntemleriyle arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (123–126).



Şekil 11: Cross-pin sistemi (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)

Greftler askı pini çevresinde tam tur çevrilerek transfemoral askı pini (Şekil 12) üzerine asılmasıyla FT'ye tespit edilebilirler. Diğer tespit seçenekleri ile mukayese edildiğine bu sistemin iflas öncesinde maksimum yük taşıma kapasitesi yönünden en yüksek değere ulaştığı görülmüştür (118). Fakat bu tespit sisteminin pin kırılması veya kemik tünelin dışına migre olması gibi komplikasyonlara açık olduğu unutulmamalıdır (127,128). Klinik sonuçlar yönünden diğer tespit yöntemleriyle karşılaştırıldığında anlamlı bir fark görülmemiştir (129,130).



Şekil 12: Transfemoral askı sistemi (TOGÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)

Kortikal butonların (Şekil 13) kullanımının greftin longitudinal hareketine izin vermesi nedeniyle TG'ye yol açtığını gösteren çalışmalar olsa da (109), diğer yöntemlere göre daha az TG'ye yol açtığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (131). Butonların iflas öncesinde çok yüksek kuvvetlere karşı koyabildiklerini gösteren çalışmalar mevcuttur (1086 Newton) (118). Çoğu yayında kortikal buton ile tespit sağlanan ÖÇBR vakalarında mükemmel stabilizasyon ve fonksiyonel sonuçlar bildirilmiştir (112). Bu tespit sistemi olası bir revizyon vakasında ise ek sorunlar ortaya çıkarmamaktadır. Butonların grefte sabit mesafede bir ilmek ile bağlandığı ya da uzunluğu ayarlanabilir bir ilmek ile bağlanabildiği türleri vardır. Sabit ilmekli kortikal buton (SIKB) kullanımı daha zor olabilir. Tünel uzunluğu ve butonun boyu öncesinde hesaplanmalı ve buna göre derinlikte bir tünel açılmalıdır. Yoksa butonun korteksten dışarı çekilememesi, korteks üstüne sıkı sıkıya oturmaması veya tünel içindeki greft uzunluğunun yetersiz olması gibi sonuçlar ile karşılaşılması görülebilir. Ayarlanabilir ilmekli kortikal buton (AIKB) kullanımı, tünelin uzunluğu ve yerleşim yerinden bağımsız olarak istenilen boyda materyal kullanmaya imkan sağladığı için yukarıda bahsi geçen problemlerin oluşmasına engel olur. Fakat bu implantların kullanımı sonucunda greftle implant arasında bağlantı sağlayabilen ilmeğin uzayabilmesi ihtimalinden kaynaklı tünelde genişleme, instabilite veya iflasa neden olabilir (132–134).



Şekil 13: Kortikal buton ve U çivisi (TOĞÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)

U Çivileri (Bkz. Şekil 13), HT ve KTK grefti ile rekonstrüksiyon yapılan hastalarda tünel dışındaki sabitleme için kullanılabilir. Biyomekanik özellik olarak interferans vidaları ya da vida-dikiş tespit seçeneklerine göre iflas öncesinde görülen minimal güçlere karşı koyabildikleri görülmüştür (5). Rekonstrüksiyon sonrası diz çökme hareketinde mekanik ağırlara sebep olabileceği unutulmamalıdır. Gerekirse ilerleyen dönemlerde çıkarılması gerekebilir.

Vida-Dişli pul sistemleri HT grefti ile rekonstrüksiyon yapılan hastalarda grefti TT'nin dışında kortekse komprese ederler. Bu yöntemle tespit sistemlerinin iflas öncesinde maksimal yüklenme gücü farklı çalışmalarda 765 ve 945 Newton olarak gösterilmiştir (118,135). İnterferans vidalarıyla mukayese edildiğinde bir hayvan çalışmasında, bu sistemin sağlamlığı ve dayanıklılığının ilk dört hafta sonrasında daha yüksek olduğu gösterilmiştir (135). Dezavantajları arasında ise klinik tecrübe ve çalışmaların nispeten daha az olması ve mekanik semptomlara sebep olan materyallerin iyileşme sonunda çıkartılması ve bu sırada implantın komprese edildiği miktardaki kortikal kemiğin eksize edilmesi gerekliliği sayılabilir.

ÖÇBR'de kullanılan çeşitli tespit materyallerinin avantaj ve dezavantajları Tablo 2'de (136) özetlenmiştir.

Tablo 2: ÖÇBR'de kullanılan çeşitli tespit materyallerinin avantaj ve dezavantajları

Tespit materyali	Avantajları	Dezavantajları
Metal interferans vidası	Mükemmel eski sonuçlar Düşük komplikasyon	MRG'de artefakt Revizyonda zorluk
Biyoemilir interferans vidası	Metal interferans vidası ile benzer Kolay revizyon	Vida kırılma riski Uzamış effüzyon TG
Dübel-vida sistemi	Konsantrik vida yerleşimi Geniş greft-kemik temas yüzeyi	Sınırlı sayıda klinik çalışma
Cross-pin	Kolay revizyon	İmplant kırılması riski
Transfemoral askı pini	Yetmezlik öncesi büyük yüklenme kuvveti	İmplant kırılması riski
Kortikal buton riski	Mükemmel eski sonuçlar Kolay revizyon	Ayarlanabilir butonlarda uzama riski
U çivisi	Yetmezlik öncesi makul yüklenme kuvveti	Sınırlı sayıda klinik çalışma İmplant çıkarma gerekliliği
Vida-dişli pul sistemi	Yetmezlik öncesi büyük yüklenme kuvveti	Sınırlı sayıda klinik çalışma Komplike implant çıkarma ihtiyacı

2.9.4. Uzak Antromedial Portal

2007 senesinde Fu ve ark. aksesuar santral portal , 2011 senesinde ise Kim ve ark. uzak anteromedial portalı (UAMP)'yi tariflemişlerdir (137). Kim ve ark. ÖÇBR'de UAMP'yi çalışma, anteromedial portalı görüntüleme portalı olarak tariflemişlerdir (138).

Nakamura ve ark., yaptıkları kadavra çalışmasında anteromedial portalin dezavantajları arasında FT'nin kısa olma ihtimali, kondral hasar oluşturma ve femoral kondilin posterior duvarını kırma olarak göstermişlerdir. UAMP'nin avantajlarını ise FT'nin daha uzun olması ve iyatrojenik hasarlanma oranının azlığı olarak göstermişlerdir (139).

Nakamae ve ark., anteromedial portal kullanılarak açılan FT'nin dizin fleksiyon açısına bağlı olmaksızın tünelin kısa olmasına neden olduğunu ve posterior duvar kırılma ihtimalinin daha fazla olduğunu göstermişlerdir (140).

Alavekios ve ark., yaptıkları çalışmalarında anteromedial portaldan açılan tünelin daha horizontal olduğunu göstermişlerdir; anatomik aksa 40° çapraz olacak şekilde açılan tünellerin horizontal tünellere göre daha yüksek rotasyonel stabiliteye sahip olduğunu bildirmişlerdir (141).

Jeon ve ark., anatomik aksa göre daha çapraz açılabilen FT'nin en iyi olarak UAMP'den yapılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca bu portal kullanıldığında ÖÇB'nin femoral ayak izinin daha iyi görülebileceğini ve ameliyat süresinin daha kısa olacağını göstermişlerdir (142).

UAMP'nin doğru yerleşimi ile alakalı yapılan çalışmalarda anteromedial portalin 2 cm daha medialindeki portaldan açılan FT'lerin boyu tüm tünellerde 30 mm'den daha uzun olduğu gösterilmiştir (139,143,144).

İlahi ve ark. yaptıkları çalışmada standart anteromedial portaldan açtıkları FT'lerin ortalama uzunluğunu 32.6 mm ölçmüş, bu portalin daha medialinden girilen portaldan açtıkları tünel uzunluklarının ortalama 3 mm daha fazla olduğunu göstermiştir (144). Aynı çalışmada önerilen UAMP girişi; FT açarken medial femoral kondil kırıkdağında hasar oluşturmayacak kadar medialden ve medial menisküs yaralanmasına yol açmayacak kadar inferiordan olmalıdır (139,143,144).

UAMP'nin söz konusu avantajlarının yanında dezavantajları da vardır. Nakamae ve ark., dizin 110° üzerindeki hiperfleksiyon konumu esnasında yapılacak

olan FT drillemesinin lateral kollateral ligament orjinine zarar verebileceğini göstermişlerdir (140).

Nakamura ve ark. yaptığı çalışmalarda UAMP yaptıkları drilleme esnasında lateral femoral kondilin posterior kırıkdağının ve peroneal sinirin yaralanma riskinin olası olduğunu, drilleme sırasında dizin fleksiyon derecesinin artırılmasıyla bu risklerin %80 azalabileceğini sunmuşlardır (139). Bununla beraber UAMP'den yapılan femoral drillemenin ardından geniküler arterde psödoanevrizma geliştiğini gösteren bir olgu sunumu da literatürde yerini almıştır (145).

2.9.5. Femoral Tünel için Anatomik Oluşumlar

En popüler olanları Clancy'nin tarif ettiği ve ÖÇB ayak izinin ön sınırını gösteren lateral interkondiler yükselti (146), bir diğeri ise Fu'nun tarif ettiği ve ÖÇB'nin anteromedial ve posterolateral bantlarının femurdaki yapışma yerlerini ayıran bifurkat yükseltidir (147).

Bu belirteçlerin sonrasında ortaya atılan saat kadranına benzeyen yöntem ise z eksenini yani 3. boyutu ihmal etmesi nedeniyle yeterli bulunmamıştır (142).

Pearle ve ark. 2015 senesinde literatürde yer bulmuş anatomik, histolojik, izometrik, biyomekanik ve klinik veriler eşliğinde FT yerleşiminde I.D.E.A.L. modelini tariflemişlerdir (148) .

I.D.E.A.L: İzometrik, Direkt liflerin çıktığı ayak izinin doldurulması, Ekzantrik tünel lokalizasyonu (anterior [yüksek] ve proksimal [derin]), Anatomik ÖÇB ayak izi içine tünel açılması ve *Low tension-flexion* (düşük gerinim düzeyinde fleksiyon paterni) (148) (Şekil 14).

Yapılan çalışmalarda ÖÇB'nin femurdaki ayak izinin tibiaya göre daha geniş olduğu, yaklaşık 3 mm kalınlıkta ve yaklaşık 16 mm genişliğinde olduğu gösterilmiştir (149). Bu nedenle tek bant ÖÇBR'yle ayak izinin doldurulması imkansız duruma gelmekte ve rekonstrükte edilecek bağın en iyi şekilde fonksiyon göstermesi için spesifik yerleşim lokalizasyonları arayışı ortaya çıkmıştır.

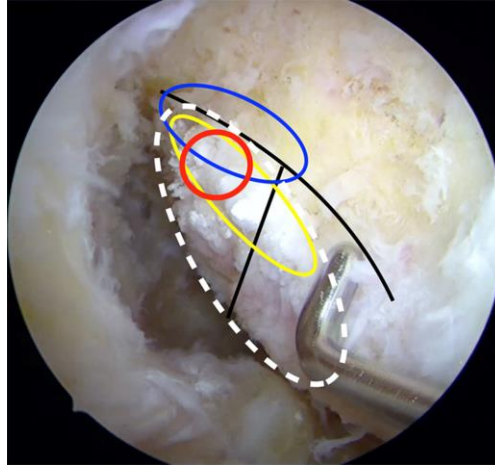
Sasaki ve ark. ÖÇB'ye ait direkt liflerin lateral interkondiler yükseltinin hemen posteriorundan (ortalama 5.3 mm genişliğindeki alan) çıktığını göstermişlerdir (150). Anatomik ayak izinin içerisinde, direkt liflerin çıkışına yakın olarak FT açılması önerilmektedir (151).

ÖÇB izometrisiyle alakalı çalışmalarda; ÖÇBR sonrasında diz ekleminin ekstansiyon ve fleksiyon hareketleri esnasında, 1-4 mm'den fazla olan anizometrisinin; tekrarlayan anterior diz gevşekliğine neden olduğu bildirilmiştir (152).

Hefzy ve ark. ÖÇB ayak izinin ortasına açılan FT'lerde 5-7 mm anizometri, posterolateral bant ayak izine yerleştirilen tünellerdeyse 1 cm anizometri olduğunu sunmuşlardır (153). Bu anizometri diz fleksiyonu esnasında; rekonstrükte edilen bağın gerginliğini artırmakta, diz ekstansiyonu esnasında bağın gerginliğinin yitirilmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı ÖÇB'nin ayak izi içinde ekzantrik lokalizasyonlu (anterior [yüksek] ve proksimal [derin]) izometrik alan tarif edilmiştir (148).

ÖÇBR sonrasında bağın tekrar yırtıldığı olduğu vakalar incelenmiş ve santral veya inferiora açılan FT'lerin greftteki gerilimi artırması sonucunda diz fleksiyonunda azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (154). Bunun sonucunda orjinal ÖÇB'nin fleksiyon hareketi esnasında düşük gerginlik paterni ile çalıştığı fikri öne sürülmüştür (155).

Özetle I.D.E.A.L modeli; anatomik ÖÇB ayak izi içinde, düşük fleksiyon paternine sahip, izometrik ve direkt liflerin köken aldığı bölgelerin birleşiminde, ekzantrik yerleşimli (anterior [yüksek] ve proksimal [derin]) FT oluşturmak olarak tarif edilmiştir (148).



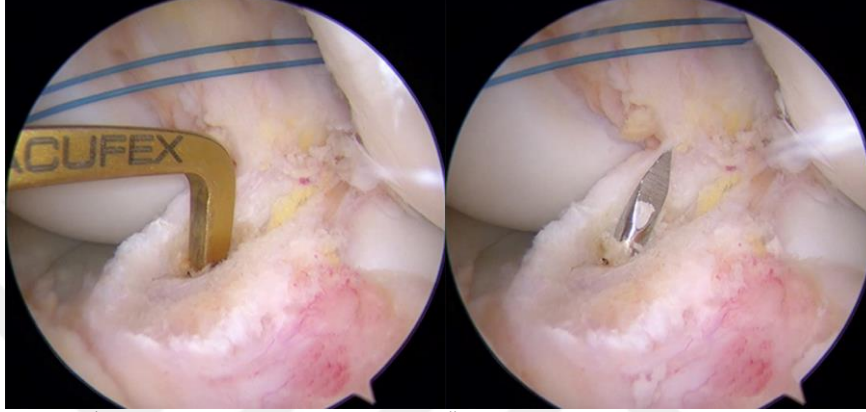
Şekil 14: Sol dizin anteromedialden görüntülenmesi -Akmeşe ve ark. (8)'ndan-

- IDEAL femoral tünel giriş yeri
- ÖÇB anatomik ayak izi
- İnterkondiler ve bifurkat çıkıntılar
- ÖÇB direkt lifleri
- ÖÇB izometrik bölgesi



2.9.6. Tibial Tünel için Anatomik Oluşumlar

Anterior sınırda lateral menisküsün ön boynuzu, medial interkondiler yükselti ve anterior yükselti TT lokalizasyonunu belirlemede kullanılan en sık anatomik belirteçlerdir (156–158). ÖÇBR’de ideal TT yerleşimi; lateral menisküs ön boynuzunun hemen posteriorunda, ÖÇB ayak izi içinde yer alan direkt liflere yakın, medial interkondiler yükseltinin laterali olarak önerilmiştir (159) (Şekil 15).



Şekil 15: İdeal tibial tünel yerleşimi (TOĞÜ Ortopedi ve Travmatoloji ABD arşivinden)

2.10. Ön Çapraz Bağ Yırtığı Cerrahi Tedavisinde Graft Seçenekleri

Genç ve aktif popülasyonda en sık karşılaşılan bağ yaralanması ÖÇB yaralanmaları olarak nitelendirilebilir. İnstabiliteye bağlı artmış menisküs yırtığı, kondral yaralanma ve osteoartrit gelişimini bu aktif ve genç popülasyonda öncelikli olarak en aza indirmek için cerrahi tedavi tercih edilir (160). 764 ÖÇBR yapılan hastada ilk yaralanmanın ardından cerrahiye kadar olan süre, Tandoğan ve ark.’nın yaptığı çalışmaya göre ortalama 19.8 ay olarak görülmüştür. Hastaların %72.8’lik kısmında menisküs yırtığı tespit edilmiş %19.1’lik kısmında ise kondral hasar gözlenmiştir. Medial menisküs yırtığı ve kondral hasar görülme sıklığının, ilk yaralanma ve cerrahi arasındaki sürenin uzadıkça arttığı bildirilmiştir (161). ÖÇBR esnasında çeşitli cerrahi teknikler ve farklı graft seçeneklerinden fayda sağlanır. Genellikle dizin stabilitesinin sağlandığı hasta gruplarından en iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Birçok faktör klinik sonuçları etkileyebilir; bu faktörlerden ameliyat sırasında olanlar ise şunlardır; graft seçimi, tünel yerleşimi, graft tespit açısı, graft gerginliği, ÖÇB kalıntılarının korunması. Graft seçimi bu faktörler arasında en tartışmaya açık ve kritik olandır. Hastanın graft seçimine direkt etkisi

olan faktör cerrah önerisidir, bu yüzden bilinçli ve doğru seçimi kolay hale getirmek için cerrahlar, birçok faktörü dikkate almalıdır.

Bu faktörler; greftin yeniden yırtılması ve revizyon oranı, yaralanma öncesi aktivite düzeyine geri dönüş oranı, donör saha morbiditesi, gelecekteki osteoartrit riski, cerrahi süre, maliyet etkinliği ve greftlerle ilişkili komplikasyonlardır. Bu faktörlerin yanı sıra greft seçimini etkileyen bir diğer faktör de cerrahın el alışkanlığı olarak gösterilir (162).

Greft seçenekleri üç grupta incelenir: Otogreft, allogreft ve sentetik greftler.

Otogreft seçenekleri: PT, HT, kuadriseps tendonu.

Allogreft seçenekleri: Aşıl tendonu, tibialis posterior tendonu, tibialis anterior tendonu, KPTK ve peroneus longus tendonudur.

Kabul gören en yaygın sentetik greftler: LARS (Ligament Augmentation Reconstruction System) ve Leeds Keio'dur (9).

2.10.1. Hamstring Tendon Grefti

HT ilk olarak 1982 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Bu greft seçeneği, günümüzde ÖÇBR'de en yaygın kullanılan seçenektir (9). Semitendinosus ve gracilis tendonlarının ikisi birlikte ya da yalnızca semitendinosus tendonu alınarak tek ya da çift bant ÖÇBR'de kullanılırlar (Şekil 16). Greftin son kalınlığının, tek demet için hazırlandığı durumlarda 8 mm'den fazla olması istenir. Yeniden yırtık oranının ise yapılan çalışmalara göre ince greftlerde daha fazla olduğu görülmüştür (163). Eğer minimum 8 mm kalınlıkta olan greft semitendinosusun ikiye veya üçe katlanarak elde edilemiyorsa greft hazırlığına mutlaka gracilis tendonu da dahil edilmelidir. ÖÇBR, HT ile yapıldığı esnada femoral ve tibial taraf tespiti yapmak için çeşitli implantlar (interferans vidası, kortikal düğme implantlar, cross-pin, staple, washer vb.) geliştirilmiştir. Femoral tespiti kortikal düğme implantlarla yapılan hastalarda; ÖÇB'nin doğal insersiyosuyla tespit noktasının uzaklığının artmasına bağlı olarak TG bildirilmiştir. Cross-pin implantları da bu sebeple daha kısa tespit mesafesi oluşturmak adına geliştirilmiştir. Bunların yanı sıra, kortikal düğme implantlarla cross-pin tespiti arasında klinik ve fonksiyonel sonuçlarda hiçbir farklılık olmadığı, yakın zamanda yapılan bir meta-analizle gösterilmiştir (164). Yumuşak doku greftlerinin tünel içine adapte olması kemikli tendon greftine oranla

altı haftaya kadar, seçilen tespit yönteminden bağımsız olarak daha uzun sürebilmektedir (165). Hamstringlerin alınmasına bağlı dizde fleksiyon kuvvetinde eksiklik de diğer taraftan yaygın bir problem durumundadır. Bu kuvvetsizlik erken ameliyat sonrası dönemde daha belirgin haldeyken çoğunlukla 3-6 ay arasında azalma gösterir. Bu sürenin iki yıla kadar uzadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (166). Tendon alınırken safen sinirinin infrapatellar ve sartoryal dalının yaralanmasına bağlı duyu kusuru da diğer bir problemdir. Bu risk, insizyon yataya (transverse) yaklaştıkça artma eğilimi gösterir (167).

Başarıyı ya da başarısızlığı bildirmek amacıyla HT greftlerinin uzun dönem takip sonuçlarını bildiren birçok çalışma, farklı kriterlerden faydalanmıştır. HT ile 74 hastaya rekonstrüksiyon yapan Leiter ve ark., 14 yıllık sonuçlarını bildirdikleri çalışmalarında; hastaların %75'inin IKDC (International Knee Documentation Committee, Uluslararası Diz Dökümantasyon Komitesi) skorunu normal ya da normale yakın olarak bulmuşlar. Radyografik incelemede opere olan tarafta %19 oranında Kellgren-Lawrence Evre 3 osteoartrit saptanırken sağlam tarafta Evre 3 olanların oranı %4 olarak bulunmuştur. Yeniden yırtık oranı rekonstrüksiyon yapılan dizde %9 iken karşı dizde %5 olarak tespit edilmiştir (9).



Şekil 16: Dört demet şeklinde hazırlanmış semitendinozus ve grasilis otogreftleri

2.10.2. Kemik-Patellar Tendon-Kemik Otogrefti

ÖÇBR'lerin yaklaşık %23'ünde KPTK otogrefti kullanılmaktadır (168). KPTK otogrefti 1990'lara kadar ÖÇBR'de yüksek dayanıklılık ve sertlikte olması, kolay ulaşılabilir olması, biyomekanik özelliklerinin ÖÇB'yle benzemesi, interferans vidalarla solid bir tespit sağlanarak tünele daha hızlı ve kolay adapte olabilmelerinden dolayı altın standart olarak uygulanmıştır. Buna karşın HT 1990'lı yıllardan itibaren; donör saha morbiditesiyle ilişkili diz önü ağrısı ortaya çıkması, diz ekstansiyon kuvvetinde azalma, patella kırığı, PT yırtığı gibi komplikasyonlardan dolayı daha yaygın kullanılır hale gelmiştir (162). KPTK uyguladıkları 33 hastaya 17-20 yıllık bir süreci kapsayan takiplerinde Mihelic ve ark., %83 hastanın IKDC skorlarının normal ya da normale yakın olduğunu

bildirirken greft yeniden yırtılma oranlarını ise belirtmemiştir. 63 hastaya 16 yıllık bir takip süreci gerçekleştiren Gerhard ve ark., IKDC skorunu %78 oranında normal veya normale yakın olarak bulmuştur. %1.6 hasta revizyon ÖÇBR gerektirirken, osteoartritik değişiklikler hastaların %19'unda görülmüştür (9).

2.11. Ön Çapraz Bağ Yaralanması Tedavisinin Komplikasyonları

Böylesine yaygın halde olan ve uygulanan bir cerrahinin komplikasyonlarına da sık sık rastlanılmaktadır (169). Ortalama komplikasyon oranı menisküs cerrahisi sonrası %1.5 civarındayken, bu oran ÖÇBR'de %9'ları bulmaktadır (170).

2.11.1. Yaralanmanın Boyutu

Yüksek enerjili yaralanmaların gerçekleşmesi dizde ÖÇB yırtığı yanında hematom, kas zedelenmesi ve farklı ebatta yumuşak doku ya da kemik hasarı ile birlikte olabilir.

Yaralanmanın boyutu fazlaştıkça, hastaların hareket kısıtlılığı problemi oranı da ameliyat sonrası dönemde artar. ÖÇB yaralanmasına, menisküs ile dizin eklem içi ve dışı diğer bağlarının da hasarının eklenmesi hem tedavinin zamanlamasını ve boyutunu değiştirir hem de cerrahi süreyi artırır. Yapılan çoklu cerrahi işlemler sonrası, immobilizasyon süreleri artabilir, bu sebeple eklem hareket açıklığı (EHA) kısıtlılığı görülme ihtimali de artar (171). Çoklu bağ yaralanmalarında ise özellikle lateral ve posterolateral köşe lezyonlarında, onarma sağlanabilecekse erken dönemde operasyon yapılması tavsiye edilmektedir. Erken EHA'nın başlanması erken dönemde yapılamayacak olgularda dahi diz çevresinde skar dokusu gelişmemesi için oldukça önemlidir.

Çoklu bağ yaralanmalarının, normal ve standart bir ÖÇBR'ye oranla cerrahi tedavi sonrası enfeksiyon riskini daha fazla taşıdığı unutulmamalıdır.

2.11.2. Ameliyat Öncesi Faktörler

ÖÇBR'yi yaralanma sonrası diz hareket kısıtlılığı ve ödem gözlendiği halde yapmak ameliyat sonrası komplikasyon riskini yükseltmektedir. Shelbourne ve ark., erken yapılan olgularda artmış artrofibrozis oranları bildirmişlerdir (172). Bununla

benzeşme gösteren başka bir çalışmada Wasilewski ve ark., akut ÖÇBR sonrası %22 oranında artrofibrozis bildirmişlerdir (171). Harner ve ark. ise ilk ay içinde yapılan olgularda hareket açıklığı problemi yaşayan hasta oranını %37 olarak işaret etmişlerdir (173). Bu çalışmalara karşılık Bach ve ark., erken ve geç dönemde yapılan olgularda diz hareket açıklığı konusunda herhangi bir fark saptamasalar bile “erken cerrahinin bir avantajı olmadığı” vurgusunun altını çizmişlerdir (174). Literatür bilgisinin yanı sıra edinilen tecrübelerle göre de ÖÇBR öncesi menisküs yırtığı, yan bağ yaralanması gibi ek majör bir patoloji yoksa diz hareket açıklığının 0°-120° olması, kuadriseps kuvvetinin tam olması ve ödemin geçmiş olması ameliyat sonrası rehabilitasyon sürecinde ciddi bir fayda sağlayacaktır.

2.11.3. Artrofibrozis

Diz ekleminde ÖÇBR sonrası ortaya çıkan ağrılı hareket kısıtlılığına artrofibrozis adı verilir. Klinik bir tanı olan artrofibrozisin; ağrı, hareket kısıtlılığı ve eklemden sertlik olarak üç klinik komponenti vardır (175). ÖÇB yaralanması ve/veya cerrahisi sonrası artrofibrozis geliştiğinin fark edilemediği durumlarda rehabilitasyon süreci çok ciddi problemlere gebe olacaktır.

Artrofibrozisin primer ve sekonder olarak iki temel formu mevcuttur (176). Lokalize form veya benign form diye de isimlendirilen sekonder artrofibroziste; greftin yanlış yerleşimi, infrapatellar kontraktür sendromu ve patella infera, siklops sendromu, eşlik eden iç yan bağ lezyonu ve kötü programlanmış rehabilitasyon gibi altta yatan bir sebep bulunur. Buna karşın primer artrofibroziste masif bir fibrozis mevcuttur. Burada lokalize formdan farklı olarak aktif ve proliferatif bir fibrozis söz konusudur. Bu sebeple primer artrofibrozis, jeneralize form olarak da isimlendirilir. Primer artrofibroziste masif fibrozis yanında, dirençli bir sinovit ve kronik bir enflamatuvar reaksiyon söz konusudur (176). Artrofibroziste kullanılan sınıflama diz hareket açıklığına göredir. 1996 yılında ilk kez Shelbourne tarafından tarif edilen bu sınıflama (172), 2018 yılında Scott ve Shelbourne tarafından güncellenmiştir (176) (Tablo 3). Artrofibroziste ekstansiyon kısıtlılığına posterior kapsüldeki skar dokusu, adezyonlar ve siklops gelişimi yol açabilir. Fleksiyon kısıtlılığı ise kuadriseps kasındaki kısılalığa, patella etrafında gelişen skar dokusuna, medial ve lateral kapsül komşuluğundaki yapışıklıklara bağlı olarak gerçekleşebilir.

Tablo 3: Artrofibrozisin klinik sınıflaması

Tip 1	<10° ekstansiyon kısıtlılığı, normal fleksiyon
Tip 2	>10° ekstansiyon kısıtlılığı, normal fleksiyon
Tip 3	>10° ekstansiyon kısıtlılığı, >25° fleksiyon kaybı
Tip 4	>10° ekstansiyon kısıtlılığı, >30° fleksiyon kaybı ve patella infera

Tip 1 artrofibroziste, aktivite ile meydana gelen bir diz önü ağrısı mevcuttur. Eklem pasif olarak forse edildiğinde tam ekstansiyona gelir, bırakıldığı zaman ise fleksiyon pozisyonuna geri dönüş yapar, posterior kapsül kontraksiyonu da bu tabloya katkı sağlayabilir. Tip 1 artrofibrozisin tipik örneği siklops lezyonu olarak gösterilebilir ve tedavisi siklops nodülünün artroskopik olarak eksizyonundan oluşmaktadır. Tip 2 artrofibroziste, anteriorda mekanik blok varlığı ya da ÖÇB greftinin noç içinde uyumsuzluğunun yanı sıra posterior kapsülde gittikçe sekonder gerginlik olması eklem pasif olarak forse edildiğinde bile tam ekstansiyona gelmesini engeller. Tip 2 artrofibrozisin tedavisi artroskopik olarak yapılabilir ve anterior nedbe dokusunun ve fibrotik hoffanın eksizyonunun yanı sıra, diz tam ekstansiyonda greftin noç tavanına sıkışması mevcut ise, noçplasti gerektirir. Tip 3 artrofibroziste patellar mobilizasyonda azalmanın yanı sıra, medial ve lateral kapsüller yapılar da gerginlik mevcuttur. Tip 3 artrofibrozis tedavisinde, PT ile tibia arasındaki fibrotik hoffa yağ dokusu tamamen çıkarılır ve patella ile PT'yi tamamen serbest hale getirmek için fibrotik kapsül vastus lateralis ve vastus medialis oblikus yapışma yerine kadar eksize edilir, gerekirse noçplasti eklenir ve eklem anestezi altında manipüle edilmesi sağlanır. Tip 4 artrofibroziste eklem hareket açıklığı tip 3 ile aynıdır, aralarındaki fark ise tabloya patella inferanın eklenmiş olmasından ibarettir. Tedavisinde Tip 3 artrofibrozis benzeri cerrahi işlemlerin yanı sıra posteromedial insizyon ile posterior kapsülün eklem içinden güvenli bir şekilde femurdan sıyrılması gerekmektedir. Tam ekstansiyon için tibianın 10° dışa rotasyon hareketi gerektiğinden kapsülün sıyrılması için öncelikle posteromedial insizyon tercih edilmesi önemlidir. Sıkça tartışılan konulardan biri, ÖÇB yaralanması sonrası cerrahinin zamanlamasıdır ama burada dikkat çekilmesi gereken asıl konu, rekonstrüksiyon sırasında dizin fiziki kondisyonunun, travma ile cerrahi arasında geçen süreden çok daha fazla önemli olduğu gerçeğidir. Uygun ameliyat zamanı için

dizde effüzyon olmaması ve EHA'nın tam, kuadriseps kontrolünün iyi ve kas kuvvetinin yeterli olması ideal durumdur. Aktif enflamasyonun devam ettiği ya da tam hareket açıklığının kazanılamadığı dizlerde artrofibrozis riski ve insidansı çok daha yüksek ihtimaldir. Bu sebeple şişliğin ve enflamasyonun devam ettiği bir dizde akut cerrahiden uzak durulmalıdır. Ameliyat sonrası dönemde kuadriseps inhibisyonu olduğu takdirde, HT dizi fleksiyona çeker ve hastalar PT'yi yeterince geremez. Kuadriseps inhibisyonu önlenemez ya da süratle geri kazanılamazsa oluşan PT kontraktürü, patella inferaya sebep olur. Fleksiyon ve düz bacak kaldırma gibi kuadriseps kontrol egzersizleri PT'yi gerer ve tendonun kontrakte olmasının önüne geçer. Bu sebeple patella inferanın önlenmesi adına ameliyat sonrası dönemde kuadriseps kontrol ve PT germe egzersizlerine özel bir önem gösterilmelidir.

Hem doktor/fizyoterapist, hem de hasta için tedavisi oldukça zorlayıcı olan primer (jeneralize) artrofibroziste önümüzdeki dönemlerde fibrotik doku oluşmasını engelleyecek kimyasal ajanlar kullanılması tedavi açısından bir kilometre taşı haline gelebilir (177). Artrofibrozis tedavisinde önemli bir rol taşıyan nokta, artrofibrozis tanısı konulan hastanın fizik tedavi ile aşırı zorlanmaması gerçeğidir. Agresif tedavi genelde istenenin aksine, vücudun verdiği tepkiyi fazlalaştırmaktadır. Öncelik ekstansiyonu sağlamaya verilmelidir. Bu aşamada patellar mobilizasyon, gerektiğinde hastanın kendisine de öğretilerek düzenli yapılır hale getirilmelidir. Ekstansiyonun kazanılması, yüzüstü yatış egzersizleri ile de desteklenmeli, tam ekstansiyon elde edilmeden, fleksiyon için zorlayıcı egzersizlere başlamaktan kaçınılmalıdır, çünkü fleksiyonu pasif olarak agresif bir şekilde zorlamak, dizdeki enflamatuvar yanıtı artırıp var olan durumu daha olumsuz hale getirebilir. Uygun şekilde yapılan fizik tedaviye karşın yeterli düzelme elde edilemeyen olgularda konservatif tedavide çok ısrarcı tavır gösterilmemeli ve cerrahi tedavi gündeme getirilmelidir.

2.11.4. Teknik Faktörler

ÖÇB yaralanması sonrasında gerçekleşebilecek komplikasyonlardan sorumlu olan önemli unsurlardan bir diğeri de cerrahi teknikte yapılan hatalı hamlelerdir. Greftin yanlış yerleştirilmesi ameliyat sonrası dönemde gerçekleşen diz hareket kısıtlılığının başta gelen sebeplerinden biridir. Greftin tibial bölümünü anteriora

yerleştirmek nota sıkışma yapacağı için ekstansiyon kusuru meydana gelecektir (178). Ek olarak bu durumda greftin üzerine aşırı tensil kuvvet yüklenmesi greft yetmezliği riski ihtimalini yükseltecektir (178–180). Ameliyat sonrası dizde fleksiyon kısıtlılığına neden olabilecek bir başka teknik hata ise FT’yi fazlaca anteriorda açmaktır. TT’yi olması gereken noktanın daha posteriorunda açmak ise tünelin vertikal yerleşimli olmasına, bu nedenle rotasyonel stabilitenin kaybolmasına, arka çapraz bağ sıkışmasına ve greftin erken dönemde yetmezliğine yol açacaktır (179). Greft tespitinin kaç derecede yapılacağı ve bunun ameliyat sonrası diz hareket açıklığına yansımalarının nasıl olacağı hala literatürde tartışılan bir konudur. Nabors ve ark.’nın biyomekanik çalışmasında tam ekstansiyonda yapılacak greft tespitinin dizde EHA kaybına yol açmayacağı belirtilirken, bunu doğrulayan bir başka çalışmada ise Lubowitz tam ekstansiyonda tespit edilecek greftin aşırı gerilmeye maruz kalmayacağını ve bu sebeple daha az rüptür riski olacağını bildirmiştir (181). Fakat Debandi ve ark.’nın yaptığı biyomekanik çalışmada ise optimal tespit derecesinin 30° semifleksiyon olduğu belirtilmektedir (182), bu çalışmada dizin; pivot shift testine karşı en iyi 30° semifleksiyonda durduğu ve bu tespit açısının dizin rotasyonel biyomekaniğine daha yatkın olduğunun altı çizilmiştir.

Cerrahi sırasında zen gösterilmesi gereken başka bir konu greft alınmasının ardından, o bölgede meydana gelebilecek hematomdur. Donör sahada çalışırken pes anserinus bölgesi diseksiyonu sırasında titiz çalışmak çokça önem arz etmektedir. Greft alınan bölgede oluşan hematoma, süreç ilerledikçe distale migre olması rehabilitasyonun olumsuz anlamda etkilenmesine yol açabilir. Donör sahaya dren konulması bunu nleme konusunda oldukça etkili ve basit bir yöntem olarak görülebilir. Drene rağmen oluşan inatçı hematomlarda, hematoma drene etmek rehabilitasyonu aksatmamak adına oldukça önem arz eder.

2.11.5. Ameliyat Sonrası Dönem ve Rehabilitasyon

BR sonrası dizin immobilizasyonundan mümkün olduğunca uzak durmak konusunda bir fikir birliğine ulaşılmıştır. Erken hareket ağrıyı azaltarak, kıkırdağın beslenmesine olanak tanır, skar dokusu gelişmesini engeller bununla birlikte artrofibrozisin önüne geçer (183). Ameliyat sonrası erken dönemde diz EHA

egzersizlerinin yanı sıra kuadriseps kontrol egzersizleri ve patella mobilizasyonu da ortaya çıkabilecek infrapatellar kontraktürleri engellemek için oldukça önem arz eder.

2.11.6. Enfeksiyon

ÖÇBR sonrası eklem enfeksiyonu az rastlanan buna karşın tedavisi süreci uzun sürebilen bir komplikasyon olarak görülmektedir (%0.14-1.71) (184). Matava ve ark.'nın 61 ortopedik cerrah ile yaptığı çalışmada ameliyat sonrası ortaya çıkan septik artritte tedavi tercihleri araştırılmıştır (185). Bu çalışmada tedaviye karar verme sürecinde eklemde mikroorganizmanın üretilmesi ve sepsis belirtilerinin şiddeti belirleyici noktalar olarak nitelendirilirken, cerrahların ortak tedavi tercihinin ise kültür spesifik parenteral antibiyoterapi ile birlikte artroskopik debridman olduğunun altı çizilmiştir. Debridman sırasında ÖÇB greftinin olabildiğince korunması öncelikli tercih edilendir fakat ÖÇBR sonrası amaç stabil diz elde etmek olmakla beraber kronik dirençli enfeksiyonlarda grefti gözden çıkarmak dizin sağlığı açısından hayati bir önem arz etmektedir. Bu endişe verici komplikasyonu önlemek için yapılan birçok çalışma vardır, buna bir örnek olarak Schuster ve ark., grefti dizin içine yerleştirmeden önce vankomisinli solüsyona tabi kılmışlar ve 2294 olguda hiçbir enfeksiyona rastlanılmadığını belirtmişlerdir (186). Vankomisin kullanımı 2012 yılında Vertullo ve ark. tarafından ilk olarak dile getirilmiştir. Geriye dönük olan bu çalışmada; vankomisin emdirilmiş olgularda enfeksiyon oranının daha düşük olduğu belirtilmiştir (187). Kısaca, enfeksiyon ÖÇBR sonrası görülebilen ve sonuçları oldukça zararlı olabilen bir komplikasyondur

ÖÇBR bu çağda çok sık uygulanan ve başarı oranlarının yüksek olduğu bir cerrahi olarak görülmektedir. Fakat meydana gelen komplikasyonların tedavisi zorlayıcı bir hale gelebilmektedir. İşte bu sebeple risk faktörlerini olabildiğince minimize etmek, komplikasyon ortaya çıktığında da hızlıca tedavi uygulamak büyük önem arz etmektedir.

2.12. Tünel Genişlemesi Etyolojisi

2.12.1. Mekanik Faktörler

a) Greft-Tünel Mikrohareketi

PT grefti ile yapılmış rekonstrüksiyonlarda FT’de sıkı bir fiksasyon gerçekleştirilir, bu sebeple greft-FT hareketi görülmez, fakat TT’de tendon bloğun kemik bloktan kalın olması sebebiyle tünelde tendon arasında ölü boşluk meydana gelir (109,188). Bu alanda tünel ile greft arasında transvers planda mikrohareketler olur. İnslata ve ark. bu mikrohareketi “windshield wiper” (cam sileceği) etkisi olarak belirtmiştir (189). Literatürdeki çalışmaların çoğu TG’yi esas olarak TT için belirtmiştir (109,188–190). HT ile yapılan ÖÇBR’lerde tünel genişleme oranı PT otogreftine göre daha yüksek olarak bulunmuştur (191–193). Bunun sebebi hamstring otogreft fiksasyonunun eklem çizgisinden uzakta olmasıdır. Uzak tespit ve esnek fiksasyon materyallerin kullanılmasıyla greftin tünel içerisinde longitudinal yönde mikrohareketi gözlenir. Bu mikrohareket “bungee effect” olarak isimlendirilmiştir (12,109,194). Bu yöntem ile fiksasyonda TG primer olarak FT’de görülür (195–197).

b) Stres Shielding

KPTK grefti kullanılan ÖÇBR’lerde TG’nin sebeplerinden birisi de interferans vidası ve kemik tıkaçın proksimalindeki tünelin daha az strese uğraması ve bu nedenle kemiğin rezorbsiyona uğramasıdır (189,198–200).

c) Uygunsuz Greft Yerleşimi

Anatomik açılmayan tüeller greftin interkondiler çentikte sıkışmasına ve greftin üstüne binen yükün artmasına sebep olur. Bu durum greftte lokal strese, lokal stres de tünel girişinde dağılarak tünel etrafındaki kemikte osteolize sebep olur. Ardından TG ve yetmezlik görülür.

d) Greft Matürasyonu

Tünel içinde greft olgunlaşması eklemdeki greft olgunlaşmasına benzer şekilde olur. Tünel içindeki olgunlaşma daha yavaş olur (201). Tendon ve tünel duvarı arasındaki ölü boşlukta yavaş yavaş bir fibröz doku oluşur. 12. haftada bu fibröz doku yoğunlaşarak greftin tendinöz bölümü tünel duvarına yapışmış olur. Zamanla yoğun fibröz dokunun yeniden şekillenmesiyle kemik dokuya dönüşüm görülür (110,201,202).

e) Erken Dönem Fizik Tedavi Programı

Eğer greft tespit materyalleri yeterince sağlam tespit edilmediyse erken dönem fizik tedavi programı yetmezliğe ve TG'ye neden olur. Bir çok çalışma ÖÇBR'den sonra meydana gelen TG'nin ilk 3 ay içerisinde oluşan erken bir fenomen olduğunu savunur (109,188,197,203).

f) Posterior Tibial Eğim

Artmış posterior tibial eğimin TG'nin nedeni olabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur (204–207).

2.12.2. Biyolojik Faktörler

a) Allogreftler

Allogreft kullanımıyla olan tünel genişleme etiyolojisindeki mekanizma konağın grefte karşı yaptığı immünolojik reaksiyona bağlıdır. Fahey ve ark. patellar otogreft ile patellar allogreft kullanarak ÖÇBR yapmış ve retrospektif olarak TG'yi ölçmüşlerdir. Sonuç olarak allogreft kullanılan gruptaki TG'nin istatistiksel olarak daha fazla olduğu gösterilmiş ve bu farktan subklinik immün yanıtın sorumlu olduğu ileri sürülmüştür (199). Fakat bazı çalışmalarda otogreft ve allogreft arasında tünel genişleme insidansında fark bulunamamıştır (199,208–211).

b) Sitokinler ve Sinovyal Sıvı

Enflamasyon veya antijenik uyarımlar sonucunda sentezlenen sitokinler sıklıkla interlökin 6 (IL-6), interlökin 1 (IL-1), interlökin 8 (IL-8), prostaglandin E2 (PG-E2) ve tümör nekrosis alfa (TNF α)'dır. Yüksek sitokin oranları osteoklastik aktiviteyi artırır ve kemik rezorpsiyonu olur. MRG çalışmaları sinovyal sıvının tünel-greft ara yüzeyine kaçtığını göstermiştir (sinovyal banyo efekti) (110,212,213). Tünel içindeki sinovyal sıvıda artmış sitokin seviyesi osteolize ve sonrasında radyolojik olarak görülebilen TG'ye yol açar (109,110,188,189,212).

c) Antijenik İmmün Cevap

Daha çok allogreftler ile yapılan rekonstrüksiyonlardan sonra allogreftte karşı meydana gelen cevap sebebiyle olur (109).

d) Toksik Cevap

Etilen oksit ile steril edilmiş grefte karşı oluşan toksik cevap sebebiyle tünelde genişleme olur. Ayrıca fiksasyon materyali olarak metal kullanılan

rekonstrüksiyonlarda aynı mekanizma ile toksik cevap ile tünelde genişleme görülebilir (109).

e) Drilleme Sonrası Hücre Nekrozu

Yüksek devirli oyucu kullanarak oluşan ısı tünel içindeki hücrelerde nekroz oluşturarak tünelde genişlemeye sebep olabilir (109).

TG'nin gelişimi ve zamanı ile alakalı yapılan çalışmalarda, TG'nin cerrahi işlemi müteakiben ilk 3 ayda artış gösterdiği, 3 ay ile 1 yıl arasındaki zaman zarfında artışın devam ettiği, 1.yıldan sonra ise azaldığı gösterilmiştir (214–216). TG'yi değerlendirmede standardizasyon henüz sağlanmamış olmakla beraber bilgisayarlı tomografi (BT) TG'yi ölçmede en ideal yöntemdir (217). Ito ve Tanaka BT ile değerlendirmenin TG'yi doğru şekilde gösteren belirteç olduğunu öne sürmüşlerdir. Çünkü tünelin her yerde oval olarak genişlemediği düzensiz genişlemelerin de olabileceğini belirtmişlerdir. Bu sebeple direkt grafinin yetersiz olacağını savunmuşlardır (218). Ayrıca direkt grafilerdeki magnifikasyon etkisi ölçümlerin hatalı olmasına sebep olabilir. Fakat BT'nin pahalı ve direkt grafiye göre oldukça yüksek doz radyasyon içermesi en büyük dezavantajıdır. Bu nedenle takiplerde rutinde direkt grafi kullanılmaktadır.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

21-KAEK-117 tarih ve sayı numaralı etik kurul onayı alındı. Çalışmamız Helsinki deklarasyonuna uygun olarak gerçekleştirildi. Kasım 2011-Haziran 2020 tarihleri arasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği tarafından dört katlı HT otogrefti kullanılarak tek demet anatomik artroskopik ÖÇBR yapılan hastalar retrospektif olarak tarandı.

Veriler hastanemiz otomasyon sistemi (ENLIL) kullanılarak, radyolojik görüntüler pacs programı (sectra Workstation ids7 v23.2.2.5087, ©2021 sectra ab) kullanılarak elde edildi.

Romatolojik ve nörolojik hastalık öyküsü, geçirilmiş diz çıkığı, tibia eminens kırığı, tibia plato kırığı, çoklu bağ yaralanması, aynı dizde herhangi bir başka ameliyat geçmişi, konjenital deformiteli, ÖÇB revizyon cerrahisi, tıbbi bilgilerine ulaşılamayan, ameliyat sonrasında 1 yıldan daha az takibi olan ve son takibinde diz BT'si olmayan hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Hastalara uygulanan anestezi tiplendirmesi genel anestezi, spinal anestezi ve kombine epidural anestezi olarak ayrıldı.

Eşlik eden menisküs yırtığı varlığı ameliyat notlarından elde edilerek olduğu diz kompartmanı medial, lateral ve kombine yırtık olarak ayrıldı.

Menisküs yırtığı varlığında uygulanan tedavi yöntemi parsiyel menisektomi ve menisküs tamiri olarak ikiye ayrıldı.

Yaşlar kayıt altına alınırken ameliyat olduğu zamanki yaşları değerlendirildi.

FT tespiti için kullanılan implantlar SIKB ve AIKB olarak ikiye ayrıldı.

FT açılırken UAMP kullanılıp kullanılmadığı kayıt altına alındı.

3.1. Klinik Değerlendirme

Hastaların klinik verilerinden cinsiyet, yaş, cerrahi işlem yapılan taraf, TT tespitinde kullanılan interferans vidasının çapı ve uzunluğu (mm), anestezi tipi, femoral tünelin uzunluğu (FTU), greftin yerleşeceği tünelin uzunluğu (GYTU) (mm), tünel açmak için kullanılan drilin çapı (mm), eşlik eden menisküs yırtığının varlığı, menisküs yırtığı varsa tedavi yöntemi, FT tespitinde kullanılan materyal, ameliyat sonrası uygulanan fizik tedavi programı, UAMP kullanım durumu değerlendirildi. Hastaların klinik değerlendirmeleri KT2000™ ölçümü, ameliyat

öncesi ve ameliyat sonrası IKDC skalası; travma öncesi, travma sonrası ve ameliyat sonrası Tegner aktivite skoru, ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası Lysholm diz skorlaması ile yapıldı.

Daniel ve ark.'nın (83) geliştirdiği ve kullanımını tanımladığı KT2000™ artrometresiyle ÖÇBR yapılan diz ve diğer diz karşılaştırmalı olarak değerlendirildi (Şekil 17). Diz 30° fleksiyonda, tibianın da rotasyona gitmesine engel olacak şekilde destek aparatları kullanıldı. Tibial tüberkül ve patellaya temas eden sensör yastıkları arasında uygulanan farklı kuvvetler sonucunda ön-arka planda laksiteyi gösteren milimetre cinsinden değerler kaydedildi. Bu kuvvetler 15, 20 ve 30 pound gücündeydi. Cihazda ilk duyulan ses 15, ikinci duyulan ses 20, üçüncü duyulan ses 30 pound gücünü temsil etmektedir. Literatürde belirtildiği üzere özellikle 30 pound gücünde uygulanan kuvvet sonucunda her iki diz arasında tibianın 3 mm ve üzerinde öne yer değiştirmesi ÖÇB yırtığı tanısını koymada yardımcı olduğu için biz de 30 pound kuvveti ile her iki diz karşılaştırılmasını değerlendirdik (219).



Şekil 17: KT2000™ artrometresiyle laksite ölçümü

Ameliyat sonrası rehabilitasyon programı iki grupta değerlendirildi; hızlandırılmış ve normal fizik tedavi programı. Hızlandırılmış fizik tedavi programı Shelbourn'un (220) tariflediği gibi uygulandı. Bu programın normal fizik tedavi programından ayıran en önemli özelliği ilk günden itibaren kapalı kinetik zincir (KKZ) hareketlerine yer vermesiydi. Hızlandırılmış tedavi programında, hastalara ameliyathanedeyken soğuk uygulamaya başlandı ve vakumlu dren yerleştirdi. Ameliyatlı bacak 0°'ye ayarlanmış breys içine yerleştirildi. Aynı gün pasif tam

ekstansiyon sağlandı ve dñz bacak kaldırma yaptırıldı. İkinci gün drenler sonlandırılarak, fleksiyon hareketleri başlandı. Breys ayarı 0°-90° şeklinde yeniden ayarlandı. Hastanın tolere edebileceği kadar yükünü verdirerek koltuk değneğiyle yürümesine izin verildi. Ameliyat sonrası 3-5. haftalarda hareket tedrici olarak 0°-135° arasında sağlanıp koltuk değneği bırakılarak normal yürüme sağlandı. Güçlendirme yavaş yavaş başlandı. 6. haftadan sonraki dönemde breyse son verildi. Kuvvetlendirmeye devam edildi. Yeterli kas kuvveti elde edildikten sonra hafif koşulara başlandı. Denge ve propriyoseptif egzersizler verildi. Hastanın, yapabildiği spora yönelik egzersizlere başlanıldı.

3.2. Radyolojik Değerlendirme

Çalışmamızdaki tüm radyolojik ölçümler iki çalışmacı tarafından (araştırmacılardan biri 1 ay ara ile iki ölçüm yapmıştır) yapıldı.

Lateral posterior tibial eğim (LPTS) derecesi ve son BT'deki tünel çapları (mm) ve oluşan TG (mm) değerlendirildi.

FT ve TT çap ölçümleri yapılırken görüntüleme yöntemleri arasından yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda en kullanışlı, doğru veriyi verebilen ve standartizasyonu sağlanabilen BT kullanıldı (221). FT ve TT çap ölçümleri BT görüntülerinin oblik koronal ve oblik sagittal planlarından yararlanılarak üç'er farklı noktalar seçilerek yapıldı (222) (Şekil 18 ve 19).

FC1 (Oblik koronal planda FT başlangıç noktasındaki tünel çapı)

FC2 (Oblik koronal planda FT'nin orta noktasındaki tünel çapı)

FC3 (Oblik koronal planda FT bitiş noktasındaki tünel çapı)

FS1 (Oblik sagittal planda FT başlangıç noktasındaki tünel çapı)

FS2 (Oblik sagittal planda FT'nin orta noktasındaki tünel çapı)

FS3 (Oblik sagittal planda FT bitiş noktasındaki tünel çapı)

TC1 (Oblik koronal planda TT başlangıç noktasındaki tünel çapı)

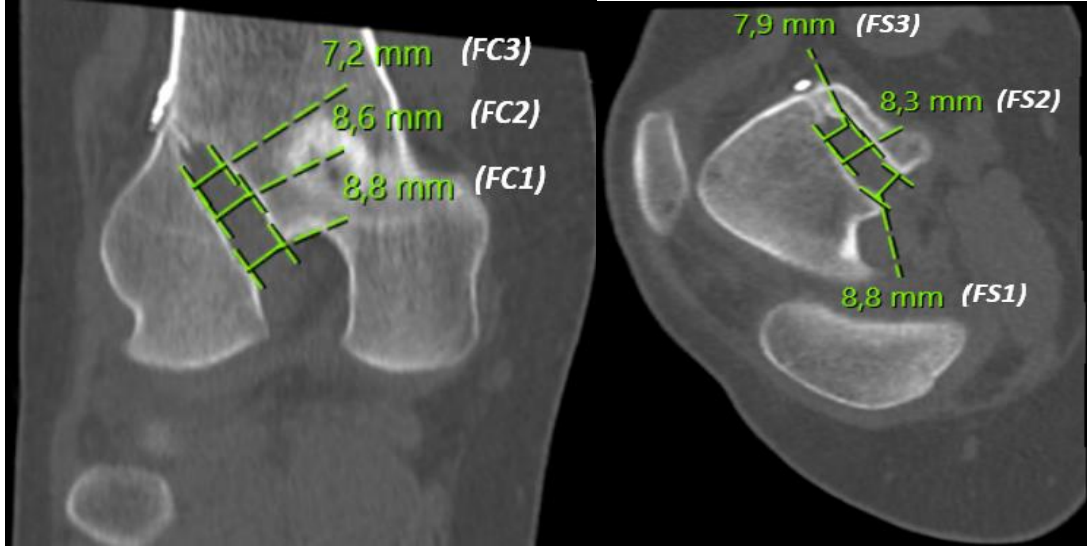
TC2 (Oblik koronal planda TT'nin orta noktasındaki tünel çapı)

TC3 (Oblik koronal planda TT bitiş noktasındaki tünel çapı)

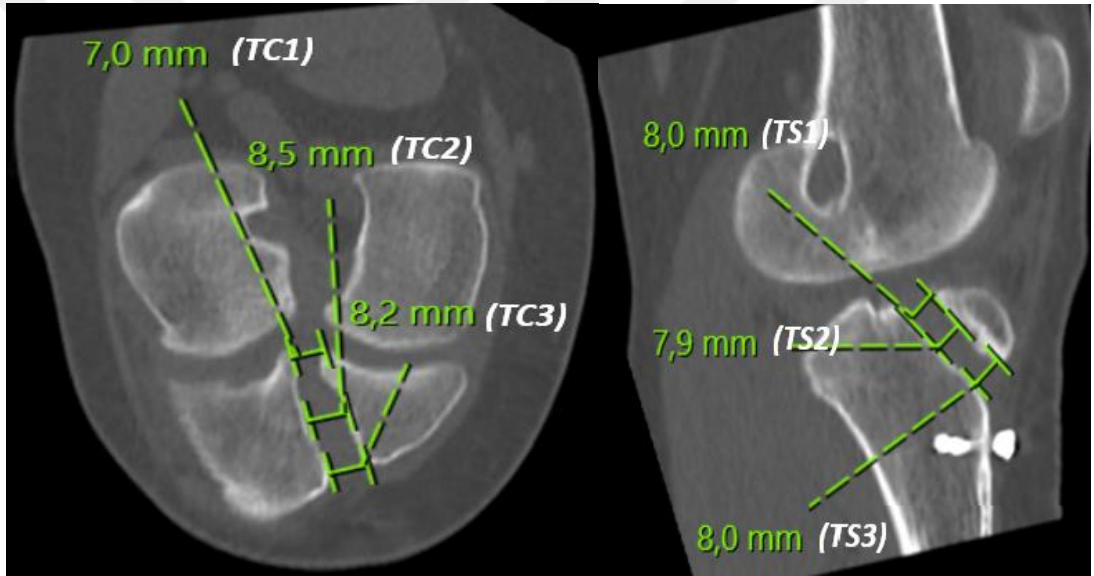
TS1 (Oblik sagittal planda TT başlangıç noktasındaki tünel çapı)

TS2 (Oblik sagittal planda TT'nin orta noktasındaki tünel çapı)

TS3 (Oblik sagittal planda TT bitiş noktasındaki tünel çapı)



Şekil 18: FT çapının BT görüntülemesinde ölçümü

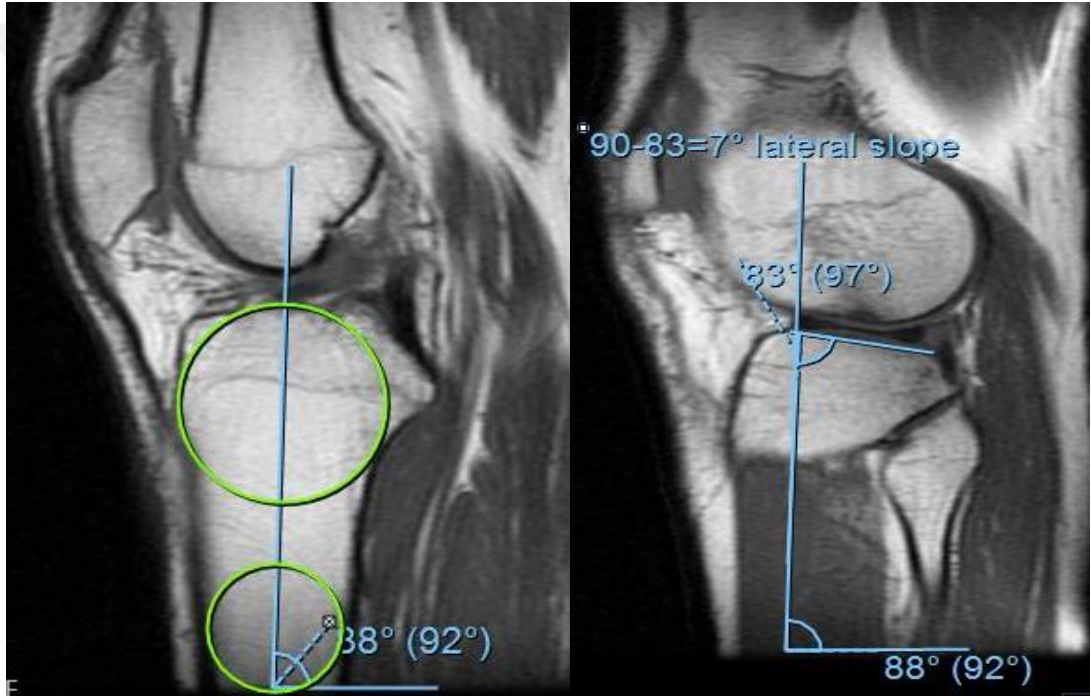


Şekil 19: TT çapının BT görüntülemesinde ölçümü

TG ölçümü için standart bir teknik yoktur. Ölçülen tünel genişlikleriyle ameliyat esnasında kaydedilen matkap ucu çapı arasındaki farklar hesaplanarak kaydedildi. Eşit dağılım gösterdiği için bu farkları mm cinsinden uzunluklarına göre ayıran bir çalışmadan yararlanıldı (195). Bu farklar öncelikle dört ayrı grupta incelendi: hiç genişleme yok (≤ 0.5 mm), sınırda genişleme ($0.5 \leq 2.5$ mm), belirgin genişleme ($2.5 \leq 4.5$ mm), aşırı genişleme (> 4.5 mm). Sonrasında TG olanlar (> 0.5 mm) ve TG olmayanlar (≤ 0.5 mm) olarak bir gruplama daha yapıldı.

MRG’de ölçülen posterior tibial eğimin artmasıyla ÖÇBR sonrasında görülen TG’nin ilişkili olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (204–207). Bu posterior tibial eğim ölçümlerinden ÖÇB rüptürüyle ve ÖÇBR sonrasında TG’yle en çok ilişkilendirilen LPTS (205) ölçümü kullanılmıştır. LPTS ölçüm tekniği

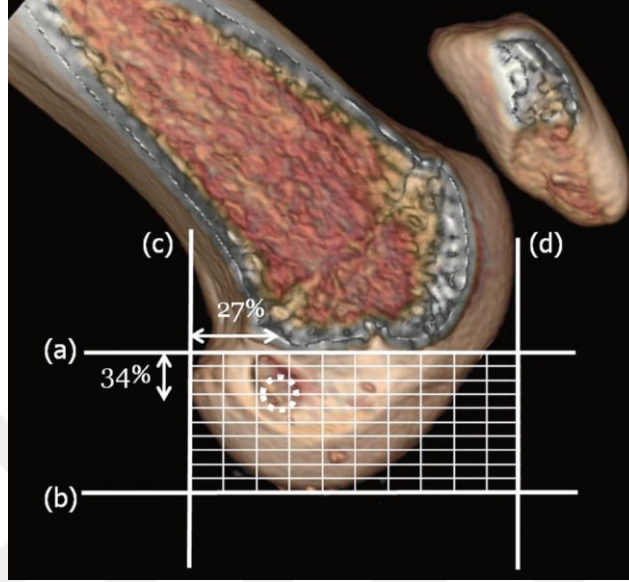
literatürde belirtildiği üzere yapıldı (207). MRG’de 3 adım izlendi. İlk olarak tibia eminensinin, arka çapraz bağın tibiaya yapışma yerinin ve tibianın ön ve arka korteks konkvitesinin bir arada görüldüğü sagittal plan belirlendi, ikinci olarak bu planda ön ve arka konkviteyi teğet geçen çember ile daha distalde her iki korteksi teğet geçen çember oluşturuldu. Bu çemberlerin merkez noktaları belirlenerek tibial aks çizildi. Son olarak sagittal ve aksiyel planın beraber değerlendirildiği görüntülerden aksiyel planda lateral tibial platonun mediolateral orta noktası belirlenerek sagittal planda platonun en proksimal anterior ve posterior korteksinden geçen çizgi çekildi. Bu çizgi ile ilk olarak belirlenen tibia aksı arasındaki açı LPTS derecesini verdi (Şekil 20).



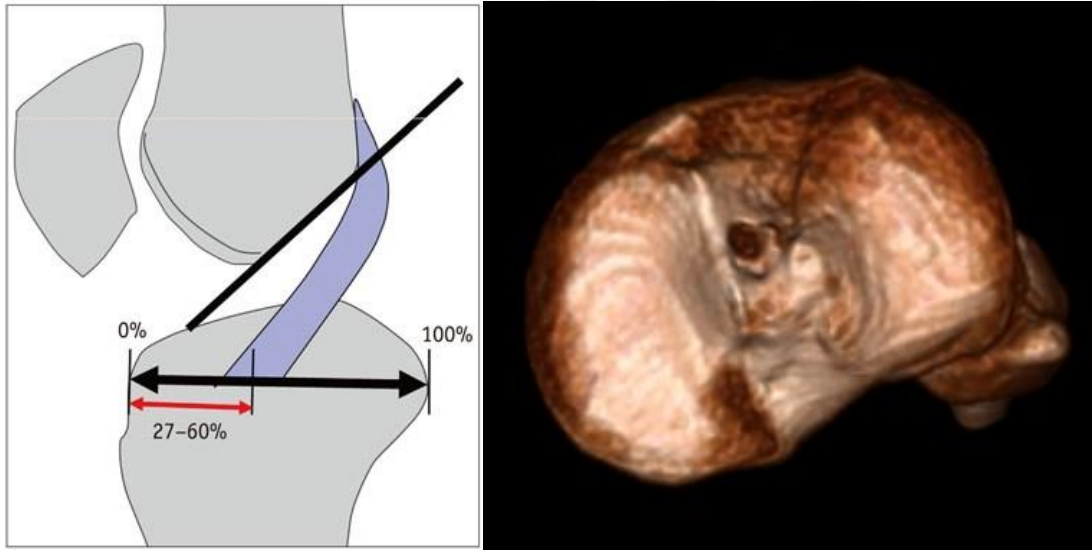
Şekil 20: LPTS’nin MRG’de ölçümü

Çalışmamızdaki ÖÇBR yapılan hastaların FT ve TT yerleşimi, ÖÇBR sonrasında tünel yerleşimi ölçümünde altın standart haline gelen 3 boyutlu BT görüntüleme (223) ile değerlendirildi. Tünellerin anatomik yerleşimli olup olmadığı 3 boyutlu BT kullanılarak belirlenen kriterlere göre değerlendirildi (224,225). Bu kriterlere göre FT pozisyonu 3 boyutlu BT’de femurun, lateral femoral kondili sagittal planda eklem içinden görülebilecek şekilde kesilip düzenlenmesi sonucunda değerlendirilir. TT pozisyonu ise tibial platoyu transvers planda eklem içinden görülebilecek şekilde kesilip düzenlenmesiyle değerlendirilir. Blumensaat çizgisi, buna paralel çizilen femoral kondil inferiorundan teğet geçen çizgi ve bunlara dik çizilen lateral femoral kondilin anterior ve posterior sınır çizgileri Bernhard ve

Hertel dikdörtgenini oluşturur. Bu dikdörtgende ideal FT lokalizasyonu posterior %0-27, süperior %0-34 arasındadır (Şekil 21). İdeal TT pozisyonu ise anteriordan posterora çizilen Amis ve Jakob çizgisi üzerinde anterior %27-60 ve tibial interkondiler eminens kesişim bölgesidir (Şekil 22).



Şekil 21: İdeal FT lokalizasyonu



Şekil 22: İdeal TT lokalizasyonu

3.3. Cerrahi Teknik

Hastalarımız cerrahiden 1 gün önce servise yatırıldı. Taraf işaretlemeleri yapıldı. Gerekli açlık süresinin dolmasının ardından ameliyathane programına uygun bir şekilde hastalar ameliyathaneye çağırıldı. Hastalar servisten çıkarken antibiyotik profilaksisi için 1 gr sefazolin uygulandı. Ameliyat masasında supin pozisyonda anestezi işlemleri uygulandıktan sonra masanın alt bacak tutucu parçaları çıkarılıp

diz altına uygun yükseltici konulduktan sonra hastanın dizleri masadan sarkıtıldı. Bu pozisyon dizlere tam fleksiyon ve tam ekstansiyon hareketlerine izin veriyordu. Uyluğa turnike manşonu bağlandı. Uyluğun masada durmasını sağlayacak yan barlar ameliyat masasına uygun pozisyonda sabitlendi. Cerrahi alan %10'luk povidon iyot ile boyanarak örtüldü. Steril esmark bandaj ile venöz boşaltım yapılması ardından hastanın sistolik kan basıncına 150 mmHg eklenerek bulunan değere kadar turnike şişirildi. Diz üzerindeki anatomik belirteçler steril kalem ile çizildi. Standart anterolateral portalden girildi. Eklem içi patolojiler değerlendirildi. Tamir endikasyonu olmayan menisküs yırtıklarına standart anteromedial portal açıldıktan sonra parsiyel menisektomi işlemi uygulandı. Tamir endikasyonu olanlara ise ÖÇBR sonrasında müdahale edildi. ÖÇB rüptürü olan dizlerde greft alınması aşamasına geçildi. Tibial tüberkülün yaklaşık 2 cm mediali ve eklem çizgisinin 3-4 cm distalinde sonrasında TT'nin de açılabilmesine olanak sağlayacak oblik uzanımlı 4 cm uzunluğunda kesi yapıldı. Sartoriyal fasya altında semitendinosus ve grasilis tendonları palpe edildi. Fasya açılarak her iki tendon tibiadan ayrılarak tendon trasesi boyunca serbestleştirildi. Güçlendirilmiş sütur materyalleri yardımıyla krackow tekniğine uygun olacak şekilde tendonların distal parçası suture edildi. Islak tendon sıyrıcı yardımıyla tendon greftleri alındı. Tendon greftleri hazırlanarak 4 katlı hamstring otogrefti oluşturuldu. Sonra greftin çapı ölçülerek kullanılacak drill çapı belirlendi. Hiçbir hastaya noçplasti yapılmadı. Diz hiperfleksiyona alınarak i.d.e.a.l (148) tünel giriş yeri belirlenerek radyofrekans prop ile işaretleme yapıldı. Ardından UAMP kullanılan cerrahilerde bu portal açılarak FT açıldı. FT'nin posterior penetrasyonunun engellenmesi amacıyla femoral kılavuz offset kalınlığı greft çapının yarısının 1 mm fazlası olarak hesaplandı. Kılavuz tel bu kılavuz içinden gönderilerek SIKB/AIKB drili yardımıyla FT açıldı. Sonrasında tünel içinde kalacak tendon grefti kısmı hesaplanarak bu boyda ve greft çapında olacak şekilde drillenerek tünelin bir kısmı genişletildi. Kılavuz tel yardımıyla sonrasında taşıyıcı ip olarak kullanılacak olan ipin açık olan ucu uyluk lateralinden çekildi. Ardından TT açılması için 55°'lik kılavuz başlangıç noktası eklem çizgisinin 3-4 cm distalinde, tibial tüberkülün 1.5-2 cm medialinde, bitiş noktası ise arka çapraz bağın 5-6 mm önünde, lateral menisküs ön boynuz hizasında olacak şekilde yerleştirildi. TT, kılavuz tel üzerinden greft çapına eşit çaptaki drill ile açıldı. Taşıyıcı ipin FT çıkışındaki kısmı tutulup TT içinden gönderilen bir tutucu ile diğer kısmı TT'den

ıkarıldı. Hazırlanan greft bu ip vasıtasıyla taşınarak tünele yerleştirildi. Greft tünelin içersinde her iki ucu gergin tutularak dize 30 defa ekstansiyon ve fleksiyon hareketleri yaptırıldı. Gevşemedi, diz 30° fleksiyondayken TT'ye yerleştirilen emilebilir vida ile tespit sağlandı ve tibial kortekse U ivisi yerleştirildi. Ardından hemovak dren konulup katlar kapatıldı.

3.4. İstatiksel Analiz

Çalışma gruplarının genel özellikleri hakkında bilgi vermek amacı ile tanımlayıcı analizler yapıldı. Sürekli değişkenlere ait veriler ortalama±standart sapma şeklinde; kategorik değişkenlere ilişkin veriler ise sayı ve (%) şeklinde verildi. Nicel değişkenlerin gruplar arasındaki ortalamalarını karşılaştırırken İki Ortalama Arasındaki Farkın  nemlilik testi ve Tek Yönlü Varyans Analizinden yararlanıldı. Nitel değişkenler arasında ilişki olup olmadığını değerlendirmek için çapraz tablolardan ve ki-kare testlerinden yararlanıldı. p değerleri 0.05'ten küçük hesaplandığında istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Hesaplamalarda hazır istatistik yazılımı kullanıldı (IBM SPSS Statistics 19, SPSS inc., an IBM Co., Somers, NY).

4. BULGULAR

Kasım 2011-Haziran 2020 tarihleri arasında dört katlı HT otogrefti kullanılarak artroskopik tek demet anatomik ÖÇBR yapılan 218 hastadan dahil edilme kriterlerine uyan ve son takip BT'si olan 42 hasta değerlendirmeye alındı.

Çalışmamıza 10'u kadın (%23.8), 32'si erkek (%76.2) olmak üzere 42 hasta dahil edildi. Bu hastaların 26'sına genel (%61.9), 7'sine spinal (%16.7), 9'una kombine epidural (%21.4) anestezi uygulanmış. Ameliyat esnasında ortalama yaş 34.9 (16-60) idi. Ameliyat esnasında hastaların ortalama boyu 167 cm, ortalama kilosu 73.9 kg, ortalama VKİ 26.6 olarak kaydedildi. Ameliyat yapılan taraflar 19'u sağ (%45.2), 23'ü sol (%54.8) taraftı. FT tespiti için 24 hastada SIKB (%57.1), 18 hastada AIKB (%42.9) kullanılmış. Yapılan artroskopi sırasında 12 hastada medial menisküs yırtığı (%28.6), 5 hastada lateral menisküs yırtığı (%11.9), 8 hastada lateral ve medial menisküs yırtığı (%19) görülürken, 17 hastada ise menisküs yırtığı görülmemiş (%40.5). Menisküs yırtığı olan hastalardan tamir edilemeyecek durumda olan 8 hastaya parsiyel menisektomi (%19) uygulanmış ve 17 hastaya menisküs tamiri (%40.5) yapılmış. ÖÇBR yapılırken FT açılması için 10 hastada UAMP (%23.8) kullanılmış. 18 hastaya (%42.9) hızlandırılmış fizik tedavi programı, 24 hastaya (%57.1) ise normal fizik tedavi programı önerilmiştir. Hastaların ameliyat öncesi IKDC değerleri 3 hastada B (%7.1), 20 hastada C (%47.7), 19 hastada D (%45.2) olarak değerlendirilirken; ameliyat sonrası IKDC değerleri 34 hastada A (%81), 8 hastada B (%19) olarak değerlendirildi. Tegner aktivite skorlaması travma öncesi ortalama 6.6 (3-9); travma sonrası ortalama 2 (0-4); ameliyat sonrası ortalama 6.3 (3-9) olarak bulundu. Lysholm skorlaması ameliyat öncesi ortalama 42.4 (15-70) olarak bulunurken; ameliyat sonrası ortalama 90.9 (69-100) olarak bulundu. Son kontrolde hastalara uygulanan KT2000™ cihazı ile ölçülen diğer dizle karşılaştırmalı olarak yapılan instabilite ölçümünde minimum 1 mm, maksimum 3 mm fark bulunmuştur. 42 hastanın ameliyat öncesi çekilen MRG'sinden yararlanılarak ölçülen LPTS dereceleri ortalama 7.5° (0°-15°) olarak bulunmuştur. Hastaların femoral tespit için oyulan FTU ve GYTU ameliyat notlarından yararlanılarak dökümanite edilmiş; FTU'nun ortalama 39.7 (30-55) mm olduğu; GYTU'nun ortalama 29.9 (20-40) mm olduğu bulunmuştur. Tünel

genişlemesiyle ilişkili kategorik değişkenler Tablo 4’te, sayısal değişkenler Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 4: Tünel genişlemesiyle ilişkili kategorik değişkenler

		Sayı	%
Cinsiyet	Kadın	10	23.8
	Erkek	32	76.2
Femoral tespit sistemi	SIKB	24	57.1
	AIKB	18	42.9
Menisküs yaralanması	Yok	17	40.5
	Medial	12	28.6
	Lateral	5	11.9
	Kombine	8	19
Menisküs tamiri	Yok	17	40.5
	Parsiyel menisektomi	8	19
	Tamir	17	40.5
UAMP kullanımı	Var	10	23.8
	Yok	32	76.2
Fizik tedavi programı	Hızlandırılmış fizik tedavi programı	18	42.9
	Normal fizik tedavi programı	24	57.1
IKDC ameliyat öncesi	B	3	7.1
	C	20	47.7
	D	19	45.2
IKDC ameliyat sonrası	A	34	81
	B	8	19
Son muayenede KT2000™ ile değerlendirme	1	34	81
	2	6	14.3
	3	2	4.8
Tegner travma öncesi	3	1	2.4
	4	4	9.5
	5	3	7.1
	6	3	7.1
	7	25	59.5
	9	6	14.3
Tegner travma sonrası	0	7	16.7
	1	18	42.9
	4	17	40.5
Tegner ameliyat sonrası	3	2	4.8
	4	7	16.7
	5	5	11.9
	6	3	7.1
	7	18	42.9
	9	7	16.7

Tablo 5: Tünel genişlemesiyle ilişkili sayısal değişkenler

	Sayı	Ortalama	SD	Min	Max
Yaş	42	34.9	10.7	16	60
FTU (mm)	42	39.7	5.1	30	55
GYTU (mm)	42	29.9	4.5	20	40
Dril çapı (mm)	42	8.02	0.98	6.5	9
Lysholm ameliyat öncesi	42	42.4	16	15	70
Lysholm ameliyat sonrası	42	90.9	7.6	69	100
LPTS (°)	42	7.5	3.8	0	15
Interferans vidası çapı (mm)	42	7.8	0.89	6	10
Interferans vidası boyu (mm)	42	26.3	3.3	20	35
Boy (cm)	42	167	0.05	160	184
Kilo (kg)	42	73.9	7.53	57	88
VKİ (kg/m ²)	42	26.6	2.5	20	32

Shapiro Wilk ile dağılım, SD: Standart Sapma, Min: En küçük değer, Max: En büyük değer

Tablo 6: Ölçüm güvenilirliği

FEMUR	Intraobserver (r)	Interobserver (r)	TİBİA	Intraobserver (r)	Interobserver (r)
FC1	0,925	0,884	TC1	0,809	0,731
FC2	0,925	0,939	TC2	0,809	0,649
FC3	0,939	0,884	TC3	0,731	0,649
FS1	0,932	0,876	TS1	0,705	0,717
FS2	0,932	0,936	TS2	0,705	0,735
FS3	0,936	0,936	TS3	0,735	0,717

İntraobserver ve interobserver uyum (ölçüm güvenilirliği) FT çap ölçümü için çok kuvvetli, TT çap ölçümü için kuvvetli ilişkili idi (Tablo 6).

Tablo 7: FT ve TT çap için kullanılan ölçüm noktaları arasındaki sonuç ilişkisi

Değişkenler	Intraclass Correlation (Değişken içi uyumluluk)	Odds oranı %95 Güven aralığı (CI)		p
		Alt bant	Üst bant	
FC ölçümleri	0,966	0,943	0,981	<0,001
FS ölçümleri	0,970	0,950	0,983	<0,001
TC ölçümleri	0,888	0,812	0,936	<0,001
TS ölçümleri	0,880	0,800	0,932	<0,001

Tüm ölçülerin kendi içerisindeki ölçümleri çok kuvvetli ilişki göstermekte idi. Tünellerde genişleme bölgeleri arasındaki ölçüm bölgeleri arasında istatistiksel anlamlı fark mevcut değildi (Tablo 7).

Tablo 8: TG'yi değerlendirmek için kullanılan sayısal değişkenler

	Sayı	Ortalama	SD	Min	Max
FC1 (mm)	42	8.3	1.65	6.7	11.6
FC2 (mm)	42	8.4	1.92	6.6	12.5
FC3 (mm)	42	8	1.52	6.5	11
FS1 (mm)	42	8.2	1.4	6.7	11.1
FS2 (mm)	42	8.16	1.46	6.5	12
FS3 (mm)	42	7.9	1.46	6.6	12.9
TC1 (mm)	42	8.6	1.67	6.2	13.2
TC2 (mm)	42	8.9	1.44	6	11.5
TC3 (mm)	42	8.6	1.32	6.8	12.3
TS1 (mm)	42	8.5	1.5	6.2	12.3
TS2 (mm)	42	9	1.48	6.5	12.5
TS3 (mm)	42	8.7	1.23	6.3	11.4
FC1'e göre genişleme (mm)	42	1.3	1.21	0	4.3
FC2'ye göre genişleme (mm)	42	1.39	1.48	0	6.4
FC3'e göre genişleme (mm)	42	1.07	1.07	0	5
FS1'e göre genişleme (mm)	42	1.25	1.16	0	5.1
FS2'ye göre genişleme (mm)	42	1.14	1.1	0	4.8
FS3'e göre genişleme (mm)	42	0.91	1.22	0	6.9
TC1'e göre genişleme (mm)	42	1.61	1.42	0	5.7
TC2'ye göre genişleme (mm)	42	1.88	1.37	0	5.7
TC3'e göre genişleme (mm)	42	1.68	1.2	0	4
TS1'e göre genişleme (mm)	42	1.49	1.36	0	5.2
TS2'ye göre genişleme (mm)	42	2.05	1.41	0	5.5
TS3'e göre genişleme (mm)	42	1.76	1.09	0.1	4.4

Shapiro Wilk ile dağılım, SD: Standart Sapma, Min: En küçük değer, Max: En büyük değer

TG'yi değerlendirmek için kullanılan referans noktalarıyla ilgili veriler Tablo 8, 9 ve 10 da gösterilmiştir.

Tablo 9: FTG miktarı (altı farklı referans kullanılarak, sayısal veri)

FC1 kullanılarak FTG (mm)	0-0.5	15	%35.7
	0.51-2.5	20	%47.6
	2.51-4.5	7	%16.7
	4.5 üzeri	0	%0
FC2 kullanılarak FTG (mm)	0-0.5	20	%47.6
	0.51-2.5	15	%35.7
	2.51-4.5	6	%14.3
	4.5 üzeri	1	%2.4
FC3 kullanılarak FTG (mm)	0-0.5	18	%42.9
	0.51-2.5	22	%52.4
	2.51-4.5	1	%2.4
	4.5 üzeri	1	%2.4
FS1 kullanılarak FTG (mm)	0-0.5	17	%40.5
	0.51-2.5	20	%47.6
	2.51-4.5	4	%9.5
	4.5 üzeri	1	%2.4
FS2 kullanılarak FTG (mm)	0-0.5	18	%42.9
	0.51-2.5	18	%42.9
	2.51-4.5	5	%11.9
	4.5 üzeri	1	%2.4
FS3 kullanılarak FTG (mm)	0-0.5	21	%50
	0.51-2.5	20	%47.6
	2.51-4.5	0	%0
	4.5 üzeri	1	%2.4

Tablo 10: TTG miktarı (altı farklı referans kullanılarak, sayısal veri)

TC1 kullanılarak TTG (mm)	0-0.5	9	%21.4
	0.51-2.5	24	%57.1
	2.51-4.5	7	%16.7
	4.5 üzeri	2	%4.8
TC2 kullanılarak TTG (mm)	0-0.5	7	%16.7
	0.51-2.5	25	%59.5
	2.51-4.5	8	%19
	4.5 üzeri	2	%4.8
TC3 kullanılarak TTG (mm)	0-0.5	11	%26.2
	0.51-2.5	21	%50
	2.51-4.5	10	%23.8
	4.5 üzeri	0	%0
TS1 kullanılarak TTG (mm)	0-0.5	11	%26.2
	0.51-2.5	22	%52.4
	2.51-4.5	6	%14.3
	4.5 üzeri	3	%7.1
TS2 kullanılarak TTG (mm)	0-0.5	9	%21.4
	0.51-2.5	18	%42.9
	2.51-4.5	13	%31
	4.5 üzeri	2	%4.8
TS3 kullanılarak TTG (mm)	0-0.5	9	%21.4
	0.51-2.5	22	%52.4
	2.51-4.5	11	%26.2
	4.5 üzeri	0	%0

Tablo 11: FTG'nin kategorik olarak değerlendirilmesi

0-0.5 mm TG 'Yok' 0.51<mm TG 'Var'		Sayı	%
FC1 kullanılarak FTG	Yok	15	35.7
	Var	27	64.3
FC2 kullanılarak FTG	Yok	20	47.6
	Var	22	52.4
FC3 kullanılarak FTG	Yok	18	42.9
	Var	24	57.1
FS1 kullanılarak FTG	Yok	17	40.5
	Var	25	59.5
FS2 kullanılarak FTG	Yok	18	42.9
	Var	24	57.1
FS3 kullanılarak FTG	Yok	21	50
	Var	21	50

FTG'yi değerlendirmek için FC1 kullanıldığında %64.3, FC2 kullanıldığında %52.4, FC3 kullanıldığında %57.1, FS1 kullanıldığında %59.4, FS2 kullanıldığında %57.1, FS3 kullanıldığında %50 hastada FTG olduğu görüldü (Tablo 11).

FTG'nin nitel ve nicel değişkenlere göre dağılımına bakıldığında tüm FT ölçüm bölgeleri (FC1, FC2, FC3, FS1, FS2, FS3) için sonuçların aynı olduğu (FTG'ye sadece LPTS'nin anlamlı olarak etki ettiği) görüldü. Ayrıca FT için tüm ölçüm bölgeleri (FC1, FC2, FC3, FS1, FS2, FS3) kendi içerisinde çok kuvvetli ilişki göstermekte idi. Tünellerde genişlemeyi değerlendirdiğimiz ölçüm bölgeleri arasında istatistiksel anlamlı fark mevcut değildi. Bu sebeple FTG'nin nitel ve nicel değişkenlere göre dağılımını değerlendirmek için “genişleme yok” (%50) ve “genişleme var” (%50) grupları eşit dağılım gösteren FS3'e göre genişleme değişkeni kullanılan tablolara yer verildi.

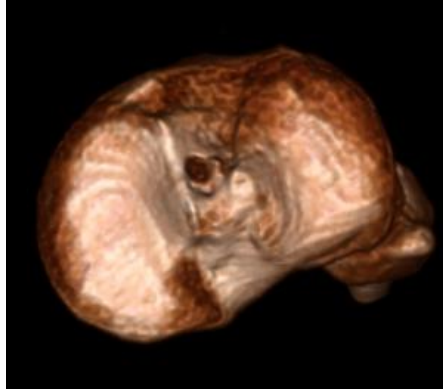
Tablo 12: TTG'nin kategorik olarak değerlendirilmesi

0-0.5 mm TG 'Yok' 0.51<mm TG 'Var'		Sayı	%
TC1 kullanılarak TTG	Yok	9	21.4
	Var	33	78.6
TC2 kullanılarak TTG	Yok	7	16.7
	Var	35	83.3
TC3 kullanılarak TTG	Yok	11	26.2
	Var	31	73.8
TS1 kullanılarak TTG	Yok	11	26.2
	Var	31	73.8
TS2 kullanılarak TTG	Yok	9	21.4
	Var	33	78.6
TS3 kullanılarak TTG	Yok	9	21.4
	Var	33	78.6

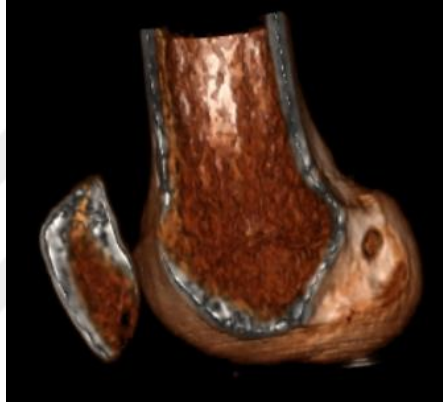
TTG'yi değerlendirmek için TC1 kullanıldığında %78.6, TC2 kullanıldığında %83.3, TC3 kullanıldığında %73.8, TS1 kullanıldığında %73.8, TS2 kullanıldığında %78.6, TS3 kullanıldığında %78.6 hastada TTG olduğu görüldü (Tablo 12).

TTG'nin nitel ve nicel değişkenlere göre dağılımına bakıldığında tüm TT ölçüm bölgeleri (TC1, TC2, TC3, TS1, TS2, TS3) için sonuçların aynı olduğu (TTG'ye sadece LPTS'nin anlamlı olarak etki ettiği) görüldü. Ayrıca TT için tüm ölçüm bölgeleri (TC1, TC2, TC3, TS1, TS2, TS3) kendi içerisinde çok kuvvetli ilişki göstermekte idi. Tünellerde genişlemeyi değerlendirdiğimiz ölçüm bölgeleri arasında istatistiksel anlamlı fark mevcut değildi. Bu sebeple TTG'nin nitel ve nicel değişkenlere göre dağılımını değerlendirmek için “genişleme var” ve “genişleme yok” gruplarından hiçbirisi eşit dağılım göstermediğinden, standart sapma değeri en yüksek (SD 1.42) olan yani çeşitliliği daha fazla olan TC1'e göre genişleme değişkeni kullanılan tablolara yer verildi.

3 boyutlu BT ile değerlendirdiğimiz tünel lokalizasyonları incelendiğinde tüm hastalarımızda FT'nin ve TT'nin anatomik açılmış olduğu bulundu (Şekil 23 ve 24).



Şekil 23: TT'nin anatomik açılmış olduğunu gösteren 3 boyutlu BT kesiti



Şekil 24: FT'nin anatomik açılmış olduğunu gösteren 3 boyutlu BT kesiti

Tablo 13: TG ile ilgili sayısal ve kategorik verilerin analizi

		Sayı	%
FS3 kullanılarak FTG	Genişleme Yok	21	50
	Genişleme Var	21	50
FS3 kullanılarak FTG (mm)	0.5 mm'den az genişleme	21	50
	0.5-2.5 mm genişleme	20	47.6
	2.5-4.5 mm genişleme	0	0
	4.5 mm'den fazla genişleme	1	2.4
TC1 kullanılarak TTG	Genişleme Yok	9	21.4
	Genişleme Var	33	78.6
TC1 kullanılarak TTG (mm)	0.5 mm'den az genişleme	9	21.4
	0.5-2.5 mm genişleme	24	57.1
	2.5-4.5 mm genişleme	7	16.7
	4.5 mm'den fazla genişleme	2	4.8

Tablo 14: FS3 kullanılarak FTG değişkenin nitel değişkenlere göre dağılımı

FS3 değerine göre		FTG		χ^2	p
		Yok (sayı:21)	Var (sayı:21)		
Cinsiyet	Kadın	5	5	0.000	>0.999
	Erkek	16	16		
Menisküs Yaralanması	Yok	8	9	1.092	0.779*
	Medial	7	5		
	Lateral	3	2		
	Kombine	3	5		
Menisküs Tamiri	Yok	8	9	0.618	0.734*
	Parsiyel Menisektomi	5	3		
	Tamir	8	9		
UAMP kullanımı	Var	3	7	2.100	0.147
	Yok	18	14		
Femoral tespit Sistemi	SIKB	10	14	1.556	0.212
	AIKB	11	7		
Fizik tedavi programı	Hızlandırılmış fizik tedavi programı	8	10	0.389	0.553
	Normal fizik tedavi programı	13	11		

Pearson Chi-square yapıldı. *Fisher-Freeman-Halton yapıldı.

Tablo 14’te belirtildiği üzere;

Kadın ve erkek cinsiyetleri arasında FTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Menisküs yaralanmasının olması ve olmaması arasında FTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Menisküs yaralanması var ise tamir yapılması ve parsiyel menisektomi yapılması arasında FTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Femoral tespit için UAMP kullanılması ve kullanılmaması arasında FTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Femoral tespit sistemi için SIKB ve AIKB kullanımı arasında FTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Ameliyat sonrası uygulanan hızlandırılmış fizik tedavi programı ile normal fizik tedavi programı arasında FTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Tablo 15: FS3 kullanılarak FTG değişkenin nicel değişkenlere göre dağılımı

Değişkenler	FTG		p
	Yok (sayı:21)	Var (sayı:21)	
Yaş	37.5±11.89	32.3±9.02	0.119
FTU (mm)	39.5±6.19	39.9±3.89	0.812
GYTU (mm)	30.1±4.96	29.81±4.30	0.843
LPTS (°)	6.0±4.01	9.1±3.16	0.008*
VKİ (kg/m²)	27.3±1.87	25.9±2.90	0.079

Mann Whitney U yapıldı, *Student T test yapıldı.

Tablo 15'te belirtildiği üzere;

FTU'nun ve GYTU'nun FTG üzerine etkisiz olduğu görüldü.

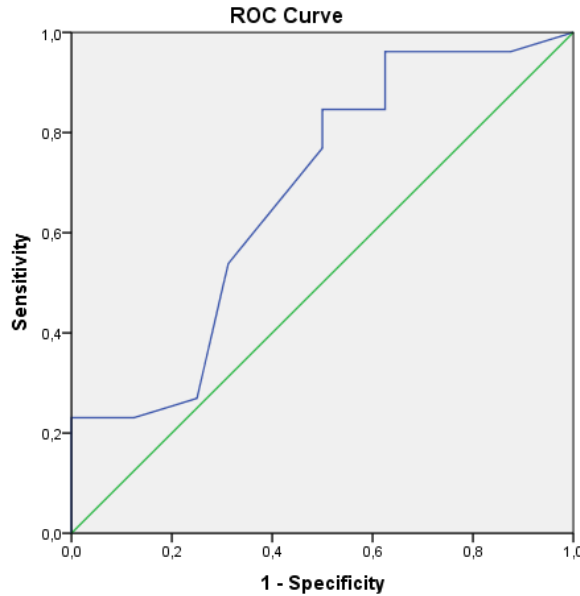
Ameliyat esnasındaki yaşların FTG üzerine etkisiz olduğu görüldü.

VKİ'nin FTG üzerine etkisiz olduğu görüldü.

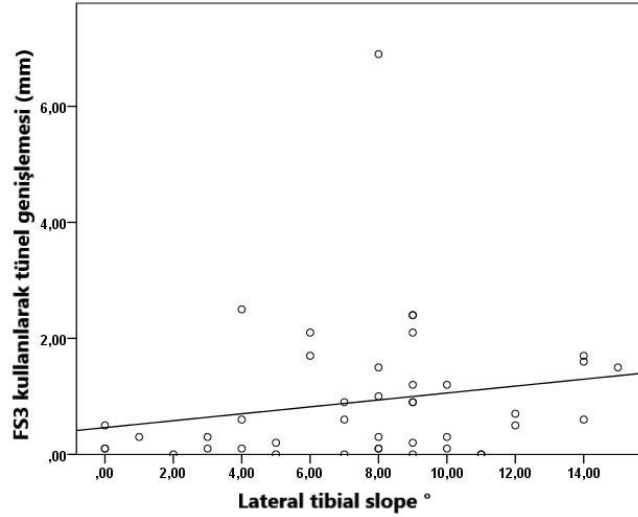
LPTS derecesi FTG olan grupta genişleme olmayan gruba göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

FS3 kullanılarak FTG olan hastaların ortalama LPTS değeri 9.1±3.16 iken FTG olmayan hastaların ortalama LPTS değeri 6±4.01 idi (p=0.008).

FTG için ölçülen altı değerlerin ortalaması kullanıldığında FTG olan hastaların ortalama LPTS değeri 8.62±3.53 iken FTG olmayan hastaların ortalama LPTS değeri 5.81±3.94 idi (p=0.02).



Şekil 25: Yapılan ROC analizinde $6^\circ \leq \text{LPTS}$ olması %84 sensitivite, %50 spesifiteyle FTG'yi tahmin edebiliyor idi (p=0.049).



Şekil 26: İki değişkene ilişkin saçılım grafiği (LPTS ile FTG pozitif korelasyon göstermekte, $r=0.275$)

FS3 kullanılarak FTG değişkeninin nicel ve nitel değişkenlere göre dağılımında $p<0.25$ bulunan değişkenler çok değişkenli model için aday değişkenler olarak belirlenmiştir. Böylece UAMP kullanımı, femoral tespit sistemi, yaş, VKİ ve LPTS çok değişkenli modele dahil edilmiştir (Tablo 16).

Tablo 16: FS3 kullanılarak FTG'nin çoklu lojistik regresyon sonuçları

Değişkenler	Tek değişkenli				Çok değişkenli			
	p	Odds oranı	Odds oranı %95 güven aralığı		p	Odds oranı	Odds oranı %95 güven aralığı	
			Alt	Üst			Alt	Üst
UAMP kullanımı	0.157	0.333	0.073	1.527	0.158	0.215	0.026	1.816
Femoral tespit sistemi(AIKB)	0.215	0.455	0.131	1.583	0.201	0.315	0.053	1.851
Yaş	0.124	0.952	0.895	1.013	0.106	0.932	0.857	1.015
VKİ (kg/m²)	0.088	0.785	0.595	1.037	0.057	0.722	0.517	1.010
LPTS (°)	0.016	1.278	1.046	1.561	0.013	1.372	1.069	1.761

FS3 kullanılarak FTG'nin çoklu lojistik regresyon sonuçlarına göre LPTS bir birim arttığında FTG'nin olma durumu olmama durumuna göre 1.372 kat fazladır ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0.013$) (Tablo 16).

Tablo 17: TC1 kullanılarak TTG değişkeninin nitel değişkenlere göre dağılımı

TC1 değerine göre		TTG		χ^2	p
		Yok (sayı:9)	Var (sayı:33)		
Cinsiyet	Kadın	1	9	1.018	0.313*
	Erkek	8	24		
Menisküs yaralanması	Yok	4	13	3.243	0.356**
	Medial	4	8		
	Lateral	1	4		
	Kombine	0	8		
Menisküs tamiri	Yok	4	13	0.468	0.791**
	Parsiyel Menisektomi	1	7		
	Tamir	4	13		
UAMP kullanımı	Var	0	10	3.580	0.058*
	Yok	9	23		
Femoral tespit sistemi	SIKB	3	21	2.652	0.103*
	AIKB	6	12		
Fizik tedavi programı	Hızlandırılmış fizik tedavi programı	3	15	0.424	0.515*
	Normal fizik tedavi programı	6	18		

Pearson Chi-square yapıldı. * Fisher Exact test yapıldı. **Fisher-Freeman-Halton yapıldı.

Tablo 17’de belirtildiği üzere;

Kadın ve erkek cinsiyetleri arasında TTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Menisküs yaralanmasının olması ve olmaması arasında TTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Menisküs yaralanması var ise tamir yapılması ve parsiyel menisektomi yapılması arasında TTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Femoral tespit için UAMP kullanılması ve kullanılmaması arasında TTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Femoral tespit sistemi için SIKB ve AIKB kullanımı arasında TTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Ameliyat sonrası uygulanan hızlandırılmış fizik tedavi programı ile normal fizik tedavi programı arasında TTG açısından anlamlı fark görülmedi.

Tablo 18: TC1 kullanılarak TTG değişkenin nicel değişkenlere göre dağılımı

Değişkenler	TTG		p
	Yok (sayı:9)	Var (sayı:33)	
Yaş	30.8±6.45	36.0±11.48	0.202
FTU (mm)	39.3±9.26	39.8±3.45	0.780
GYTU (mm)	30.5±5.92	29.7±4.25	0.662
LPTS (°)	4.6±3.61	8.3±3.64	0.010*
VKİ (kg/m ²)	26.8±1.72	26.6±2.70	0.797

Mann Whitney U yapıldı, *Student T test yapıldı.

Tablo 18’de belirtildiği üzere;

FTU’nun ve GYTU’nun TTG üzerine etkisiz olduğu görüldü.

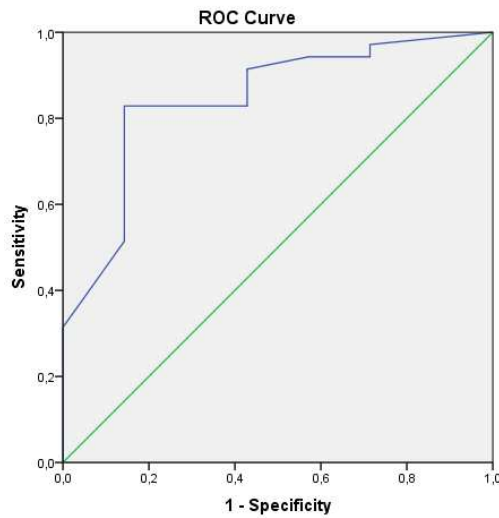
Ameliyat esnasındaki yaşların TTG üzerine etkisiz olduğu görüldü.

VKİ’nin TTG üzerine etkisiz olduğu görüldü.

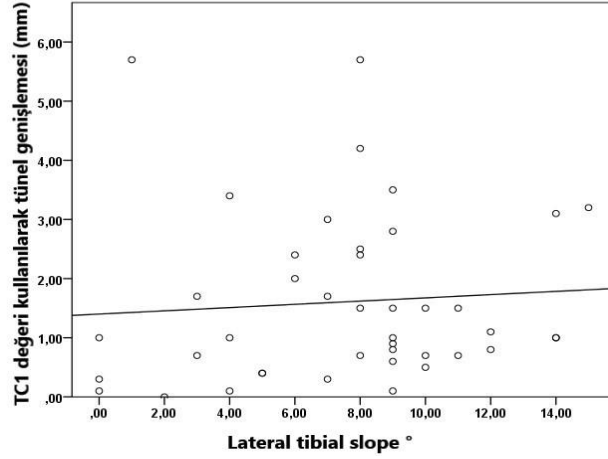
LPTS derecesi TTG olan grupta genişleme olmayan gruba göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

TC1 kullanılarak TTG olan hastaların ortalama LPTS değeri 8.3±3.64 iken TTG olmayan hastaların ortalama LPTS değeri 4.6±3.61 idi (p=0.01).

TTG için ölçülen altı değerın ortalaması kullanıldığında TTG olan hastaların ortalama LPTS değeri 8.37±3.51 iken TTG olmayan hastaların ortalama LPTS değeri 3.43±3.21 idi (p=0.001).



Şekil 27: Yapılan ROC analizinde $6^\circ \leq \text{LPTS}$ olması %82 sensitivite, %85 spesifiteyle ve yüksek bir eğri altında kalan alan ile (AUC 0.8449) TTG’yi tahmin edebiliyor idi (p<0.001).



Şekil 28: İki değişkene ilişkin saçılım grafiği (LPTS ile TTG pozitif korelasyon göstermekte, $r=0.212$)

TC1 kullanılarak TTG değişkeninin nicel ve nitel değişkenlere göre dağılımında $p<0.25$ bulunan değişkenler çok değişkenli model için aday değişkenler olarak belirlenmiştir. Böylece UAMP kullanımı, femoral tespit sistemi, yaş ve LPTS çok değişkenli modele dahil edilmiştir (Tablo 19).

Tablo 19: TC1 kullanılarak TTG'nin çoklu lojistik regresyon sonuçları

Değişkenler	Tek değişkenli				Çok değişkenli			
	p	Odds oranı	Odds oranı %95 güven aralığı		p	Odds oranı	Odds oranı %95 güven aralığı	
			Alt	Üst			Alt	Üst
UAMP kullanımı	0.999	0.000	0.000	0.000	0.999	0.000	0.000	0.000
Femoral tespit sistemi(AIKB)	0.115	0.286	0.060	1.355	0.159	0.209	0.024	1.847
Yaş	0.204	1.055	0.971	1.146	0.142	1.104	0.967	1.260
LPTS (°)	0.291	0.632	0.270	1.480	0.013	1.525	1.094	2.125

TC1 kullanılarak TTG'nin çoklu lojistik regresyon sonuçlarına göre LPTS bir birim arttığında TTG'nin olma durumu olmama durumuna göre 1.525 kat fazladır ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0.013$) (Tablo 19).

FTG değişkeni ile IKDC'nin ve Tegner skorlamasının ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası karşılaştırması yapıldığında tüm FT ölçüm bölgeleri (FC1, FC2, FC3, FS1, FS2, FS3) için sonuçların aynı olduğu (FTG olsun veya olmasın ameliyat sonrası klinik sonuçlar karşılaştırıldığında her iki grupta da anlamlı olarak iyileşme) bulundu. Ayrıca FT için tüm ölçüm bölgeleri (FC1, FC2, FC3, FS1, FS2, FS3) kendi içerisinde çok kuvvetli ilişki göstermekte idi. Tünellerde genişlemeyi değerlendirdiğimiz ölçüm bölgeleri arasında istatistiksel anlamlı fark mevcut değildi. Bu sebeple FTG ile IKDC'nin ve Tegner skorlamasının ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası karşılaştırmasını değerlendirmek için “genişleme yok” (%50) ve “genişleme var” (%50) grupları eşit dağılım gösteren FS3’e göre genişleme değişkeni kullanılan tablolara yer verildi (Tablo 20).

Tablo 20: FS3 kullanılarak FTG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası IKDC'nin karşılaştırması

FS3 kullanılarak FTG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası IKDC'nin karşılaştırması							p
FS3 kullanılarak FTG				IKDC ameliyat sonrası			
				A	B	Total	
Yok	IKDC ameliyat öncesi	B	Sayı	2	0	2	<0.001
			(%)IKDC ameliyat öncesi	100,0%	0,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	12,5%	0,0%	9,5%	
		C	Sayı	7	2	9	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	77,8%	22,2%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	43,8%	40,0%	42,9%	
		D	Sayı	7	3	10	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	70,0%	30,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	43,8%	60,0%	47,6%	
Var	IKDC ameliyat öncesi	B	Sayı	1	0	1	<0.001
			(%)IKDC ameliyat öncesi	100,0%	0,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	5,6%	0,0%	4,8%	
		C	Sayı	10	1	11	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	90,9%	9,1%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	55,6%	33,3%	52,4%	
		D	Sayı	7	2	9	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	77,8%	22,2%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	38,9%	66,7%	42,9%	
Total	IKDC ameliyat öncesi	B	Sayı	3	0	3	<0.001
			(%)IKDC ameliyat öncesi	100,0%	0,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	8,8%	0,0%	7,1%	
		C	Sayı	17	3	20	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	85,0%	15,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	50,0%	37,5%	47,6%	
		D	Sayı	14	5	19	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	73,7%	26,3%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	41,2%	62,5%	45,2%	

Marjinal homojenlik testi kullanıldı.

TTG değişkeni ile IKDC'nin ve Tegner skorlamasının ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası karşılaştırması yapıldığında tüm TT ölçüm bölgeleri (TC1, TC2, TC3, TS1, TS2, TS3) için sonuçların aynı olduğu (TTG olsun veya olmasın ameliyat sonrası klinik sonuçlar karşılaştırıldığında her iki grupta da anlamlı olarak iyileşme) bulundu. Ayrıca TT için tüm ölçüm bölgeleri (TC1, TC2, TC3, TS1, TS2, TS3) kendi içerisindeki çok kuvvetli ilişki göstermekte idi. Tünellerde genişlemeyi değerlendirdiğimiz ölçüm bölgeleri arasında istatistiksel anlamlı fark mevcut değildi. Bu sebeple TTG ile IKDC'nin ve Tegner skorlamasının ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası karşılaştırmasını değerlendirmek için “genişleme var” ve “genişleme yok” gruplarından hiçbirisi eşit dağılım göstermediğinden, standart sapma değeri en yüksek (SD 1.42) olan yani çeşitliliği daha fazla olan TC1'e göre genişleme değişkeni kullanılan tablolara yer verildi (Tablo 21).

Tablo 21: TC1 kullanılarak TTG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası IKDC'nin karşılaştırması

TC1 kullanılarak TTG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası IKDC'nin karşılaştırması							p
TC1 kullanılarak TTG				IKDC ameliyat sonrası			
				A	B	Total	
Yok	IKDC ameliyat öncesi	C	Sayı	5	1	6	<0.001
			(%)IKDC ameliyat öncesi	83,3%	16,7%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	62,5%	100,0%	66,7%	
		D	Sayı	3	0	3	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	100,0%	0,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	37,5%	0,0%	33,3%	
Var	IKDC ameliyat öncesi	B	Sayı	3	0	3	<0.001
			(%)IKDC ameliyat öncesi	100,0%	0,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	11,5%	0,0%	9,1%	
		C	Sayı	12	2	14	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	85,7%	14,3%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	46,2%	28,6%	42,4%	
		D	Sayı	11	5	16	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	68,8%	31,3%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	42,3%	71,4%	48,5%	
Total	IKDC ameliyat öncesi	B	Sayı	3	0	3	<0.001
			(%)IKDC ameliyat öncesi	100,0%	0,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	8,8%	0,0%	7,1%	
		C	Sayı	17	3	20	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	85,0%	15,0%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	50,0%	37,5%	47,6%	
		D	Sayı	14	5	19	
			(%)IKDC ameliyat öncesi	73,7%	26,3%	100,0%	
			(%)IKDC ameliyat sonrası	41,2%	62,5%	45,2%	

Marjinal homojenlik testi kullanıldı.

Tablo 22: FS3 ve TC1 kullanılarak TG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası Tegner skorlamasının karşılaştırması

	FS3 kullanılarak FTG		TC1 kullanılarak TTG	
	Yok Median	Var Median	Yok Median	Var Median
Tegner travma öncesi skorlaması	7[6-7]	7[7-7]	7[4-7]	7[7-7]
Tegner travma sonrası skorlaması	1[1-4]	1[1-4]	1[1-4]	1[1-4]
Tegner ameliyat sonrası skorlaması	6[4-7]	7[6-7]	6[4-7]	7[5-7]
p	<0.001	<0.001	0.001	<0.001

Friedman testi kullanıldı.

Tablo 20, 21 ve 22’de belirtildiği üzere, FTG olan grup ile FTG olmayan grup ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası klinik sonuçlar açısından karşılaştırıldığında her iki grupta da anlamlı olarak iyileşme görüldü. Yine TTG olan grup ile TTG olmayan grup ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası klinik sonuçlar açısından karşılaştırıldığında her iki grupta da anlamlı olarak iyileşme görüldü.

FTG’nin ve TTG’nin, son muayenede değerlendirdiğimiz fonksiyonel skorlama sonuçlarına göre hastaların kliniğine anlamlı bir etki oluşturmadığı görüldü.

Tablo 23: LPTS değişkenin cinsiyete göre dağılımı

		LPTS Ort±SD
Cinsiyet	Kadın	9.1±3.96
	Erkek	7.06±3.81

Çalışmamızda LPTS’nin kadınlarda daha fazla olduğu görülmüştür (Tablo 23).

5. TARTIŞMA

ÖÇBR’de kullanılan tüm greft tiplerinde ve tespit yöntemlerinde kemik TG görülür (10). Etyoloji kesin olarak bilinmese de, yapılan çalışmalar mekanik ve biyolojik faktörler olarak iki esas gruba ayrılmaktadır (109,226). Mekanik faktörler arasında cinsiyetler ve kişiler arası değişkenlik gösteren diz anatomisi, tünel içindeki greftin hareketi, fiksasyon yöntemleri ve materyalleri, uygunsuz greft yerleşimi, hızlandırılmış rehabilitasyon yer almaktadır (188,190,198). Biyolojik faktörler, inflamatuvar yanıtı allogreftte immun yanıtı, etilen oksit gazının toksik etkilerini, delme işleminin sebep olduğu hücre nekrozu veya ölümünü içermektedir (109,227–229). Biyolojik faktörlerin, TG’ye olan etkisini azaltan bir yöntem bulunmamaktadır. Sinovyal sıvının, tünel içerisinde bulunduğunu gösteren çalışmalar vardır. Ekleme yakın yapılacak anatomik tespitler ile tünel içerisine sıvı geçişinin engellenmesi, daha az miktarda TG’ye sebep olabilir (226).

Literatüre göre genel görüş ÖÇBR sonrası TG görülse bile bu durumun fonksiyonel skorlamalara ve instabilite testlerine etkisinin olmadığı yönündedir (230–232).

Biz de çalışmamızda FTG’nin ve TTG’nin, ameliyat sonrası hastaların klinik durumunun değerlendirildiği fonksiyonel skorlamalara etkisiz olduğunu gördük.

TG’nin gelişimi ve zamanı ile alakalı yapılan çalışmalarda uzlaşma mevcut olmamakla beraber çoğu çalışmanın ortak sonucu olarak TG’nin en hızlı dönemi cerrahi işlemi müteakiben ilk 3 ayda olduğu, 3 ay ile 1 yıl arasındaki zaman zarfında artışın devam ettiği, 1.yıldan sonra ise azaldığı görülmüştür (110,188,200,214–216,233). Bu sebeple, çalışmamıza katılan hastaların takibinin en az bir sene olması çalışmamızın olumlu yönlerinden biridir.

J.-U. Buelow ve ark. 4 katlı HT grefti kullanılarak yaptıkları artroskopik ÖÇB rekonstrüksiyonlarında greft tespiti için bazı hastalarda anatomik yerleşimli vida, bazı hastalarda ise ekstrakortikal tespit kullanmışlar. FTG’yi ve TTG’yi ekstrakortikal tespit kullanılan hastalarda istatistiksel olarak daha fazla bulmuşlar (213). Yapılan bazı çalışmalarda ise greftin tespit bölgesinin tünel giriş yerinde veya tünelin dışında olması TG, stabilite veya fonksiyonel sonuçlar açısından, istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı bildirilmiştir (110–112). Teorik olarak, kanal içi fiksasyonun, ekleme yakın olması ve greftin tünel içerisindeki mikro hareketini

engellemesi nedeni ile TG'yi azalttığı düşünülmüştür (234). Femoral tespiti kortikal düğme implantlarla yapılan hastalarda; ÖÇB'nin doğal insersiyosuyla tespit noktasının uzaklığının artmasına bağlı olarak TG bildirilmiş. Kortikal butonların kullanımının greftin longitudinal hareketine izin vermesi nedeniyle TG'ye yol açtığını gösteren çalışmalar olsa da (109), diğer yöntemlere göre daha az TG'ye yol açtığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (131). Johnson ve ark. (133) AIKB'lerle yapılan tespitlerin avantajlarını araştırdıkları çalışmada greftin tibial ve femoral tespitleri tamamlandıktan sonra yapılan artroskopik muayenesinde greft gerginliğinin yetersiz görüldüğü durumlarda, ayarlanabilir ilmekler sayesinde greftin istenilen gerginlikte tespiti yapılabilir sonucuna ulaşmışlardır. Ek olarak bu ayarlanabilir ilmeklerin ameliyat sonrası dönemde greftin maruz kalacağı kuvvetlere karşı greftin bir miktar kaymasına izin verebileceğini ve sonuç olarak greftin kopması ve zarar görmesi gibi durumları engellediğini göstermişlerdir. Fakat bu implantların kullanımı sonucunda greftle implant arasında bağlantı sağlayabilen ilmeğin uzayabilmesi ihtimalinden kaynaklı tünelde genişleme , instabilite veya iflasa neden olabilir (132–134). Eguchi ve ark. (235) SIKB ile AIKB'yi greft iyileşmesi üzerine etkisini incelemişler, AIKB'lerle yapılan tespitlerde, ameliyat sonrası erken dönemde greft tespitindeki yetersizliğe bağlı olarak, mikro hareketliliğin görülebileceği ve bunun sonucunda TG'nin görülebileceği ve greft iyileşmesinin bozulabileceği sonucuna varmışlar. Yine yapılan bazı çalışmalarda, SIKB kullanımında GYTU'nun tam olarak ayarlanamadığı, FT'si görece kısa olan hastalarda tünelin drillendiği kısmın femurun lateral korteksine yaklaştığı ve greftin tünel içinde fikse olmadığı gibi durumlarda tünel içinde piston hareketine engel olunamayıp greftin “bungee etkisine” uğrayabileceği, bunun sonucunda tespit yetersizliği gelişebileceği ve TG görülebileceği gösterilmiştir (132,236). Tam aksine SIKB boyunun uzun ya da kısa olmasının TG'ye etkisinin olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (237). Choi ve ark. (230) hamstring otogreftlerini kullandığı ve SIKB kullanarak greft tespiti sağladığı vakalarda, AIKB kullanılarak greft tespiti sağlanan vakalara göre hastaların ameliyat sonrası muayenesinde yaptıkları pivot shift testinde anlamlı olarak daha iyi stabilite görmüşler fakat her iki grubun Lysholm skorlarının mükemmel olduğunu bildirmişlerdir. Noonan ve ark. (232) SIKB ve AIKB ile tespit yönteminin TG üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, iki senelik takip sonrasında her iki tespit yönteminin klinik sonuçları arasında anlamlı

fark bulamamışlar. AIKB kullanımının FTG'yi azaltmadığı, her iki tespit yönteminde FTG olabileceği görüşünü bildirmişlerdir. Boyle ve ark. (231) yine AIKB ve SIKB'yi kullanarak yaptıkları çalışmada hastaların iki senelik klinik sonuçlarını değerlendirilmiş ve sonuçların benzer olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada AIKB'ler ile yapılan tespitlerde, klinik olarak önemi olmayan bir miktar gevşeme tespit edilmesine karşın tüm hastalar için tek bir ilmek uzunluğu seçilebilmesi, greftin tibial ve femoral tespitleri yapıldıktan sonra greftin tekrar gerilebilmesi gibi avantajlar olduğu bildirilmiştir (238).

Bizim çalışmamızda 24 hastaya SIKB, 18 hastaya AIKB kullanıldı. Femoral tespit sistemi için SIKB ve AIKB kullanımı arasında TG ve klinik sonuçlar açısından anlamlı fark görülmedi.

Literatürdeki çalışmaların çoğu TG'yi esas olarak TT için belirtmiştir (109,188–190). HT ile yapılan ÖÇBR'lerde TG oranı PT otogreftine göre daha yüksek olarak bulunmuştur (191–193). Bunun sebebi hamstring otogreft fiksasyonunun eklem çizgisinden uzakta olmasıdır. Uzak tespit ve esnek fiksasyon materyallerin kullanılmasıyla greftin tünel içerisinde longitudinal yönde mikrohareketi gözlenir. Bu mikrohareket “bungee etkisi” olarak isimlendirilmiştir (12,109,194). Bu yöntem ile fiksasyonda TG primer olarak FT'de görülür (195–197). KPTK grefti kullanılan ÖÇBR'lerde TG'nin sebeplerinden birisi de interferans vidası ve kemik tıkaçın proksimalindeki tünelin daha az strese uğraması ve bu nedenle kemiğin rezorbsiyona uğramasıdır (189,198–200).

Bizim çalışmamızda tüm hastalarımıza otolog HT grefti kullanılmıştır. Bu sebeple greft farklılığının TG'ye etkisine dair bir yorumumuz bulunmamaktadır.

Anatomik açılmayan tüneller greftin interkondiler çentikte sıkışmasına ve greftin üstüne binen yükün artmasına sebep olur. Bu durum greftte lokal strese, lokal stres de tünel girişinde dağılarak tünel etrafındaki kemikte osteolize sebep olur. Ardından TG ve yetmezlik görülür. Uygunsuz tünel pozisyonu yerleşiminin tünel genişleme insidansını artırdığına dair literatürde çalışmalar mevcuttur (13,196,209). Zijl ve ark. yaptıkları çalışmada TT'nin normalden daha anteriora açılmasının TT'de belirgin şekilde genişlemeye yol açacağını radyolojik olarak göstermişlerdir (209). Segawa ve ark. ise FT'de oluşan akut açılanmanın, tünelin anteriorundaki mekanik stresi artırmak suretiyle TG'ye sebep olduğunu göstermişlerdir (196).

Çalışmamızdaki ÖÇBR yapılan hastaların FT ve TT yerleşimi, ÖÇBR sonrasında tünel yerleşimi ölçümünde altın standart haline gelen 3 boyutlu BT görüntüleme (223) ile değerlendirildi. Tünellerin anatomik yerleşimli olup olmadığı 3 boyutlu BT kullanılarak belirlenen kriterlere göre değerlendirildi (224,225). Tüm hastalarımızda FT'nin ve TT'nin anatomik açılmış olduğu bulundu.

Eğer greft tespit materyalleri yeterince sağlam tespit edilmediyse erken dönem fizik tedavi programı yetmezliğe ve TG'ye neden olur. Bir çok çalışma ÖÇBR'den sonra meydana gelen TG'nin ilk 3 ay içerisinde oluşan erken bir fenomen olduğunu savunur (109,188,197,203). Hem hızlandırılmış rehabilitasyon hem de uzamış immobilizasyon TG'ye neden olan faktörlerdendir (239). Murty ve ark. yaptıkları çalışmada 14 vakaya agresif rehabilitasyon ve 14 vakaya 2 haftalık immobilizasyon uygulamış. Bir senelik takip sonrasındaki kontrollerde immobilizasyon uygulanan vakalarda TG'nin anlamlı olarak fazla olduğunu göstermişler, kemik kalitesinin greftin ilk fiksasyonunu açıkça etkilediğini ve cerrahi sonrası kemik yenilenme sürecine tesir ettiğini belirterek muhtemel kemik atrofisi yüzünden ÖÇBR sonrası 2 haftalık immobilizasyonun, TTG ile sonuçlandığını rapor etmişler (240). Breys ile immobilizasyon uygulanan vakalarda TG, sinovyal sıvının tünel içine fazla sızması ya da sızan sıvının uzun süreli olarak tünel ile greft arasında kalmasına bağlı sitokin aktivasyonu ile tünel duvarında lizis oluşturması sonucunda olabilir. Vadala ve ark. (241) yaptıkları çalışmalarında breys kullanan ve breys kullanmayıp agresif rehabilitasyona tabi tutulan hastalar olarak 45 hastayı inceledi. Breys kullanılan hastalarda TT'de %11, FT'de %3; breys kullanılmayan hastalarda TT'de %12, FT'de %10 genişleme bildirmişler ve agresif rehabilitasyon, FT'nin fazla genişlemesi üzerine etkilidir sonucuna ulaşmışlardır. Rehabilitasyon programını belirlemede greftin sağlam ve güvenli fiksasyonu, greftin ligamentizasyon süresi, biyomekanik özellikleri ve hastaya bağlı faktörler dikkate alınmalıdır (27).

Bizim çalışmamızda femoral tespit için AIKB kullanılan hastalara normal fizik tedavi programı, SIKB kullanılan hastalara hızlandırılmış fizik tedavi programı uygulanmıştır. Ameliyat sonrası uygulanan fizik tedavi programları arasında TG ve klinik sonuçlar açısından anlamlı fark görülmedi.

Tibial eğim ortalama 8° olup 0°-18° arasında değişir (242). Artmış posterior tibial eğim TG'nin nedeni olabilir (204). Salmon ve ark. (243) HT grefti ile ÖÇBR

yaptıkları 200 hastanın uzun dönem sonuçlarını değerlendirmiş ve tibial eğim derecesinin fazla olduğu hastalarda ikincil yaralanma oranını daha fazla bulmuşlar. 12°'nin üzerinde tibial eğimi olan hastalarda onbir kat daha fazla TG ve greft yetersizliği olduğunu göstermişlerdir. Hashemi ve ark. (206) da yaptıkları çalışmalarında artmış LPTS'nin nonkontakt ÖÇB yaralanması ve ÖÇBR sonrası TG'ye bağlı greft yetmezliği için risk faktörü olarak göstermişler; bu durumun, artmış tibial eğimin tibianın ön ve iç rotasyon makaslama kuvvetlerinde artışa yol açarak meydana gelebileceğini belirtmişler. Song ve ark. (244) da artmış LPTS'nin diz eklemine ön-arka instabilitesi ile ilişkili olduğunu göstermişler. Webb ve ark. (245) 12°'den fazla lateral tibial eğimin ÖÇBR sonrası TG ve sonucunda greft yetmezliği ile yüksek oranda ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir. Benzer şekilde Christensen ve ark. (205) artmış LPTS'nin erken dönem greft yetmezliğine sebep olabileceği görüşünü sunmuşlar ve revizyon ameliyatları planlanırken düzeltici osteotomiler gerekebileceğini söylemişlerdir (246). Bernhardson ve ark. (247) yaptıkları çalışmalarında ÖÇB greft yüklenmesi ile tibial eğim arasında kuvvetli doğrusal ilişki olduğunu göstermişler. Dejour ve Bonnin (63) 10°'den fazla posterior tibial eğimin 6 mm'den fazla tibianın anteriora translasyonuna sebep olabileceğini belirtmiştir. Posterior tibial eğimi artırmaya yönelik uygulanan osteotomiler anterior tibial translasyona sebep olmakta ve sonuç itibarıyla ÖÇB rüptür riskini artırmaktadır (60). Grassi ve ark. (248) başarısız ÖÇBR'li hastalar ile belgelenmiş bir başarısızlığı olmayan hastalar arasında önemli ölçüde farklılık gösteren birkaç anatomik parametre tanımlanmış. ÖÇBR başarısızlığının en doğru tahmincisi olarak %88 duyarlılık ve %84 özgüllük ile 7.4°'den büyük LPTS olarak belirtmişlerdir. ÖÇB hasarlı hastaların ameliyat öncesi değerlendirmesi sırasında LPTS'nin cerrahlar tarafından ölçülmesini ve 7.4°'den büyük değerleri olan hastaların ÖÇBR başarısızlığı açısından yüksek risk altında olduğunu bilinmesini vurgulamıştır. Yoon ve ark. (249) yaptıkları çalışmada LPTS açısının 3.8°'den büyük olmasını, HT grefti kullanılarak yapılan ÖÇBR'den sonra en az 10 yıllık takipte daha yüksek başarısızlık oranı ile ilişkilendirmiştir.

Biz çalışmamızda LPTS derecesini hem FTG olan grupta hem de TTG olan grupta genişleme olmayan gruba göre anlamlı olarak daha yüksek bulduk. FS3 kullanılarak FTG olan hastaların ortalama LPTS değeri 9.1 ± 3.16 iken FTG olmayan hastaların ortalama LPTS değeri 6 ± 4.01 idi ($p=0.008$). FTG için ölçülen altı değer

ortalaması kullanıldığında FTG olan hastaların ortalama LPTS değeri 8.62 ± 3.53 iken FTG olmayan hastaların ortalama LPTS değeri 5.81 ± 3.94 idi ($p=0.02$). Yapılan ROC analizinde $6^\circ \leq$ LPTS olması %84 sensitivite, %50 spesifiteyle FTG'yi tahmin edebiliyor idi ($p=0.049$). LPTS ile FTG pozitif korelasyon göstermekteydi ($r=0.275$). FTG'nin çoklu lojistik regresyon sonuçlarına göre LPTS bir birim arttığında FTG'nin olma durumu olmama durumuna göre 1.372 kat fazlaydı ve istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0.013$). TC1 kullanılarak TTG olan hastaların ortalama LPTS değeri 8.3 ± 3.64 iken TTG olmayan hastaların ortalama LPTS değeri 4.6 ± 3.61 idi ($p=0.01$). TTG için ölçülen altı değer ortalaması kullanıldığında TTG olan hastaların ortalama LPTS değeri 8.37 ± 3.51 iken TTG olmayan hastaların ortalama LPTS değeri 3.43 ± 3.21 idi ($p=0.001$). Yapılan ROC analizinde $6^\circ \leq$ LPTS olması %82 sensitivite, %85 spesifiteyle ve yüksek bir eğri altında kalan alan ile (AUC 0.8449) TTG'yi tahmin edebiliyor idi ($p<0.001$). LPTS ile TTG pozitif korelasyon göstermekteydi ($r=0.212$). TTG'nin çoklu lojistik regresyon sonuçlarına göre LPTS bir birim arttığında TTG'nin olma durumu olmama durumuna göre 1.525 kat fazlaydı ve istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0.013$). Buna göre ÖÇBR cerrahisi öncesinde LPTS'yi ölçmek, gerekli ise LPTS'yi azaltıcı osteotomi planlama yapılabileceğini ve cerrahi sonrasındaki sonuçları öngörmemizde faydalı olabileceğini düşündürmektedir.

Allogreft kullanımıyla olan tünel genişleme etiyolojisindeki mekanizma konağın grefte karşı yaptığı immünolojik reaksiyona bağlıdır. Fahey ve ark. patellar otogreft ile patellar allogreft kullanarak ÖÇBR yapmış ve retrospektif olarak TG'yi ölçmüşlerdir. Sonuç olarak allogreft kullanılan gruptaki TG'nin istatistiksel olarak daha fazla olduğu gösterilmiş ve bu farktan subklinik immün yanıtın sorumlu olduğu ileri sürülmüştür (199). Fakat bazı çalışmalarda otogreft ve allogreft arasında tünel genişleme insidansında fark bulunamamıştır (199,208–211). Enflamasyon veya antijenik uyarımlar sonucunda sentezlenen sitokinler sıklıkla interlökin 6 (IL-6), interlökin 1 (IL-1), interlökin 8 (IL-8), prostaglandin E2 (PG-E2) ve tümör nekrozis alfa (TNF α)'dır. Yüksek sitokin oranları osteoklastik aktiviteyi artırır ve kemik rezorpsiyonu olur. MRG çalışmaları sinovyal sıvının tünel-greft ara yüzeyine kaçtığını göstermiştir (sinovyal banyo efekti) (110,212,213). Tünel içindeki sinovyal sıvıda artmış sitokin seviyesi osteolize ve sonrasında radyolojik olarak görülebilen TG'ye yol açar (109,110,188,189,212).

Çalışmamızda tüm hastalara HT otogrefti kullanılmıştır. ÖÇBR için seçilen greftlerin TG'ye etkisi hakkında bir yorumumuz bulunmamaktadır.

Leonardi ve ark. (250) 23 hastanın değerlendirip TTG'yi inceledikleri çalışmalarında femoral tespiti çapraz pin, tibial tespiti interferans vidası ile yapmışlar. Ameliyat sonrası 3. ve 6. ayda çekilen direkt grafileri incelemişler. Sonuçta TG'nin ilk 3 ayda hızlı bir şekilde olduğunu, yaklaşık üç ayın sonunda kemik tendon iyileşmesinin büyük oranda oluştuğunu ve TG'nin bu zaman zarfından sonra da devam ettiği için rekonstrüksiyonda kullanılan greftin tünel içindeki salınımının tek başına bir risk faktörü olmadığını, greft ile tünel arasına yavaşça sıızan sinovyal sıvının da sitokinlerin sebep olduğu inflamasyonla TG'ye neden olabileceğini öne sürmüşlerdir. Dave ve ark. (251) TT fiksasyonunun FTG'ye ve TTG'ye etkisini araştırmışlar. Tüm cerrahileri transtibial teknik kullanarak yapmışlar. Tibial tespiti bir grupta interferans vidası ile diğer grupta U çivisiyle, femoral tespiti her iki grupta SIKB ile yapmışlar. 5 yıllık takip sonrasında FTG'yi TTG'den daha fazla bulmuşlar. Ayrıca TTG'yi, interferans vidasıyla tespit yapılan grupta daha fazla bulmuşlar. Ancak bu farkların istatistiki olarak klinik sonuçları etkilemediğini söylemişler. Sonuçlarını, transıtibial teknikte oluşturulan FT'nin TT'den daha uzun ve dik olması sebebiyle greftin FT'de "bungee etkisi" hareketiyle daha fazla genişlemeye neden olabileceğine bağlamışlar. HT grefti kullanılarak SIKB tekniği ile yapılan ÖÇB rekonstrüksiyonları sonrasında meydana gelen TTG birçok çalışmada gösterilmiştir. Buna bağlı olarak birçok cerrah, hamstring grefti ile ÖÇBR'de interferans vidası ile fiksasyona yönelmiştir (5,252). Fauno ve Kaalund (253) TTG'yi değerlendirmek için bir grupta tibial fiksasyon için interferans vidası, femoral fiksasyon için Transfix™ (Arthex, Naples) kullandıkları; diğer bir grupta ise tibial fiksasyon için "spiked washer" (ekstrakortikal tespit), femoral fiksasyon için SIKB kullandıkları hastaları karşılaştırmışlar. "Spiked washer" ve SIKB kullanılarak eklemden uzak bir şekilde yaptıkları fiksasyonlarda TTG'yi daha fazla bulmuşlardır. Buelow ve ark. (254) HT grefti ile yaptıkları ÖÇBR'lerde, bir grup hastada femoral ve tibial tespit için interferans vidası (intrakortikal tespit), diğer grupta ise tibial tespit için "spiked washer" (ekstrakortikal tespit), femoral tespit için SIKB kullanmışlardır. Ekstrakortikal tespit yapılan grupta TTG insidansının 6. ayda %47, 24. ayda %45, intrakortikal tespit yapılan grupta TTG insidansının 6. ve 24. ayda

%0 olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak ekstrakortikal tespit yapılan hastalarda anlamlı miktarda TTG olduğu bulunmuştur.

Bizim çalışmamızda tibial tespit tüm hastalarda interferans vidası ve U çivisi kombinasyonu kullanılarak yapıldığından tibial tespit materyallerinin TG'ye etkisi hakkında yorumumuz bulunmamaktadır.

15-20 yıl öncesine kadar transtibial teknik, ÖÇBR'de en popüler ve neredeyse evrensel olarak kullanılan teknik idi. Fakat bu teknikte FT yerleşimi, ÖÇB normal lokalizasyonunun superioru ve anterioruna denk gelmektedir. Dolayısıyla ÖÇB ayak izine FT açılması mümkün değildir (255,256). Anteromedial portal teknik ile transtibial teknik biyomekanik sonuçları açısından karşılaştırıldıklarında anteromedial portal teknik lachman, ön çekmece ve pivot shift gibi instabilite testlerinde daha başarılı, TG insidansının daha az olduğu bulunmuş fakat anlamlı bir fark oluşturmamıştır (257,258).

Çalışmamızda tüm hastalara anatomik yerleşimli ÖÇBR uygulanmış olup farklı tünel açma tekniklerinin TG'ye etkisine dair bir yorumumuz bulunmamaktadır.

Birçok çalışma FTU arttıkça TG'nin azalacağını belirtmiş olsa da tek başına FTU yanıtıcı ve çelişkili sonuçlar doğurmuştur. Fırat ve ark. FT'deki greftin üzerindeki boşluk (çalışmalarında tavan aralığının yüksekliği olarak tanımlanmıştır) ile FTG arasında pozitif bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir (259). Moon ve ark. yaptıkları çalışmada FTU, GYTU ve rekonstrüksiyon sonrası greftin FT'de kalan uzunluğu ile FTG ve TTG ilişkisini değerlendirmiş olup, buna göre önemli olan FTU ve GYTU beraber değerlendirilip greftin hazırlanan tünele tam olarak yerleşmesidir. Ayrıca diğer uzunluklardan bağımsız olarak greftin FT'deki uzunluğu ile hem TTG hem de FTG arasında negatif korelasyon olduğu gösterilmiştir (260).

Çalışmamızda FTU'nun ve GYTU'nun ayrı ayrı değerlendirildiğinde TG ve klinik sonuçlar üzerine etkisiz olduğu görüldü. Çalışmamızın kısıtlı yönlerinden biri olarak ameliyat sonrası greftin FT'deki uzunluğunu değerlendirebilmek ve greftin hazırlanan tünele tam oturup oturmadığını görebilmek için yeterli sayıda ameliyat sonrası MRG olmaması, var ise de MRG'lerin standartize olmaması olarak söyleyebiliriz.

Ahlden ve ark. (261) HT otogreftiyle ÖÇBR yaptıkları hastalarının 2 senelik takiplerinde, erkek ve kadın hastalar arasında fonksiyonel skorlamalarda ve klinik

sonuçlarda fark olmadığını gözlemlemişlerdir. Kobayashi ve ark. (262) tünel genişlemelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, özellikle femurda olmak üzere 18 kadının 10'unda, 12 erkeğin yalnızca 1'inde TG'yi göstermişlerdir.

Çalışmamızda LPTS'nin kadınlarda daha fazla olduğu görüldü. TG de kadınlarda oransal olarak daha fazla olmasına rağmen cinsiyetler arasındaki bu fark anlamlı değildi.

ÖÇB ve medial menisküsün yapısal ve fonksiyonel bağımlılıkları çokça çalışmada araştırılmıştır (263). Allen ve ark. (264) ÖÇB rüptürü sonrasında medial menisküs üzerindeki kuvvetlerin %200 arttığını bildirmişler. Başka bir çalışmada da ÖÇBR ile birlikte medial menisektomi yapıldığında greft üzerindeki kuvvetlerin %33-50 arttığı görülmüştür (265). Shelbourne ve Gray (266) ÖÇBR yapılan hastaların IKDC skorlamalarını değerlendirmişler ve sağlam menisküsü olan hastaların %87'sinde, total ya da parsiyel lateral menisektomi yapılan hastaların %70'inde, total ya da parsiyel medial menisektomi yapılan hastaların %63'ünde, tüm menisküsleri eksize edilen hastaların ise %60'ında normal veya normale yakın sonuçlar bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise Melto ve ark. (267) ortalama 12 senelik takip sonrasında menisküs onarımı yapılan hastaların IKDC skorlamasını menisektomi yapılan hastalara göre 14 puan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda ÖÇB yaralanması ile beraber menisküs yaralanması olan hastalarda aynı seansta ÖÇBR ve parsiyel menisektomi yapılan hastalar ile aynı seansta ÖÇBR ve menisküs onarımı yapılan hastaları FTG ve TTG açısından karşılaştırdık. İki grup arasında TG ve klinik sonuçlar açısından anlamlı bir fark saptanmadı.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

TG, ÖÇBR sonrası görülebilen istenmeyen bir komplikasyondur. Çalışmamızda TG'yi öngören risk faktörlerini ve TG'nin klinik sonuçlara etkisini inceledik. LPTS'nin, TG olan hastalarda TG olmayan hastalara göre anlamlı olarak daha yüksek olduğunu bulduk. LPTS'nin TG ile ilgili cutoff değerini 6° olarak saptadık. LPTS'nin 6°'nin üzerinde olması yüksek sensitivite ve spesifiteyle hem FTG'yi hem de TTG'yi tahmin edebilmekteydi ve her ikisiyle pozitif korelasyon göstermekte idi. LPTS'nin kadınlarda, erkeklere kıyasla daha fazla olduğunu gördük, bu sebeple kadın hastalarda TG açısından daha dikkatli olunmasını önermekteyiz.

LPTS'nin 6°'nin üzerinde olduğu olgularda TG olasılığı yüksek olduğu için ameliyat öncesi dönemde hasta bu durum hakkında bilgilendirilmelidir. ÖÇBR yapılacak hastaların ameliyat öncesi değerlendirmesinde LPTS'ye daha fazla dikkat edilmeli ve gerekli ise LPTS'yi azaltıcı osteotomiler planlamaya dahil edilmelidir.

FTG'nin ve TTG'nin, ameliyat sonrası hastaların klinik durumunun değerlendirildiği fonksiyonel skorlamalara etkisiz olduğu görüldü.

KAYNAKLAR

1. Groves EH. Operation for the repair of the crucial ligaments. *Lancet*. 1917;190(4914):674–6.
2. Campbell WC. Reconstruction of the ligaments of the knee. *Am J Surg*. 1939;43(2):473–80.
3. Jones KG. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: a technique using the central one-third of the patellar ligament. *JBJS*. 1963;45(5):925–32.
4. Brückner H. A new method for plastic surgery of cruciate ligaments. *Chirurg*. 1966;37(9):413–4.
5. Kurosaka M, Yoshiya S, Andrish JT. A biomechanical comparison of different surgical techniques of graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1987;15(3):225–9.
6. Girgis FG, Marshall JL, Al Monajem ARS. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *ClinOrthop*. 1975;No. 106(106):216–31.
7. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67(2):257–62.
8. Akmeşe R, Özbek EA. Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu tünel yerleşiminde anatomik noktalar ve uzak anteromedial portal. *TOTBID Derg [Internet]*. 2020;19(4). Available from: <https://dergi.citius.technology/Journal/PView/16966/totbid-dergi>
9. Shaerf DA. Anterior cruciate ligament reconstruction best practice: A review of graft choice. *World J Orthop [Internet]*. 2014;5(1):23. Available from: <http://www.wjgnet.com/2218-5836/full/v5/i1/23.htm>
10. Klein JP, Lintner DM, Downs D, Vavrenka K. The incidence and significance of femoral tunnel widening after quadrupled hamstring anterior cruciate ligament reconstruction using femoral cross pin fixation. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2003;19(5):470–6.
11. Rodeo SA, Kawamura S, Kim H-J, Dynybil C, Ying L. Tendon healing in a bone tunnel differs at the tunnel entrance versus the tunnel exit: an effect of graft-tunnel motion? *Am J Sports Med*. 2006;34(11):1790–800.
12. Hoher J. Early stress causes graft-tunnel motion in hamstring grafts. *Trans*

- Orthop Res Soc. 1998;23:44.
13. Choi N-H, Lee S-J, Park S-C, Victoroff BN. Comparison of postoperative tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstructions between anatomic and nonanatomic femoral tunnels. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2020;36(4):1105–11.
 14. P. Colombet, M. Allard, V. Bousquet, C. De Lavigne PHF. The History of ACL Surgery. *Bordeaux-Mérignac Cent Orthop Sport Surg.*
 15. Groves EWH. The crucial ligaments of the knee-joint: Their function, rupture, and the operative treatment of the same. *Br J Surg.* 1919;7(28):505–15.
 16. Miller RH. Knee Injuries. *Anatomy. Campbell's Oper Orthop.* :2165–337.
 17. Arnold JA, Coker TP, Heaton LM, Park JP, Harris WD. Natural history of anterior cruciate tears. *Am J Sports Med.* 1979;7(6):305–13.
 18. Watanabe M, Takeda S, Ikeuchi H. *Atlas of arthroscopy.* Springer; 1969.
 19. Sebik A. Ön çapraz bağ yaralanmalarının tedavisinde tarihsel gelişim. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 1999;33(5):363–8.
 20. McGinty JB, Burkhart SS. *Operative arthroscopy.* Lippincott Williams & Wilkins; 2003. 456–567 p.
 21. Mott HW. Semitendinosus anatomic reconstruction for cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;(172):90–2.
 22. Marcacci M, Molgora AP, Zaffagnini S, Vascellari A, Iacono F, Presti M Lo. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2003;19(5):540–6.
 23. Chambat P, Guier C, Sonnery-Cottet B, Fayard J-M, Thaunat M. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty years. *Int Orthop.* 2013;37(2):181–6.
 24. Kondo E, Merican AM, Yasuda K, Amis AA. Biomechanical comparison of anatomic double-bundle, anatomic single-bundle, and nonanatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2011;39(2):279–88.
 25. Mérida-Velasco JA, Sánchez-Montesinos I, Espín-Ferra J, Mérida-Velasco JR, Rodríguez-Vázquez JF, Jiménez-Collado J. Development of the human knee joint ligaments. *Anat Rec.* 1997;248(2):259–68.

26. Amiel D, Frank C, Harwood F, Fronek J, Akeson W. Tendons and ligaments: a morphological and biochemical comparison. *J Orthop Res.* 1983;1(3):257–65.
27. Tandoğan R. Ön çapraz bağ cerrahisi. Ed N Reha Tandoğan, Spor Yaralanmaları Artroskopisi ve Diz Cerrahisi Derneği Yayınları, Sim Matbaası Ankara. 2002;71–182.
28. Ellison AE, Berg EE. Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am.* 1985;16(1):3–14.
29. Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(2):260–7.
30. Kopf S, Musahl V, Tashman S, Szczodry M, Shen W, Fu FH. A systematic review of the femoral origin and tibial insertion morphology of the ACL. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2009;17(3):213–9.
31. Fox AE, Johnson DS. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. *JBJS.* 2005;87(8):1882–3.
32. Junqueira LC. Arneiro j, Kelley RO. Basic Histology. Prentice Hall International inc London; 1995.
33. 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.
34. Hogervorst TOM, Brand RA. Current concepts review-mechanoreceptors in joint function. *JBJS.* 1998;80(9):1365–78.
35. Tooms RE. Arthroplasty of ankle and knee. Campbell's Oper Orthop Seventh Ed vol Two, ed AH Crenshaw,(St Louis, Washington, DC, Toronto CV Mosby Co 1987). 1992;1145–52.
36. Hürel C, Gürbüz Ç. ÖÇB'nin Anatomi ve Biomekanik Özellikleri ve Diz Kinematikindeki Rolü. *Acta Orthop Trauma Turc.* 1999;33–5.
37. Burstein AH. Basic biomechanics. *Surg knee.* 2001;1:215–31.
38. Tandoğan NR. Klinik Diz Biyomekanik ve Diz Cerrahisi Kitabı. Tandoğan NK Alpaslan AM Haberal Eğitim Vakfı. 1999;157–81.
39. Jackson DW, Corsetti J, Simon TM. Biologic incorporation of allograft

- anterior cruciate ligament replacements. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;324:126–33.
40. Indelli PF, Dillingham M, Fanton G, Schurman DJ. Septic arthritis in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;398:182–8.
 41. Shearn JT, Grood ES, Noyes FR, Levy MS. Two-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: how bundle tension depends on femoral placement. *JBJS*. 2004;86(6):1262–70.
 42. Kapandji IA. Volume 2 The lower limb (Churchill Livingstone, Edinburgh). In: *The physiology of the joints*. 1970.
 43. Sapega AA, Moyer RA, Schneck C, Komalahiranya N. Testing for isometry during reconstruction of the anterior cruciate ligament. Anatomical and biomechanical considerations. *JBJS*. 1990;72(2):259–67.
 44. Cabaud HE. Biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res*. 1983;(172):26–31.
 45. U.Insall-Scott: *Surgery of the Knee*. 2005. 607–712 p.
 46. Dragoo JL, Castillo TN, Braun HJ, Ridley BA, Kennedy AC, Golish SR. Prospective correlation between serum relaxin concentration and anterior cruciate ligament tears among elite collegiate female athletes. *Am J Sports Med*. 2011;39(10):2175–80.
 47. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, Garrett WE. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*. 2000;23(6):573–8.
 48. DeMorat G, Weinhold P, Blackburn T, Chudik S, Garrett W. Aggressive quadriceps loading can induce noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*. 2004;32(2):477–83.
 49. Meyer EG, Baumer TG, Slade JM, Smith WE, Haut RC. Tibiofemoral contact pressures and osteochondral microtrauma during anterior cruciate ligament rupture due to excessive compressive loading and internal torque of the human knee. *Am J Sports Med*. 2008;36(10):1966–77.
 50. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med*. 2009;37(2):252–9.
 51. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate

- basketball and soccer: NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med.* 1995;23(6):694–701.
52. Orchard JW, Chivers I, Aldous D, Bennell K, Seward H. Rye grass is associated with fewer non-contact anterior cruciate ligament injuries than bermuda grass. *Br J Sports Med.* 2005;39(10):704–9.
 53. Ruedl G, Ploner P, Linortner I, Schranz A, Fink C, Patterson C, et al. Interaction of potential intrinsic and extrinsic risk factors in ACL injured recreational female skiers. *Int J Sports Med.* 2011;32(8):618–22.
 54. Pope RP. Rubber matting on an obstacle course causes anterior cruciate ligament ruptures and its removal eliminates them. *Mil Med.* 2002;167(4):355–8.
 55. Souryal TO, Freeman TR. Intercondylar notch size and anterior cruciate ligament injuries in athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 1993;21(4):535–9.
 56. Everhart JS, Flanigan DC, Simon RA, Chaudhari AMW. Association of noncontact anterior cruciate ligament injury with presence and thickness of a bony ridge on the anteromedial aspect of the femoral intercondylar notch. *Am J Sports Med.* 2010;38(8):1667–73.
 57. Simon RA, Everhart JS, Nagaraja HN, Chaudhari AM. A case-control study of anterior cruciate ligament volume, tibial plateau slopes and intercondylar notch dimensions in ACL-injured knees. *J Biomech.* 2010;43(9):1702–7.
 58. Beynnon BD, Hall JS, Sturnick DR, DeSarno MJ, Gardner-Morse M, Tourville TW, et al. Increased slope of the lateral tibial plateau subchondral bone is associated with greater risk of noncontact ACL injury in females but not in males: a prospective cohort study with a nested, matched case-control analysis. *Am J Sports Med.* 2014;42(5):1039–48.
 59. Vyas S, Van Eck CF, Vyas N, Fu FH, Otsuka NY. Increased medial tibial slope in teenage pediatric population with open physes and anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2011;19(3):372–7.
 60. Pfeifer CE, Beattie PF, Sacko RS, Hand A. Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther.* 2018;13(4):575.

61. Chappell JD, Creighton RA, Giuliani C, Yu B, Garrett WE. Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: risks for noncontact anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2007;35(2):235–41.
62. Viskontas DG, Giuffre BM, Duggal N, Graham D, Parker D, Coolican M. Bone bruises associated with ACL rupture: correlation with injury mechanism. *Am J Sports Med.* 2008;36(5):927–33.
63. Dejour H, Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76(5):745–9.
64. Raschner C, Platzer HP, Patterson C, Werner I, Hildebrandt C. The relationship between ACL injuries and physical fitness in junior austrian alpine ski racers—a 10 year longitudinal study. *Br J Sports Med.* 2011;45(4):310–1.
65. Khayambashi K, Ghoddosi N, Straub RK, Powers CM. Hip muscle strength predicts noncontact anterior cruciate ligament injury in male and female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2016;44(2):355–61.
66. 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;99(5):571–5.
67. Tainaka K, Takizawa T, Kobayashi H, Umimura M. Limited hip rotation and non-contact anterior cruciate ligament injury: A case–control study. *Knee.* 2014;21(1):86–90.
68. O’Connell K, Knight H, Ficek K, Leonska-Duniec A, Maciejewska-Karlowska A, Sawczuk M, et al. Interactions between collagen gene variants and risk of anterior cruciate ligament rupture. *Eur J Sport Sci.* 2015;15(4):341–50.
69. Posthumus M, Collins M, Van Der Merwe L, O’cuinneagain D, Van Der Merwe W, Ribbans WJ, et al. Matrix metalloproteinase genes on chromosome 11q22 and the risk of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Scand J Med Sci Sports.* 2012;22(4):523–33.
70. SL T. Ortopedi ilkeleri ve uygulamaları. Ankara: Yargıçoğlu Matbaası. 1980;1190–9.

71. Almekinders LC, Chiavetta JB, Clarke JP. Radiographic evaluation of anterior cruciate ligament graft failure with special reference to tibial tunnel placement. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 1998;14(2):206–11.
72. Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical I diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med*. 1976;4(2):84–93.
73. Strobel M, Stedtfeld H-W. Diagnostic evaluation of the knee. Springer; 1990.
74. Turan A. Ön çapraz bağ yaralanmasının tedavisinde endikasyonlar; Hasta seçimi. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 1999;33:385–8.
75. Weiler A, Hoffmann RFG, Siepe CJ, Kolbeck SF, Südkamp NP. The influence of screw geometry on hamstring tendon interference fit fixation. *Am J Sports Med*. 2000;28(3):356–9.
76. Jacobsen K. Stress radiographical measurement of the anteroposterior, medial and lateral stability of the knee joint. *Acta Orthop Scand*. 1976;47(3):335–44.
77. Galway RD. A clinical sign of symptomatic anterior cruciate insufficiency. *J Bone Jt Surg*. 1972;54:763.
78. Galway HR, MacIntosh DL. The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res*. 1980;(147):45–50.
79. Slocum DB, James SL, Larson RL, Singer KM. Clinical test for anterolateral rotary instability of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 1976;(118):63–9.
80. Sisk TD. Knee injuries. In: Crenshaw AH (ed.) *Campbell's Operative Orthopaedics*. St. Louis. CV Mosby Company; 1987. p. 2331–2.
81. Mink JH, Deutsch AL, Kerr R. Tendon injuries of the lower extremity: magnetic resonance assessment. *Top Magn Reson imaging TMRI*. 1991;3(4):23–38.
82. Andersson C, Odensten M, Gillquist J. Knee function after surgical or nonsurgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament: a randomized study with a long-term follow-up period. *Clin Orthop Relat Res*. 1991;(264):255–63.
83. Daniel DM, Stone ML, Barnett P, Sachs R. Use of the quadriceps active test to diagnose posterior cruciate-ligament disruption and measure posterior laxity of the knee. *JBJS*. 1988;70(3):386–91.
84. Balasch H, Schiller M, Friebe H, Hoffmann F. Evaluation of anterior knee

- joint instability with the Rolimeter A test in comparison with manual assessment and measuring with the KT-1000 arthrometer. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 1999;7(4):204–8.
85. Siebold R, Fu FH. Assessment and augmentation of symptomatic anteromedial or posterolateral bundle tears of the anterior cruciate ligament. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2008;24(11):1289–98.
 86. Kosaka M, Nakase J, Toratani T, Ohashi Y, Kitaoka K, Yamada H, et al. Oblique coronal and oblique sagittal MRI for diagnosis of anterior cruciate ligament tears and evaluation of anterior cruciate ligament remnant tissue. *Knee.* 2014;21(1):54–7.
 87. Lee JK, Yao L, Phelps CT, Wirth CR, Czajka J, Lozman J. Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. *Radiology.* 1988;166(3):861–4.
 88. Vahey TN, Broome DR, Kayes KJ, Shelbourne KD. Acute and chronic tears of the anterior cruciate ligament: differential features at MR imaging. *Radiology.* 1991;181(1):251–3.
 89. Meuffels DE, Favejee MM, Vissers MM, Heijboer MP, Reijman M, Verhaar JAN. Ten year follow-up study comparing conservative versus operative treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched-pair analysis of high level athletes. *Br J Sports Med.* 2009;43(5):347–51.
 90. Seitz H, Chrysopoulos A, Egkher E, Mousavi M. Long-term results of replacement of the anterior cruciate ligament in comparison with conservative therapy. *Chirurg.* 1994;65(11):992–8.
 91. Smith TO, Postle K, Penny F, McNamara I, Mann CJ V. Is reconstruction the best management strategy for anterior cruciate ligament rupture? A systematic review and meta-analysis comparing anterior cruciate ligament reconstruction versus non-operative treatment. *Knee.* 2014;21(2):462–70.
 92. van Yperen DT, Reijman M, van Es EM, Bierma-Zeinstra SMA, Meuffels DE. Twenty-year follow-up study comparing operative versus nonoperative treatment of anterior cruciate ligament ruptures in high-level athletes. *Am J Sports Med.* 2018;46(5):1129–36.
 93. Wittenberg RH, Oxford HU, Plafki C. A comparison of conservative and delayed surgical treatment of anterior cruciate ligament ruptures. *Int Orthop.*

- 1998;22(3):145–8.
94. Harris KP, Driban JB, Sitler MR, Cattano NM, Balasubramanian E, Hootman JM. Tibiofemoral osteoarthritis after surgical or nonsurgical treatment of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review. *J Athl Train.* 2017;52(6):507–17.
 95. Lai CCH, Ardern CL, Feller JA, Webster KE. Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. *Br J Sports Med.* 2018;52(2):128–38.
 96. Levy AS, Meier SW. Approach to cartilage injury in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Orthop Clin.* 2003;34(1):149–67.
 97. Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with nonoperative treatment after anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2000;8(2):76–82.
 98. Fitzgerald GK, Childs JD, Ridge TM, Irrgang JJ. Agility and perturbation training for a physically active individual with knee osteoarthritis. *Phys Ther.* 2002;82(4):372–82.
 99. Logerstedt D, Snyder-Mackler L, Axe MJ. Knee Function Following Perturbation Training In Potential Copers And Noncopers. *Med Sci Sport Exerc.* 2009;41(5):353.
 100. Neuman P, Kostogiannis I, Fridén T, Roos H, Dahlberg LE, Englund M. Patellofemoral osteoarthritis 15 years after anterior cruciate ligament injury—a prospective cohort study. *Osteoarthr Cartil.* 2009;17(3):284–90.
 101. Papageorgiou CD, Ma CB, Abramowitch SD, Clineff TD, Woo SLY. A multidisciplinary study of the healing of an intraarticular anterior cruciate ligament graft in a goat model. *Am J Sports Med.* 2001;29(5):620–6.
 102. Goradia VK, Rochat MC, Kida M, Grana WA. Natural history of a hamstring tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction in a sheep model. *Am J Sports Med.* 2000;28(1):40–6.
 103. Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee. 1984;

104. Woo SL-Y, Hollis JM, Adams DJ, Lyon RM, Takai S. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex: the effects of specimen age and orientation. *Am J Sports Med.* 1991;19(3):217–25.
105. Cooper DE. Biomechanical properties of the central third patellar tendon graft: effect of rotation. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 1998;6(1):S16–9.
106. Hamner DL, Brown CH, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *JBJS.* 1999;81(4):549–57.
107. Brand JC, Pienkowski D, Steenlage E, Hamilton D, Johnson DL, Caborn DNM. Interference screw fixation strength of a quadrupled hamstring tendon graft is directly related to bone mineral density and insertion torque. *Am J Sports Med.* 2000;28(5):705–10.
108. Aga C, Rasmussen MT, Smith SD, Jansson KS, LaPrade RF, Engebretsen L, et al. Biomechanical comparison of interference screws and combination screw and sheath devices for soft tissue anterior cruciate ligament reconstruction on the tibial side. *Am J Sports Med.* 2013;41(4):841–8.
109. Höher J, Möller HD, Fu FH. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction: fact or fiction? *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 1998;6(4):231–40.
110. Clatworthy MG, Annear P, Bulow J-U, Bartlett RJ. Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation of hamstring and patella tendon grafts. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 1999;7(3):138–45.
111. Lubowitz JH, Schwartzberg R, Smith P. Cortical suspensory button versus aperture interference screw fixation for knee anterior cruciate ligament soft-tissue allograft: a prospective, randomized controlled trial. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2015;31(9):1733–9.
112. Prodromos CC, Joyce BT, Shi K, Keller BL. A meta-analysis of stability after anterior cruciate ligament reconstruction as a function of hamstring versus patellar tendon graft and fixation type. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2005;21(10):1202-e1.

113. Pinczewski LA, Lyman J, Salmon LJ, Russell VJ, Roe J, Linklater J. A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *Am J Sports Med.* 2007;35(4):564–74.
114. Weiler A, Peine R, Pashmineh-Azar A, Abel C, Südkamp NP, Hoffmann RFG. Tendon healing in a bone tunnel. Part I: Biomechanical results after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2002;18(2):113–23.
115. Brown JR CH, Hecker AT, Hipp JA, Myers ER, Hayes WC. The biomechanics of interference screw fixation of patellar tendon anterior cruciate ligament grafts. *Am J Sports Med.* 1993;21(6):880–6.
116. Black KP, Saunders MM, Stube KC, Moulton MJR, Jacobs CR. Effects of interference fit screw length on tibial tunnel fixation for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2000;28(6):846–9.
117. Stadelmaier DM, Lowe WR, Ilahi OA, Noble PC, Kohl HW. Cyclic pull-out strength of hamstring tendon graft fixation with soft tissue interference screws. *Am J Sports Med.* 1999;27(6):778–83.
118. Kohn D, Rose C. Primary stability of interference screw fixation: Influence of screw diameter and insertion torque. *Am J Sports Med.* 1994;22(3):334–8.
119. Mascarenhas R, Saltzman BM, Sayegh ET, Verma NN, Cole BJ, Bush-Joseph C, et al. Bioabsorbable versus metallic interference screws in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2015;31(3):561–8.
120. Harilainen A, Sandelin J. A prospective comparison of 3 hamstring ACL fixation devices—Rigidfix, BioScrew, and Intrafix—randomized into 4 groups with 2 years of follow-up. *Am J Sports Med.* 2009;37(4):699–706.
121. Zantop T, Weimann A, Wolle K, Musahl V, Langer M, Petersen W. Initial and 6 weeks postoperative structural properties of soft tissue anterior cruciate ligament reconstructions with cross-pin or interference screw fixation: an in vivo study in sheep. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2007;23(1):14–20.
122. Ahmad CS, Gardner TR, Groh M, Arnouk J, Levine WN. Mechanical properties of soft tissue femoral fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2004;32(3):635–40.

123. Ibrahim SAR, Abdul Ghafar S, Marwan Y, Mahgoub AM, Al Misfer A, Farouk H, et al. Intratunnel versus extratunnel autologous hamstring double-bundle graft for anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of 2 femoral fixation procedures. *Am J Sports Med.* 2015;43(1):161–8.
124. Frosch S, Rittstieg A, Balcarek P, Walde TA, Schüttrumpf JP, Wachowski MM, et al. Bioabsorbable interference screw versus bioabsorbable cross pins: influence of femoral graft fixation on the clinical outcome after ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2012;20(11):2251–6.
125. Stengel D, Casper D, Bauwens K, Ekkernkamp A, Wich M. Bioresorbable pins and interference screws for fixation of hamstring tendon grafts in anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2009;37(9):1692–8.
126. Volpi P, Marinoni L, Bait C, Galli M, De Girolamo L. Tibial fixation in anterior cruciate ligament reconstruction with bone–patellar tendon–bone and semitendinosus-gracilis autografts: a comparison between bioabsorbable screws and bioabsorbable cross-pin fixation. *Am J Sports Med.* 2009;37(4):808–12.
127. Lee YS, Ahn JH, Kim JG, Park JH, Park JW, Kim C-B, et al. Analysis and prevention of intra-operative complications of TransFix fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2008;16(7):639–44.
128. Choi N-H, Son K-M, Yoo S-Y, Victoroff BN. Femoral tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction with bioabsorbable transfix. *Am J Sports Med.* 2012;40(2):383–7.
129. Price R, Stoney J, Brown G. Prospective randomized comparison of endobutton versus cross-pin femoral fixation in hamstring anterior cruciate ligament reconstruction with 2-year follow-up. *ANZ J Surg.* 2010;80(3):162–5.
130. Rose T, Hepp P, Venus J, Stockmar C, Josten C, Lill H. Prospective randomized clinical comparison of femoral transfixation versus bioscrew fixation in hamstring tendon ACL reconstruction—a preliminary report. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2006;14(8):730–8.

131. Bartlett RJ, Clatworthy MG, Nguyen TN V. Graft selection in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83(5):625–34.
132. Barrow AE, Pilia M, Guda T, Kadrmas WR, Burns TC. Femoral suspension devices for anterior cruciate ligament reconstruction: do adjustable loops lengthen? *Am J Sports Med.* 2014;42(2):343–9.
133. Johnson JS, Smith SD, LaPrade CM, Turnbull TL, LaPrade RF, Wijdicks CA. A biomechanical comparison of femoral cortical suspension devices for soft tissue anterior cruciate ligament reconstruction under high loads. *Am J Sports Med.* 2015;43(1):154–60.
134. Petre BM, Smith SD, Jansson KS, de Meijer P-P, Hackett TR, LaPrade RF, et al. Femoral cortical suspension devices for soft tissue anterior cruciate ligament reconstruction: a comparative biomechanical study. *Am J Sports Med.* 2013;41(2):416–22.
135. Singhatat W, Lawhorn KW, Howell SM, Hull ML. How four weeks of implantation affect the strength and stiffness of a tendon graft in a bone tunnel: a study of two fixation devices in an extraarticular model in ovine. *Am J Sports Med.* 2002;30(4):506–13.
136. Herickhoff PK, Safran MR, Yung P, Chan K-M. Pros and Cons of Different ACL Graft Fixation Devices. In: *Controversies in the Technical Aspects of ACL Reconstruction.* Springer; 2017. p. 277–88.
137. Kim M-K, Lee B-C, Park J-H. Anatomic single bundle anterior cruciate ligament reconstruction by the two anteromedial portal method: the comparison of transportal and transtibial techniques. *Knee Surg Relat Res.* 2011;23(4):213.
138. Basdekis G, Abisafi C, Christel P. Effect of knee flexion angle on length and orientation of posterolateral femoral tunnel drilled through anteromedial portal during anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2009;25(10):1108–14.
139. Nakamura M, Deie M, Shibuya H, Nakamae A, Adachi N, Aoyama H, et al. Potential risks of femoral tunnel drilling through the far anteromedial portal: a cadaveric study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2009;25(5):481–7.
140. Nakamae A, Ochi M, Adachi N, Deie M, Nakasa T, Kamei G, et al. Far anteromedial portal technique for posterolateral femoral tunnel drilling in

- anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2014;22(1):181–7.
141. Alavekios D, Peterson A, Patton J, McGarry MH, Lee TQ. The relation between knee flexion angle and anterior cruciate ligament femoral tunnel characteristics: a cadaveric study comparing a standard and a far anteromedial portal. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2014;30(11):1468–74.
 142. Jeon YS, Choi SW, Park JH, Yoon JS, Shin JS, Kim MK. Mid-term outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction with far anteromedial portal technique. *Knee Surg Relat Res.* 2017;29(1):19.
 143. Silver AG, Kaar SG, Grisell MK, Reagan JM, Farrow LD. Comparison between rigid and flexible systems for drilling the femoral tunnel through an anteromedial portal in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2010;26(6):790–5.
 144. Ilahi OA, Ventura NJ, Qadeer AA. Femoral tunnel length: accessory anteromedial portal drilling versus transtibial drilling. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2012;28(4):486–91.
 145. Tsubosaka M, Matsushita T, Kuroda R, Matsumoto T, Kurosaka M. Pseudoaneurysm of the articular branch of the descending genicular artery following double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2017;25(9):2721–4.
 146. Hutchinson MR, Ash SA. Resident’s ridge: assessing the cortical thickness of the lateral wall and roof of the intercondylar notch. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2003;19(9):931–5.
 147. Fu FH, Jordan SS. The lateral intercondylar ridge—a key to anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *LWW*; 2007.
 148. Pearle AD, McAllister D, Howell SM. Rationale for Strategic Graft Placement in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: IDEAL Femoral Tunnel Position. *Am J Orthop (Belle Mead, NJ).* 2015;44(6):253.
 149. 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;23(11):3143–50.

150. Sasaki N, Ishibashi Y, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Mizukami H, et al. The femoral insertion of the anterior cruciate ligament: discrepancy between macroscopic and histological observations. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2012;28(8):1135–46.
151. Pathare NP, Nicholas SJ, Colbrunn R, McHugh MP. Kinematic analysis of the indirect femoral insertion of the anterior cruciate ligament: implications for anatomic femoral tunnel placement. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2014;30(11):1430–8.
152. Amis AA, Jakob RP. Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 1998;6(1):S2–12.
153. Hefzy MS, Grood ES, Noyes FR. Factors affecting the region of most isometric femoral attachments: Part II: The anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med*. 1989;17(2):208–16.
154. Markolf KL, Park S, Jackson SR, McAllister DR. Contributions of the posterolateral bundle of the anterior cruciate ligament to anterior-posterior knee laxity and ligament forces. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2008;24(7):805–9.
155. Markolf KL, Park S, Jackson SR, McAllister DR. Anterior-posterior and rotatory stability of single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *JBJS*. 2009;91(1):107–18.
156. Jacobsen K. Area intercondylaris tibiae: Osseous surface structure and its relation to soft tissue structures and applications to radiography. *J Anat*. 1974;117(Pt 3):605.
157. Kusano M, Yonetani Y, Mae T, Nakata K, Yoshikawa H, Shino K. Tibial insertions of the anterior cruciate ligament and the anterior horn of the lateral meniscus: a histological and computed tomographic study. *Knee*. 2017;24(4):782–91.
158. Tensho K, Shimodaira H, Aoki T, Narita N, Kato H, Kakegawa A, et al. Bony landmarks of the anterior cruciate ligament tibial footprint: a detailed analysis comparing 3-dimensional computed tomography images to visual and histological evaluations. *Am J Sports Med*. 2014;42(6):1433–40.
159. Yonetani Y, Kusano M, Tsujii A, Kinugasa K, Hamada M, Shino K. Tibial insertion of the anterior cruciate ligament and anterior horn of the lateral

- meniscus share the lateral slope of the medial intercondylar ridge: A computed tomography study in a young, healthy population. *Knee*. 2019;26(3):612–8.
160. Sanders TL, Pareek A, Kremers HM, Bryan AJ, Levy BA, Stuart MJ, et al. Long-term follow-up of isolated ACL tears treated without ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2017 Feb 24;25(2):493–500. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-016-4172-4>
 161. Tandogan RN, Taşer Ö, Kayaalp A, Taşkıran E, Pinar H, Alparslan B, et al. Analysis of meniscal and chondral lesions accompanying anterior cruciate ligament tears: Relationship with age, time from injury, and level of sport. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2004 Jul 20;12(4):262–70. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-003-0398-z>
 162. Koga H, Zaffagnini S, Getgood AM, Muneta T. ACL graft selection: state of the art. *J ISAKOS Jt Disord Orthop Sport Med*. 2018;3(3):177–84.
 163. 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. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 2014 Jul;30(7):882–90. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749806314002564>
 164. Jiang H, Ma G, Li Q, Hu Y, Li J, Tang X. Cortical Button Versus Cross-pin Femoral Fixation for Hamstring Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Am J Sports Med* [Internet]. 2018 Jul 28;46(9):2277–84. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546517717672>
 165. Widner M, Dunleavy M, Lynch S. Outcomes Following ACL Reconstruction Based on Graft Type: Are all Grafts Equivalent? *Curr Rev Musculoskelet Med* [Internet]. 2019 Dec 16;12(4):460–5. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12178-019-09588-w>
 166. Konrath JM, Vertullo CJ, Kennedy BA, Bush HS, Barrett RS, Lloyd DG. Morphologic Characteristics and Strength of the Hamstring Muscles Remain Altered at 2 Years After Use of a Hamstring Tendon Graft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* [Internet]. 2016 Oct

21;44(10):2589–98.

Available

from:

<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546516651441>

167. Hardy A, Casabianca L, Andrieu K, Baverel L, Noailles T. Complications following harvesting of patellar tendon or hamstring tendon grafts for anterior cruciate ligament reconstruction: Systematic review of literature. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(8):S245–8.
168. Tibor L, Chan PH, Funahashi TT, Wyatt R, Maletis GB, Inacio MCS. Surgical technique trends in primary ACL reconstruction from 2007 to 2014. *J Bone Jt Surg - Am Vol.* 2016;98(13):1079–89.
169. Noyes FR. Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes. Elsevier Health Sciences; 2016.
170. Salzler MJ, Lin A, Miller CD, Herold S, Irrgang JJ, Harner CD. Complications after arthroscopic knee surgery. *Am J Sports Med.* 2014;42(2):292–6.
171. 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;21(3):338–42.
172. Shelbourne KD, Patel D V, Martini DJ. Classification and management of arthrofibrosis of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1996;24(6):857–62.
173. Harner CD, Irrgang JJ, Paul J, Dearwater S, Fu FH. Loss of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1992;20(5):499–506.
174. Bach JR BR, Jones GT, Sweet FA, Hager CA. Arthroscopy-assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon substitution: two-to four-year follow-up results. *Am J Sports Med.* 1994;22(6):758–67.
175. Bosch U, Zeichen J, Lobenhoffer P, Albers I, Van Griensven M. Arthrofibrose. *Arthroskopie.* 1999;12(3):117–20.
176. Lawrance SE. Treatment and Rehabilitation of Arthrofibrosis of the Knee. *Clin Orthop Rehabil A Team Approach.* 2017;353.
177. Arsoy D, Salib CG, Trousdale WH, Tibbo ME, Limberg AK, Viste A, et al. Joint contracture is reduced by intra-articular implantation of rosiglitazone-loaded hydrogels in a rabbit model of arthrofibrosis. *J Orthop*

- Res. 2018;36(11):2949–55.
178. Howell SM, Clark JA. Tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstructions and graft impingement. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;187.
 179. Romano VM, Graf BK, Keene JS, Lange RH. Anterior cruciate ligament reconstruction: the effect of tibial tunnel placement on range of motion. *Am J Sports Med.* 1993;21(3):415–8.
 180. Tjoumakaris FP, Herz-Brown AL, Legath-Bowers A, Sennett BJ, Bernstein J. Complications in brief: Anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(2):630–6.
 181. Lubowitz JH. Anatomic ACL reconstruction produces greater graft length change during knee range-of-motion than transtibial technique. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2014;22(5):1190–5.
 182. Debandi A, Maeyama A, Hoshino Y, Asai S, Goto B, Smolinski P, et al. The influence of knee flexion angle for graft fixation on rotational knee stability during anterior cruciate ligament reconstruction: a biomechanical study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2016;32(11):2322–8.
 183. Rowe PJ, Myles CM, Walker C, Nutton R. Knee joint kinematics in gait and other functional activities measured using flexible electrogoniometry: how much knee motion is sufficient for normal daily life? *Gait Posture.* 2000;12(2):143–55.
 184. Judd MAJD, Bottoni LTCC, Kim D, Burke CPTM, Hooker MAJS. Infections following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2006;22(4):375–84.
 185. Matava MJ, Evans TA, Wright RW, Shively RA. Septic arthritis of the knee following anterior cruciate ligament reconstruction: results of a survey of sports medicine fellowship directors. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 1998;14(7):717–25.
 186. Schuster P, Schlumberger M, Mayer P, Eichinger M, Geßlein M, Reddemann F, et al. Soaking of the graft in vancomycin dramatically reduces the incidence of postoperative septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2020;1–5.
 187. Vertullo CJ, Quick M, Jones A, Grayson JE. A surgical technique using presoaked vancomycin hamstring grafts to decrease the risk of infection after

- anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2012;28(3):337–42.
188. Fink C, Zapp M, Benedetto KP, Hackl W, Hoser C, Rieger M. Tibial tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2001;17(2):138–43.
 189. L'Insalata JC, Klatt B, Fu FH, Harner CD. Tunnel expansion following anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of hamstring and patellar tendon autografts. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 1997;5(4):234–8.
 190. Aglietti P, Zaccherotti G, Simeone AJ V, Buzzi R. Anatomic versus non-anatomic tibial fixation in anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone graft. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 1998;6(1):S43–8.
 191. Archibeck MJ, Jacobs JJ, Roebuck KA, Glant TT. The basic science of periprosthetic osteolysis. *JBJS*. 2000;82(10):1478.
 192. Barber FA. Flipped patellar tendon autograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2000;16(5):483–90.
 193. Hogervorst T, Van der Hart CP, Rijcken THP, Taconis WK. Abnormal bone scans of the tibial tunnel 2 years after patella ligament anterior cruciate ligament reconstruction: correlation with tunnel enlargement and tibial graft length. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2000;8(6):322–8.
 194. Linn RM, Fischer DA, Smith JP, Burstein DB, Quick DC. Achilles tendon allograft reconstruction of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med*. 1993;21(6):825–31.
 195. Nebelung W. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus tendon using Endobutton fixation on the femoral side. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 1998;14(8):810–5.
 196. Segawa H, Omori G, Tomita S, Koga Y. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2001;9(4):206–10.
 197. Webster KE, Feller JA, Hameister KA. Bone tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomised comparison of hamstring and patellar tendon grafts with 2-year follow-up. *Knee Surgery,*

- Sport Traumatol Arthrosc. 2001;9(2):86–91.
198. Fahey M, Indelicato PA. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament replacement. *Am J Sports Med.* 1994;22(3):410–4.
 199. Dyer CR, Elrod BF. Tibial and femoral bone tunnel enlargement following allograft replacement of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 1995;11(3):353–6.
 200. Peyrache MD, Djian P, Christel P, Witvoet J. Tibial tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction by autogenous bone-patellar tendon-bone graft. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 1996;4(1):2–8.
 201. 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.
 202. Yoshiya S, Nagano M, Kurosaka M, Muratsu H, Mizuno K. Graft healing in the bone tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;376:278–86.
 203. JW J. Paulos LE. Why grafts fail. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;325:2–41.
 204. Nagai K, Tashiro Y, Herbst E, Gale T, Wang JH, Irrgang JJ, et al. Steeper posterior tibial slope correlates with greater tibial tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2018;26(12):3717–23.
 205. 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* [Internet]. 2015 Oct 28;43(10):2510–4. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546515597664>
 206. 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* [Internet]. 2010 Jan 30;38(1):54–62. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546509349055>
 207. Hudek R, Schmutz S, Regenfelder F, Fuchs B, Koch PP. Novel Measurement Technique of the Tibial Slope on Conventional MRI. *Clin Orthop Relat Res*

- [Internet]. 2009 Aug;467(8):2066–72. Available from: <https://journals.lww.com/00003086-200908000-00020>
208. Schulte K. Radiographic tunnel changes following arthroscopic ACL reconstruction: Autograft versus allograft. *Arthroscopy*. 1995;11:372.
 209. Zijl JAC, Kleipool AEB, Willems WJ. Comparison of tibial tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft or allograft. *Am J Sports Med*. 2000;28(4):547–51.
 210. Arnoczky SP, Warren RF, Ashlock MA. Replacement of the anterior cruciate ligament using a patellar tendon allograft. An experimental study. *J Bone Joint Surg Am*. 1986;68(3):376–85.
 211. Clancy Jr WG, Narechania RG, Rosenberg T, Gmeiner JG, Wisnefske DD, Lange T. Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys. *JBJS*. 1981;63(8):1270–84.
 212. Zysk SP, Fraunberger P, Veihelmann A, Dörger M, Kalteis T, Maier M, et al. Tunnel enlargement and changes in synovial fluid cytokine profile following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2004;12(2):98–103.
 213. Buelow J-U, Siebold R, Ellermann A. A new bicortical tibial fixation technique in anterior cruciate ligament reconstruction with quadruple hamstring graft. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2000;8(4):218–25.
 214. Basson B, Philippot R, Neri T, Meucci JF, Boyer B, Farizon F. The effect of femoral tunnel widening on one-year clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using ZipLoop® technology for fixation in the cortical bone of the femur. *Knee*. 2016;23(2):233–6.
 215. Lopes OV, de Freitas Spinelli L, Leite LHC, Buzzeto BQ, Saggin PRF, Kuhn A. Femoral tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using RigidFix compared with extracortical fixation. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2017;25(5):1591–7.
 216. Segawa H, Koga Y, Omori G, Sakamoto M, Hara T. Influence of the femoral tunnel location and angle on the contact pressure in the femoral tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2003;31(3):444–8.

217. Marchant MH, Willimon SC, Vinson E, Pietrobon R, Garrett WE, Higgins LD. Comparison of plain radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging in the evaluation of bone tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2010;18(8):1059–64.
218. Ito MM, Tanaka S. Evaluation of tibial bone-tunnel changes with X-ray and computed tomography after ACL reconstruction using a bone-patella tendon-bone autograft. *Int Orthop.* 2006;30(2):99–103.
219. Daniel DM. KT-1000 anterior-posterior displacement measurements. *Knee ligaments Struct Funct Inj repair.* 1990;427–47.
220. Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1990;18(3):292–9.
221. Marchant MH, Willimon SC, Vinson E, Pietrobon R, Garrett WE, Higgins LD. Comparison of plain radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging in the evaluation of bone tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2010 Aug 2;18(8):1059–64. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-009-0952-4>
222. Sabat D, Kundu K, Arora S, Kumar V. Tunnel Widening After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Computed Tomography–Based Study Comparing 2 Different Femoral Fixation Methods for Hamstring Graft. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 2011 Jun;27(6):776–83. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749806311001575>
223. Parkar AP, Adriaensen MEAPM, Fischer-Bredenbeck C, Inderhaug E, Strand T, Assmus J, et al. Measurements of tunnel placements after anterior cruciate ligament reconstruction — A comparison between CT, radiographs and MRI. *Knee* [Internet]. 2015 Dec 1;22(6):574–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2015.06.011>
224. Dutt S, Kumar V. How anatomical is our tunnel? A three dimensional CT evaluation of femoral tunnel in anatomic anteromedial single bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Res Orthop* [Internet]. 2019 Jun 27;5(4):656. Available from:

<https://www.ijoro.org/index.php/ijoro/article/view/964>

225. Kim M, Choi YS, Kim H, Choi N-H, Dutt S, Kumar V. Postoperative Evaluation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Measurements and Abnormalities on Radiographic and CT Imaging. *Int J Res Orthop* [Internet]. 2019 Jun 27;17(4):919. Available from: <https://www.ijoro.org/index.php/ijoro/article/view/964>
226. Wilson TC, Kantaras A, Atay A, Johnson DL. Tunnel enlargement after anterior cruciate ligament surgery. *Am J Sports Med*. 2004;32(2):543–9.
227. Jackson DW, Windler GE, Simon TM. Intraarticular reaction associated with the use of freeze-dried, ethylene oxide-sterilized bone-patella tendon-bone allografts in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med*. 1990;18(1):1–11.
228. Roberts TS, Drez Jr D, McCarthy W, Paine R. Anterior cruciate ligament reconstruction using freeze-dried, ethylene oxide-sterilized, bone-patellar tendon-bone allografts: two year results in thirty-six patients. *Am J Sports Med*. 1991;19(1):35–41.
229. Zislis T, Mark DE, Cerbas EL, Hollinger JO. A scanning electron microscopic study of cell attachment to biodegradable polymer implants. ARMY INST OF DENTAL RESEARCH WASHINGTON DC; 1988.
230. Choi N-H, Yang B-S, Victoroff BN. Clinical and radiological outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstructions: comparison between fixed-loop and adjustable-loop cortical suspension devices. *Am J Sports Med*. 2017;45(4):826–31.
231. Boyle MJ, Vovos TJ, Walker CG, Stabile KJ, Roth JM, Garrett Jr WE. Does adjustable-loop femoral cortical suspension loosen after anterior cruciate ligament reconstruction? A retrospective comparative study. *Knee*. 2015;22(4):304–8.
232. Noonan BC, Dines JS, Allen AA, Altchek DW, Bedi A. Biomechanical evaluation of an adjustable loop suspensory anterior cruciate ligament reconstruction fixation device: the value of retensioning and knot tying. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2016;32(10):2050–9.
233. Stewart DJ, Lambert EW, Stack KM, Pellegrini J, Unger D V, Hood RJ. The effect of intra-articular methadone on postoperative pain following anterior

- cruciate ligament reconstruction. *JBJS*. 2005;87(1):140–4.
234. Tsuda E, Fukuda Y, Loh JC, Debski RE, Fu FH, Woo SLY. The effect of soft-tissue graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction on graft-tunnel motion under anterior tibial loading. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2002;18(9):960–7.
 235. Eguchi A, Ochi M, Adachi N, Deie M, Nakamae A, Usman MA. Mechanical properties of suspensory fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of the fixed-length loop device versus the adjustable-length loop device. *Knee*. 2014;21(3):743–8.
 236. Gobbi A, Mahajan S, Zanazzo M, Tuy B. Patellar tendon versus quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective clinical investigation in athletes. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2003;19(6):592–601.
 237. Choi N-H, Oh J-S, Jung S-H, Victoroff BN. Correlation between endobutton loop length and tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2013;41(1):101–6.
 238. Lubowitz JH, Amhad CH, Anderson K. All-inside anterior cruciate ligament graft-link technique: second-generation, no-incision anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2011;27(5):717–27.
 239. Kawaguchi Y, Kondo E, Kitamura N, Kai S, Inoue M, Yasuda K. Comparisons of femoral tunnel enlargement in 169 patients between single-bundle and anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon grafts. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2011;19(8):1249–57.
 240. Murty AN, El Zebdeh MY, Ireland J. Tibial tunnel enlargement following anterior cruciate reconstruction: does post-operative immobilisation make a difference? *Knee*. 2001;8(1):39–43.
 241. Iorio R, Vadalà A, Argento G, Di Sanzo V, Ferretti A. Bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using autologous hamstring tendons: a CT study. *Int Orthop*. 2007;31(1):49–55.
 242. 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;32(2):376–82.

243. 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;46(3):531–43.
244. Song G, 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;46(7):1617–23.
245. 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;41(12):2800–4.
246. Sonnery-Cottet B, Mogos S, Thaunat M, Archbold P, Fayard J-M, Freychet B, et al. Proximal tibial anterior closing wedge osteotomy in repeat revision of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2014;42(8):1873–80.
247. Bernhardtson 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;47(2):296–302.
248. Grassi A, Signorelli C, Urrizola F, Macchiarola L, Raggi F, Mosca M, et al. Patients with failed anterior cruciate ligament reconstruction have an increased posterior lateral tibial plateau slope: a case-controlled study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2019;35(4):1172–82.
249. Yoon KH, Park SY, Park J-Y, Kim EJ, Kim SJ, Kwon YB, et al. Influence of posterior tibial slope on clinical outcomes and survivorship after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autografts: a minimum of 10-year follow-up. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2020;36(10):2718–27.
250. Leonardi AB de A, Duarte Junior A, Severino NR. Bone tunnel enlargement on anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Ortop Bras.* 2014;22(5):240–4.
251. Dave LYH, Leong OK, Karim SA, Chong CH. Tunnel enlargement 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a radiographic and functional evaluation. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2014;24(2):217–23.

252. Kousa P, Jarvinen TL, Pohjonen T, Kannus P, Kotikoski M, Jarvinen M. Fixation strength of a biodegradable screw in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77(6):901–5.
253. Fauno P, Kaalund S. Tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction is influenced by the type of graft fixation used: a prospective randomized study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2005;21(11):1337–41.
254. Buelow J-U, Siebold R, Ellermann A. A prospective evaluation of tunnel enlargement in anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings: extracortical versus anatomical fixation. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2002;10(2):80–5.
255. Heming JF, Rand J, Steiner ME. Anatomical limitations of transtibial drilling in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2007;35(10):1708–15.
256. Giron F, Cuomo P, Edwards A, Bull AMJ, Amis AA, Aglietti P. Double-bundle “anatomic” anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study of tunnel positioning with a transtibial technique. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2007;23(1):7–13.
257. Scopp JM, Jasper LE, Belkoff SM, Moorman III CT. The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2004;20(3):294–9.
258. Rue J-PH, Ghodadra N, Bach Jr BR. Femoral tunnel placement in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study relating transtibial lateralized femoral tunnel position to the anteromedial and posterolateral bundle femoral origins of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2008;36(1):73–9.
259. Firat A, Catma F, Tunc B, Hacıhafizoglu C, Altay M, Bozkurt M, et al. The attic of the femoral tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of outcomes of two suspensory femoral fixation systems. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2014;22(5):1097–105. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2486-z>
260. Moon H-S, Choi C-H, Yoo J-H, Jung M, Lee T-H, Choi K-H, et al. The Graft

- Insertion Length in the Femoral Tunnel During Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Suspensory Fixation and Tibialis Anterior Allograft Does Not Affect Surgical Outcomes but Is Negatively Correlated With Tunnel Widening. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2021;
261. Ahldén M, Sernert N, Karlsson J, Kartus J. Outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with emphasis on sex-related differences. *Scand J Med Sci Sports*. 2012;22(5):618–26.
 262. Kobayashi M, Nakagawa Y, Suzuki T, Okudaira S, Nakamura T. A retrospective review of bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons fixed with a metal round cannulated interference screw in the femur. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2006;22(10):1093–9.
 263. Mesiha M, Zurakowski D, Soriano J, Nielson JH, Zarins B, Murray MM. Pathologic characteristics of the torn human meniscus. *Am J Sports Med*. 2007;35(1):103–12.
 264. Allen CR, Wong EK, Livesay GA, Sakane M, Fu FH, Woo SL. Importance of the medial meniscus in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *J Orthop Res*. 2000;18(1):109–15.
 265. Papageorgiou CD, Gil JE, Kanamori A, Fenwick JA, Woo SLY, Fu FH. The biomechanical interdependence between the anterior cruciate ligament replacement graft and the medial meniscus. *Am J Sports Med*. 2001;29(2):226–31.
 266. Shelbourne KD, Gray T. Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery: five-to fifteen-year evaluations. *Am J Sports Med*. 2000;28(4):446–52.
 267. Melton JTK, Murray JR, Karim A, Pandit H, Wandless F, Thomas NP. Meniscal repair in anterior cruciate ligament reconstruction: a long-term outcome study. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2011;19(10):1729–34.

