



T. C.
BİRÜNİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EğİTİM ENSTİTÜSÜ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON TEZLİ YÜKSEK LİSANS
PROGRAMI

ÖN ÇAPRAZ BAğ REKONSTRÜKSİYON CERRAHİSİ
GEÇİRMİŞ VE SAğLIKLI BİREYLERDE CORE
STABİLİZASYON EGZERSİZLERİNİN DENGE VE GÖVDE
ENDURANSI ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Büşra BUDAK

DANIŞMAN
Prof. Dr. Zeynep HOŞBAY

TEMMUZ, 2025

BEYAN

Bu tezin bana ait olduğunu, tüm aşamalarında etik dışı davranışımın olmadığını, içinde yer alan bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, kullanmış olduğum bütün bilgilere kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin yürütülmesi ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Büşra BUDAK

İTHAF

*Hayatıma ışık olduğu gibi tez sürecime de ışık olan biricik eşim Burak Emre
ÇAĞLAYAN'a.*



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim hayatımda ve tez sürecimde değerli tecrübeleriyle ve ışığıyla yol gösteren sevgili tez danışmanım ve sayın hocam Biruni Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölüm Başkanı Prof. Dr. Zeynep HOŞBAY'a; veri toplama sürecimde katılımcılara ulaşmamı sağlayan saygıdeğer hocam Doç. Dr. Vahdet UÇAN'a; yazım sürecindeki katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Berivan Beril KILIÇ'a; hayatımın her anında desteklerini esirgemeyen annem Gülcan BUDAK, babam İdris BUDAK ve kardeşim Osman BUDAK'a; her an yanımda olan biricik eşim Burak Emre ÇAĞLAYAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
BEYAN.....	iii
İTHAF.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGE/SEMBOL ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xii
RESİM LİSTESİ.....	xiii
TÜRKÇE ÖZET ve ANAHTAR KELİMELEER.....	xiv
İNGİLİZCE ÖZET ve ANAHTAR KELİMELEER	xv
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Diz Anatomisi.....	5
2.1.1. Dizin Kemikleri.....	5
2.1.2. Eklem Kapsülü ve Sinoviyal Membran.....	7
2.1.3. Eklem Yüzeyleri ve Kompartmanlar.....	9
2.1.4. Menisküsler.....	10
2.1.5. Bağlar ve Yumuşak Dokular.....	12
2.1.6. Kaslar ve Tendonlar.....	14
2.1.7. Diz Eklemine Innervasyonu ve Vaskülerizasyonu.....	18
2.2. Ön Çapraz Bağ Biyomekaniği.....	20
2.2.1. Ön Çapraz Bağ Yapısı ve İşlevi.....	20
2.3. Ön Çapraz Bağ Yaralanmaları.....	23
2.3.1. Epidemiyolojisi ve İnsidansı.....	23
2.3.2. Risk Faktörleri.....	25
2.3.2.1. İntrinsik Risk Faktörleri.....	25
2.3.2.2. Ekstrinsik Risk Faktörleri.....	27
2.3.3. Sınıflandırılması.....	28
2.3.4. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarının Klinik Önemi.....	30
2.4. Ön Çapraz Bağ Yaralanmaları Tanı Yöntemleri.....	32
2.4.1. Anamnez.....	32

2.4.2. Fizik Muayene.....	32
2.4.3. Görüntüleme Yöntemleri.....	34
2.5. Ön Çapraz Bağ Yaralanmaları Tedavi Yöntemleri.....	35
2.5.1. Konservatif Yöntemler.....	36
2.5.2. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu.....	39
2.5.2.1. Cerrahi Endikasyonları.....	39
2.5.2.2. Kullanılan Greft Seçenekleri.....	39
2.5.3. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Sonrası Rehabilitasyon.....	41
2.5.3.1. Rehabilitasyonun Amaçları ve Fazları.....	41
2.6. Core.....	42
2.6.1. Core Bölge Anatomisi.....	43
2.6.2. Core Stabilitenin Postural Kontrol ve Denge ile İlişkisi.....	45
2.6.3. Core Stabilitenin Alt Ekstremitte Fonksiyonları ve Yaralanma Önlemedeki Rolü.....	46
2.6.4. Core Stabilizasyon Egzersizlerinin Denge Üzerine Etkileri.....	48
2.6.5. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Rehabilitasyonunda Core Stabilizasyon Egzersizlerinin Yeri Üzerine Yapılmış Çalışmalar.....	48
2.7. Denge.....	49
2.7.1. Ön Çapraz Bağ Yaralanmalarının ve Rekonstrüksiyonunun Denge Üzerine Etkileri.....	51
2.7.2. Denge Değerlendirme Yöntemleri.....	52
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	56
3.1. Araştırmanın Tasarımı.....	56
3.2. Araştırmanın Yeri ve Tarihi.....	56
3.3. Etik Kurul Onayı.....	56
3.4. Araştırmanın Örneklemi ve Grup Oluşturma Süreci.....	56
3.5. Araştırmaya Dahil Edilme ve Edilmeme Kriterleri.....	58
3.6. Uygulanan Egzersiz Programı.....	59
3.7. Veri Toplama Araçları ve Süreçleri.....	59
3.7.1. Demografik Bilgi Formu	60
3.7.2. Kas Gücü Değerlendirmesi.....	60
3.7.3. Denge Testleri.....	61
3.7.4. Gövde Kas Dayanıklılığı Testleri.....	62
3.8. İstatiksel Analiz.....	65

4. BULGULAR.....	66
4.1. Katılımcıların Demografik ve Temel Özellikleri.....	66
4.1.1. Çalışmaya Katılım ve Grupların Oluşturulması.....	66
4.2. Fonksiyonel Değerlendirme ve Kas Gücü Test Sonuçları.....	67
4.3. Gövde Kas Dayanıklılığı ve Statik Denge Testi Sonuçları.....	73
5. TARTIŞMA.....	77
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	91
I. KAYNAKÇA.....	93
II. EKLER.....	123
Ek 1: Etik Kurul Kararı.....	125
Ek 2. Tez Başlığı Değişikliği.....	126
Ek 3. Gönüllü Onam Formu.....	128
Ek 4. Demografik Veri Formu.....	129
Ek 5. Berg Denge Testi.....	131
Ek 6. Otur-Kalk Testi.....	133
III. İNTİHAL RAPORU.....	134

SİMGE/SEMBOL VE KISALTMALAR LİSTESİ

AÇB:	Arka Çapraz Bağ
AM:	Anteromedial
AMI:	Artrojenik Kas İnhibisyonu
BDS:	Berg Denge Ölçeği
BT:	Bilgisayarlı Tomografi
EHA:	Eklem Hareket Açıklığı
HHD:	El Dinamometresi
HR:	Tehlike Oranı
IKDC:	Uluslararası Diz Dokümantasyon Komitesi
IMU:	Atalet Ölçüm Birimleri
JPS:	Eklem Pozisyon Hissi
KPTK:	Kemik-Patellar Tendon-Kemik
LKL:	Lateral Kollateral Bağ
LSI:	Ekstremité Simetri İndeksi
MDC:	Minimal Saptanabilir Değişim
MKB:	Medial Kollateral Bağ
MPP:	Medial Patellar Plika
MRI:	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MVC:	Maksimal İstemli Kasılma
NA:	Çentik Açısı
NMES:	Nöromusküler Elektrik Stimülasyonu
NWI:	İnterkondiler Çentik Genişliği
ÖÇB:	Ön Çapraz Bağ
ÖÇBR:	Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu
PITS:	Posterior-Inferior Tibial Slope
PL:	Posterolateral
PLK:	Posterolateral Köşe
PMK:	Posteromedial Köşe
POCUS:	Point-of-Care Ultrasonography
PRICE:	Koruma (Protection), Dinlenme (Rest), Buz (Ice), Kompresyon (Compression), Elevasyon (Elevation)
PTSD:	Travma Sonrası Stres Bozukluğu

QT:	Quadriceps Tendon
SEBT:	Yıldız Denge Testi
SOT:	Duyusal Organizasyon Testi
ST/G:	Semitendinosus ve Gracilis
TADT:	Tek Ayak Durma Testi
TUG:	Kalk ve Yürü Testi
USG:	Ultrasonografi
VKİ:	Vücut Kitle İndeksi
VMO:	Vastus Medialis Obliquus
VR:	Sanal Gerçeklik
YBT:	Y-Denge Testi



TABLO LİSTESİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 4.1.	Demografik Özelliklerin Gruplar Arası Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular.....	66
Tablo 4.2.	Değişkenlerin Zaman İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular.....	67
Tablo 4.3.	Hasta ve Sağlıklı Grupta Gövde Dayanıklılığı ve Statik Denge Testlerinin Grupiçi Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular	73
Tablo 4.4.	Hasta ve Sağlıklı Grupta Değişkenlerin Gruplar Arası Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular.....	75
Tablo 4.5	Hasta ve Sağlıklı Grupta Romberg Testinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular.....	76

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Şekil İsmi	Sayfa No
Şekil 2.1.	Diz Eklemi Kemikleri.....	6
Şekil 2.2.	Eklem Kapsülü ve Sinoviyal Membran.....	8
Şekil 2.3.	Lateral ve Medial Menisküs.....	10
Şekil 2.4.	Ön ve Arka Çapraz Bağ.....	12
Şekil 2.5.	Quadriceps Femoris.....	15
Şekil 2.6.	Hamstring.....	16
Şekil 3.1.	Çalışmanın Akış Diyagramı.....	58



RESİMLER LİSTESİ

Resim No - Resim İsmi	Sayfa No
Resim 3.1. Y-Denge Testi.....	61
Resim 3.2. Otur-Kalk Testi.....	62
Resim 3.3. Sorenson Testi.....	63
Resim 3.4. Yan Köprü Testi.....	64



TÜRKÇE ÖZET VE ANAHTAR KELİMELELER

Budak, B. (2025). Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyon Cerrahisi Geçirmiş ve Sağlıklı Bireylerde Core Stabilizasyon Egzersizlerinin Denge ve Gövde Endüransı Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Biruni Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Bu çalışmanın amacı, 8 haftalık bir core stabilizasyon egzersiz programının, ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (ÖÇBR) geçirmiş bireylerin ve sağlıklı bireylerin denge, gövde kas dayanıklılığı ve alt ekstremité kas kuvvetleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Çalışmaya, ÖÇBR geçirmiş 15 birey ve 15 sağlıklı birey dahil edildi. Her iki gruba da 8 hafta boyunca, haftada 2 gün, fizyoterapist gözetiminde core stabilizasyon egzersizleri uygulandı. Başlangıç ölçümlerinde, katılımcıların demografik verileri ve fiziksel aktivite düzeyleri (Tegner Aktivite Skoru) kaydedildi. Tüm katılımcıların, program öncesi ve sonrasında statik ve dinamik dengeleri (Tek Ayak Üzerinde Durma Testi, Y-Denge Testi, Berg Denge Skalası, Romberg Testi), gövde endüransı (30 Saniye Otur-Kalk Testi, McGill Core Dayanıklılık Testleri) ve kuadriseps ile hamstring izometrik kas kuvvetleri (el dinamometresi) değerlendirildi. Başlangıçta, ÖÇBR grubu bazı denge ve aktivite ölçümlerinde sağlıklı gruptan daha iyi performans gösterirken ($p<0.05$), sağlıklı grup hamstring kuvvetinde üstündü ($p<0.05$). Egzersiz programı sonrasında, iki grupta da quadriceps ve hamstring kas kuvvetlerinde, Y-Denge Testi'nin tüm uzanımlarında ve 30 Saniye Otur Kalk Testi performansında anlamlı iyileşmeler saptandı ($p<0.01$). ÖÇBR grubunda Romberg testi pozitif olan bireyler negatife dönerken ($p<0.05$), sağlıklı grupta Tegner aktivite skoru anlamlı artış gösterdi ($p<0.01$). Statik denge ve McGill core dayanıklılık testlerinde iki grupta da anlamlı değişiklik gözlenmedi ($p>0.05$). Egzersiz müdahalesi sonrasında, ÖÇBR grubu; Tek Ayak Sol Denge, Y-Denge Testi'nin bazı uzanımları ve Romberg testi performansında sağlıklı gruba göre üstünlüğünü sürdürmüş veya aradaki farkı istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırmıştır ($p<0,05$). Araştırmanın sonuçları, core stabilizasyon egzersizlerinin, ekstremitelerin fonksiyonel performansını ve hastaların genel aktivite seviyesini artırdığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Core Stabilizasyon; Denge; Gövde Kas Dayanıklılığı; Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu; Rehabilitasyon.

İNGİLİZCE ÖZET VE ANAHTAR KELİMELER

Budak, B. (2025). Comparison of the Effects of Core Stabilization Exercises on Balance and Trunk Endurance in Individuals with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery and Healthy Individuals. Master's Thesis, Biruni University Graduate School of Education, Istanbul.

The aim of this study was to comparatively evaluate the effects of an 8-week core stabilization exercise program on balance, trunk muscle endurance, and lower extremity muscle strength in individuals who have undergone anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) and healthy individuals. The study included 15 individuals who had undergone ACLR and 15 healthy individuals. Both groups performed core stabilization exercises for 8 weeks, twice a week, under the supervision of a physiotherapist. In the initial measurements, participants' demographic data and physical activity levels (Tegner Activity Score) were recorded. All participants' static and dynamic balance (Single Leg Stance Test, Y-Balance Test, Berg Balance Scale, Romberg Test), trunk endurance (30-Second Sit-to-Stand Test, McGill Core Endurance Tests), and quadriceps and hamstring isometric muscle strength (hand-held dynamometer) were evaluated before and after the program. At baseline, the ACLR group performed better than the healthy group in some balance and activity measures ($p<0.05$), while the healthy group had superior hamstring strength ($p<0.05$). Following the exercise program, significant improvements were detected in both groups in quadriceps and hamstring muscle strength, all reach directions of the Y-Balance Test, and 30-Second Sit-to-Stand Test performance ($p<0.01$). While individuals in the ACLR group with a positive Romberg test converted to negative ($p<0.05$), the healthy group showed a significant increase in the Tegner activity score ($p<0.01$). No significant changes were observed in either group for static balance or the McGill core endurance tests ($p>0.05$). Following the exercise intervention, the ACLR group maintained its superiority over the healthy group in Single Leg Stance (left), some reach directions of the Y-Balance Test, and Romberg test performance, or the difference increased to a statistically significant level ($p<0.05$). The results of the research reveal that core stabilization exercises increase the functional performance of the extremities and the overall activity level of the patients.

Keywords: Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; Balance; Core Stabilization; Rehabilitation; Trunk Muscle Endurance.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanmaları, diz ekleminin temel stabilizatörlerinden birinin hasar görmesiyle karakterize edilen ve özellikle aktif bireyler arasında sıkça rastlanan, önemli fonksiyonel kayıplara yol açabilen ciddi bir sağlık sorunudur. Bu tür lezyonlar, bireylerin hem sportif faaliyetlerini hem de günlük yaşam kalitelerini olumsuz yönde etkileyebilme potansiyeline sahiptir. Epidemiyolojik veriler, ÖÇB yaralanmalarının belirli spor dalları ve demografik gruplar özelinde daha yoğun bir şekilde kümelendiğini işaret etmektedir. Örneğin, Kraus et al. (2022) tarafından gerçekleştirilen bir meta-analiz, takım top sporlarında gözlenen ÖÇB yaralanmalarının yaklaşık %55'inin non-kontakt meydana geldiğini ve kadın sporcularda non-kontakt yaralanma insidansının erkeklere kıyasla daha yüksek olduğunu saptamıştır. Yaralanmaların büyük bir kısmının ise müsabaka koşullarında olduğu bilinmektedir. ÖÇB yaralanmalarının oluş mekanizmaları incelendiğinde, genellikle ani yön değiştirme, sıçrama sonrası kontrolsüz iniş veya dize direkt travma gibi ekleme aşırı yük bindiren durumların rol oynadığı görülür. Donelon et al. (2020), özellikle kesme manevraları esnasında dizde oluşan valgus momenti ve artmış anterior tibial translasyon gibi biyomekanik faktörlerin ÖÇB üzerindeki yükü artırdığını belirtmektedir. Bu yaralanmaların etkileri, yalnızca akut dönemde hissedilen ağrı ve instabilite ile sınırlı kalmayıp, uzun vadede diz fonksiyonlarında azalma ve yaşam kalitesinde düşüş gibi daha kalıcı sorunlara da yol açabilmektedir. Nitekim, Kvist and Pettersson (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, ÖÇB yaralanması geçiren bireylerde, uygulanan tedavi yönteminden bağımsız olarak, yaralanmayı takiben 35 yıla kadar dizle ilişkili yaşam kalitesinin azaldığı ve osteoartrit gelişme riskinin arttığı bildirilmiştir. Dolayısıyla, doğru ve erken tanı, uygun tedavi stratejisinin belirlenmesi ve olası komplikasyonların önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir; bu tanı sürecinde genellikle klinik muayene bulguları manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ile doğrulanmaktadır (Brophy and Lowry, 2022). Yaralanma riskini etkileyen faktörler arasında cinsiyet, yaş ve genetik yatkınlık gibi bireye özgü (içsel) faktörlerin yanı sıra, aktivite tipi ve çevresel koşullar gibi dışsal faktörler de bulunmaktadır. Özellikle kadın cinsiyet ve 18 yaşın altında olmanın, yaralanma riskini artıran önemli faktörler arasında kabul edildiği görülmektedir (Cronström et al., 2021). Son olarak, ÖÇB yaralanmalarının tedavi ve uzun süreli rehabilitasyon süreçleri göz önüne alındığında, sağlık sistemleri üzerinde önemli bir ekonomik yük oluşturduğu da unutulmamalıdır.

(Deviandri et al., 2022). Tüm bu etmenler, ÖÇB yaralanmalarının multidisipliner bir yaklaşımla ele alınması gereken karmaşık bir sağlık sorunu olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

ÖÇB yaralanması sonrası dizde meydana gelen instabilite ve fonksiyon kaybı, bireylerin yaşam kalitesini ve aktivite düzeylerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu bağlamda ÖÇB rekonstrüksiyon cerrahisi, diz stabilitesini yeniden sağlama ve fonksiyonel iyileşmeyi destekleme amacıyla sıklıkla tercih edilir. Uzun dönem takipler, cerrahi sonrası hastaların büyük çoğunluğunun dizlerinden memnun olduğunu ve fonksiyonel iyileşme sağladığını göstermektedir (Chalatsis et al., 2023; Cain et al., 2024; Grassi et al., 2022). Örneğin, Chalatsis et al. (2023), ortalama 13,2 yıl takip edilen hastalarda %90,6 memnuniyet oranı bildirmiştir. Benzer şekilde, çoklu bağ yaralanması olan Amerikan futbolu oyuncularında da yüksek memnuniyet (%94) ve spora dönüş (%82) oranları saptanmıştır (Cain et al., 2024).

Bu noktada, başarılı bir cerrahi müdahaleyi takiben uygulanan kapsamlı ve bireyselleştirilmiş rehabilitasyon süreci, dizin fonksiyonunu en üst düzeye çıkarmak, spora güvenli dönüşü sağlamak ve uzun dönemli olumsuz sonuçları en aza indirmek için kritik bir role sahiptir. Rehabilitasyon, sadece kas gücünü ve hareket açıklığını değil, aynı zamanda nöromüsküler kontrolü ve propriyosepsiyonu da hedeflemelidir.

Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (ÖÇBR) sonrası şekillenen rehabilitasyon sürecinde, yalnızca diz eklemine odaklanmak yerine, vücudun kinetik zincir bütünlüğünü destekleyen core bölge stabilitesinin geliştirilmesi, tedavinin bütüncül başarısı için vazgeçilmez bir unsur olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, dinamik denge, gövde kontrolü ve alt ekstremité fonksiyonlarının iyileştirilmesinde de önemli bir rol oynadığı literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Pangestuputra and Changestu, 2024). Özellikle ÖÇBR geçirmiş sporcularda yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, core stabilizasyon egzersizlerinin nöromüsküler fonksiyonu hem klinik hem de istatistiksel olarak anlamlı düzeyde iyileştirdiği saptanmıştır. Bu bulgular ışığında, spora güvenli dönüşü desteklemek ve yeniden yaralanma riskini azaltmak amacıyla core egzersizlerinin rehabilitasyon programlarına dahil edilmesi kuvvetle önerilmektedir (Saki et al., 2023).

ÖÇBR sonrası rehabilitasyonda core stabilizasyon egzersizlerinin olumlu etkileri genel olarak kabul görmekle birlikte, bu egzersizlerin sonuçlarının sağlıklı bireylerle doğrudan karşılaştırmalı olarak incelendiği kapsamlı çalışmaların

sayısındaki yetersizlik, literatürde önemli bir boşluk olarak öne çıkmaktadır (Medeni et al., 2014). Yapılan randomize kontrollü çalışmalarda, ÖÇBR geçirmiş sporcularda core stabilizasyon egzersizlerinin nöromüsküler fonksiyon ve denge üzerinde anlamlı gelişmeler sağladığı gösterilmiş olsa da bu çalışmalarda dahi sağlıklı bireylerle doğrudan karşılaştırmalı verilerin sunulmadığı ve bu alandaki karşılaştırmalı kanıtların yetersiz kaldığı araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır (Saki et al., 2023). Bu bağlamda, planlanan bu mevcut çalışma, literatürdeki söz konusu eksikliği gidermeyi ve core stabilizasyon egzersizlerinin ÖÇBR geçirmiş bireylerdeki etkilerini sağlıklı bir kontrol grubuyla karşılaştırarak bu alandaki bilimsel bilgi birikimine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın genel amacı; 8 haftalık bir core stabilizasyon egzersiz programının, ÖÇBR geçiren bireylerde denge ve gövde dayanıklılığı üzerindeki etkilerini, sağlıklı bir kontrol grubuyla karşılaştırarak kapsamlı bir şekilde değerlendirmektir. Bu genel amaç çerçevesinde, çalışmanın spesifik temel amaçları ise şu şekilde belirlenmiştir: ÖÇBR geçirmiş bireyler ile sağlıklı bireyler arasında, başlangıçtaki core stabilizasyon ve denge parametrelerini karşılaştırmak ve her iki grupta da uygulanan 8 haftalık core stabilizasyon egzersiz programının gövde dayanıklılığı ile denge parametreleri üzerindeki etkilerini ayrı ayrı değerlendirip gruplar arası farklılıkları incelemektir.

Bu çalışma, belirlenen amaçlar doğrultusunda aşağıdaki temel hipotezler üzerine kurulmuştur:

H₁₀: ÖÇBR geçirmiş bireylerde core stabilizasyon ve denge parametreleri, sağlıklı bireylerdeki parametreler ile benzerdir.

H₁₁: ÖÇBR geçirmiş bireylerde core stabilizasyon ve denge parametreleri, sağlıklı bireylerdeki parametrelerden farklıdır.

H₂₀: Sekiz haftalık core stabilizasyon egzersiz programı, ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu geçirmiş bireyler ve sağlıklı bireylerde denge ve gövde dayanıklılığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yaratmaz.

H₂₁: Sekiz haftalık core stabilizasyon egzersiz programı, ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu geçirmiş bireyler ve sağlıklı bireylerde denge ve gövde dayanıklılığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yaratır.

Sonuç olarak bu çalışma, elde edeceği bulgularla hem güncel klinik uygulamalara rehberlik etmeyi hem de BR rehabilitasyonu alanındaki bilimsel bilgi birikimine değerli bir katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diz Anatomisi

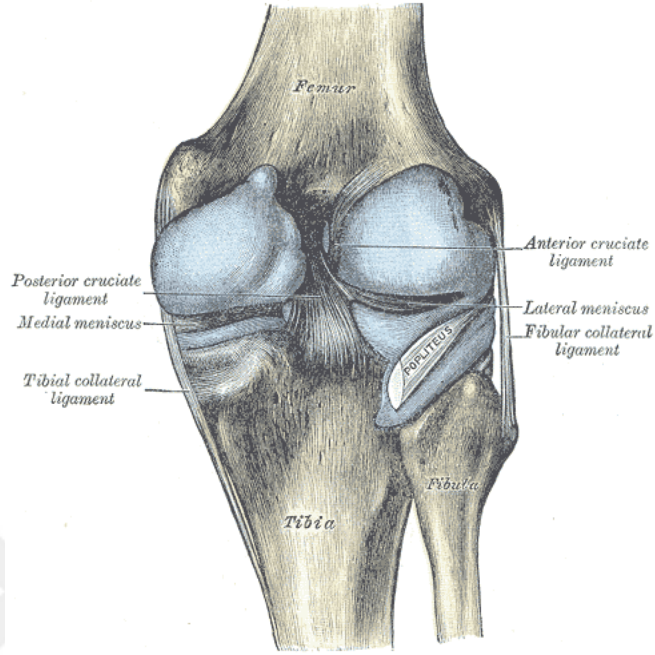
Diz eklemi, insan vücudunun en büyük ve en karmaşık sinoviyal eklemlerinden biri olarak kabul edilir (Vaienti et al., 2017). Bu karmaşık yapı, femur, tibia ve patella gibi kemiklerin yanı sıra menisküsler, bağlar, kıkırdaklar ve kaslar gibi çok sayıda anatomik bileşenden oluşur (Vaienti et al., 2017; Gupta et al., 2018) ve tüm bu yapılar, dizin yük taşıma, şok emilimi ve hareket kabiliyetini sağlamak üzere fonksiyonel olarak etkileşim içindedir (Kumar et al., 2018). Diz eklemi başlıca görevleri arasında vücut ağırlığını etkin bir şekilde taşımak, hareketi sağlamak ve alt ekstremitelerde kuvvetlerin aktarımında merkezi bir rol oynamak bulunmaktadır (Zhang et al., 2020). Normal fizyolojik koşullarda, eklem üzerine binen yükler femur, tibia ve patella arasında dengeli bir biçimde dağılır (Vaienti et al., 2017); diz eklemi bu karmaşık yapısı sayesinde hem geniş bir hareket kabiliyeti hem de gerekli stabiliteyi arada sunar (Vaienti et al., 2017; Gupta et al., 2018). Bu yapıların herhangi birindeki bozulma ise fonksiyon kaybına ve çeşitli klinik problemlere yol açabilmektedir (Vaienti et al., 2017; Zhang et al., 2020).

Diz eklemi, kinematik açıdan öncelikli olarak bir menteşe (ginglymus) tipi eklem gibi fonksiyon görerek esas olarak fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine olanak tanır (Reichl et al., 2010). Bununla birlikte, bu basit menteşe hareketinin ötesinde, diz eklemi özellikle fleksiyon sırasında bir miktar tibial rotasyona da imkân tanıyan modifiye bir menteşe eklem olarak sınıflandırılmaktadır (Reichl et al., 2010). Bu sınırlı rotasyonel kapasite, eklemi oluşturan kemiklerin özgün yüzey şekilleri ve çevreleyen bağ yapılarının kısıtlayıcı etkisiyle belirlenir ve kontrol edilir (Reichl et al., 2010). Dolayısıyla, diz eklemi anatomik tasarımı, geniş bir hareket açıklığına imkân tanırken aynı zamanda çeşitli aktiviteler esnasında stabiliteyi koruyacak şekilde hassas bir denge üzerine kurulmuştur (Vaienti et al., 2017; Gupta et al., 2018); bağların ve kıkırdakların yapısı bu denge için kritik önemdedir (Gupta et al., 2018).

2.1.1. Dizin Kemikleri

Diz eklemi, vücudun en büyük ve karmaşık eklemlerinden biri olup, temel olarak üç kemiğin bir araya gelmesiyle oluşur: femur, tibia ve patella. Fibula ise diz eklemi doğrudan bir parçası olmasa da lateralde destekleyici yapılarla olan ilişkisi

nedeniyle dolaylı bir öneme sahiptir. Bu kemiklerin morfolojik özellikleri, diz ekleminin stabilitesi, hareket açıklığı ve yük aktarım kapasitesi üzerinde belirleyici rol oynar.



Şekil 2.1. Diz Eklemi Kemikleri (Gray, 1918)

Femur, diz ekleminin proksimal kısmını oluşturur. Distal femurun en belirgin yapıları, eklem yüzeylerini oluşturan medial ve lateral kondillerdir. Bu kondiller, pürüzsüz hyalin kıkırdakla kaplı olup, tibianın platolarıyla eklemleşirler. Kondillerin spesifik morfolojik varyasyonları, özellikle posterior radius oranlarındaki farklılıklar, dizin kayma ve dönme hareketlerini etkileyebilir ve bu durum ÖÇB yaralanma riskini artırabilir (Fu et al., 2022). İki kondil arasında yer alan derin çukur yapı, fossa interkondilaris olarak adlandırılır ve ÖÇB ile arka çapraz bağın (AÇB) geçtiği ve tutunduğu kritik bir bölgedir; bu çentiğin morfolojisi de ÖÇB'nin fonksiyonel stabilitesini doğrudan etkilemektedir (Fu et al., 2022). Femurun distalinde, kondillerin hemen üzerinde yer alan medial ve lateral epikondiller ise önemli bağların ve kas tendonlarının yapışma noktaları olarak görev yapar. Eklem yüzeylerinin ve kıkırdak dağılımının detaylı analizi, örneğin üç boyutlu modeller aracılığıyla, dizin normal anatomisinin ve potansiyel patolojik değişikliklerin anlaşılmasında büyük önem taşır (Aubonnet et al., 2022) (**Şekil 2. 1**).

Tibia, diz ekleminin distal ve temel yük taşıyıcı komponentidir. Proksimal tibiada, femurun kondilleriyle eklemleşen, menisküslerin yerleştiği medial ve lateral

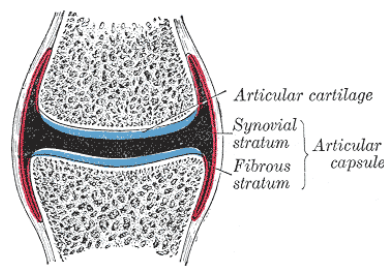
tibial platolar bulunur. Bu platoların geometrisi, diz stabilitesi için kritik öneme sahiptir. Platolar arasında yükselen eminentia interkondilaris ve bu yapının anterior ve posterior kısımlarındaki interkondiler alanlar, çapraz bağların tibiya tutunduğu bölgelerdir. ÖÇB'nin tibial tutunma alanının şekli (eliptik, C-şekilli veya üçgen olabilen) ve konumu, bireyler arasında farklılık gösterebilir ve bu morfolojik varyasyonlar, tibial plato geometrisi ve interkondiler eminens ile yakından ilişkilidir; bu yapılar, ÖÇB'nin fonksiyonel stabilitesi ve başarılı bir cerrahi rekonstrüksiyon için kritik öneme sahiptir (Muro et al., 2024). Tibianın ön yüzünde yer alan tüberozitas tibia ise güçlü patellar tendonun yapıştığı belirgin bir kemik çıkıntısıdır (**Şekil 2. 1**).

Patella, vücuttaki en büyük sesamoid kemik olup, quadriceps femoris'in tendonu içine gömülüdür. Arka yüzeyi eklem kıkırdağı ile kaplıdır ve femurun distalindeki troklear oluk ile patellofemoral eklemi oluşturur. Patellanın temel fonksiyonları arasında, quadricepsin diz ekstansiyonu sırasındaki kuvvet kolunu artırarak mekanik avantaj sağlamak, diz ekstansiyonuna yardımcı olmak ve femurun ön yüzündeki eklem kıkırdağını korumak yer alır (Márquez-Flórez et al., 2018). Patellanın şekli, pozisyonu ve femurun troklear oluğu ile olan uyumu, patellofemoral eklemin stabilitesi ve yük dağılımı açısından büyük önem taşır (Márquez-Flórez et al., 2018).

Fibula, doğrudan diz eklemine katılımı ile birlikte, dizin lateral stabilitesinde dolaylı bir role sahiptir. Proksimal ucu, tibia ile proksimal tibiofibular eklemi yapar. Daha da önemlisi, fibula başı, lateral kollateral bağın (LKL) ve biceps femoris'in distal tendonunun önemli bir yapışma noktasıdır. (**Şekil 2. 1**).

2.1.2. Eklem Kapsülü ve Sinoviyal Membran

Diz eklemine yapısal bütünlüğünü ve fonksiyonel devamlılığını sağlayan temel anatomik oluşumlar arasında eklem kapsülü ve onu içten döşeyen sinoviyal membran bulunmaktadır. Bu iki yapı, eklemi koruması, beslenmesi ve mekanik stabilitesinin idamesinde birbirini tamamlayıcı roller üstlenir.



Şekil 2. 2. Eklem Kapsülü ve Sinoviyal Membran (Gray, 1918)

Eklem kapsülü, diz eklemi bir bütün olarak saran, dışta sağlam ve dirençli bir fibröz tabaka (stratum fibrosum) ile içte daha ince, vasküler ve sinirsel açıdan zengin bir sinoviyal tabakadan (stratum synoviale) oluşan kompleks bir yapıdır. Fibröz tabakanın femur ve tibia üzerindeki tutunma noktaları, dizin anterior, orta ve posterior koronal planlarında detaylı bir şekilde tanımlanmıştır (Zibis et al., 2021). Eklem kapsülünün başlıca fonksiyonları arasında eklemi dış etkenlere karşı korumak, eklem içi yapıları bir arada tutmak, sinoviyal sıvının eklem boşluğunda kalmasını sağlamak ve dizin genel mekanik stabilitesine önemli ölçüde katkıda bulunmak yer alır; nitekim kapsülün anatomik bütünlüğünün bu stabilitede anahtar bir rol oynadığı gösterilmiştir (Zibis et al., 2021). Kapsül, belirli bölgelerde kalınlaşarak ve dizin önemli bağlarıyla, örneğin anterolateral ligament gibi yapılarla, yakın anatomik ve histolojik ilişkiler kurarak güçlenir. Bu kapsüler yapılar ve bağlarla olan bütünlük, özellikle dizin rotasyonel stabilitesinin sağlanmasında kritik bir öneme sahiptir ve bu detaylar cerrahi girişimler için önemli anatomik referanslar sunar (Daggett et al., 2018) (**Şekil 2. 2.**).

Sinoviyal membran, eklem kapsülünün iç yüzeyini ve eklem boşluğunda yer alan ancak kıkırdakla kaplı olmayan tüm anatomik yapıları örten ince, özelleşmiş bir bağ dokusu tabakasıdır (Smith, 2011). Histolojik olarak sinoviyum, temel olarak iki tip hücreden oluşur: fagositozdan sorumlu olan makrofaj benzeri Tip A sinoviyositler ve hyaluronik asit gibi sinoviyal sıvı bileşenlerini sentezleyen fibroblast benzeri Tip B sinoviyositler (Smith, 2011). Sinoviyal membranın en temel fonksiyonu, eklem yüzeylerinin kayganlığını sağlayan ve eklem kıkırdığının beslenmesine yardımcı olan sinoviyal sıvıyı üretmek ve salgılamaktır. Ayrıca, sinoviyositler eklem homeostazının korunmasında ve inflamatuvar süreçlerin düzenlenmesinde aktif rol oynarlar; sinoviyal membranın bütünlüğünün bozulması ise çeşitli eklem hastalıklarının patogeneğinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Smith, 2011). Eklem yüzeyinde bir yaralanma meydana geldiğinde, sinoviyal membranda hiperplazi gelişebilir ve bu süreçte kemik iliği kökenli mezenkimal stromal hücrelerin (MSC) sinoviyuma göç ederek yerel sinoviyositlerle birlikte iyileşme ve onarım süreçlerinde rol aldığı gösterilmiştir (Sergijenko et al., 2016). Sinoviyal membranın bazı bölgelerde oluşturduğu katlantılara plica adı verilir. Medial patellar plica (MPP) gibi bu yapılar, sinoviyal membranın embriyonik kalıntıları olup, artroskopik incelemelerde %80'e

varan sıklıkta tespit edilebilmektedir. Çoğu zaman asemptomatik olsalar da bazı bireylerde inflamasyon ve mekanik iritasyon yoluyla patellofemoral ağrı gibi klinik semptomlara neden olabilirler (Faber et al., 2025) (**Şekil 2. 2.**).

2.1.3. Eklem Yüzeyleri ve Kompartmanlar

Diz eklemine düzgün ve ağrısız hareketini sağlayan temel unsurlardan biri, eklemleşen kemik yüzeylerini kaplayan artiküler kıkırdak ve bu yüzeylerin oluşturduğu fonksiyonel kompartmanlardır. Bu yapılar, yük aktarımı, şok emilimi ve hareket mekaniği açısından kritik roller üstlenirler.

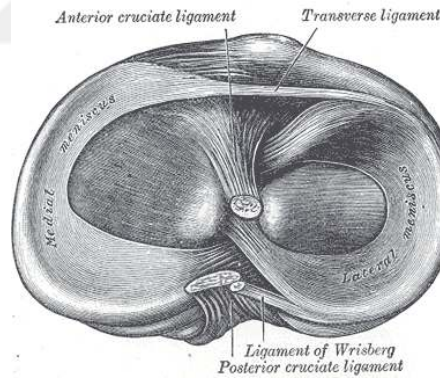
Artiküler kıkırdak, diz eklemine femur kondilleri, tibial platolar ve patellanın arka yüzeyi gibi eklemleşen kemik yüzeylerini örten, oldukça özelleşmiş bir bağ dokusudur. Temel olarak hiyalin kıkırdak yapısında olup, kan damarları (avasküler) ve sinir lifleri (anöral) içermemesi en belirgin özelliklerindendir. Bu pürüzsüz ve elastik yapı, eklem hareketleri sırasında sürtünmeyi en aza indirerek neredeyse sürtünmesiz bir hareket ortamı sağlar, aynı zamanda vücut ağırlığının ve hareketler sırasında oluşan darbelerin emilerek altındaki kemik dokuya kontrollü bir şekilde aktarılmasında önemli bir rol oynar. Artiküler kıkırdağın kalınlığı ve mekanik özellikleri, bulunduğu anatomik bölgeye göre anlamlı farklılıklar gösterir; örneğin, menisküsle örtülü tibial bölgelerde kıkırdak daha ince olup farklı yüklenme özelliklerine sahiptir (Li et al., 2021). Yük dağılımı, kıkırdak kalınlığı ve histolojik yapının bu bölgesel farklılıkları ile doğrudan ilişkilidir ve bu durum, eklem fonksiyonel yüklenmesine ve dejenerasyon riskine etki eder (Li et al., 2021).

Diz eklemi fonksiyonel olarak üç ana eklem kompartmanına ayrılır: medial tibiofemoral kompartman, lateral tibiofemoral kompartman ve patellofemoral kompartman. Her bir kompartman, kendine özgü yumuşak doku ve kemik yapılarıyla çevrilidir ve farklı biyomekanik yüklenme ile hareket özelliklerine sahiptir (Siljander et al., 2022). Patellofemoral kompartman, özellikle patellanın stabilitesi ve quadricepsten gelen kuvvetin etkin dağılımı açısından kritik öneme sahipken, medial ve lateral tibiofemoral kompartmanlar ise temel yük taşıma, genel diz stabilitesi ve osteoartrit gelişimi açısından farklı roller üstlenirler (Siljander et al., 2022). Normal ve sağlıklı bir dizde, yük dağılımı bu kompartmanlar arasında dengeli bir şekilde gerçekleşir. Ancak menisküs veya bağ yaralanması gibi patolojik durumlarda bu yük dağılımı dengesi bozulabilir ve belirli bölgelerde aşırı basınç artışları gözlemlenebilir, bu

da eklem dejenerasyonunu hızlandırarak osteoartrit riskini artırır (Rodriguez and Li, 2017). Farklı diz hareketleri sırasında, örneğin çömelme gibi derin fleksiyon gerektiren hareketlerde, tibiofemoral ve patellofemoral eklem yüzeyleri arasındaki temas alanları artar ve temas noktaları hareket boyunca dinamik bir şekilde değişir; bu dinamik temas ve basınç dağılımı, eklem sağlığı ve olası aşınma paternleri üzerinde belirleyici bir faktördür (Hirokawa et al., 2014). Kıkırdak lezyonlarının en sık medial femoral kondil ve patellofemoral olukta görülmesi, bu kompartmanların özgün yüklenme ve biyomekanik özellikleriyle ilişkili olabilir; lezyonların yeri ve yaygınlığı ise osteoartritin klinik seyrini ve tedavi yaklaşımını etkileyen önemli faktörlerdendir (Bae et al., 2009).

2.1.4. Menisküsler

Diz ekleminin önemli yapısal ve fonksiyonel elemanlarından olan menisküsler, femur kondilleri ile tibia platoları arasında yer alan fibrokartilajinöz yapılardır. Dizde medial ve lateral olmak üzere iki adet menisküs bulunur ve bu yapılar, eklem için sağlıklı işleyişi için hayati öneme sahiptir.



Şekil 2. 3. Lateral ve Medial Menisküs (Gray, 1918)

Medial menisküs, genellikle C şeklinde olup, lateral menisküse göre daha az hareketlidir ve tibial platoya daha sıkı bir şekilde tutunur (Aggad et al., 2022). Bu yapısı, onu özellikle rotasyonel zorlanmalara karşı daha hassas hale getirebilir. ÖÇB yırtığı olan hastalarda en sık medial menisküsün posterior kısmında yırtık görüldüğü bildirilmiştir (Kumar et al., 2022). Lateral menisküs ise daha dairesel bir forma sahip olup, tibial platoya daha gevşek bağlantıları sayesinde medial menisküse kıyasla daha hareketlidir (Aggad et al., 2022). Bu morfolojik ve histolojik farklılıklar,

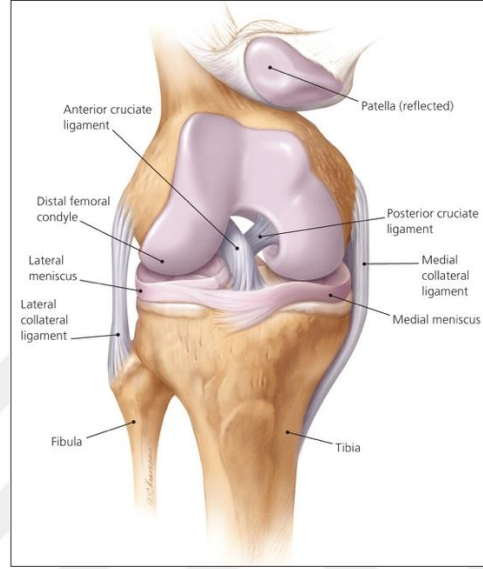
menisküslerin fonksiyonel yüklenme biçimlerini ve yaralanma risklerini etkileyen önemli faktörlerdendir (Aggad et al., 2022) (**Şekil 2. 3.**).

Menisküslerin genel yapı ve histolojisi incelendiğinde, büyük ölçüde Tip I kollajen liflerinden oluşan yoğun bir fibrokartilaj dokusu görülür. Bu liflerin oryantasyonu, menisküslerin gerilme ve sıkışma kuvvetlerine karşı direncini artırır. Kanlanması ise menisküsün iyileşme potansiyelini doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Menisküsün periferik %10-30'luk kısmı kan damarları içerirken (kırmızı-kırmızı ve kırmızı-beyaz zonlar), santral kısmı avaskülerdir (beyaz-beyaz zon) (Sheng et al., 2023). Damar yoğunluğunun en fazla olduğu dış zonda meydana gelen yırtıklar daha iyi bir iyileşme potansiyeline sahipken, avasküler iç zondaki yırtıkların spontan iyileşme şansı oldukça düşüktür (Sheng et al., 2023).

Menisküslerin diz eklemindeki fonksiyonları çok çeşitlidir. En önemli görevlerinden biri, femur ve tibia arasındaki uyumsuz eklem yüzeyleri arasında yük aktarımını sağlamak ve gelen darbeleri emerek (şok absorpsiyonu) kıkırdak yüzeyleri korumaktır; nitekim menisküslerin, eklem binen yükün yaklaşık %50-70'ini taşıdığı belirtilmektedir (McNulty and Guilak, 2015). Ayrıca, eklem yüzeylerinin kongrüansını artırarak temas alanını genişletirler, eklem stabilitesine (özellikle çapraz bağ yetmezliklerinde ikincil stabilizatör olarak) katkıda bulunurlar ve eklem içi lubrikasyon ile propriyosepsiyona yardımcı olurlar (McNulty and Guilak, 2015). Menisküs kaybı veya fonksiyon bozukluğu, eklemdede ağrı, instabilite ve hızla gelişen osteoartrit ile sonuçlanabilir (McNulty and Guilak, 2015). Menisküs yırtıkları, etiyojisine göre travmatik veya dejeneratif olarak sınıflandırılabilir; travmatik yırtıklar genellikle genç ve aktif bireylerde, dejeneratif yırtıklar ise daha çok yaşlı popülasyonda görülür (Luvsannyam et al., 2022). Boyuna, enine, kova sapı ve kök yırtıkları gibi farklı yırtık tipleri, menisküsün anatomik zayıf noktalarında sıkça rastlanır ve yırtığın tipi ile lokalizasyonu, uygulanacak tedaviyi ve iyileşme potansiyelini doğrudan etkiler (Luvsannyam et al., 2022). Özellikle kronik ÖÇB yırtığı olan hastalarda menisküs yaralanması insidansının %77'ye kadar ulaşabildiği ve bu kombine yaralanmaların diz stabilitesinde ciddi bozulmaya ve osteoartrit riskinde belirgin bir artışa yol açtığı unutulmamalıdır (Venkataraman et al., 2022).

2.1.5. Bağlar ve Yumuşak Dokular

Diz ekleminin stabilitesi ve kontrollü hareketi, büyük ölçüde eklemi çevreleyen ve içinden geçen güçlü bağlar ile destekleyici diğer yumuşak doku elemanları tarafından sağlanır. Bu yapılar, kemiklerin birbirine göre anormal hareketlerini kısıtlayarak eklemi korur ve fonksiyonel bütünlüğünü devam ettirir.



Şekil 2. 4. Ön ve Arka Çapraz Bağ (Calmbach and Hutchens, 2003)

Çapraz bağlar, diz ekleminin merkezinde yer alan ve özellikle ön-arka stabilitenin sağlanması için kritik rol oynayan iki temel yapıdır.

Diz stabilitesinde temel bir rol oynayan ÖÇB, femurdan başlayarak önden arkaya ve dıştan içe doğru bir seyir izleyerek tibianın ön interkondiler alanına yapışır (Gan et al., 2024). Makroskopik olarak güçlü bir bant şeklinde olup, mikroskopik düzeyde ise yoğun kollajen demetlerinden oluşur. ÖÇB'nin fonksiyonel olarak iki ana bandı tanımlanmıştır: anteromedial (AM) ve posterolateral (PL) bandlar. AM bandı diz fleksiyondayken daha gergin iken, PL bandı ekstansiyona yakın pozisyonda daha fazla gerginlik gösterir; bu iki bandın koordineli çalışması, tibianın femura göre anterior translasyonunu ve internal rotasyonunu etkin bir şekilde önler, aynı zamanda dizin hiperekstansiyona gitmesini de sınırlar (Marieswaran et al., 2018). ÖÇB'nin kanlanması sınırlı olup, genellikle orta genikulat arterin dallarından beslenir ve propriyoseptif sinir lifleri içerir. Bu bağın temel fonksiyonu, tibianın femura göre anterior translasyonunu ve internal rotasyonunu kısıtlamak, ayrıca hiperekstansiyonu önlemektir. Orijin ve insersiyon noktalarının konumu ile çapı, fonksiyonel stabiliteyi

doğrudan belirler ve cerrahi rekonstrüksiyonlar sırasında büyük önem taşır (Gan et al., 2024) (**Şekil 2. 4.**).

Diz stabilitesinde yine temel bir rol üstlenen AÇB, femurun medial kondilinin ön kısmından başlayarak arkadan öne ve içten dışa doğru bir seyir izleyerek tibianın arka interkondiler alanına yapışır (Gan et al., 2024). Yapısal olarak ÖÇB'ye göre genellikle daha kalın ve daha geniştir (Gan et al., 2024). Temel fonksiyonu, tibianın femura göre posterior translasyonunu kısıtlamaktır. ÖÇB gibi, AÇB'nin de orijin ve insertiyon noktalarının konumu ve çapı, fonksiyonel stabilite ve cerrahi yaklaşımlar açısından önemlidir (Gan et al., 2024) (**Şekil 2. 4.**).

Kollateral bağlar, dizin her iki yanında yer alarak özellikle mediolateral stabilitenin sağlanmasından sorumludur.

Medial Kollateral Bağ (MKB): Femurun medial epikondilinden başlayıp tibianın medial yüzeyine doğru uzanan geniş, yassı bir bağdır (Ren et al., 2017). Yüzeysel ve derin lifleri bulunur. Temel fonksiyonu, dize dıştan gelen valgus stresine karşı koymak ve aşırı eksternal rotasyonu sınırlamaktır; bu bağlamda valgus stresine karşı ana stabilizatör olarak kabul edilir (Ren et al., 2017) (**Şekil 2. 4.**).

Lateral Kollateral Bağ (LKB): Femurun lateral epikondilinden başlayarak fibula başına uzanan daha kordon benzeri bir yapıdır (Ren et al., 2017). Temel fonksiyonu, dize içten gelen varus stresine karşı koruma sağlamak ve aşırı eksternal rotasyonu sınırlamaktır (Ren et al., 2017). LKB, dizin posterolateral köşe (PLK) yapılarının önemli bir parçasıdır ve bu bölgenin stabilitesine katkıda bulunur. Her iki kollateral bağın bütünlüğü, dizin mediolateral stabilitesinin temelini oluşturur (Ren et al., 2017) (**Şekil 2. 4.**).

Diğer önemli bağ ve destekleyici yapılar da diz ekleminin karmaşık stabilitesine ve fonksiyonuna katkıda bulunur.

Patellar Ligament: Aslında quadriceps femoris kasının devamı olan güçlü bir tendondur. Patellanın apeks kısmından başlayarak tüberozitas tibiaya yapışır ve quadriceps kasının ürettiği kuvveti tibiaya aktararak dizin güçlü ekstansiyonunu sağlar (Astur et al., 2011). Bu ekstansör mekanizmanın bütünlüğü, yürüme ve koşma gibi temel lokomotor fonksiyonlar için hayati öneme sahiptir (Astur et al., 2011).

Retinakulumlar (Medial ve Lateral): Patellanın her iki yanında yer alan, eklem kapsülünün kalınlaşmasından oluşan fibröz bantlardır. Patellanın pozisyonunu stabilize etmeye ve patellofemoral eklemin düzgün hareketine yardımcı olurlar.

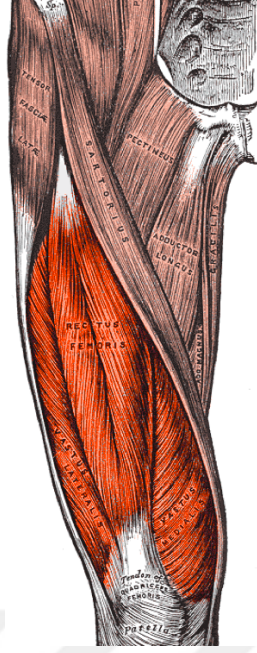
PLK Kompleks Yapıları: Diz eklemının posterolateralinde yer alan ve lateral kollateral bağ, popliteus tendonu, popliteofibular bağ gibi birçok bağ ve tendon yapısını içeren karmaşık bir anatomik bölgedir (Abu-Mukh et al., 2025). Bu yapılar, özellikle posterolateral rotasyonel instabiliteye karşı koyarak dizin dinamik ve statik stabilitesini sağlar. PLK yaralanmaları, ciddi instabiliteye ve cerrahi açıdan zorluklara yol açabilir (Abu-Mukh et al., 2025).

Posteromedial Köşe (PMK) Kompleks Yapıları: Diz eklemının posteromedialinde yer alan ve medial kollateral bağın posterior lifleri, posterior oblik bağ ve semimembranosus tendonunun çeşitli yapışma yerleri ile ilişkili olan bir diğer önemli stabilizatör bölgedir (Abu-Mukh et al., 2025). Bu yapılar, posteromedial stabiliteye ve rotasyonel kontrole katkıda bulunur (Abu-Mukh et al., 2025).

Diğer Yumuşak Dokular: Diz eklemi çevresinde, infrapatellar yağ yastıkçığı (Hoffa yağ yastıkçığı), suprapatellar bursa ve prepatellar bursa gibi çeşitli yumuşak doku elemanları da bulunur. Hoffa yağ yastıkçığı, eklem biyomekaniği ve inflamatuvar süreçlerde rol oynayabilirken, bursalar ise eklem hareketleri sırasında tendonlar ve kemikler arasındaki sürtünmeyi azaltır ve bursit gibi patolojilere yatkın olabilirler (Braun et al., 2022). Bu yapılar, dizin genel fonksiyonel bütünlüğü ve patolojilerinin anlaşılması açısından önemlidir.

2.1.6. Kaslar ve Tendonlar

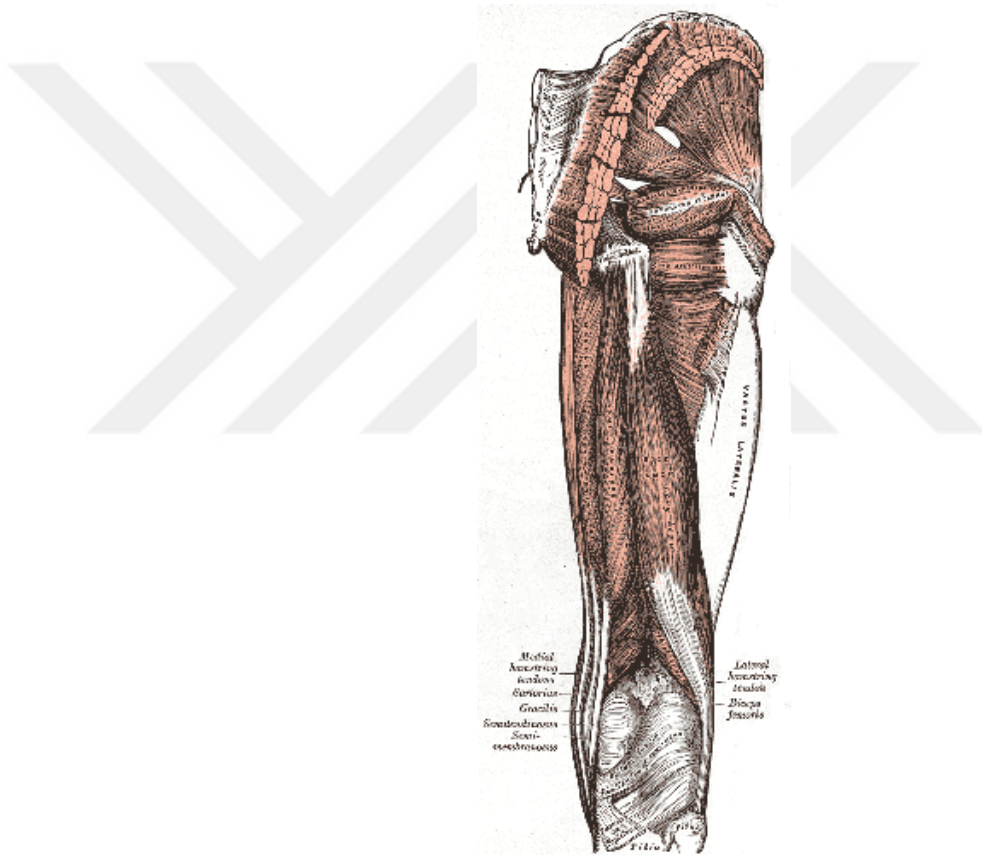
Diz eklemının hareketleri ve dinamik stabilitesi, eklemi çevreleyen ve üzerinden geçen çok sayıda kas ve bu kasların kemiklere yapışmasını sağlayan tendonlar aracılığıyla kontrol edilir. Bu kas-tendon üniteleri, sadece dizin fleksiyon ve ekstansiyon gibi temel hareketlerini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yürüme, koşma, sıçrama gibi karmaşık aktiviteler sırasında eklemi stabilize ederek bağlara binen yükleri azaltır ve yaralanmalara karşı koruyucu bir rol üstlenir. Bu bölümde, diz eklemi fonksiyonlarında birincil derecede rol oynayan kas grupları, onların anatomik özellikleri, fonksiyonları ve klinik önemleri detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Diz eklemi çevresindeki kaslar genel olarak fonksiyonlarına göre ekstansörler, fleksörler ve rotatorlar olarak gruplandırılabilir.



Şekil 2. 5. Quadriceps Femoris (Gray, 1918)

Ekstansör Mekanizma: Diz ekleminin en güçlü hareketi olan ekstansiyon, primer olarak quadriceps femoris tarafından sağlanır (**Şekil 2. 5**). Bu büyük ve güçlü kas grubu, uyluğun ön yüzünde yer alır ve dört ayrı baştan oluşur: musculus rectus femoris, musculus vastus medialis, musculus vastus lateralis ve musculus vastus intermedius. Strauss et al. (2021) tarafından yapılan morfolojik bir çalışmada, bu dört başın anatomik detayları ve quadriceps tendonuna katkıları incelenmiştir. Rectus femoris, bu kas grubunun en yüzeysel tabakasını oluştururken ve kalça eklemi de çaprazlayarak hem kalça fleksiyonuna hem de diz ekstansiyonuna katkıda bulunurken, vastus intermedius en derin tabakada yer alır ve sadece diz ekstansiyonundan sorumludur. Vastus medialis ve vastus lateralis ise sırasıyla uyluğun medial ve lateral kısımlarında, ara tabakada bulunur (Strauss et al., 2021). Bu dört baş, birleşerek güçlü bir ortak yapı olan quadriceps tendonunu oluşturur. Bu tendon, patellanın üst ve yan kenarlarına tutunur, patellayı içine alır ve patellanın apeksinden başlayarak tüberozitas tibiaya kadar uzanan patellar ligament aracılığıyla tibiaya bağlanır. Quadriceps femoris kasının tamamı nervus femoralis tarafından innerve edilir (Strauss et al., 2021). Bu kas grubunun temel fonksiyonu, dize güçlü bir şekilde ekstansiyon yaptırmaktır; bu hareket, ayağa kalkma, yürüme, koşma, merdiven çıkma ve sıçrama gibi birçok temel aktivite için elzemdir. Quadriceps kas grubunun bütünlüğü ve optimal fonksiyonu, diz ekstansiyonunun ana kas gücünü sağlar (Strauss et al., 2021).

Vastus medialis kasının en distal lifleri olan vastus medialis obliquus (VMO), patellanın medial stabilitesinde ve patellanın femurun troklear oluğunda düzgün bir şekilde hareket etmesinde önemli bir role sahiptir. VMO zayıflığı veya disfonksiyonu, patellofemoral ağrı sendromu gibi klinik durumlara yol açabilir. ÖÇBR sonrası quadriceps kaslarında belirgin atrofi ve kuvvet kaybı görüldüğü, bu durumun spora dönüşü ve fonksiyonel iyileşmeyi olumsuz etkilediği bilinmektedir (Wellsandt et al., 2020). Rehabilitasyon programları bu nedenle kas kuvveti ve aktivasyonunu artırmaya odaklanmalıdır (Wellsandt et al., 2020). Quadriceps kaslarındaki kuvvet ve aktivasyon eksikliklerinin, tek bacakla sıçrama performansını ve dinamik diz stabilitesini olumsuz etkilediği de gösterilmiştir (Kim et al., 2021).



Şekil 2. 6. Hamstring Kası (Gray, 1918)

Fleksör Mekanizma: Diz ekleminin fleksiyon hareketi ve kısmen de rotasyonel kontrolü, uyluğun arka kısmında yer alan hamstring kasları tarafından sağlanır (**Şekil 2. 6.**). Bu kas grubu üç ana kastan oluşur: musculus semitendinosus, musculus semimembranosus ve musculus biceps femoris. Hagen et al. (2025) tarafından yapılan bir derlemede, hamstring kaslarının orijin, insersiyo, sinir dağılımı ve fonksiyonel anatomisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu kaslar genellikle kalça kemiğinin iskial

tüberozitesinden başlar ve diz eklemi geçerek tibianın ve fibulanın proksimal kısımlarına yapışırlar (Hagen et al., 2025). Musculus biceps femoris (özellikle uzun başı iskiyal tüberoziteden, kısa başı ise femurun linea asperasından başlar) fibula başına yapışarak tibianın eksternal rotasyonuna yardımcı olurken, musculus semitendinosus ve musculus semimembranosus tibianın medialine yapışarak tibianın internal rotasyonuna katkıda bulunurlar (Hagen et al., 2025). Bu kasların tamamı nervus ischiadicus ve onun dalları olan tibial sinir (semitendinosus, semimembranosus ve biceps femoris'in uzun başı için) ve common peroneal sinir (biceps femoris'in kısa başı için) tarafından innerve edilir (Hagen et al., 2025). Hamstring kaslarının temel fonksiyonu dize fleksiyon yaptırmak olsa da aynı zamanda kalça ekstansiyonuna da yardımcı olurlar (biceps femoris'in kısa başı hariç). Hamstringlerin kuvveti ve esnekliği, dizin dinamik stabilitesinde, özellikle ÖÇB'nin fonksiyonunu desteklemede ve anterior tibial translasyonu kontrol etmede kritik bir rol oynar (Hagen et al., 2025). ÖÇBR sonrası hamstring kaslarında da belirgin atrofi ve kuvvet kaybı görülebilir, bu da rehabilitasyon sürecinde özel dikkat gerektirir (Baron et al., 2020).

Pes anserinus, M. sartorius, M. gracilis ve M. semitendinosus kaslarının tendonlarının tibianın proksimal medial yüzeyine ortak bir yapışma yeridir. Bu bölgedeki kas-tendon yerleşiminin bireysel farklılıklar gösterebildiği ve bu varyasyonların, pes anserinus bursiti veya tendiniti gibi klinik durumların gelişiminde rol oynayabileceği belirtilmiştir (Strandberg et al., 2013). Özellikle ÖÇB yaralanması sonrası gelişebilen kas atrofisi ve kuvvet kaybının, pes anserinus bölgesinin fonksiyonunu ve dolayısıyla dizin medial stabilitesini etkileyebileceği düşünülmektedir (Strandberg et al., 2013).

Diz eklemi hareketlerine ve stabilitesine katkıda bulunan başka kaslar da mevcuttur.

Musculus Gastrocnemius: Baldırın arka kısmında yer alan bu büyük kasın medial ve lateral olmak üzere iki başı vardır ve her iki baş da femurun distal posterior kondillerinden başlar. Aşıl tendonu aracılığıyla kalkaneusa yapışır ve primer olarak ayak bileği plantar fleksiyonundan sorumlu olsa da, diz eklemi de çaprazladığı için diz fleksiyonuna yardımcı olur.

Musculus Popliteus: Diz eklemi arka kısmında, derinde yer alan küçük bir kastır. Lateral femur kondilinden başlar ve tibianın proksimal posterior yüzeyine yapışır. Ekstansiyondaki dizin fleksiyonunun başlangıcında "kilidi açma"

mekanizmasında önemli bir rol oynar; bunu tibianın internal rotasyonunu başlatarak yapar (Jeong et al., 2023). Aynı zamanda dizin posterolateral köşe stabilitesine de katkıda bulunur (Jeong et al., 2023). Bu kasın mimarisi ve kalitesinin, dizin fonksiyonel hareketleri ve stabilitesi üzerinde belirleyici olduğu ifade edilmiştir (Jeong et al., 2023).

Bu kasların dinamik diz stabilitesine katkıları oldukça önemlidir. Statik stabilizatörler olan bağların aksine, kaslar ve tendonlar, hareket sırasında diz eklemine aktif bir destek sağlar, şokları emer ve eklem yüzeyleri arasındaki uyumu korur. Özellikle quadriceps ve hamstring kas grupları arasında optimal bir kuvvet dengesinin olması, diz eklemine sağlığı ve yaralanmalardan korunması için kritik bir faktördür. Bu kas gruplarındaki kuvvet ve aktivasyon eksikliklerinin veya dengesizliklerinin, tek bacakla sıçrama gibi dinamik aktiviteler sırasında performansı ve dinamik diz stabilitesini olumsuz etkilediği gösterilmiştir (He et al., 2022). Kas kuvvetinin ve kasların pasif sertliğinin normalleştirilmesi, fonksiyonel performansın artırılması ve yaralanma riskinin azaltılması için rehabilitasyon programlarının temel hedeflerinden biri olmalıdır (He et al., 2022). ÖÇB yaralanmaları ve sonrasındaki rekonstrüksiyon süreci, bu kasların fonksiyonlarını ciddi şekilde etkileyebilir, bu nedenle rehabilitasyon stratejileri bu kas gruplarının restorasyonuna özel bir önem vermelidir.

2.1.7. Diz Eklemine Innervasyonu ve Vaskülerizasyonu

Diz eklemine sağlıklı fonksiyonu ve yaralanma sonrası iyileşme kapasitesi, innervasyon ve vaskülerizasyon ile yakından ilişkilidir. Bu sistemler, eklem duyu geri bildirimini, beslenmesini ve onarım süreçlerini yönetir.

Innervasyon: Diz eklemi, hem duyu hem de propriyoseptif sinir lifleri içeren zengin bir innervasyona sahiptir. Bu sinir lifleri, eklem kapsülü, bağlar, menisküslerin periferik kısımları ve periartiküler yumuşak dokularda yoğunlaşmıştır. Diz eklemine innervasyonu temel olarak üç ana sinirden köken alır: nervus femoralis, nervus obturatorius ve nervus ischiadicus'un dalları olan nervus tibialis ve nervus peroneus communis (Barakat et al., 2024). Obturator sinir ve dalları, diz eklemi ve çevresindeki kas, deri ve eklem kapsülünün innervasyonunda önemli bir rol oynar; bu sinirlerin seyri ve dallanmasındaki anatomik varyasyonlar hem motor hem de duyu innervasyonu etkileyebilir (Barakat et al., 2024). Propriyoseptif ve nosiseptif lifler, diz

eklem kapsülü ve bağlarında yoğun olarak bulunur ve eklem stabilitesinin yanı sıra ağrı algısında da kritik görevler üstlenir (Barakat et al., 2024).

Özellikle bağ yapılarında, örneğin ÖÇB’de, Ruffini ve Pacini cisimcikleri, Golgi tendon organı benzeri yapılar ve serbest sinir uçları gibi çeşitli mekanoreseptörler bulunur (Rebmann et al., 2020). Bu mekanoreseptörler, dizin pozisyonu, hareketi ve üzerine binen yükler hakkında merkezi sinir sistemine sürekli bilgi göndererek propriyoseptif geri bildirim sağlar ve böylece eklem stabilitesinin korunmasına ve koordineli hareketlerin yapılmasına yardımcı olur (Rebmann et al., 2020). ÖÇBR sonrası bu mekanoreseptör yoğunluğunda meydana gelebilecek bir azalma, propriyosepsiyonun tam olarak geri kazanılamamasına ve fonksiyonel instabiliteye neden olabilir (Rebmann et al., 2020).

Vaskülarizasyon: Diz eklemine ve çevresindeki yapıların beslenmesi, temel olarak arteria femoralis’in devamı olan arteria poplitea ve onun dalları aracılığıyla sağlanır. Arteria poplitea, dizin arka kısmında seyrederek ve eklemi besleyen önemli genikulat arterleri (arteriae geniculares superior medialis/lateralis, media, inferior medialis/lateralis) verir. Bu arterler, diz eklemi çevresinde zengin bir anastomoz ağı oluşturarak eklem kapsülü, bağlar, menisküslerin periferik kısımları ve komşu kemik dokusunun kanlanmasını sağlar. Popliteal arter ve dallarında önemli anatomik varyasyonlar gözlemlenmekte olup, bu damarlar diz eklemine tüm yumuşak ve sert dokularının beslenmesinde kritik bir rol oynar (Rai et al., 2024). Bu anatomik varyasyonların bilinmesi, özellikle diz cerrahileri sırasında komplikasyonların önlenmesi ve cerrahi planlamanın doğru yapılması açısından büyük önem taşır (Rai et al., 2024).

Belirli eklem içi yapıların kanlanma düzeyi, yaralanma sonrası iyileşme potansiyellerini doğrudan etkiler. Örneğin, menisküslerin periferik %10-30’luk kısmı vasküler bir yapıya sahipken, merkezi kısmı büyük ölçüde avaskülerdir (Longo et al., 2012). Bu nedenle, menisküsün periferik, kanlanan kısmında meydana gelen yırtıklar daha iyi bir iyileşme potansiyeline sahipken, avasküler merkezi kısımdaki yırtıkların spontan iyileşme şansı oldukça düşüktür ve bu bölgelerdeki onarımlar için biyolojik destek stratejileri gündeme gelebilir (Longo et al., 2012). Benzer şekilde, çapraz bağların da kanlanması, yaralanma sonrası iyileşme süreçlerini etkileyen önemli bir faktördür (Longo et al., 2012). Diz cerrahileri, özellikle ÖÇBR gibi girişimler sırasında, popliteal arter, genikulat damarlar ve eşlik eden sinirler gibi önemli

nörovasküler yapıların yaralanma riski bulunmaktadır. Cerrahi tekniklerin dikkatli seçilmesi, anatomik varyasyonların göz önünde bulundurulması ve titiz bir cerrahi uygulama, bu tür komplikasyonların önlenmesinde anahtar rol oynar (Gharpinde et al., 2024).

2.2. ÖÇB Biyomekaniği

ÖÇB, tibianın femura göre öne doğru anormal kaymasını ve dizin aşırı rotasyonel hareketlerini sınırlandırarak eklem stabilitesinin anahtar unsurlarından biri olarak görev yapar (Butler et al., 2020). Bağıın karmaşık yapısal özellikleri, özellikle paralel organize olmuş kollajen lifleri ve fibroblast dağılımı, ona yüksek çekme kuvvetlerine karşı direnç ve aynı zamanda belirli bir esneklik kazandırır; bu da dizin çeşitli yüklenme koşullarında işlevlerini etkin bir şekilde yerine getirmesini sağlar (Provenzano et al., 2001). Diz eklemine etki eden çeşitli fizyolojik ve travmatik yüklenme senaryoları altında, örneğin ani yön değiştirme ve sıçrama sonrası iniş gibi hareketlerde, ÖÇB üzerindeki yük ve gerilme artış gösterir (Amis and Dawkins, 1991). ÖÇB'nin bütünlüğünün yokluğunda veya yetersizliğinde, dizde artmış anteroposterior translasyon ve belirgin rotasyonel instabilite geliştiği, bu durumun da genel fonksiyonel performansı ve eklem sağlığını olumsuz etkilediği bilinmektedir (Markolf et al., 2016). Dolayısıyla, ÖÇB'nin biyomekanik prensiplerinin doğru bir şekilde anlaşılması hem yaralanma mekanizmalarının aydınlatılması hem de daha etkili koruyucu stratejilerin, cerrahi rekonstrüksiyon tekniklerinin ve rehabilitasyon programlarının geliştirilmesi açısından büyük klinik öneme sahiptir (Sugita and Amis, 2001).

2.2.1. ÖÇB Yapısı ve İşlevi

ÖÇB, diz eklemine hem yapısal bütünlüğü hem de fonksiyonel performansı için hayati öneme sahip karmaşık bir anatomik yapıdır.

ÖÇB, diz eklemine içinde (intrakapsüler) konumlanmıştır. Femur üzerindeki origo noktası, lateral femur kondilinin arka-iç kısmı olup, interkondiler çentiğinin lateral duvarına tutunur. Buradan oblik bir seyir izleyerek aşağıya, öne ve mediale doğru uzanır ve tibianın ön interkondiler alanına, genellikle medial menisküsün ön boynuzunun hemen arkasına yapışır. ÖÇB'nin ortalama uzunluğu, genişliği ve kalınlığı bireyden bireye ve cinsiyete göre değişiklik gösterebilmekle birlikte, genel

olarak dizin boyutlarıyla orantılıdır. Femoral ve tibial yapışma noktalarının tam konumu ve bağın üç boyutlu oryantasyonu, bağın gerginliğini ve dolayısıyla fonksiyonel stabilitesini belirlemede kritik bir rol oynar (Sugita & Amis, 2001); bu anatomik ilişkilerin doğru anlaşılması, özellikle cerrahi rekonstrüksiyon ve rehabilitasyon planlaması için hayati önem taşımaktadır (Sugita & Amis, 2001).

-ÖÇB Histolojisi: ÖÇB, temel olarak yoğun bir bağ dokusu yapısındadır ve büyük ölçüde (%90 civarında) Tip I kollajen liflerinden oluşur; az miktarda Tip III kollajen ve elastin lifleri de içerir. Bu kollajen lifleri, bağın yüksek çekme kuvvetlerine karşı direncini sağlayan hiyerarşik bir organizasyon gösterir; en küçük birim olan mikrofibriller birleşerek fibrilleri, fibriller de bir araya gelerek fasikülleri oluşturur ve bu fasiküller de bağın ana gövdesini meydana getirir. ÖÇB'deki paralel kollajen lifler ve aralarında yer alan fibroblast/tenosit adı verilen özelleşmiş hücreler, bağın hem yüksek çekme kuvvetine dayanıklılığına hem de belirli bir esnekliğe sahip olmasına katkı sağlar (Provenzano et al., 2001). Fibroblastlar aynı zamanda ekstraselüler matriksin üretimi ve devamlılığında sorumludur. ÖÇB, eklem kapsülünün içinde yer almasına rağmen, kendi sinoviyal kılıfı ile çevrili olduğu için ekstrasinoviyal bir konumda kabul edilir; bu durum, beslenmesi ve yaralanma sonrası iyileşme yanıtı açısından önemlidir.

-Fonksiyonel Band Yapısı: ÖÇB, tek bir homojen yapıdan ziyade, fonksiyonel olarak farklı davranışlar sergileyen en az iki ana banddan oluşur: AM band ve PL band. AM bandı, özellikle diz fleksiyondayken daha fazla gerginlik gösterir ve tibianın femura göre öne doğru kaymasını (anterior tibial translasyonu) kısıtlamada birincil role sahiptir (Amis & Dawkins, 1991). PL band ise diz ekstansiyona yakın pozisyonlarda daha gergindir ve özellikle tibial rotasyonel stabiliteye önemli ölçüde katkıda bulunur (Amis & Dawkins, 1991). Bu iki bandın farklı diz hareket açıları boyunca koordineli bir şekilde çalışması, dizin hem ön-arka hem de rotasyonel stabilitesinin sağlanması için kritik öneme sahiptir; bandlar arasındaki bu dengenin bozulması veya birinin hasar görmesi, diz fonksiyonlarını olumsuz etkileyebilir ve cerrahi rekonstrüksiyonun başarısını etkileyebilir (Amis & Dawkins, 1991).

-Vaskülarizasyon ve İnervasyon: ÖÇB'nin kanlanması, büyük ölçüde orta genikulat arterin (arteria genicularis media) dalları ve ayrıca inferior genikulat arterlerden gelen bazı katkılarla sağlanır (Kennedy et al., 1976). Bağın kanlanması homojen değildir; özellikle femoral ve tibial yapışma yerlerine yakın olan periferik

kısımları ve çevresindeki sinoviyal doku daha iyi kanlanırken, bağın orta kısmı nispeten daha az vaskülerdir (Kennedy et al., 1976). Bu göreceli avaskülarite, ÖÇB'nin tam kat yırtıklarından sonra intrinsik iyileşme potansiyelinin oldukça sınırlı olmasının temel nedenlerinden biri olarak kabul edilir. İnnervasyon açısından ÖÇB, mekanoreseptörler (Ruffini cisimcikleri, Pacini cisimcikleri, Golgi-Mazzoni cisimcikleri gibi) ve serbest sinir uçları açısından zengindir (Kennedy et al., 1976). Bu sinirsel yapılar, dizin propriyosepsiyonu, hareketi ve üzerine binen yükler hakkında merkezi sinir sistemine sürekli geri bildirim sağlayarak nöromüsküler kontrol mekanizmalarının devreye girmesine ve dizin dinamik stabilitesinin korunmasına yardımcı olur; bu mekanoreseptörler bağın propriyoseptif fonksiyonundan sorumludur ve iyileşme sürecinde önemli rol oynar (Kennedy et al., 1976).

-ÖÇB'nin Fonksiyonları: ÖÇB'nin diz eklemindeki temel işlevleri çok yönlüdür ve eklemin sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için hayati önem taşır:

Birincil İşlev: En önemli ve bilinen fonksiyonu, tibianın femura göre anterior tibial translasyonunu engellemektir (Butler et al., 1980).

İkincil İşlevler: Tibianın internal ve eksternal rotasyonunu, özellikle internal rotasyonu önemli ölçüde kısıtlar (Butler et al., 1980).

Dizin hiperekstansiyona gitmesini önleyerek eklem yapılarının korunmasına yardımcı olur (Butler et al., 1980).

Valgus ve varus streslerine karşı, özellikle diz tam ekstansiyondayken, ikincil bir stabilizatör görevi görür.

Diz ekleminin normal kinematiğinde önemli bir rol oynayan "screw-home" mekanizmasına (ekstansiyonun sonlarında tibianın femura göre eksternal rotasyonu) katkıda bulunur.

İçerdiği mekanoreseptörler aracılığıyla propriyoseptif geri bildirim sağlayarak kasların refleks aktivasyonunu tetikler ve böylece dizin dinamik stabilitesinin korunmasına yardımcı olur (Kennedy et al., 1976).

Bu yapısal ve fonksiyonel özellikler, ÖÇB'yi diz ekleminin hem statik hem de dinamik stabilitesi için vazgeçilmez bir unsur haline getirir. ÖÇB, tibianın öne kaymasını ve rotasyonel hareketlerini sınırlandırarak diz stabilitesinin ana unsurudur ve aynı zamanda hiperekstansiyonu kısıtlayarak eklem travmasını önler (Butler et al., 1980).

2.3. ÖÇB Yaralanmaları

ÖÇB yaralanmaları, diz ekleminin bağ dokularında meydana gelen, tanımı ve etiyojisi itibarıyla özellikle sporcularda yaygın olarak karşılaşılan önemli bir sağlık sorunudur (Babalola et al., 2022). Bu yaralanmalar, sıklıkla ani yön değiştirme ve sıçrama sonrası iniş gibi spor aktiviteleri sırasında ortaya çıkar (Babalola et al., 2022) ve dizde instabiliteye yol açarak bireyin fonksiyonel kapasitesini ciddi şekilde kısıtlayabilir. Akut ÖÇB yırtığı sonrasında erken dönemde (ilk 48 saat içinde), hastalarda hem sinoviyal sıvıda hem de kanda belirgin inflamasyon ve hücresel yaşlanma belirtileri saptanmıştır (Waltz et al., 2023). Bu biyolojik yanıtlar, akut dönemde gözlenen ağrı, şişlik ve hareket kısıtlılığı ile birlikte günlük yaşam aktivitelerinde ciddi bir azalmaya neden olmaktadır (Waltz et al., 2023) ve potansiyel olarak iyileşme sürecini ile uzun dönem komplikasyon riskini etkileyebilir (Waltz et al., 2023). Tedavi edilmediği veya yetersiz tedavi edildiği takdirde, ÖÇB yaralanmaları uzun vadede menisküs hasarı, kıkırdak dejenerasyonu ve erken osteoartrit gibi ikincil komplikasyonlara zemin hazırlayabilmektedir (Olsson Wällgren et al., 2025). Ayrıca, bu tür bir yaralanma, özellikle genç sporcularda travma sonrası stres bozukluğu (PTSD) semptomları, kaçınma davranışları ve yoğun psikolojik stres gibi önemli psikososyal etkilere yol açabilir (Padaki et al., 2017). Bu durum, spor kariyerlerinde belirsizlik yaratmakta ve genel yaşam kalitesinde azalmaya neden olmaktadır (Padaki et al., 2017). Yaralanmanın bireysel etkilerinin yanı sıra, düşük sosyoekonomik düzeydeki bireylerin tedaviye daha geç ulaşması ve daha yüksek yeniden yaralanma riski taşıması gibi faktörler (Huston, 2024), potansiyel iş gücü kaybı ve artan sağlık harcamaları nedeniyle önemli bir sosyoekonomik yük de oluşturmaktadır (Huston, 2024).

2.3.1. Epidemiyolojisi ve İnsidansı

ÖÇB yaralanmaları, özellikle sporla uğraşan bireyler arasında yaygın olarak görülen ve önemli fonksiyonel kayıplara yol açabilen bir sağlık sorunudur. Bu yaralanmaların sıklığı ve dağılımı, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Genel Görülme Sıklığı: ÖÇB yaralanmalarının genel popülasyondaki insidansı, farklı çalışmalarda ve coğrafyalarda değişiklik göstermekle birlikte, özellikle aktif ve spor yapan bireylerde belirgin şekilde artmaktadır. Örneğin, adolesan bireyler üzerinde

yapılan prospektif bir kohort çalışmasında, genel ÖÇBR insidansı 38.9/100.000 kişi-yıl olarak bulunmuştur (Johnsen et al., 2016). Seviye I olarak tanımlanan yüksek riskli sporlara katılımın, hem kızlarda (Tehlike Oranı [HR]: 3.31) hem de erkeklerde (HR: 3.93) ÖÇB yaralanması riskini anlamlı derecede artırdığı gösterilmiştir (Johnsen et al., 2016).

Spor Dallarına Göre Dağılım: ÖÇB yaralanmaları, özellikle pivot (dönme), ani yön değiştirme ve sıçrama gibi hareketleri yoğun olarak içeren spor dallarında daha sık görülmektedir. Futbol, basketbol ve voleybol gibi sporlarda ÖÇB yaralanma insidansının yüksek olduğu ve bu sporlarda kadın sporcuların erkeklere göre anlamlı olarak daha fazla risk altında olduğu bildirilmektedir (Martinez-Calderon et al., 2025). Basketbolda kadınlarda insidansın 0.091–0.110/1000 maruziyet, erkeklerde ise 0.024–0.035/1000 maruziyet arasında değiştiği saptanmıştır (Martinez-Calderon et al., 2025). Non-kontakt ÖÇB yaralanmalarının, 13 farklı takım sporu incelendiğinde toplam ÖÇB yaralanmalarının yaklaşık %55'ini oluşturduğu ve farklı sporlar arasında insidansın değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir (Chia et al., 2022).

Cinsiyete Göre Farklılıklar: Epidemiyolojik veriler, kadın sporcuların erkek sporculara kıyasla ÖÇB yaralanması açısından daha yüksek risk taşıdığını tutarlı bir şekilde göstermektedir. Kadın sporcuların, erkeklere göre 4 ila 8 kat daha fazla ÖÇB yaralanması riski altında olduğu bildirilmiştir (Mancino et al., 2023). Bu cinsiyet farkının altında yatan nedenler arasında anatomik farklılıklar (örneğin, daha geniş pelvis, artmış Q açısı), hormonal dalgalanmalar (özellikle östrojenin bağ dokusu üzerindeki etkileri) ve nöromüsküler kontrol mekanizmalarındaki farklılıklar gösterilmektedir (Mancino et al., 2023). Non-kontakt ÖÇB yaralanmalarında bu oran kadınlarda %63 iken, erkeklerde %50 olarak bulunmuştur (Chia et al., 2022).

Yaşa Göre Dağılım: ÖÇB yaralanmaları genellikle genç ve aktif bireylerde, özellikle de adolesan ve genç yetişkin popülasyonda pik yapar. Lise sporcularında ÖÇB yaralanma insidansının (4.15/100.000 maruziyet) ortaokul sporcularına göre yaklaşık üç kat daha yüksek olduğu ve yaş arttıkça insidansın yükseldiği belirtilmiştir (Rauh et al., 2021). Lise kız basketbolunda bu oranın 25.5/100.000 maruziyete kadar çıkabildiği rapor edilmiştir (Rauh et al., 2021).

Coğrafi ve Etnik Farklılıklar: Farklı ülkeler ve sporlar arasında ÖÇB yaralanma insidansında değişkenlikler olduğu gözlemlenmekle birlikte (Chia et al., 2022), coğrafi ve etnik kökene dayalı spesifik risk farklılıklarını net bir şekilde ortaya koyan kapsamlı

verilere literatürde daha az rastlanmaktadır. Bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Zaman İçindeki Değişim Trendleri: Son yıllarda, özellikle adolesan sporcularda ÖÇB yaralanma insidansında bir artış trendi gözlemlenmektedir (Bram et al., 2020). Bu artışın özellikle kız sporcularda daha belirgin olduğu ve yaralanma riskinin müsabaka ortamında antrenmanlara kıyasla 6 ila 8 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (Bram et al., 2020). Spor müsabakalarına katılımın genel olarak riski 4-5 kat artırdığı da belirtilmiştir (Johnsen et al., 2016).

Yaralanma Düzeyi (Tam/Kısmi Yırtık): Epidemiyolojik çalışmalarda ÖÇB yaralanmalarının şiddeti de incelenmektedir. MRI bulgularına dayanan retrospektif bir çalışmada, tam kat ÖÇB yırtıklarının genç ve aktif bireylerde daha sık görüldüğü, kısmi yırtıkların oranının ise yaşla birlikte artış gösterdiği saptanmıştır (Connors et al., 2019). MRI'nın, yırtığın derecesi ve lokalizasyonunun değerlendirilmesinde yüksek duyarlılığa sahip olduğu da bu çalışmada vurgulanmıştır (Connors et al., 2019).

2.3.2. Risk Faktörleri

ÖÇB yaralanmalarının gelişimi, tek bir nedene bağlı olmaktan ziyade, birçok farklı faktörün karmaşık etkileşimi sonucu ortaya çıkar. Bu faktörler genel olarak bireye ait (intrinsik) ve çevresel veya aktiviteye bağlı (ekstrinsik) olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Bu risk faktörlerinin bilinmesi, koruyucu stratejilerin geliştirilmesi ve risk altındaki bireylerin belirlenmesi açısından büyük önem taşır.

2.3.2.1 İntrinsik Risk Faktörleri. Anatomik Faktörler: Bireyin kemik ve eklem yapısındaki bazı özellikler, ÖÇB yaralanmalarına yatkınlığı artırabilir. Yapılan bir vaka-kontrol çalışmasında, ÖÇB yaralanması olan grupta posterior-inferior tibial slope (PITS) açısının anlamlı derecede daha dik, interkondiler çentik genişliğinin (NWI) ve çentik açısının (NA) ise daha küçük olduğu bulunmuştur (Hagino et al., 2024). Bu anatomik özelliklerin aile bireyleri arasında da korelasyon göstermesi, interkondiler çentik darlığı ve dik tibial slope'un önemli kalıtsal risk faktörleri olabileceğini düşündürmektedir (Hagino et al., 2024). Ayrıca, diz çevresi kas kuvvet dengesizliklerinin yanı sıra dar çentik genişliğinin de ÖÇB yaralanma riskini artırdığı, kadınlarda ise erkeklere kıyasla daha dar çentik ve düşük bağ hacmi saptandığı bildirilmiştir (Gupta et al., 2021). Genel eklem laksitesi, alt ekstremitte dizilim

bozuklukları (örneğin, artmış Q açısı, genu varum/valgum, aşırı ayak pronasyonu) ve belirli vücut kitle indeksi (VKİ) değerleri de potansiyel anatomik risk faktörleri arasında değerlendirilmektedir.

Hormonal Faktörler: Özellikle kadın sporcularda ÖÇB yaralanma riskinin erkeklere göre daha yüksek olması, hormonal farklılıkların rolünü gündeme getirmiştir. Rekabet ve müsabaka sırasında kadın sporcularda erkeklere göre anlamlı derecede daha yüksek ÖÇB yaralanma oranı saptanmış olup, bu farkın hormonal ve anatomik faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Gupta et al., 2020). Menstrüel döngünün farklı fazlarındaki östrojen, progesteron ve relaksin gibi hormonların seviyelerindeki dalgalanmaların, bağ dokusunun esnekliğini ve direncini etkileyerek yaralanma riskini artırabileceği öne sürülmektedir.

Nöromüsküler Faktörler: Kas kuvveti, aktivasyon paternleri ve propriyoseptif yetenekler, dizin dinamik stabilitesinin korunmasında kritik rol oynar. Diz çevresi kas kuvvet dengesizlikleri, özellikle quadriceps ve hamstring kasları arasındaki oranın (H/Q oranı) düşük olması, ÖÇB yaralanma riskini artırabilmektedir (Gupta et al., 2021). Kasların aktivasyon zamanlamasındaki ve koordinasyonundaki bozukluklar, ani hareketler sırasında dizin kontrolünü zorlaştırabilir. Nöromüsküler kontrol eksikliği ve yetersiz dinamik dengenin, non-kontakt ÖÇB yaralanmalarında önemli bir risk faktörü olduğu ve kadın sporcularda bu eksikliklerin daha belirgin olabildiği bir meta-analizde vurgulanmıştır (Chia et al., 2022). Propriyoseptif yetersizlikler ve hatalı hareket paternleri (özellikle riskli iniş) de yaralanmaya zemin hazırlayan diğer nöromüsküler faktörlerdir.

Genetik Yatkınlık: Aile öyküsünde ÖÇB yaralanması bulunan bireylerde yaralanma riskinin arttığına dair kanıtlar bulunmaktadır. Aile bireylerinde çentik darlığı ve dik tibial slope gibi anatomik risk faktörlerinin birlikte görülmesi, bu duruma genetik bir yatkınlığın da katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir (Hagino et al., 2024). Kollajen metabolizmasıyla ilişkili genetik belirteçlerin de bu yatkınlıkta rol oynayabileceği araştırılmaktadır.

Daha Önce Geçirilmiş ÖÇB Yaralanması: Daha önce bir dizde ÖÇB yaralanması geçirmiş olmak, hem aynı dizde tekrar yaralanma (greft rüptürü veya yeni bir yaralanma) hem de karşı taraf dizde ÖÇB yaralanması riskini önemli ölçüde artırmaktadır. Önceden ÖÇB yaralanması geçirmiş olmanın, yeni bir yaralanma riskini

%23,3 oranında artırdığı ve bu riskin özellikle amatör sporcularda daha yüksek olduğu bir sporcu kaydı çalışmasında belirtilmiştir (Szymiski et al., 2021).

2.3.2.2 Ekstrinsik Risk Faktörleri. Spor Türü ve Seviyesi: Pivot, kesme ve sıçrama hareketlerini yoğun olarak içeren sporlar (futbol, basketbol, voleybol, kayak vb.) ÖÇB yaralanmaları açısından daha yüksek risk taşır. Ayrıca, rekabet seviyesi arttıkça yaralanma riski de artmaktadır. Lise sporcularında ÖÇB yaralanma insidansının ortaokul sporcularına göre üç kat daha yüksek olduğu ve müsabaka ortamında yaralanma riskinin antrenmana göre çok daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Rauh et al., 2021).

Zemin Özellikleri: Zemin yüzeyinin tipi ve sürtünme katsayısı da yaralanma riskini etkileyebilir. Bir çalışmada, doğal çimde antrenman yapan sporcuların ÖÇB yaralanma riskinin sentetik çime göre daha yüksek olduğu, ancak maç ortamında zemin farkının anlamlı bulunmadığı belirtilmiştir (Howard et al., 2020). Alqarni et al. (2022) ise yapay zeminin riski artırdığını belirtmiştir.

Ayakkabı Seçimi: Kullanılan ayakkabının tipi, özellikle kramponların tasarımı ve zeminle olan etkileşimi, diz üzerine binen rotasyonel kuvvetleri etkileyerek yaralanma riskini değiştirebilir.

Hava Koşulları: Özellikle dış saha sporlarında yağışlı veya kaygan zemin gibi olumsuz hava koşulları, yaralanma riskini artırabilir.

Yorgunluk Düzeyi: Yorgunluk, sporcuların nöromüsküler kontrolünü, reaksiyon zamanını ve karar verme yeteneklerini olumsuz etkileyerek hatalı hareket paternlerine ve dolayısıyla yaralanmalara zemin hazırlayabilir. Haftada 10 saatten fazla antrenman yapan ve yorgun olan sporcularda ÖÇB yaralanma oranının anlamlı derecede yüksek olduğu bulunmuştur (Alqarni et al., 2022).

Antrenman Yetersizlikleri/Hataları: Yetersiz kondisyon, özellikle core bölgesi ve alt ekstremité kaslarının yetersiz kuvvet ve dayanıklılığı, hatalı tekniklerin öğretilmesi veya uygulanması ve antrenman yükünün ani veya aşırı artırılması da ÖÇB yaralanma riskini artıran önemli faktörlerdendir (Joshi et al., 2022).

Oyun Kuralları ve Ekipmanlar: Bazı spor dallarındaki oyun kuralları veya kullanılan koruyucu ekipmanların yetersizliği de dolaylı olarak yaralanma riskini etkileyebilir.

Bu intrinsik ve ekstrinsik risk faktörlerinin birçoğu birbiriyle etkileşim halindedir ve yaralanma genellikle birden fazla faktörün bir araya gelmesiyle tetiklenir.

2.3.3. Sınıflandırılması

ÖÇB yaralanmaları, klinik tablo, görüntüleme bulguları ve eşlik eden diğer patolojiler dikkate alınarak çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar, yaralanmanın doğru bir şekilde tanımlanması, uygun tedavi stratejisinin seçilmesi ve hastanın prognozunun öngörülmesi açısından büyük önem taşır. Klinik pratikte, yaralanmanın şiddeti ve eşlik eden patolojilerin varlığına göre bir sınıflandırma yapılması önerilmektedir (Smith et al., 2020).

Yaralanmanın Şiddetine Göre Sınıflandırma: ÖÇB yaralanmaları, bağdaki hasarın derecesine göre genellikle üç evre altında değerlendirilir. Klinik muayene ve MRI, ÖÇB yaralanma derecesini belirlemede yüksek duyarlılık ve özgüllük göstermektedir (Yoon et al., 2019).

Grade I: Bu evrede, bağda makroskopik bir yırtık olmaksızın sadece mikroskopik düzeyde hasar ve gerilme mevcuttur. Dizde genellikle hafif bir ağrı ve hassasiyet olabilir, ancak belirgin bir instabilite veya fonksiyon kaybı gözlenmez. Bağın genel bütünlüğü büyük ölçüde korunmuştur. Grade I ve II yaralanmalarda artroskopik bulgularla uyumun %85'in üzerinde olduğu bildirilmiştir (Yoon et al., 2019).

Grade II: Bu evre, bağda kısmi bir yırtığın olduğu durumları tanımlar. Dizde orta derecede bir instabilite hissi, ağrı ve fonksiyonel kısıtlılık görülebilir. Grade II (kısmi) ÖÇB yırtıklarının %40-60'ında konservatif tedavi ile iyi fonksiyonel sonuçlar elde edilebilmekle birlikte, yaklaşık %10-20 olguda zamanla tam kat yırtığa ilerleme görülebilmektedir; bu nedenle klinik takip ve erken rehabilitasyon bu evrede önemlidir (van der List et al., 2016).

Grade III: Bu evre, bağın tam kat yırtıldığını ifade eder ve ÖÇB yaralanmalarının en sık karşılaşılan ve klinik olarak en belirgin olan tipidir. Dizde ciddi instabilite (boşalma hissi), genellikle akut dönemde belirgin hemartroz ve önemli fonksiyon kaybı ile karakterizedir. Grade III (tam kat yırtık) tanısında MRI ve klinik muayenenin kombine olarak kullanılması, tanısal doğruluğu artırmaktadır (Yoon et al., 2019).

Yaralanmanın Zamanlamasına Göre Sınıflandırma: ÖÇB yaralanmaları, olayın meydana gelme zamanına göre de sınıflandırılabilir:

Akut Yaralanma: Yaralanmanın hemen ardından (genellikle ilk birkaç hafta içinde) teşhis edilen durumları ifade eder. Akut yaralanmalarda hematoma, ödem ve şiddetli ağrının daha belirgin olduğu rapor edilmiştir (Li et al., 2021).

Kronik Yaralanma: Yaralanmanın üzerinden daha uzun bir süre (haftalar veya aylar) geçmiş ve semptomların, özellikle de instabilite hissinin devam ettiği durumları tanımlar. Kronik olgularda menisküs ve kıkırdak hasarı insidansının akut olgulara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir; bu farklılıklar, tedavi ve rehabilitasyon protokollerinin bireyselleştirilmesini gerektirir (Li et al., 2021).

Eşlik Eden Yaralanmalara Göre Sınıflandırma: ÖÇB yaralanmaları sıklıkla dizdeki diğer yapıların yaralanmaları ile birlikte görülebilir (kombine yaralanmalar), bu da yaralanmanın karmaşıklığını ve ciddiyetini artırır.

İzole ÖÇB Yaralanması: Sadece ÖÇB'nin hasar gördüğü, dizdeki diğer önemli bağ, menisküs veya kıkırdak yapılarında belirgin bir yaralanmanın olmadığı durumları ifade eder.

Kombine Yaralanmalar: ÖÇB yaralanmasına ek olarak dizdeki bir veya daha fazla yapının da hasar gördüğü durumlardır. ÖÇB yaralanmalarına eşlik eden patolojiler arasında menisküs yırtıklarının yaklaşık %50, lateral kollateral bağ yaralanmasının %20 ve kıkırdak hasarının %30 oranında görüldüğü bildirilmiştir (Magnussen et al., 2017). Bu kombine yaralanmalar, cerrahi süreci ve rehabilitasyon sürecini uzatabilir ve genel prognozu olumsuz etkileyebilir (Magnussen et al., 2017). Sık rastlanan kombine yaralanma paternleri şunlardır:

ÖÇB + Menisküs Yırtığı: En sık görülen kombinasyonlardan biridir.

ÖÇB + Kollateral Bağ Yaralanması: Özellikle MKB yaralanmaları sık eşlik eder.

ÖÇB + Kıkırdak Hasarı: Artiküler kıkırdakta lezyonlar veya kemik iliği ödemi görülebilir.

"Unhappy Triad" : Klasik olarak ÖÇB, MKB ve medial menisküsün birlikte yaralandığı durumu tanımlar. Bu kombine yaralanma paterni, genellikle valgus ve rotasyonel travmalar sonucu ortaya çıkar; tanıda klinik muayene ve MRI önemli olup, tedavi ve rehabilitasyon süreci uzundur ve prognoz genellikle izole yaralanmalara göre daha kötüdür (Shelbourne & Nitz, 1990).

Farklı sınıflandırma sistemleri mevcut olup, artroskopik sınıflandırmalar en spesifik bilgiyi verse de, klinik muayene ve MRI temelli sistemler de tanı ve tedavi planlamasında yüksek doğruluk göstermektedir (Smith et al., 2020).

2.3.4. ÖÇB Yaralanmalarının Klinik Önemi

ÖÇB yaralanmaları, bireylerin hem fiziksel hem de psikososyal sağlığı üzerinde önemli ve çok boyutlu etkilere sahip olan ciddi bir klinik durumdur. Bu etkiler, yaralanmanın hemen ardından başlayan akut dönemden, uzun vadeli sonuçlara ve sosyoekonomik yüke kadar geniş bir yelpazede kendini gösterir.

Akut Dönem Etkileri: ÖÇB yaralanmasının akut döneminde hastalar genellikle belirgin semptomlar yaşarlar. Bu semptomların başında şiddetli ağrı, dizde hızla gelişen şişlik ve hareket kısıtlılığı gelir. Paritekar et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, akut diz yaralanması geçiren hastaların çoğunda ilk haftalarda bu tür belirgin ağrı, hemartroz ve hareket kısıtlılığının gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu fiziksel belirtilere ek olarak, dizde boşalma hissi, güvensizlik ve belirgin bir instabilite de sıkça rastlanan şikayetlerdendir. Hastaların çoğunda akut dönemde boşalma hissi ve güvensizliğin yaygın olduğu ve bu semptomların erken rehabilitasyon sürecinde motivasyon ile uyumu olumsuz etkileyebileceği rapor edilmiştir (Sen et al., 2021). Tüm bu akut etkiler, yürüme, merdiven inip çıkma gibi temel günlük yaşam aktivitelerinde ciddi zorluklara yol açarak fonksiyonel yetersizliğe neden olur (Paritekar et al., 2022) ve bireylerin spora ve diğer fiziksel aktivitelere katılımlarını önemli ölçüde engeller.

Uzun Dönem Etkileri: ÖÇB yaralanması uygun şekilde tedavi edilmediğinde veya rehabilitasyon süreci yetersiz kaldığında, uzun vadede daha karmaşık sorunlar ortaya çıkabilir. Kronik diz instabilitesi ve tekrarlayan dizde boşalma atakları, bu durumun en sık görülen sonuçlarından. ÖÇB yaralanması geçiren bireylerde yıllar sonra dahi fonksiyonel kısıtlılık, düşük fiziksel aktivite düzeyi ve psikolojik zorlukların devam edebildiği, dizdeki instabilitenin spora dönüş oranlarını ve genel yaşam kalitesini olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Karlström et al., 2022). Devam eden instabilite, menisküsler ve artiküler kıkırdak gibi diğer eklem içi yapılara anormal yükler bindirerek bu dokularda ikincil hasarların gelişme riskini artırır. Kombine yaralanmalarda, fonksiyonel skorların ve yaşam kalitesinin daha düşük olduğu, tedavi edilmeyen veya yetersiz tedavi edilen durumlarda menisküs ve kıkırdak hasarının

ilerleyerek osteoartrit riskini artırdığı gösterilmiştir (Hopper et al., 2020). Gerçekten de ÖÇB yetersizliğinin, özellikle menisküs ve kıkırdak hasarı ile birlikte olduğunda, erken yaşta gonartroz gelişme riskini belirgin şekilde artırdığı ve bu riski etkileyen faktörler arasında yaş, cinsiyet, aktivite düzeyi ile eşlik eden yaralanmaların bulunduğu sistematik derlemelerle ortaya konmuştur (Albo et al., 2021). Tüm bu fiziksel sorunlar, bireylerin yaşam kalitesinde düşüşe ve aktivite düzeylerinde kalıcı azalmaya yol açabilir; örneğin, bir çalışmada ÖÇBR sonrası 2 yıl sonunda ağrı, semptomlar ve günlük yaşam aktivitelerinde belirgin iyileşme sağlansa da spora dönüş oranı ve aktivite düzeyinin yaralanma öncesi seviyeye tam olarak ulaşmadığı saptanmıştır (Hopper et al., 2020). Yaralanmanın fiziksel etkilerinin yanı sıra, psikolojik etkileri de göz ardı edilmemelidir. Özellikle genç sporcularda ÖÇB yaralanması sonrası kaçınma davranışları, intrüzyon (istenmeyen anılar) ve PTSD semptomlarının yaygın olduğu ve psikolojik desteğin spora dönüş ile rehabilitasyon başarısı için kritik önem taşıdığı belirtilmiştir (Padaki et al., 2017).

Sosyoekonomik Etkileri: ÖÇB yaralanmalarının klinik öneminin bir diğer boyutu da yol açtığı sosyoekonomik yüküdür. Tanı süreci, olası cerrahi müdahaleler ve uzun soluklu rehabilitasyon programları önemli bir tedavi maliyeti oluşturur. Özellikle enfeksiyon gibi komplikasyonlar geliştiğinde tedavi maliyetinin ve buna bağlı iş gücü kaybının anlamlı şekilde arttığı, bu durumun toplam sağlık harcamalarında ciddi bir yük oluşturduğu prospektif bir kohort çalışmasında gösterilmiştir (Bohu et al., 2018). Yaralanma nedeniyle bireylerin iş veya okul hayatından uzak kalması iş gücü kaybına yol açabilir. Sporcular için ise ÖÇB yaralanması, spor kariyerinin olumsuz etkilenmesi veya hatta sonlanması anlamına gelebilir. Bir çalışmada, yalnızca profesyonel futbolcuların yaralanma sonrası iki yıl içinde maç sayısı ve süresini yaralanma öncesi seviyelerine çıkarabildiği, amatör sporcularda ise performans ve kariyer süresinin anlamlı şekilde azaldığı bulunmuştur (Szymski et al., 2022). Son olarak, ÖÇB yaralanması sonrası tedavi ve rehabilitasyon süreci genellikle uzun (ortalama spora dönüş süresi 8,5 ay ve üzeri) ve zordur (Johnson et al., 2016). Bu süreçte hastanın yüksek motivasyonu, aldığı sosyal destek ve kişiselleştirilmiş bir rehabilitasyon programına katılımı başarıda belirleyici olurken, negatif ruh hali ve düşük özgüven gibi faktörler spora dönüşü geciktirebilmektedir (Johnson et al., 2016).

2.4. ÖÇB Yaralanmaları Tanı Yöntemleri

ÖÇB yaralanmalarının doğru ve erken tanısı, uygun tedavi planının oluşturulması, hastanın uzun dönem fonksiyonel sonuçlarının iyileştirilmesi ve menisküs ile kıkırdak hasarı gibi ikincil eklem patolojilerinin önlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir (Zuluaga, 2024). Tedavideki gecikmelerin, fonksiyonel kayıpları artırdığı ve osteoartrit riskini yükselttiği bilinmektedir (Zuluaga, 2024; Hickie et al., 2025). Bu nedenle, tanı sürecinin titizlikle yürütülmesi esastır. ÖÇB yaralanmalarının tanı süreci genellikle detaylı bir anamnez alımı, kapsamlı bir fizik muayene ve gerekli durumlarda bu bulguları destekleyen veya kesinleştiren görüntüleme yöntemlerinin bir kombinasyonunu içerir (Tanaka et al., 2022). Anamnez, fizik muayene ve MRI gibi yöntemlerin birlikte kullanılması, tanıda en yüksek doğruluğu sağlar ve yanlış pozitif veya negatif tanı olasılığını azaltır (Tanaka et al., 2022). Ayırıcı tanıda, ÖÇB yaralanmasına eşlik edebilecek veya benzer semptomlara yol açabilecek lezyonları, diğer menisküs yırtıkları ve farklı instabilite nedenlerinin de klinik ve görüntüleme yöntemleriyle dikkatlice değerlendirilmesi gerekmektedir (Bae et al., 2023).

2.4.1. Anamnez

ÖÇB yaralanması şüphesi olan bir hastanın değerlendirilmesinde, doğru ve detaylı bir anamnez alınması, tanı sürecinin temel taşlarından biridir. Anamnez, yaralanmanın oluş şeklinden hastanın genel sağlık durumuna kadar birçok önemli bilgiyi içerir ve hem tanıya yardımcı olur hem de tedavi planlamasına ışık tutar.

2.4.2. Fizik Muayene

ÖÇB yaralanması şüphesi olan hastalarda anamnezin ardından yapılan kapsamlı bir fizik muayene, tanının temelini oluşturur ve ayırıcı tanıda önemli ipuçları sunar. Fizik muayene; inspeksiyon, palpasyon, eklem hareket açıklığının değerlendirilmesi ve spesifik stabilite testlerini içerir. Akut dönemde efüzyon, eklemden şişlik ve hareket kısıtlılığının sık görüldüğü, palpasyonda hassasiyet, eklem hareket açıklığında azalma ve instabilite bulgularının ÖÇB yırtığı şüphesini güçlendirdiği ve bu bulguların menisküs, kollateral bağ ve diğer diz patolojilerinin ayırıcı tanısında da önemli olduğu belirtilmiştir (Lam et al., 2009).

İnspeksiyon:

Muayenenin ilk adımı olan inspeksiyonda, her iki diz karşılaştırmalı olarak değerlendirilir. Dizde akut yaralanmayı düşündüren efüzyon, hemartroz ve ekimoz varlığı incelenir. Kronik durumlarda veya cerrahi sonrası dönemde quadriceps başta olmak üzere kas atrofisi gözlemlenebilir. Ayrıca, hastanın yürüme paterni de değerlendirilir; ağrı nedeniyle antalgik yürüyüş veya instabiliteye bağlı güvensiz bir yürüyüş paterni saptanabilir.

Palpasyon:

Palpasyon ile dizdeki hassas noktalar, efüzyonun varlığı ve derecesi, eklem sıcaklığındaki olası bir artış tespit edilmeye çalışılır. Özellikle eklem hattındaki hassasiyet, eşlik eden bir menisküs yaralanması şüphesini artırabilir. ÖÇB ve diğer bağların femoral ve tibial yapışma noktalarındaki hassasiyet de değerlendirilmelidir.

Eklem Hareket Açıklığının (EHA) Değerlendirilmesi:

Dizin aktif ve pasif fleksiyon ile ekstansiyon hareket açıklığı gonyometre ile ölçülerek karşılaştırılır. Hareket sırasında hastanın ağrı veya takılma hissi yaşayıp yaşamadığı sorgulanır. ÖÇB yırtıklarında, özellikle akut dönemde, ağrı ve hemartroza bağlı olarak veya menisküs gibi eklem içi bir yapının sıkışması sonucu ekstansiyon kaybı sık görülebilen bir bulgudur.

Spesifik Stabilite Testleri:

Bu testler, ÖÇB'nin bütünlüğünü değerlendirmek amacıyla yapılır ve tanıda kritik öneme sahiptir.

Lachman Testi: Genellikle ÖÇB yırtıkları için en duyarlı klinik testlerden biri olarak kabul edilir. Diz yaklaşık 20-30 derece fleksiyondayken, femur sabitlenip tibiya anterior yönde kuvvet uygulanarak anterior translasyon miktarı ve "end-feel" kalitesi (sert, yumuşak veya boş) değerlendirilir. Lachman testinin duyarlılığı %79, özgüllüğü ise %91 olarak bildirilmiştir (Tanaka et al., 2022). Bir başka çalışmada ise Lachman testi yüksek duyarlılık (%90.9) göstermiştir (Mohan et al., 2025). Anestezi altında yapıldığında en yüksek duyarlılığı gösterdiği de belirtilmiştir (Kim J et al., 2021).

Ön Çekmece Testi (Anterior Drawer Test): Diz 90 derece fleksiyondayken ve ayak sabitken tibiya anterior yönde kuvvet uygulanır. Duyarlılığı %78, özgüllüğü %91 olarak rapor edilmiştir (Tanaka et al., 2022). Genellikle Lachman testine göre duyarlılığının daha düşük olduğu kabul edilir.

Pivot Shift Testi: Özellikle kronik ÖÇB yetmezliğinde ve anterolateral rotasyonel instabilitenin değerlendirilmesinde önemli bir testtir. Dinamik bir test olup, dize valgus ve internal rotasyon stresi uygulanırken ekstansiyondan fleksiyona doğru yavaşça hareket ettirilir; bu sırada tibianın anteriora subluksasyonu ve ardından redüksiyonunun palpe edilmesi veya gözlenmesi esasına dayanır. Özgüllüğü çok yüksek (%96) olmasına rağmen duyarlılığı daha düşüktür (%55) (Tanaka et al., 2022; Mohan et al., 2025). Akut dönemde ağrı ve kas spazmı nedeniyle uygulanması zor olabilir ve duyarlılığı düşebilir; kronikleşen yaralanmalarda ise güvenilirliği artmaktadır (Bilgin et al., 2021).

Lever Sign (Lever Test / Lelli Testi): Son yıllarda tanımlanan ve ÖÇB yırtıklarının tanısında giderek daha fazla kullanılan bir testtir. Bu testin duyarlılığı %82, özgüllüğü %88 olarak bildirilmiştir (Tanaka et al., 2022). Başka bir çalışmada ise dengeli duyarlılık (%84.8) ve özgüllük (%85.7) gösterdiği belirtilmiştir (Mohan et al., 2025). Hem akut hem de kronik dönemde yüksek duyarlılık (%91.9) ve özgüllük gösterdiği, klinisyenler için kolay ve güvenilir bir test olduğu vurgulanmıştır (Gürpınar et al., 2019). Ayrıca, farklı deneyim seviyesindeki sağlık profesyonelleri arasında benzer doğrulukta uygulanabildiği ve yüksek gözlemciler arası güvenilirlik gösterdiği (genel doğruluk %83, duyarlılık %85, özgüllük %81) saptanmıştır (Malasani et al., 2024).

Tüm bu spesifik testlerin kombine olarak kullanılması tanısal doğruluğu artırmaktadır (Tanaka et al., 2022; Mohan et al., 2025). Klinik muayenenin yüksek özgüllük, ancak MRI'ya göre daha düşük duyarlılık gösterdiği, kombine testlerin ise tanısal doğruluğu artırdığı belirtilmiştir (Kulwin et al., 2023).

2.4.3. Görüntüleme Yöntemleri

ÖÇB yaralanmalarının kesin tanısı, eşlik eden patolojilerin saptanması ve uygun tedavi stratejisinin belirlenmesinde görüntüleme yöntemleri kritik bir rol oynar. Anamnez ve fizik muayene bulgularını desteklemek ve detaylandırmak amacıyla çeşitli görüntüleme modalitelerinden yararlanılır.

Direkt Radyografi (Röntgen): ÖÇB yaralanması şüphesi olan hastalarda ilk basamak görüntüleme yöntemi genellikle direkt radyografidir. Röntgen, ÖÇB'nin kendisini doğrudan göstermese de, özellikle eşlik eden kemik patolojilerinin dışlanması veya saptanması açısından önemlidir. Olası kırıklar, örneğin ÖÇB yırtığı

için patognomonik olabilen Segond kırığı veya tibial eminens avülsiyon kırıkları direkt radyografi ile görülebilir.

MRI: MRI, ÖÇB yırtıklarının tanısında günümüzde altın standart olarak kabul edilen non-invaziv bir yöntemdir. MRI, bağın bütünlüğünü, yırtığın yerini (proksimal, orta kısım veya distal), tipini (kısmi veya tam kat) ve yırtığın kronisitesini yüksek doğrulukla gösterebilir. Tam kat ÖÇB yırtıklarında sensitivitesinin %81–99, özgüllüğünün ise %79–100 arasında olduğu rapor edilmiştir (Mohammad and Gharaibeh, 2024).

Ultrasonografi (USG): USG, ÖÇB'nin direkt değerlendirilmesinde MRI kadar detaylı bilgi sunmasa da, özellikle yatak başı uygulamalarda (point-of-care ultrasonography- POCUS) ve belirli durumlarda faydalı olabilir. Akut diz yaralanmalarında POCUS'un ÖÇB yırtıklarını saptamadaki duyarlılığı %76, özgüllüğü ise %93 olarak bir meta-analizde belirtilmiştir (Raheem et al., 2023). USG, özellikle eklem içi efüzyonun varlığını ve miktarını değerlendirmede, Baker kisti gibi popliteal fossa patolojilerini saptamada, patellar veya quadriceps tendinopatileri gibi yüzeysel yumuşak doku sorunlarını incelemekte kullanılabilir (Raheem et al., 2023).

Bilgisayarlı Tomografi (BT): BT, ÖÇB'nin kendisini ve diğer yumuşak dokuları değerlendirmede birincil yöntem olmasa da, özellikle kemik detaylarının önemli olduğu durumlarda kullanılır. Karmaşık intraartiküler kırıkların, kemiksel avülsiyonların (örneğin, tibial eminens kırıkları) üç boyutlu değerlendirilmesinde ve cerrahi planlamasında BT'nin yeri büyüktür. Dual-energy BT gibi yeni tekniklerin ÖÇB yırtıklarının tanısında sensitivite ve özgüllük açısından MRI ile karşılaştırılabilir düzeyde olabileceği ve özellikle kemik avülsiyonlarının değerlendirilmesinde avantaj sunabileceği belirtilmiştir (Liu et al., 2023).

Artroskopi: Artroskopi, hem tanısal hem de tedavi edici amaçlarla kullanılan invaziv bir yöntemdir. ÖÇB yırtıklarının ve eşlik eden diğer eklem içi patolojilerin (menisküs yırtıkları, kıkırdak hasarları vb.) tanısında "altın standart" olarak kabul edilir çünkü bağın ve diğer yapıların doğrudan gözle görülerek değerlendirilmesini sağlar (Ali, 2023). Artroskopinin tanısal doğruluğu %100 olarak kabul edilmektedir (Ali, 2023). Genellikle, anamnez, fizik muayene ve MRI gibi non-invaziv yöntemlerle tanı konulduktan veya güçlü bir şüphe oluşmasından sonra, cerrahi tedavi planlandığında tanısal artroskopi ve eş zamanlı tedavi uygulanır. MRI non-invaziv ve komplikasyonsuz bir yöntem olarak ilk planda tercih edilse de, kesin tanı ve tedavi

planlamasında artroskopi bazı durumlarda gerekli olabilmektedir (Ali, 2023).

2.5. ÖÇB Yaralanmaları Tedavi Yöntemleri

ÖÇB yaralanmalarının tedavisinde benimsenen temel amaçlar diz stabilitesinin yeniden sağlanması, fonksiyonların geri kazanılması, spora güvenli dönüşün mümkün kılınması ve uzun dönemli komplikasyonların önlenmesidir. (Zuluaga, 2024; Onobun et al., 2024). Tedavi yönteminin seçimi; hastanın yaşı, yaralanma öncesi ve sonrası beklenen aktivite düzeyi, yaralanmanın ciddiyeti, eşlik eden menisküs veya kıkırdak gibi ek patolojilerin varlığı ve hastanın bireysel beklentileri gibi birçok faktöre sıkı sıkıya bağlıdır (Zuluaga, 2024; Häner et al., 2024). Bu nedenle tedavi kararı hasta merkezli bir yaklaşımla verilmeli (Häner et al., 2024; Onobun et al., 2024) ve her hastanın özel profiline göre bireyselleştirilmelidir (Häner et al., 2024; de Vos et al., 2022; Onobun et al., 2024). Genel olarak ÖÇB yaralanmalarında konservatif (cerrahi olmayan) ve cerrahi tedavi olmak üzere iki ana tedavi seçeneği bulunmaktadır. Genç ve aktif bireylerde, özellikle dizde belirgin instabilite semptomları veya eşlik eden patolojiler mevcutsa, cerrahi tedavi daha sık tercih edilen bir yöntemdir (Zuluaga, 2024; Häner et al., 2024). Buna karşın, daha düşük aktivite düzeyine sahip olan ve ek patolojisi bulunmayan hastalarda konservatif tedavi uygun bir alternatif olabilir (Zuluaga, 2024; Häner et al., 2024; Onobun et al., 2024). Unutulmamalıdır ki, her iki tedavi yönteminde de kapsamlı ve titiz bir rehabilitasyon süreci, tedavinin genel başarısı için kritik bir rol oynamaktadır (Zuluaga, 2024). Tedavi sürecinde kanıta dayalı bir algoritmanın kullanılması ve hastayla hekim arasında paylaşılan bir karar verme mekanizmasının işletilmesi, hasta uyumunu, tedavi başarısını ve genel memnuniyetini olumlu yönde etkileyebilir (de Vos et al., 2022; Onobun et al., 2024). Cerrahi tedavi, diz stabilitesinin sağlanmasında daha iyi sonuçlar sunabilir ve spora dönüş oranını artırabilir (Onobun et al., 2024). Ancak, fonksiyonel iyileşme ve yaşam kalitesi açısından konservatif tedavi ile cerrahi tedavi arasında her zaman istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmayabilir ve osteoartrit gelişimi her iki tedavi grubunda da uzun vadede gözlenebilen bir durumdur (Onobun et al., 2024).

2.5.1. Konservatif Yöntemler

ÖÇB yaralanmalarının tedavisinde cerrahi müdahale her zaman ilk seçenek olmayabilir. Belirli hasta gruplarında ve yaralanma tiplerinde konservatif tedavi

yöntemleri başarılı sonuçlar verebilmekte ve hastaların fonksiyonel düzeylerini tatmin edici seviyelere getirebilmektedir.

Konservatif Tedavi Endikasyonları: Genellikle ÖÇB yaralanması olan ancak belirli kriterleri karşılayan hastalar için uygun bir seçenek olarak değerlendirilir. Özellikle düşük aktivite düzeyine sahip bireylerde ve cerrahiye ihtiyaç duyulmayan olgularda konservatif tedavinin etkili ve maliyet-etkin olduğu belirtilmiştir (Deviandri et al., 2024). Yaşam kalitesinde erken cerrahiye kıyasla minimal bir artış sağlansa da, maliyet açısından konservatif tedavi bu hasta grubunda daha avantajlı olabilmektedir (Deviandri et al., 2024). Dizde belirgin instabilite semptomları olmayan veya bu semptomları nadiren yaşayan hastalar da konservatif tedavi adayı olabilir. Ayrıca, tam kat yırtık olmayan, yani Grade I veya bazı Grade II ÖÇB yaralanmalarında konservatif tedavi etkili olabilmektedir (Papaleontiou et al., 2024). Bu tür kısmi yırtıklarda hasta seçiminde aktivite düzeyi, instabilite hissi ve eşlik eden patolojilerin varlığı dikkate alınmalıdır (Papaleontiou et al., 2024). Bunların yanı sıra, genel sağlık durumu nedeniyle cerrahiye uygun olmayan (kontrendikasyonları olan) hastalar veya cerrahi tedaviyi kişisel nedenlerle kabul etmeyen hastalar için de konservatif tedavi birincil yaklaşım olabilir.

Konservatif Tedavi Komponentleri: Konservatif tedavi, genellikle multidisipliner bir yaklaşımı içerir ve çeşitli bileşenlerden oluşur:

PRICE Protokolü (Koruma, Dinlenme, Buz, Kompresyon, Elevasyon): Akut dönemde, yaralanmanın hemen ardından uygulanan PRICE protokolü ve benzeri erken rehabilitasyon yaklaşımları, ağrı ve ödemi azaltmada etkilidir (Subalakshmi, 2024). Erken immobilizasyon ve ardından başlayan kontrollü hareketin, iyileşmeyi hızlandırdığı ve semptom kontrolünü sağladığı belirtilmiştir (Subalakshmi, 2024).

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon: Konservatif tedavinin temel taşıdır. Kapsamlı bir fizyoterapi programı şunları içermelidir:

- Ağrı ve ödemin kontrolüne yönelik modaliteler.
- EHA'nın korunması ve artırılmasına yönelik egzersizler.
- Kas güçlendirme egzersizleri; özellikle hamstring ve quadriceps kas gruplarının yanı sıra core bölge kaslarının da hedeflenmesi önemlidir. Kapalı kinetik zincir egzersizlerinin, diz hareket açıklığı ve ağrı kontrolünde açık kinetik zincir egzersizlerine göre daha etkili olabileceği bir çalışmada gösterilmiştir (Kumar and Madaan, 2024).

- Propriyosepsiyon ve denge egzersizleri.
- Nöromüsküler kontrolü artırmaya yönelik egzersizler.
- Fonksiyonel egzersizler ve bireyin aktivite düzeyine uygun spora özgü antrenmanlar. Kapsamlı bir rehabilitasyon programının, fonksiyonel iyileşme ve spora dönüşte kritik bir rol oynadığı vurgulanmaktadır (Kumar and Madaan, 2024).

Dizlik (Brace) Kullanımı: ÖÇB yaralanmalarının konservatif tedavisinde dizlik kullanımı tartışmalı bir konu olmakla birlikte, bazı durumlarda fayda sağlayabilir. Bir prospektif kohort çalışmasında, dizlik kullanımının erken dönemde instabiliteyi azalttığı ve hastaların %91'inde cerrahi gerektirmeden iyi klinik sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunduğu belirtilmiştir (Park et al., 2021). Erken rehabilitasyon ve dizlik kullanımının, konservatif tedavinin başarısını artırabileceği ifade edilmiştir (Park et al., 2021).

Aktivite Modifikasyonu: Özellikle yüksek riskli aktivitelerden (ani durma, dönme, sıçrama gerektiren) kaçınma veya bu aktivitelerin bireyin dizinin durumuna göre uyarlanması, semptomların kontrolünde ve uzun dönem eklem sağlığının korunmasında önemli bir rol oynar (Papaleontiou et al., 2024). Bu yaklaşımın konservatif tedavi başarısını artırdığı belirtilmektedir (Papaleontiou et al., 2024).

Konservatif Tedavinin Başarı Oranları ve Sınırlılıkları: Konservatif tedavinin başarısı, büyük ölçüde doğru hasta seçimine ve rehabilitasyon programının titizlikle uygulanmasına bağlıdır. Konservatif tedavi, özellikle düşük aktivite düzeyine sahip bireylerde başarılı sonuçlar vermektedir; bu grupta spora dönüş oranları ve hasta memnuniyetinin cerrahi tedavi ile benzer olabileceği ve hatta uzun dönemde daha düşük yeniden yaralanma oranları ile daha yüksek yaşam kalitesi skorları gözlemlenebileceği belirtilmiştir (Onobun et al., 2024). Bir başka çalışmada, konservatif tedavi gören hastaların %95'inin 5 yıl sonunda spora veya günlük aktivitelere dönebildiği, yaşam kalitesi ve fonksiyonel skorların cerrahi tedavi görenlerle benzer olduğu ve hasta memnuniyetinin yüksek olduğu rapor edilmiştir (Pedersen et al., 2021).

Ancak konservatif tedavinin sınırlılıkları da bulunmaktadır. Özellikle yüksek aktivite düzeyine dönmeyi hedefleyen bireylerde, konservatif tedavi sonrasında kronik instabilite ve buna bağlı olarak menisküs ve kıkırdak gibi diğer eklem içi yapılarda ikincil hasar gelişme riski artabilir (Papaleontiou et al., 2024). Düşük aktivite

düzeyindeki bireylerde bu riskin daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Papaleontiou et al., 2024). Dolayısıyla, konservatif tedavi kararı verilirken hastanın bireysel özellikleri, yaşam tarzı, beklentileri ve yaralanmanın niteliği dikkatlice değerlendirilmelidir.

2.5.2. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu

ÖÇB yaralanmalarında cerrahi tedavi, özellikle diz stabilitesinin yeniden sağlanması, fonksiyonel kapasitenin geri kazanılması ve hastanın önceki aktivite düzeyine güvenli bir şekilde dönmesi hedeflendiğinde önemli ve sık başvurulmuş bir tedavi seçeneğidir. Cerrahinin temel amacı, yırtılmış olan ÖÇB'nin yerine, hastanın kendi vücudundan alınan bir doku (otogreft) veya bir kadavradan temin edilen doku (allogreft) kullanarak anatomik ve fonksiyonel olarak yeni bir bağ oluşturmaktır.

2.5.2.1. Cerrahi Endikasyonları. ÖÇBR için cerrahi endikasyonlar genellikle hastanın bireysel özellikleri, aktivite beklentileri ve yaralanmanın niteliği gibi faktörlere göre belirlenir. Aktif bir yaşam tarzı olan, özellikle pivot ve kesme hareketleri içeren sporlara dönmeyi hedefleyen genç hastalar, günlük yaşam aktivitelerini olumsuz etkileyen veya tekrarlayan dizde boşalma atakları yaşayan hastalar ve ÖÇB yaralanmasına eşlik eden onarılabılır menisküs yırtığı veya diğer bağ yaralanmaları gibi kombine yaralanmaları olan hastalar genellikle cerrahi tedavi için uygun adaylardır (Rahr-Wagner et al., 2013). Ayrıca, uygun bir konservatif tedavi programına rağmen semptomları devam eden ve fonksiyonel kısıtlılık yaşayan hastalar için de cerrahi düşünülebilir. Hastanın yaşı, genel aktivite düzeyi ve eşlik eden yaralanmaların varlığı, cerrahi kararını belirleyen temel faktörler arasındadır (Rahr-Wagner et al., 2013).

2.5.2.2. Kullanılan Greft Seçenekleri. ÖÇBR'de kullanılacak greftin seçimi, cerrahinin başarısı ve hastanın uzun dönem sonuçları açısından kritik bir karardır. Temel olarak otogreftler, allogreftler ve sentetik greftler olmak üzere üç ana kategori bulunmaktadır.

Otogreftler (Hastanın Kendi Vücudundan Alınan): En sık tercih edilen ve genellikle daha iyi biyolojik entegrasyon gösteren greft türleridir.

Patellar Tendon (Kemik-Patellar Tendon-Kemik- KPTK): Güçlü bir greft olup, kemik uçları sayesinde tünellere kemik-kemik iyileşmesi sağlar, bu da erken dönemde yüksek dayanıklılık sunar. Ancak, ameliyat sonrası ön diz ağrısı, patellada veya tibia da kırık riski ve ekstansör mekanizmada potansiyel zayıflık gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Hamstring Tendonları (Semitendinosus ve Gracilis- ST/G): Daha küçük bir kesi ile alınabilmesi ve genellikle daha az ön diz ağrısına neden olması gibi avantajlara sahiptir. Dezavantajları arasında greftin kemik tünellerine tespiti sırasında daha dikkatli olunması gerekliliği, potansiyel hamstring kas zayıflığı ve zamanla greftin bir miktar gevşemesi sayılabilir.

Quadriceps Tendonu: Özellikle kemik bloğu ile birlikte alındığında güçlü bir greft seçeneği sunar ve farklı kalınlıklarda hazırlanabilir. Potansiyel dezavantajları arasında ön diz ağrısı ve kozmetik kaygılar yer alabilir. Yapılan bir meta-analizde, KPTK, hamstring ve quadriceps tendonu otogreftleri arasında fonksiyonel sonuçlar açısından genellikle benzerlikler olduğu, ancak KPTK'nin donör saha morbiditesi açısından daha fazla sorun yaratabileceği, hamstring ve quadriceps tendonu greftlerinin ise daha az morbiditeyle iyi sonuçlar sunabileceği belirtilmiştir (Mouarbes et al., 2019).

Allogreftler (Kadavradan Alınan): Özellikle revizyon cerrahilerinde, çoklu bağ yaralanmalarında veya hastanın kendi dokusunun uygun olmadığı durumlarda tercih edilebilir.

Avantajları arasında hastanın kendi dokusundan greft alınmasına bağlı morbiditenin olmaması, daha kısa operasyon süresi ve revizyon cerrahilerinde kullanım kolaylığı sayılabilir (Goetz et al., 2020).

Dezavantajları ise otogreftlere göre daha yavaş bir biyolojik entegrasyon süreci, potansiyel hastalık bulaşma riski ve bazı çalışmalarda bildirilen daha yüksek greft yetmezliği oranlarıdır (Goetz et al., 2020). Güncel sterilizasyon tekniklerinin enfeksiyon riskini önemli ölçüde azalttığı vurgulanmaktadır (Goetz et al., 2020)

Sentetik Greftler: Tarihsel süreçte çeşitli materyaller kullanılmış olsa da, biyolojik greftlere göre genellikle daha fazla komplikasyon (örneğin, sinovit, mekanik yetmezlik) ve daha yüksek yetmezlik riski taşıdıkları için günümüzde rutin kullanımları oldukça sınırlıdır. Yeni nesil sentetik materyaller üzerindeki araştırmalar

devam etmekle birlikte, klinik kullanımları henüz yaygınlaşmamış ve çoğunlukla deneysel aşamadır.

Greft seçimi, hastanın yaşı, fiziksel aktivite düzeyi, yaptığı sporun niteliği, cerrahın deneyimi ve tercihi ile eşlik eden yaralanmaların varlığı gibi birçok faktöre bağlı olarak bireyselleştirilmelidir (Sonnier et al., 2023). Genel bir eğilim olarak, genç ve yüksek aktivite düzeyine sahip hastalarda otogreftlerin, daha yaşlı ve nispeten düşük aktivite düzeyindeki hastalarda ise allogreftlerin tercih edilebileceği belirtilmektedir (Sonnier et al., 2023).

2.5.3. ÖÇBR Sonrası Rehabilitasyon

ÖÇBR'nin başarısı, sadece cerrahi tekniğin doğruluğuna değil, aynı zamanda ameliyat sonrası uygulanan kapsamlı ve bireyselleştirilmiş bir rehabilitasyon programına da büyük ölçüde bağlıdır.

Rehabilitasyonun Önemi: ÖÇBR sonrası rehabilitasyon, cerrahi başarının devamlılığının sağlanması, hastanın fonksiyonel kapasitesinin en üst düzeye çıkarılması, spora güvenli bir şekilde dönüşünün mümkün kılınması ve yeniden yaralanma riskinin azaltılması için kritik bir role sahiptir (Smith et al., 2023). Rehabilitasyonun erken dönemde başlaması, progresif egzersiz programlarının uygulanması ve özellikle nöromüsküler kontrolün geliştirilmesine odaklanması, hastaların fonksiyonel kapasitesini artırmakta ve ikincil yaralanma riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (Smith et al., 2023). Bu süreç, cerrahi girişimin uzun vadeli başarısının sürdürülebilirliği için vazgeçilmez bir unsurdur (Smith et al., 2023).

2.5.3.1. Rehabilitasyonun Amaçları ve Fazları. ÖÇBR sonrası

rehabilitasyon, belirli hedeflere ulaşmak üzere yapılandırılmış ve genellikle birbirini takip eden fazlardan oluşur.

Rehabilitasyonun temel amaçları arasında; postoperatif ağrı ve ödemin etkin bir şekilde kontrol altına alınması, diz ekleminin tam ve fonksiyonel hareket açıklığının EHA geri kazanılması, özellikle quadriceps ve hamstring başta olmak üzere alt ekstremité kaslarının kuvvet ve dayanıklılığının artırılması, propriyosepsiyon ve nöromüsküler kontrolün yeniden yapılanması, normal yürüme paterninin elde edilmesi, ilerleyen aşamalarda spora özgü becerilerin geliştirilmesi ve nihayetinde

hastanın istediği aktivite düzeyine ve spora güvenli bir şekilde dönüşünün sağlanması yer alır.

Rehabilitasyon Fazları: Protokoller arasında farklılıklar olabilmekle birlikte, rehabilitasyon süreci genellikle aşağıdaki gibi fazlara ayrılır:

Faz 1 (Erken Dönem / Koruma Fazı; genellikle 0-2/4 hafta): Bu fazın temel amaçları yara iyileşmesini desteklemek, postoperatif ağrı ve ödemi kontrol altına almak, erken dönemde güvenli eklem hareket açıklığını sağlamak ve kas inhibisyonunu önleyerek erken kas aktivasyonunu başlatmaktır (van Grinsven et al., 2010). Erken kas aktivasyonunu hedefleyen egzersizler bu dönemde önemlidir (Adams et al., 2012).

Faz 2 (Orta Dönem / Güçlendirme Fazı; genellikle 2/4-12 hafta): Bu fazda tam EHA'nın kazanılması, alt ekstremitte kaslarının progresif olarak güçlendirilmesi (hem izometrik hem de dinamik egzersizlerle), denge ve propriyosepsiyonun geliştirilmesi hedeflenir (van Grinsven et al., 2010). Egzersizler hastanın kapasitesine göre kademeli olarak artırılmalıdır (Adams et al., 2012).

Faz 3 (İleri Dönem / Fonksiyonel Faz; genellikle 3-6 ay): Bu aşamada amaç, hastayı daha dinamik ve spora özgü hareketlere hazırlamaktır. Pliometrik ve çeviklik egzersizlerine başlanır, spora özgü hareket paternleri çalışılır (van Grinsven et al., 2010).

Faz 4 (Spora Dönüş Fazı; genellikle 6-9+ ay): Bu son fazda, hastanın tam antrenmanlara ve müsabakalara kademeli ve güvenli bir şekilde dönüşü hedeflenir. Ayrıca, gelecekteki yaralanmaları önlemeye yönelik stratejiler ve egzersiz programları da bu fazın önemli bir parçasını oluşturur. Fazlar arası geçişin, zaman bazlı bir yaklaşımdan ziyade, hastanın belirli objektif kriterleri (örneğin, ağrı düzeyi, EHA, kuvvet, fonksiyonel test sonuçları) karşılamasına göre yapılması önerilmektedir (van Grinsven et al., 2010).

2.6. Core

Core, genellikle lumbopelvik-kalça kompleksi olarak tanımlanır ve abdominal kaslar, paravertebral kaslar, diyafram ve pelvik taban gibi yapıları içeren fonksiyonel bir ünedir (Warren et al., 2014). Bu bölge, tüm ekstremitte hareketleri için stabil bir taban sağlayarak postüral kontrolün sağlanmasında (Warren et al., 2014), alt ve üst ekstremiteler arasında etkin bir güç transferinin gerçekleştirilmesinde (Warren et al.,

2014; Zemková and Zapletalová, 2022) ve genel olarak yaralanmaların önlenmesinde kritik bir rol oynar (Warren et al., 2014). Sportif performans açısından değerlendirildiğinde core stabilite, atletik becerilerin sergilenmesinde ve yaralanma riskinin azaltılmasında temel bir unsur olarak kabul edilir; özellikle güç transferini optimize ederek ve hareket verimliliğini artırarak performansı olumlu yönde etkiler (Zemková and Zapletalová, 2022). Günlük yaşam aktiviteleri sırasında da core bölgenin postüral kontrol ve stabiliteye katkısı büyüktür; lumbopelvik motor kontrolün, örneğin yürüyüş sırasında dinamik stabiliteyi belirgin şekilde etkilediği (Jeong et al., 2022) ve genel yaşam kalitesi için önemli olduğu gözlemlenmiştir. Core stabilitesi düşük olan bireylerde yürüyüş sırasında daha fazla lateral salınım gibi postüral kontrol sorunları görülebilir (Jeong et al., 2022). Yaralanmaları önleme ve rehabilitasyon süreçlerinde de core stabilitenin merkezi bir yeri vardır; nitekim, core stabilite egzersizlerini içeren yaralanma önleme programlarının, örneğin futbolcularda diz yaralanması riskini anlamlı ölçüde (%56 oranında) azalttığı meta-analizlerle gösterilmiştir (Al Attar et al., 2022). Bu nedenle core stabilite, alt ekstremitte yaralanmalarının önlenmesi ve başarılı bir rehabilitasyon süreci için vazgeçilmez bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (Al Attar et al., 2022). Önemle vurgulanmalıdır ki, core stabilite kavramı sadece gövde kaslarının gücünden ibaret olmayıp, aynı zamanda nöromüsküler kontrol, kas dayanıklılığı, doğru zamanlama ve kaslar arası koordinasyon gibi birçok karmaşık bileşeni içeren bütüncül bir yetenektir (Warren et al., 2014). Tüm bu bileşenlerin uyum içinde çalışması, etkin bir postüral kontrolün sağlanması ve yaralanma riskinin en aza indirilmesi açısından kritik öneme sahiptir (Warren et al., 2014).

2.6.1. Core Bölge Anatomisi

Core bölge, vücudun proksimal stabilitesini sağlayarak distal segmentlerin etkin ve kontrollü hareketine olanak tanıyan, karmaşık bir anatomik ve fonksiyonel yapıdır. Bu bölgenin anatomik yapısını anlamak, core stabilitesinin nasıl sağlandığını ve çeşitli aktivitelerdeki rolünü kavramak için temel bir adımdır.

Core bölge, genellikle lumbopelvik-kalça kompleksi olarak tanımlanan geniş bir alanı kapsar ve fonksiyonel bir ünite olarak değerlendirilir (Lynders, 2019). Bu bölgenin anatomik sınırları üstte diyafram, altta pelvik taban kasları, önde ve yanlarda abdominal kaslar (özellikle en derinde yer alan transversus abdominis) ve arkada ise

paraspinal kaslar (özellikle multifidus) ile çevresel olarak desteklenir (Lynders, 2019). Bu kaslar ve yapılar, omurganın segmental stabilitesini sağlayarak postüral kontrolün temelini oluşturur (Lynders, 2019) ve dik duruş ile şok absorbsiyon gibi fonksiyonlarda merkezi bir rol oynar (Lynders, 2019).

Core bölge kasları, fonksiyonel olarak genellikle iki ana gruba ayrılır: lokal stabilizatör (derin) kaslar ve global stabilizatör/mobilizatör (yüzeyel) kaslar.

Lokal Stabilizatör Kaslar (Derin Kaslar): Bu kas grubu, omurganın segmentleri arasında ince ayarlı stabiliteyi sağlamaktan ve postüral kontrolü sürdürmekten birincil derecede sorumludur. Bu gruba dahil olan başlıca kaslar; transversus abdominis, multifidus, pelvik taban kasları, internal obliklerin derin lifleri ve diyaframdır. Transversus abdominis ve multifidus kaslarının, omurganın segmental stabilitesinde anahtar rol oynadığı ve motor kortekste ayrı sinirsel temsillere sahip olduğu gösterilmiştir (Li et al., 2021). Özellikle multifidus kası, her bir omur segmentini ayrı ayrı stabilize ederken (Li et al., 2021), transversus abdominis kası ise karın duvarını bir korse gibi sıkarak omurgayı destekler ve intra-abdominal basıncı artırarak stabiliteye katkıda bulunur (Li et al., 2021). Diyafram ve pelvik taban kasları ise sırasıyla core silindirinin üst ve alt kapaklarını oluşturarak bu basınç sisteminin etkin çalışmasını sağlar.

Global Stabilizatör/Mobilizatör Kaslar (Yüzeyel Kaslar): Bu kas grubu, daha çok gövde hareketlerinin üretilmesinden, büyük kuvvetlerin aktarılmasından ve core bölgenin genel stabilitesinin korunmasından sorumludur. Bu gruba dahil olan kaslar arasında rektus abdominis, eksternal ve internal oblikler, erektör spina, quadratus lumborum, gluteal kaslar ve latissimus dorsi bulunur. Yüzeyel kasların, gövde hareketlerinin üretiminde ve büyük kuvvetlerin aktarımında etkili olduğu (Stastny et al., 2017), derin kaslar segmental stabiliteyi sağlarken yüzeyel kasların ise hareketin genişliğini ve hızını kontrol ettiği belirtilmiştir (Winnard et al., 2017).

Core stabilitesine sadece kaslar değil, aynı zamanda pasif yapılar da önemli ölçüde katkıda bulunur. Bunların en önemlilerinden biri torakolomber fasyadır. Torakolomber fasya, özellikle transversus abdominis ve erektör spina gibi core kaslarının ürettiği kuvvetleri birleştirerek ve dağıtarak omurgada stabilite sağlar ve gövdeden ekstremitelere doğru kuvvet aktarımında kritik bir rol oynar (Lynders, 2019). Bu fasyal yapılar, kaslarla fonksiyonel bir bütünlük içinde çalışır.

2.6.2. Core Stabilitenin Postural Kontrol ve Denge ile İlişkisi

Postural kontrol, vücudun yerçekimine karşı dengesini ve uzaydaki oryantasyonunu istemli veya istemsiz olarak sürdürebilme yeteneği olarak tanımlanır. Bu karmaşık süreç, merkezi ve periferik sinir sisteminin, yani görsel, vestibüler ve somatosensoriyel (propriyosepsiyon dahil) sistemlerden gelen bilgilerin anlık olarak entegre edilmesi ve bu bilgilere uygun motor yanıtların üretilmesiyle sağlanır (Viseux et al., 2022). Core kasları, omurga ve pelvisin stabilitesini etkin bir şekilde destekleyerek, vücudun ağırlık merkezinin destek yüzeyi içinde kalmasına yardımcı olur (Viseux et al., 2022) ve bu sayede postural kontrolün başarılı bir şekilde sağlanmasında kritik bir rol oynar. Propriyosepsiyon ve nöromüsküler kontrol mekanizmalarının bütünlüğü, bu sürecin etkin bir şekilde işlemesi için vazgeçilmezdir (Viseux et al., 2022).

Core kasları, özellikle transversus abdominis ve multifidus gibi derin stabilizatörler, omurga segmentlerini mikro düzeyde stabilize ederek ve lumbopelvik bölgeye sağlam bir temel oluşturarak vücudun ağırlık merkezinin etkin bir şekilde kontrol edilmesine önemli ölçüde katkıda bulunur. Denge gerektiren görevler sırasında derin core kaslarının aktivasyonunun arttığı elektromiyografik çalışmalarla gösterilmiştir (Li et al., 2025). Buna karşın, yüzeysel core kaslarının aşırı aktivasyonunun ise bazen postural kontrolün bozulduğu durumlarda bir kompensasyon mekanizması olarak ortaya çıkabileceği belirtilmiştir (Li et al., 2025). Dolayısıyla, core kaslarının uygun zamanlama ve şiddette, koordineli bir şekilde aktive olması, genel postural stabilitenin iyileştirilmesi ve sürdürülmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Li et al., 2025).

Denge, en genel tanımıyla vücudun kütle merkezini destek yüzeyi üzerinde tutabilme yeteneğidir ve genellikle statik ve dinamik denge olmak üzere iki ana başlık altında incelenir. Statik denge, sabit bir destek yüzeyinde hareketsiz dururken dengeyi koruma yeteneğini ifade ederken, dinamik denge ise hareket sırasında veya hareketli bir destek yüzeyinde dengeyi sürdürebilme becerisini tanımlar.

Core Stabilitenin Statik Dengeye Etkisi: Güçlü ve stabil bir core bölgesi, özellikle ayakta durma gibi statik pozisyonlarda gövdenin gereksiz salınımlarını azaltarak ve postüral stabilizeyi artırarak statik dengeye olumlu yönde katkıda bulunur. Nitekim, core stabilizasyon egzersiz programlarının statik denge parametrelerini

anlamli şekilde iyilestirdigi ceshitli calismalarda gosterilmisttir (Barghikar and Sedaghati, 2024; Marani et al., 2021).

Core Stabilitenin Dinamik Dengeye Etkisi: Dinamik aktiviteler sirasinda (ornegin, yurume, kosma, ani yon degistirme, siccrama) vucudun dengesini koruyabilme yetenegi, core stabilitesi ile yakindan iliskilidir. Core stabilizasyon egzersizlerinin, Y denge testi gibi dinamik denge olcumllerinde ve hatta kosu performansinda belirgin artiss sagladigi rapor edilmiştir (Barghikar and Sedaghati, 2024). Core stabilitesinin, dinamik hareketler sirasinda denge ve genel performans icin kritik olduğu vurgulanmaktadır (Barghikar and Sedaghati, 2024). Örneğin, 12 hafta süren bir core stabilizasyon egzersiz programının fonksiyonel hareketleri ve dinamik dengeyi anlamli şekilde iyilestirdigi ve bu iyileşmelerin altında yatan mekanizmaların nöromüsküler adaptasyonlar ve artmış postural kontrol ile iliskili olduğu bulunmuştur (Marani et al., 2021).

Genel olarak, core egzersizlerinin postural salinımı azalttigi ve düşme riskini düşürdüğü, özellikle yaşlılarda ve inme gibi nörolojik rahatsızlığı olan bireylerde core stabilitesinin geliştirilmesinin dengeyi ve fonksiyonel bağımsızlığı artırdığı çeşitli meta-analizlerle desteklenmektedir (Cabrera-Martos et al., 2020). Benzer şekilde, Down sendromlu çocuklar gibi farklı özel popülasyonlarda da core stabilizasyon egzersizlerinin postural kontrolü iyilestirdigi ve bu tür egzersizlerin özellikle nörolojik ve kas-iskelet sistemi sorunları olan bireylerde dengeyi ve fonksiyonel bağımsızlığı artırdığı vurgulanmaktadır (Catama et al., 2025).

2.6.3. Core Stabilitenin Alt Ekstremitte Fonksiyonları ve Yaralanma Önlemedeki Rolü

Core bölgenin stabilitesi, sadece gövde kontrolü için değil, aynı zamanda alt ekstremitelerin sağlıklı fonksiyonu ve yaralanmalardan korunması için de hayati bir öneme sahiptir.

Vücut, birbirine bağı ve birbiriyle etkileşim içinde olan segmentlerden oluşan bir kinetik zincir olarak kabul edilir. Bu zincirde core bölge, üst ve alt ekstremiteler arasında merkezi bir bağlantı noktası görevi görür. Core stabilitesi, pelvis ve gövdenin pozisyonunu etkin bir şekilde kontrol ederek, alt ekstremitte hareketlerinin doğru bir dizilimde ve biyomekanik olarak verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlar (Tchomche et al., 2024). Core zayıflığı ise bu proksimal stabilitede bozulmaya yol

açarak alt ekstremitte mekaniğini olumsuz etkileyebilir ve yaralanma riskinde artışa neden olabilir (Tchomche et al., 2024).

Core bölgesi, yerden veya üst ekstremiteden gelen kuvvetlerin alt ekstremiteye ve tam tersi yönde etkin bir şekilde aktarılmasında kritik bir araçtır. Sportif hareketler sırasında (örneğin, koşu, sıçrama, şut atma) üretilen veya absorbe edilen kuvvetlerin büyük bir kısmı core bölgeden geçer. Yapılan bir biyomekanik çalışmada, core kaslarının yorgunluğunun, basketbolcularda sıçrama testi sırasında alt ekstremitte sertliğini %15,3–15,9 oranında azalttığı gösterilmiştir (Palmer and McCabe, 2023). Bu bulgu, core stabilitesinin sportif hareketlerde kuvvet transferi verimliliği için ne kadar kritik olduğunu ve yorgunluğun bu transferi olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymaktadır (Palmer and McCabe, 2023).

Literatürde, zayıf core stabilitesinin çeşitli alt ekstremitte yaralanmaları için bir risk faktörü olabileceğine dair giderek artan kanıtlar bulunmaktadır. Özellikle diz (ÖÇB yırtıkları dahil), ayak bileği burkulmaları ve kalça eklemi patolojileri, core kaslarının yetersiz kuvveti, dayanıklılığı veya nöromüsküler kontrolü ile ilişkilendirilmektedir. Bir prospektif kohort çalışmasında, core kas dayanıklılığı düşük olan ve bel fonksiyon bozukluğu bulunan kolej futbolcularında alt ekstremitte yaralanma riskinin 2-3 kat arttığı saptanmıştır (De Blaiser et al., 2019). Bu bulgu, core stabilitesinin yaralanmaların önlenmesinde önemli ve modifiye edilebilir bir risk faktörü olduğunu güçlü bir şekilde vurgulamaktadır (De Blaiser et al., 2019).

Yukarıda belirtilen ilişkiler göz önüne alındığında, core stabilizasyon egzersizleri, alt ekstremitte yaralanmalarını önlemeye yönelik kapsamlı programların ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmektedir. Standart rehabilitasyon ve yaralanma önleme programlarına core egzersizlerinin eklenmesinin dengeyi, fonksiyonel kapasiteyi ve yaşam kalitesini artırdığı sistematik derlemelerle gösterilmiştir (Bathe et al., 2023). Core egzersizlerinin, denge, kuvvet ve pliometrik egzersizler gibi diğer önleyici stratejilerle birlikte bütüncül bir yaklaşım içinde uygulanması, alt ekstremitte yaralanmalarının önlenmesi ve iyileşme sürecinin optimize edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Bathe et al., 2023).

Core stabilizasyon egzersiz programı planlanırken, egzersiz seçiminin bireyin mevcut core stabilite seviyesi, spesifik hedefleri (performans artışı, yaralanma önleme, rehabilitasyon süreci vb.) ve varsa eşlik eden kas-iskelet sistemi patolojileri dikkate alınarak bireyselleştirilmesi esastır (Short et al., 2025). Program, genellikle statik ve

izole egzersizlerden başlayarak, giderek artan zorlukta dinamik, fonksiyonel ve çoklu düzlemde hareketleri içeren egzersizlere doğru kademeli bir şekilde ilerlemelidir (Short et al., 2025). Klinik ve sportif uygulamalarda, birden fazla kas grubunu eş zamanlı çalıştıran ve çoklu düzlemde stabilite gerektiren egzersizlerin tercih edilmesi, fonksiyonel kazanımları artırabilir (Short et al., 2025).

2.6.4. Core Stabilizasyon Egzersizlerinin Denge Üzerine Etkileri

Core stabilizasyon egzersizlerinin, vücudun denge yeteneği üzerinde önemli ve olumlu etkileri olduğu literatürde geniş bir şekilde kabul görmektedir; bu etkiler hem futbolcular ve jimnastikçiler gibi farklı sporcu gruplarında (Sever, 2017; Wijaya et al., 2024) hem de zihinsel engelli çocuklar veya yaşlılar gibi denge bozukluğu riski taşıyan özel popülasyonlarda gözlemlenmiştir (Zhou et al., 2024; Muragod and Paasi, 2023).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, core stabilizasyon antrenmanlarının hem statik hem de dinamik dengeyi iyileştirdiği görülmektedir. Futbolcularda yapılan bir çalışmada, 8 haftalık hem statik hem de dinamik core egzersizlerinin, Stork denge testi gibi denge ölçümlerinde ve core stabilizasyon testlerinde anlamlı iyileşmeler sağladığı bulunmuştur (Sever, 2017). Benzer şekilde, jimnastikçilerde yapılan uzun süreli bir çalışmada da hem statik hem de dinamik core stabilizasyon egzersizlerinin denge ve diğer fiziksel parametrelerde anlamlı iyileşmeler sağladığı, her iki egzersiz türünün de denge ve performans için etkili olduğu belirtilmiştir (Wijaya et al., 2024). Zihinsel engelli çocuk ve ergenlerde yapılan bir meta-analiz, core stabilizasyon egzersizlerinin özellikle dinamik dengeyi anlamlı şekilde iyileştirdiğini (Zhou et al., 2024), statik ve statik-dinamik denge üzerindeki etkilerinin ise büyük etki büyüklüğüne rağmen istatistiksel anlamlılığa ulaşmadığını (Zhou et al., 2024), ancak genel olarak core egzersizlerinin bu popülasyonda denge bozukluğu riskini azaltmada potansiyel faydası olduğunu göstermiştir (Zhou et al., 2024).

2.6.5. ÖÇB Rekonstrüksiyonu Rehabilitasyonunda Core Stabilizasyon

Egzersizlerinin Yeri Üzerine Yapılmış Çalışmalar

ÖÇBR sonrası rehabilitasyon sürecinde, core stabilizasyon egzersizlerinin rolü ve önemi, son yıllarda artan bir ilgiyle araştırılmaktadır. Bu hasta grubunda, core stabilitesinin geliştirilmesinin, genel fonksiyonel iyileşme, spora güvenli dönüş ve

yeniden yaralanma riskinin azaltılması gibi birçok olumlu sonuca katkı sağladığına dair kanıtlar giderek artmaktadır.

ÖÇBR sonrası hastalarda core kaslarında zayıflık ve fonksiyonel asimetrielerin yaygın olarak görülebildiği ve bu durumun alt ekstremitte biyomekaniğini olumsuz etkileyerek potansiyel olarak yeniden yaralanma riskini artırabileceği bilinmektedir. Core kas zayıflığının, alt ekstremitte biyomekaniğinde bozulmaya ve yeniden yaralanma riskinde artışa yol açabileceği belirtilmiştir (Wang et al., 2024). Bu nedenle, rehabilitasyon programlarına core stabilizasyonunu hedefleyen egzersizlerin dahil edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Core egzersizlerinin ÖÇB rehabilitasyon protokollerine ne zaman ve nasıl dahil edilmesi gerektiği konusunda güncel klinik rehberler ve uzman görüşleri bulunmaktadır. Core stabilizasyon egzersizlerine, rehabilitasyonun akut fazından itibaren başlanması ve ilerleyen fazlarda fonksiyonel ve dinamik egzersizlerle progresyon sağlanması önerilmektedir (Kotsifaki et al., 2023). Egzersizlerin yoğunluğu ve çeşitliliğinin, hastanın bireysel fonksiyonel kapasitesine ve rehabilitasyon fazına göre dikkatlice ayarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Kotsifaki et al., 2023).

Bu egzersizlerin ÖÇBR geçirmiş hastalarda denge, fonksiyonel performans, spora dönüş ve yeniden yaralanma riski üzerindeki etkilerine dair kanıtlar da giderek güçlenmektedir. Yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, ÖÇBR geçirmiş sporcularda uygulanan core stabilizasyon egzersizlerinin, core dayanıklılığını ve kalça abduktör/dış rotator kas kuvvetini anlamlı derecede artırdığı, ayrıca diz kinematiğini ve dengeyi iyileştirdiği gösterilmiştir (Saki et al., 2023). Aynı çalışmada, spora güvenli dönüşün desteklenmesi ve yeniden yaralanma riskinin azaltılması için core egzersizlerinin rehabilitasyon programlarına dahil edilmesi kuvvetle önerilmiştir (Saki et al., 2023). Bu gelişmelerin, alt ekstremitte biyomekaniğinin optimize edilmesi ve spora güvenli dönüş için kritik öneme sahip olduğu belirtilmektedir (Saki et al., 2023).

2.7. Denge

Denge, insan hareketinin ve genel fonksiyonelliğin temel bir motor becerisi olup, bireylerin hem günlük yaşam aktivitelerini güvenle sürdürebilmeleri hem de sportif performanslarını en üst düzeye çıkarabilmeleri için kritik bir öneme sahiptir (Nnodim, 2015). Bipedal duruş ve yürüyüş gibi temel hareketlerden, karmaşık sportif

becerilerin icrasına kadar geniş bir yelpazede işlevselliğin anahtarını oluşturan denge yeteneği (Nnodim, 2015), kas-iskelet sistemi, duyu organları ve merkezi sinir sisteminin karmaşık bir entegrasyonunun ürünüdür (Nnodim, 2015; Conde-Vázquez et al., 2024). Denge kavramı, statik, dinamik ve reaktif gibi çok boyutlu bir doğaya sahiptir (Conde-Vázquez et al., 2024). Postüral ayarlamalar, hem istemli hareketler öncesinde (antisipatuvar) hem de beklenmedik pertürbasyonlara yanıt olarak (reaktif) gerçekleşir (Yiou et al., 2018) ve core stabilite bu postüral kontrolün temelini oluşturarak motor performansı artırır (Yiou et al., 2018). Fiziksel aktivite düzeyi, kas kuvveti, propriyosepsiyon ve yorgunluk gibi birçok faktör denge performansını önemli ölçüde etkileyebilir (Zhu et al., 2021). Özellikle ÖÇB yaralanmaları gibi kas-iskelet sistemi sorunlarında denge bozuklukları sıkça görülmekte olup, bu durum fonksiyonel performansı ve spora dönüşü olumsuz etkileyebilmektedir (Asadi and Arazi, 2018).

Denge, farklı koşullarda ve farklı mekanizmalarla sağlanan çok boyutlu bir yetenektir. Literatürde dengenin başlıca bileşenleri veya tipleri şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

Statik Denge: Sabit bir destek yüzeyinde, minimal vücut salınımı ile belirli bir pozisyonu koruyabilme yeteneğidir (Lesinski et al., 2015). Bu, örneğin ayakta hareketsiz dururken postüral kas tonusunun etkin bir şekilde korunmasını içerir.

Dinamik Denge: Vücut hareket halindeyken veya vücut kütle merkezinin destek yüzeyi içinde yer değiştirdiği durumlarda dengeyi sağlayabilme ve sürdürebilme becerisidir (Lesinski et al., 2015). Yürüme, koşma, dönme gibi aktiviteler dinamik denge gerektirir.

Reaktif Denge (Pertürbasyonlara Yanıt): Beklenmedik dışsal kuvvetlere (itme, çekme gibi) veya destek yüzeyindeki ani değişimlere (kaygan zemin, engeller) karşı vücudun dengesini koruyabilme ve hızla yeniden sağlayabilme yeteneğini ifade eder (Lesinski et al., 2015).

Proaktif (Antisipatuvar) Denge Kontrolü: İstemli bir hareket öncesinde, o hareketin neden olabileceği postüral bozulmaları öngörerek, dengeyi koruyucu önleyici postüral ayarlamalar yapabilme yeteneğidir (Lesinski et al., 2015).

Bu farklı denge tiplerinin, fonksiyonel kapasiteyle yüksek bir korelasyon gösterdiği ve hem statik hem de dinamik denge parametrelerinin sportif performans ile günlük yaşam aktiviteleri için gerekli olduğu belirtilmiştir (Jiang et al., 2022).

Dengenin bu tüm bileşenlerinde yapılacak bir denge eğitiminin anlamlı gelişmeler sağlayabileceği de vurgulanmaktadır (Lesinski et al., 2015).

Denge performansını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Yaşlanma, kas kuvvetindeki kayıplar ve duyu sistemlerindeki (görme, vestibüler, propriyosepsiyon) azalmanın dengeyi olumsuz etkilediği bilinmektedir (McMullan et al., 2018). Buna karşın, fiziksel aktivite düzeyi yüksek olan bireylerde denge parametrelerinin daha iyi olduğu gösterilmiştir (McMullan et al., 2018). Ayrıca, yorgunluk, dikkat düzeyi, eklem hareket açıklığı gibi bireysel faktörlerin yanı sıra, çevresel koşullar ve destek yüzeyinin özellikleri de denge performansını doğrudan etkileyen önemli unsurlardır (McMullan et al., 2018).

2.7.1. ÖÇB Yaralanmalarının ve Rekonstrüksiyonunun Denge Üzerine Etkileri

ÖÇB, diz eklemine mekanik stabilitesini sağlamanın yanı sıra, içerdiği zengin mekanoreseptör ağı sayesinde önemli bir propriyoseptif organ olarak da işlev görür. Bu nedenle, ÖÇB yaralanmaları ve sonrasında uygulanan rekonstrüksiyon cerrahileri, bireylerin denge kontrol mekanizmaları üzerinde belirgin etkilere sahip olabilir.

ÖÇB yaralanması, dizdeki propriyoseptif reseptörlerin kaybına veya hasar görmesine yol açarak duyu geri bildirim mekanizmasını bozar (Mahajan, 2017). Bu durum, hem statik hem de dinamik denge kontrolünü olumsuz etkileyerek bireylerde çeşitli denge defisitlerinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Literatürde, ÖÇB yırtığı olan bireylerde, sağlıklı kontrollere kıyasla tek ayak üzerinde durma sürelerinde azalma, Yıldız Denge Testi (SEBT) gibi dinamik denge testlerinde belirgin performans düşüşleri ve postüral salınımda artış gibi statik ve dinamik denge bozuklukları yaygın olarak rapor edilmiştir (Mahajan, 2017). Propriyosepsiyon kaybının, özellikle dinamik postüral kontrolün bozulmasında anahtar bir rol oynadığı vurgulanmaktadır (Mahajan, 2017). Bir vaka-kontrollü çalışmada, ÖÇB onarımı sonrası hastaların fonksiyonel performans testlerinde sağlıklı kontrollerden farklı olmadığı, ancak eklem pozisyon hissi (JPS) ile ölçülen propriyosepsiyonlarının anlamlı şekilde daha kötü olduğu ve Uluslararası Diz Dokümantasyon Komitesi (IKDC) skorlarının da kontrol grubuna göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Gommers et al., 2024). Bu defisitler hem yaralanmış ekstremitede hem de bazen kompensatuar mekanizmalar veya merkezi sinir sistemindeki değişiklikler nedeniyle sağlam taraf ekstremitede de gözlenebilir.

ÖÇBR’de temel amaçlarından biri, diz stabilitesini yeniden sağlamanın yanı sıra, kaybolan propriyoseptif fonksiyonu ve dolayısıyla dengeyi de mümkün olduğunca iyileştirmektir. Ameliyat sonrası denge yeteneğinin, fonksiyonel iyileşme ile paralel olarak zaman içinde arttığı ve denge testlerindeki gelişmenin, klinik skorlar ve fonksiyonel performans testleriyle anlamlı bir korelasyon gösterdiği belirtilmiştir; bu da denge iyileşmesinin fonksiyonel toparlanmanın önemli bir göstergesi olduğunu düşündürmektedir (Kim et al., 2022).

Farklı greft tiplerinin veya cerrahi tekniklerin denge ve propriyosepsiyon sonuçları üzerindeki olası etkileri de araştırılmıştır. Bir çalışmada hem kemik – pateller tendon- kemik (BPTB) hem de semitendinosus ve gracilis (ST-G) otogreftleri ile yapılan ÖÇB rekonstrüksiyonlarının kas kuvvetini ve dengeyi zamanla iyileştirdiği, ancak propriyosepsiyon ve denge parametrelerinde iki greft tipi arasında anlamlı bir fark saptanmadığı ve her iki yöntemin de fonksiyonel iyileşmede etkili olduğu bulunmuştur (Pasquini et al., 2017).

Bununla birlikte, ÖÇBR sonrasında, özellikle uzun dönemde, bazı denge defisitlerinin devam edebildiği ve bu durumun spora dönüş oranlarını ve yeniden yaralanma riskini etkileyebileceği de literatürde vurgulanmaktadır. Örneğin, bir takip çalışmasında, ÖÇBR yapılan hastalarda iki yıl sonra dahi tek bacak sıçrama ve Y- denge testlerinde sağlıklı kontrollere göre hala asimetri ve performans eksikliği saptandığı belirtilmiştir (Bühl et al., 2023). Bu kalıcı defisitler, greftin tam olarak orijinal bağın propriyoseptif özelliklerini taklit edememesi, nöromüsküler kontrolün tam olarak restore edilememesi veya rehabilitasyon sürecindeki yetersizlikler gibi faktörlerle ilişkili olabilir. Bu noktada, rehabilitasyonun ve özellikle propriyoseptif ile denge eğitiminin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Nitekim, ÖÇB rehabilitasyonunda sanal gerçeklik (VR) tabanlı denge ve propriyosepsiyon eğitiminin, klasik yöntemlere kıyasla ağrıyı azalttığı, diz fonksiyonunu, kuvveti, propriyosepsiyonu ve dinamik dengeyi anlamlı ölçüde artırdığı bir meta-analizle gösterilmiş ve bu tür eğitimlerin rehabilitasyon programlarına etkili bir tamamlayıcı olarak önerilebileceği ifade edilmiştir (Cortés-Pérez et al., 2024).

2.7.2. Denge Değerlendirme Yöntemleri

Denge, karmaşık bir motor beceri olduğundan değerlendirilmesi de çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemler, genellikle klinik (saha) testleri ve

laboratuvar ortamında kullanılan teknolojik yaklaşımlar olarak iki ana grupta incelenebilir. Yöntem seçimi; değerlendirilen popülasyonun özellikleri, araştırmanın veya klinik uygulamanın amacı, mevcut imkanlar ve ölçülmek istenen spesifik denge bileşenine göre değişiklik gösterir.

Klinik (Saha) Denge Testleri: Klinik ortamda veya saha koşullarında kolaylıkla uygulanabilen bu testler, genellikle bireyin belirli bir pozisyonu koruma veya belirli bir görevi yerine getirme becerisini gözlemsel veya süre/mesafe bazlı olarak değerlendirir.

Statik Denge Testleri: Bu testler, bireyin sabit bir destek yüzeyinde minimal salınımla duruşunu ne kadar süre koruyabildiğini ölçer. Romberg testi ve onun modifiye edilmiş versiyonu olan Keskinleştirilmiş Romberg testi, özellikle görsel girdi ortadan kaldırıldığında propriyoseptif ve vestibüler sistemlerin dengeye katkısını değerlendirmede kullanılır. Tek Ayak Üzerinde Durma Testi (gözler açık veya kapalı) ve Tandem duruş da yaygın kullanılan statik denge testlerindendir. Bu testlerin klinikte ve araştırmalarda uygulanabilir ve güvenilir olduğu belirtilmekle birlikte, Wii Balance Board gibi bazı ticari sistemlerin statik denge değerlendirmesinde orta-yüksek güvenilirlik gösterse de laboratuvar tipi kuvvet platformlarına göre zayıf eşzamanlı geçerliliğe sahip olabileceği, ölçüm hassasiyeti açısından laboratuvar cihazlarının daha üstün olduğu rapor edilmiştir (Kaewkaen et al., 2019).

Dinamik Denge Testleri: Bu testler, hareket sırasında veya vücut kütle merkezinin destek yüzeyi içinde yer değiştirdiği durumlarda dengeyi koruyabilme yeteneğini ölçer. Fonksiyonel Uzanma Testi (Functional Reach Test), bireyin sabit bir pozisyonda öne doğru ne kadar uzağa erişebildiğini ölçer. Kalk ve Yürü Testi (Timed Up and Go- TUG), sandalyeden kalkıp belirli bir mesafe yürüyüp geri dönme ve oturma süresini değerlendirir. SEBT ve onun modifiye edilmiş hali olan Y-Denge Testi (YBT) ise, tek ayak üzerinde dururken diğer ayakla farklı yönlerde mümkün olduğunca uzağa uzanmayı gerektirir ve dinamik postüral kontrolü değerlendirmede yaygın olarak kullanılır. SEBT ve Y-Denge Testi'nin orta-yüksek güvenilirliğe sahip olduğu ve dinamik dengeyi değerlendirmede klinikte sıkça kullanıldığı belirtilmiştir; tek kollu uzanma testinin ise genç yetişkinlerde dinamik denge için daha uygun olabileceği ifade edilmiştir (Lesch et al., 2024). Ancak, bu testlerin farklı denge becerilerini ölçtüğü ve sonuçlarının doğrudan birbiriyle karşılaştırılamayacağı da vurgulanmıştır (Lesch et al., 2024).

Fonksiyonel Denge Ölçekleri: Bu ölçekler, genellikle birden fazla denge görevini içeren ve toplam bir skor üzerinden denge performansını değerlendiren standardize edilmiş araçlardır. Berg Denge Ölçeği (BDS) ve Tinetti Denge ve Yürüme Değerlendirmesi, özellikle yaşlı ve inme gibi nörolojik problemi olan bireylerde düşme riskini belirlemede ve fonksiyonel dengeyi değerlendirmede yaygın olarak kullanılır. Bu fonksiyonel denge ölçekleri ve TUG gibi performans testlerinin, yaşlı ve nörolojik hasta popülasyonlarında düşme riskini belirlemede yüksek güvenilirlik ve geçerlilik gösterdiği, dinamik denge testlerinin ise klinik uygulamada statik testlere göre daha yüksek klinik fayda sağlayabileceği belirtilmiştir (Bruyneel and Dubé, 2020).

Laboratuvar Ortamında Kullanılan Teknolojik Yöntemler: Bu yöntemler genellikle daha objektif, kantitatif ve detaylı denge analizleri sunar ancak özel ekipman ve uzmanlık gerektirir.

Postürografi / Kuvvet Platformları: Vücut ağırlık merkezinin (Center of Pressure- CoP) destek yüzeyi üzerindeki anlık değişimlerini ve salınımını yüksek hassasiyetle ölçen cihazlardır. Hem statik hem de dinamik postürografi analizleri yapılabilir. Duyusal Organizasyon Testi (Sensory Organization Test- SOT) gibi protokollerle, bireyin dengeyi sağlamak için görsel, vestibüler ve somatosensoriyel sistemlere ne ölçüde güvendiği ve bu sistemler arasındaki entegrasyon yeteneği değerlendirilebilir. Kuvvet platformlarının, ağırlık merkezi salınımı ve stabilizasyon süresi gibi parametreleri objektif olarak ölçtüğü ve denge kontrolünün altında yatan nörofizyolojik mekanizmaları anlamada klinikte önemli bir yere sahip olduğu belirtilmiştir (Serrano et al., 2023). Kinvent Plates gibi saha kullanımına uygun taşınabilir kuvvet platformlarının da laboratuvar tipi platformlarla benzer sonuçlar verebildiği gösterilmiştir (Serrano et al., 2023).

3D Hareket Analiz Sistemleri: Vücut segmentlerinin üç boyutlu hareketlerini ve bu hareketlere neden olan kuvvetleri detaylı bir şekilde analiz eder. Denge sırasında gövde ve ekstremitelerin pozisyonu, hızı, ivmesi ve eklem momentleri gibi birçok parametre elde edilebilir.

Giyilebilir Sensörler (IMU'lar- Atalet Ölçüm Birimleri): Akselerometre, jiroskop ve manyetometre gibi sensörleri içeren küçük, taşınabilir cihazlardır. Denge, yürüme ve diğer fonksiyonel mobilite parametrelerinin klinik dışı, doğal yaşam ortamlarında uzun süreli ve objektif olarak değerlendirilmesine olanak tanır.

IMU'ların, yürüme hızı, adım uzunluğu, TUG süresi ve diğer fonksiyonel testlerde yüksek güvenilirlik ve geçerlilik gösterdiği, statik denge ve mobilite parametrelerinde de iyi uyum sağladıkları bir meta-analizde belirtilmiştir (Yin et al., 2025). Bu sensörler, klinik dışı ortamlarda denge ve yürüme performansını objektif olarak değerlendirme potansiyeli sunmaktadır (Yin et al., 2025).

Sonuç olarak, denge değerlendirme yönteminin seçimi, değerlendirilen bireyin veya grubun özellikleri (yaş, aktivite düzeyi, patoloji vb.), araştırmanın veya klinik uygulamanın spesifik amacı, ölçülmek istenen denge bileşeni (statik, dinamik, reaktif) ve mevcut kaynaklar (ekipman, zaman, uzmanlık) gibi birçok faktöre bağlıdır. Her bir yöntemin kendine özgü güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır ve ideal olan, amaca en uygun, geçerliliği ve güvenilirliği kanıtlanmış yöntem veya yöntemlerin bir kombinasyonunu kullanmaktır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Tasarımı

Bu çalışma, ÖÇBR geçirmiş bireyler ile sağlıklı bireylerde, 8 haftalık bir core stabilizasyon egzersiz programının denge ve gövde kas dayanıklılığı üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak inceleyen, ön-test son-test kontrol gruplu yarı-deneysel bir araştırma deseniyle planlandı. Gruplar, ÖÇBR geçirip geçirmeme durumuna göre doğal olarak ayrıldı ve katılımcıların gruplara rastgele atanmadığı için çalışma yarı-deneysel bir özellik taşıdı.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Tarihi

Araştırma, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'nda gerçekleştirildi. Veri toplama ve egzersiz programı uygulaması, 1 Şubat 2024 ile 1 Ağustos 2024 tarihleri arasında, yaklaşık altı aylık bir dönem sonunda tamamlandı.

3.3. Etik Kurul Onayı

Çalışmaya başlamadan önce, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Etik Kurulu'ndan 2023/361 karar numarası ve 20.12.2023 tarihi ile etik kurul onayı alındı (Ek-1). Çalışma süresince Helsinki Deklarasyonu prensiplerine bağlı kalındı. Tüm katılımcılardan çalışmaya gönüllü olarak katıldıklarına dair bilgilendirilmiş onam formu alındı (Ek-3).

3.4. Araştırmanın Örneklemi ve Grup Oluşturma Süreci

Çalışmanın örneklem büyüklüğü, istatistiksel güç analizi yöntemiyle belirlenmiştir. Hesaplama için G Power 3.1 yazılımı kullanılmıştır. Güç analizi, iki bağımsız grup ortalaması arasındaki farkın t-testi (two-tailed) temel alınarak yapılmıştır. Etki büyüklüğü (Cohen's d) değeri, ÖÇBR sonrası core stabilizasyon egzersizlerinin etkilerini inceleyen Saki et al. (2023) tarafından yapılan benzer bir çalışmanın sonuçları referans alınarak büyük ($d = 0.80$) olarak kabul edilmiştir. Anlamlılık düzeyi (α) 0.05 ve çalışmanın %80 istatistiksel güce ($1-\beta$) ulaşması hedeflenmiştir. Yapılan güç analizi sonucunda, gruplar arasında beklenen bu etkiyi saptayabilmek için her gruba en az 14 katılımcı alınması gerektiği hesaplanmıştır. Bu

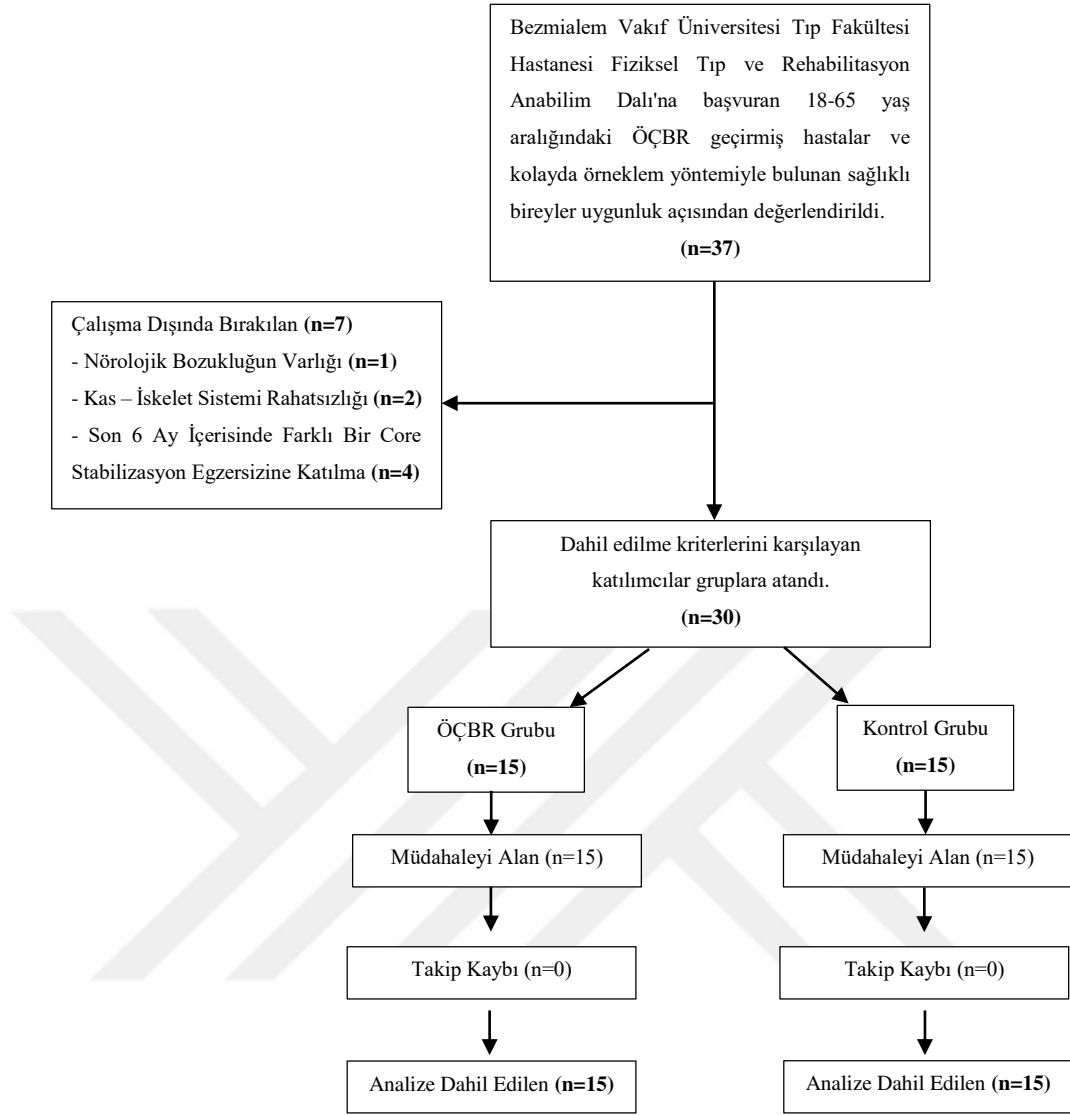
doğrultuda, çalışmaya ÖÇBR geçiren 15 ve sağlıklı 15 olmak üzere toplam 30 katılımcı dahil edilerek hedeflenen örneklem büyüklüğüne ulaşılmış ve çalışmanın istatistiksel gücü güvence altına alınmıştır.

Bu çalışmanın hedef popülasyonu, son beş yıl içinde ÖÇB rekonstrüksiyon cerrahisi geçirmiş, yaşları 18 ile 65 arasında değişen bireyler ile aynı yaş aralığında ve benzer demografik özelliklere sahip sağlıklı bireylerden oluşmaktadır. Çalışmaya, iki eşit gruba ayrılacak şekilde toplam 30 katılımcı dahil edildi.

ÖÇBR Grubu (Deney Grubu): Son beş yıl içinde tek taraflı ÖÇBR ameliyatı geçirmiş 15 bireyden oluşturuldu.

Kontrol Grubu: Yaş, cinsiyet, VKİ ve spor deneyimi açısından ÖÇBR grubu ile eşleştirilmiş, herhangi bir alt ekstremitte yaralanması veya cerrahi öyküsü olmayan 15 sağlıklı bireyden oluşturuldu.

Katılımcılar, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'na başvuran hastalar (ÖÇBR grubu için) ile genel popülasyon arasından (kontrol grubu için) kolayda örnekleme yöntemi kullanılarak seçildi. Gruplar, daha önce ÖÇBR geçirip geçirmediğine göre doğal olarak ayrıldı; bu nedenle gruplara rastgele bir atama yapılmadı.



Şekil 3.1. Çalışmanın Akış Diyagramı

3.5. Araştırmaya Dahil Edilme ve Edilmeme Kriterleri

Dahil Edilme Kriterleri:

- Yaşın 18 ile 65 arasında olması.
- ÖÇBR grubu için son beş yıl içinde tek taraflı ÖÇBR öyküsünün bulunması.
- Kontrol grubu için bilinen bir alt ekstremitte yaralanması veya cerrahi öyküsünün bulunmaması.
- Sekiz haftalık egzersiz programına düzenli olarak katılmayı kabul etmesi.

- Bir tıp uzmanı tarafından değerlendirilmiş ve fiziksel aktiviteye katılımına engel bir kontrendikasyonun bulunmaması.

Dahil Edilmeme Kriterleri:

- Dengeyi veya core stabilizasyonunu etkileyebilecek başka bir kas-iskelet sistemi veya nörolojik bozukluğun bulunması.
- Son altı ay içinde yapılandırılmış bir core stabilizasyon egzersiz programına katılmış olma öyküsü.
- Çalışma protokollerine katılımı engelleyebilecek herhangi bir akut yaralanma veya sistemik hastalığın bulunması.

3.6. Uygulanan Egzersiz Programı

Hem ÖÇBR grubuna hem de kontrol grubuna, 8 hafta boyunca, haftada 2 gün süreyle aynı core stabilizasyon egzersiz programı uygulandı. Tüm egzersiz seansları, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'nda, araştırmacı fizyoterapist gözetiminde birebir olarak gerçekleştirildi. Katılımcıların egzersizleri doğru formda ve standart bir şekilde uygulamalarını temin etmek amacıyla ev egzersiz programı verilmedi, tüm süreç hastane ortamında takip edildi. Programda yer alan temel hareketler şunlardır:

- Hundreds
- Clam egzersizi
- Plank
- Side plank
- Dead bug egzersizi
- Mekik
- Köprü kurma (bridging)

Her seans boyunca egzersizlerin doğru formda yapılmasına özen gösterildi ve katılımcıların bireysel zorlanma düzeylerine göre set aralarında yeterli dinlenme süreleri verildi.

3.7. Veri Toplama Araçları ve Süreci

Araştırmada veriler, demografik bilgi formu ve çeşitli standardize edilmiş değerlendirme testleri kullanılarak toplandı. Tüm ölçümler, araştırmanın başlangıcında (ön-test) ve 8 haftalık egzersiz programının sonunda (son-test) olmak

üzere iki kez her iki grup katılımcılarına da uygulandı. Kullanılan araçların, ilgili değişkenleri değerlendirmede geçerli ve güvenilir olmaları nedeniyle tercih edildiği belirtildi.

3.7.1. Demografik Bilgi Formu

Katılımcıların demografik özellikleri kapsamında yaş, boy ve vücut ağırlığı verileri kaydedilmiş ve bu veriler kullanılarak VKİ hesaplandı. Spor deneyimleri (süre ve katılım düzeyi) ve Tegner Aktivite Ölçeği Skoru ile yaralanma öncesi ve sonrası (ÖÇBR grubu için) aktivite düzeyleri değerlendirildi (Tegner and Lysholm, 1985). ÖÇBR grubu için ameliyattan geçen süre de spesifik olarak kaydedildi. Bu form, gruplar arası uygun karşılaştırmaların yapılabilmesi ve analizler için gerekli temel verilerin kapsamlı bir şekilde toplanmasını sağladı (Ek-4).

3.7.2. Kas Gücü Değerlendirmesi

Quadriceps ve hamstring kaslarının izometrik gücü, el dinamometresi (HHD) kullanılarak ölçüldü. HHD'nin izometrik kas gücünü değerlendirmede geçerli ve güvenilir bir araç olduğu bildirilmiştir (Morin et al., 2023).

Quadriceps ölçümü için katılımcı, dizleri 90° fleksiyonda olacak şekilde sedyenin kenarına oturtuldu. Kalça ve uyluğun proksimali stabilize edildi. El dinamometresi, tibianın distal ucuna, malleollerin hemen proksimaline, anterior yüze dik olacak şekilde yerleştirildi. Hamstring ölçümü için katılımcı, test edilecek dizi sedyenin kenarından dışarıda kalacak ve yaklaşık 30° fleksiyonda olacak şekilde pron pozisyonda yatırıldı. Pelvis bölgesi stabilize edildi. El dinamometresi, tibianın distal ucuna, malleollerin hemen proksimaline, posterior yüze dik olacak şekilde yerleştirildi. Her iki ölçüm için de şu komutlar uygulandı: Katılımcıdan, 'Hazır, başla!' komutuyla birlikte 3-5 saniye boyunca cihaza karşı tüm gücüyle (maksimal izometrik kasılma) itmesi/çekmesi istendi. Araştırmacı, bu süre boyunca dinamometreyi sabit tutarak karşı direnç uyguladı. Her kasılma arasında 30 saniye dinlenme süresi verildi ve ölçüm üç kez tekrarlanarak elde edilen üç ölçümün ortalaması kilogram (kg) cinsinden kaydedildi (Ek-4).

3.7.3. Denge Testleri

Statik ve dinamik dengeyi değerlendirmek amacıyla aşağıdaki standardize edilmiş testler kullanıldı:

Romberg Testi: Romberg testinin, özellikle nörolojik ve vestibüler denge bozukluklarını değerlendirmede klinik olarak yaygın kullanılan ve yüksek gözlemciler arası güvenilirliğe sahip bir test olduğu literatürde bildirilmiştir (Putri and Komalasari, 2025). Katılımcılar, ayaklar bitişik ve gözler kapalı durumda 30 saniye boyunca ayakta durdu, postural stabilite derecesi gözlemlenerek kaydedildi ve denge kaybı veya gözleri açma ihtiyacı not edildi. Katılımcının 30 saniye dolmadan gözlerini açması, kollarının pozisyonunu bozması, ayaklarını hareket ettirerek denge sağlamaya çalışması veya belirgin şekilde sendelemesi durumunda test sonlandırıldı ve 'pozitif' olarak kaydedildi. 30 saniyeyi başarıyla tamamlaması 'negatif' olarak kabul edildi (Ek-4).

Tek Ayak Üzerinde Durma Testi: Tek Ayak Durma Testi, statik denge ve propriyosepsiyonu değerlendirmede yüksek test-tekrar test güvenilirliğine (ICC> 0.90) sahip, geçerli ve pratik bir klinik araçtır (Zaghlul et al., 2023). Katılımcılar, kollar göğüs üzerinde çaprazlanmış ve bir diz 90 derece fleksiyonda bükülü halde tek ayak üzerinde durdular. Her bir ayak için pozisyonu 30 saniyeye kadar koruma süresi saniye (sn) cinsinden kaydedildi. ÖÇBR grubu için etkilenen ve etkilenmeyen bacaklar arasındaki süre farkı da analiz edildi. Katılımcının kollarını açması, destek ayağını zıplatması veya kaydırması, kaldırılan ayağını yere veya diğer bacağına değdirmesi durumunda kronometre durduruldu ve geçen süre saniye cinsinden kaydedildi. (Ek-4).

Berg Denge Skalası (BDS): Berg Denge Skalası, özellikle geriatrik ve nörolojik popülasyonlarda denge ve düşme riskini değerlendirmede mükemmel iç tutarlılık ve test-tekrar test güvenilirliği gösteren altın standart bir ölçektir. (Downs et al., 2013). Her madde 0 (yapamıyor) ile 4 (normal performans) arasında puanlanmış olup, toplam puan 0 ile 56 arasında değişmektedir; daha yüksek puanlar daha iyi dengeyi göstermektedir. Puanlar, 0-20: Yüksek düşme riski, 21-40: Orta düşme riski (Yardımcı cihaz gerektirebilir), 41-56: Düşük düşme riski (Bağımsız Yürüyüş) şeklinde yorumlanmıştır (Ek-5).



Resim 3. 1. Y-Denge Testi

Y-Denge Testi (YBT): Y-Denge Testi, dinamik postüral kontrolü değerlendirmede yüksek gözlemciler arası ve test-tekrar test güvenilirliği ($ICC = 0.85-0.99$) gösteren, yaygın olarak kullanılan bir testtir (Plisky et al., 2021). Katılımcılar, tek ayak üzerinde denge sağlarken diğer ayaklarıyla ön, posteromedial ve posterolateral yönlerde mümkün olduğunca uzağa uzandılar. Uzanma sırasında destek topuğunun yerden kalkması, uzanan ayağın yere basarak ağırlık aktarması, dengeyi kaybederek el veya vücudun başka bir yeriyle destek alması veya başlangıç pozisyonuna kontrollü bir şekilde dönememesi durumunda o deneme geçersiz sayıldı. Her bir uzanma yönü üç kez tekrarlandı ve maksimum uzanma mesafesi santimetre cinsinden kaydedildi (Ek-4).

3.7.4. Gövde Kas Dayanıklılığı Testleri

Core bölge kaslarının dayanıklılığını değerlendirmek için aşağıdaki testler uygulanmıştır:



Resim 3. 2. Otur-Kalk Testi

Otur-Kalk Testi (30 Saniye): Alt ekstremité fonksiyonel gücünü, dayanıklılığını ve dinamik dengeyi değerlendirmek amacıyla kullanılan bu test, literatürde yüksek test-tekrar test güvenilirliğine sahip, geçerli ve standart bir ölçümdür (Jones et al., 1999). Katılımcıdan, sandalyenin ortasına, ayakları yere tam basacak ve sırtı dik olacak şekilde oturması istendi. Kollarını, omuzlarına dokunacak şekilde göğsünün üzerinde çaprazlaması talimatı verildi. Araştırmacının "Başla" komutuyla birlikte, katılımcının 30 saniye boyunca sandalyeden tamamen dik bir pozisyona kalkıp tekrar tam olarak oturabildiği kadar çok tekrar yapması istendi. 30 saniye sonunda, katılımcının başarıyla tamamladığı tam kalkma ve oturma döngüsü sayısı, test skoru olarak kaydedildi. Eğer katılımcı 30 saniyenin sonunda ayağa kalkma eyleminin yarısından fazlasını tamamlamışsa, bu tekrar da skora dahil edildi. Daha yüksek tekrar sayısı, daha iyi alt ekstremité gücü ve fonksiyonel kapasiteyi göstermektedir (Ek-6).

McGill Core Dayanıklılık Testleri: McGill Core Dayanıklılık Testi bataryası, gövdenin farklı düzlemlerdeki izometrik kas dayanıklılığını değerlendirmek için McGill (1999) tarafından geliştirilen ve geçerlilik ile güvenilirliği literatürde (Waldhelm and Li, 2012) gibi çalışmalarla gösterilmiş standart bir ölçüm yöntemidir. Bu test bataryası, gövdenin farklı yönlerdeki (fleksiyon, ekstansiyon ve lateral fleksiyon) kaslarının izometrik dayanıklılığını ölçmeyi amaçlar. Her test için katılımcıdan belirli bir pozisyonu formunu bozmadan mümkün olan en uzun süre

koruması istenir ve süre saniye cinsinden kaydedilir. Bu batarya aşağıdaki testleri içermektedir:

Abdominal Endurans Testi (Gövde Fleksör Dayanıklılık Testi): Katılımcı sırtüstü pozisyonda, dizler 90° ve kalçalar 45° fleksiyondayken, gövdesini yerden yaklaşık 60° kaldırarak (sırtı bir rampaya dayalı) pozisyona başladı. Rampa çekildikten sonra, katılımcıdan bu 'crunch' pozisyonunu koruması istendi. Gövdenin pozisyonu bozulduğunda veya yere değdiğinde test sonlandırıldı (Ek-4).

Sorenson Testi (Gövde Ekstansör Dayanıklılık Testi): Katılımcı, sedyeden gövdenin üst kısmı (krista iliak seviyesinden itibaren) boşlukta kalacak şekilde yüzüstü pozisyonda yattı. Pelvis, kalça ve bacaklar masaya kemerlerle sabitlendi. Katılımcıdan kollarını göğsünde çaprazlayarak gövdesini yere paralel ve düz bir çizgide tutması istendi. Gövde yere doğru düştüğünde test sonlandırıldı (Ek-4).



Resim 3. 3. Sorenson Testi

Yan Köprü Testi (Lateral Gövde Kas Dayanıklılık Testi): Katılımcı yan yatar pozisyonda, alttaki dirseği ve ayağının lateral kenarı üzerinde vücudunu yerden kaldırdı. Vücudun baş, omuz, kalça ve ayak bilekleri arasında düz bir çizgi oluşturması sağlandı. Üstteki el kalçaya konuldu. Kalça yere doğru düştüğünde test sonlandırıldı. Test her iki taraf için de tekrarlandı (Ek-4).



Resim 3. 4. Yan Köprü Testi

3.8. İstatistiksel Analiz

Araştırmadan elde edilen tüm veriler, bilgisayar ortamında SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) for Windows Sürüm 22.0 programına kaydedilerek analiz edildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, medyan, minimum, maksimum, frekans, yüzde) kullanıldı. Bağımsız iki grup arasındaki (ÖÇBR grubu vs. Kontrol grubu) niceliksel verilerin karşılaştırılmasında, verilerin dağılımına göre Independent Samples t-test veya Mann-Whitney U testi kullanıldı. Bağımlı grup içi karşılaştırmalarda (ön-test vs. son-test) ise Paired Samples t-test veya Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanıldı. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesinde Ki-kare testi, bağımlı gruplarda kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında ise McNemar testi kullanıldı. Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi (p değeri) 0.05 olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Katılımcıların Demografik ve Temel Özellikleri

4.1.1. Çalışmaya Katılım ve Grupların Oluşturulması

Tablo 4.1. Demografik Özelliklerin Gruplar Arası Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Değişken	Grup	Grup				X ² ; p
		ÖÇBR		Kontrol		
		n	%	n	%	
Spor geçmişi	Basketbol	0	0.00	1	100.00	26.27;p<0.01
	Futbol	11	100.00	0	0.00	
	Tekvando	2	100.00	0	0.00	
	Yüzme	1	100.00	0	0.00	
Ek hastalıklar	Var	1	33.00	67	100.00	6.67; p=0.15
	Yok	14	58.33	10	41.67	
Dominant taraf	Sağ	11	42.31	15	57.69	4.62; p<0.05
	Sol	4	100,00	0	0,00	
Yaş	Ort±Ss	24.27±4.15	(18.0-33.0)	26.00±3.34	(22.0-35.0)	z:-1.44; p=0.15
VKİ	Ort±Ss	24.49±3.67	(19.5-31.7)	22.84±2.40	(18.2-25.7)	z:-1.22; p=0.22

X²: Ki Kare Test / z: Man Whitney-u Test / VKİ: Vücut Kitle İndeksi

Çalışmaya katılan bireylerin demografik özellikleri gruplar arasında karşılaştırıldığında, yaş (z:-1,44; p=0,15, p>0,05) ve vücut kitle indeksi (VKİ) (z:-1,22; p=0,22, p>0,05) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı.

Çalışmaya katılan bireylerin spor geçmişi türleri sorgulandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (χ^2 : 26,27; p<0,01).

Çalışmaya katılan bireylerin ek hastalık durumları sorgulandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (χ^2 : 6,67; p=0,15, p>0,05).

Çalışmaya katılan bireylerin dominant tarafları sorgulandığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (χ^2 : 4,62; p<0,05). Bu bulgu, hasta grubunda sol dominant bireylerin bulunmasına karşın, sağlıklı grubun tamamen sağ dominant bireylerden oluşması nedeniyle iki grup arasında dominant taraf açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi.

4.2. Fonksiyonel Değerlendirme ve Kas Gücü Test Sonuçları

Tablo 4.2. Değişkenlerin Zaman İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Değişkenler	Grup		Gruplar arası
	ÖÇBR $\bar{X} \pm Ss$	Kontrol $\bar{X} \pm Ss$	
Tegner aktivite skoru ön test	6,67 $\pm$ 1,68	4,47 $\pm$ 1,60	z:-3,18; p<0,01
Tegner aktivite skoru son test	6,93 $\pm$ 1,53	5,27 $\pm$ 1,53	z:-2,76; p<0,05
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-1,63; p=0,10	*z:-3,05; p<0,01	
Tek ayak (sağ) ön test	109,14 $\pm$ 27,64	80,36 $\pm$ 47,66	z:-1,97; p=0,05
Tek ayak (sağ) son test	111,79 $\pm$ 22,67	86,15 $\pm$ 44,78	z:-1,64; p=0,10
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-1,00; p=0,32	*z:-1,34; p=0,18	
Tek ayak (sol) ön test	107,33 $\pm$ 33,48	77,67 $\pm$ 46,86	z:-1,78; p=0,07
Tek ayak (sol) son test	118,13 $\pm$ 7,23	83,21 $\pm$ 44,53	z:-2,39; p<0,05
©	*z:-1,34; p=0,18	*z:-1,34; p=0,18	
Quadriceps (sağ) ön test	16,09 $\pm$ 2,46	17,53 $\pm$ 2,79	z:-1,29; p=0,20
Quadriceps (sağ) son test	28,87 $\pm$ 27,47	20,38 $\pm$ 3,15	z:-1,08; p=0,28
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,41; p<0,01	*z:-3,41; p<0,01	
Quadriceps (sol) ön test	16,93 $\pm$ 3,92	17,59 $\pm$ 2,30	z:-1,24; p=0,21
Quadriceps (sol) son test	22,45 $\pm$ 4,02	20,17 $\pm$ 2,82	z:-1,51; p=0,13
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,41; p<0,01	*z:-3,41; p<0,01	
Hamstring (sağ) ön test	9,55 $\pm$ 1,84	11,49 $\pm$ 1,88	z:-2,39; p<0,05
Hamstring (sağ) son test	12,31 $\pm$ 4,06	13,41 $\pm$ 2,30	z:-1,76; p=0,08
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,30; p<0,01	*z:-3,41; p<0,01	
Hamstring (sol) ön test	9,24 $\pm$ 2,90	12,14 $\pm$ 3,08	z:-2,20; p<0,05
Hamstring (sol) son test	11,97 $\pm$ 2,88	13,07 $\pm$ 2,17	z:-1,06; p=0,29
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,41; p<0,01	*z:-2,42; p<0,05	
Anterior (sol) ön test	112,60 $\pm$ 20,59	100,09 $\pm$ 16,14	z:-1,60; p=0,11
Anterior (sol) son test	126,83 $\pm$ 21,00	122,93 $\pm$ 17,36	z:-0,21; p=0,84
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,18; p<0,01	*z:-3,24; p<0,01	
Posterolateral (sol) ön test	133,52 $\pm$ 18,25	117,33 $\pm$ 16,61	z:-2,34; p<0,05
Posterolateral (sol) son test	144,42 $\pm$ 16,62	133,98 $\pm$ 23,79	z:-1,27; p=0,21

Tablo 4.2. Değişkenlerin Zaman İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular (Devamı)

<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,30; p<0,01	*z:-3,41; p<0,01	
Posteromadial (sol) ön test	125,88±19,48	110,76±15,52	z:-2,01; p<0,05
Posteromadial (sol) son test	134,65±15,13	122,15±20,87	z:-2,01; p<0,05
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-2,98; p<0,01	*z:-3,06; p<0,01	
Anterior (sağ) ön test	93,10±11,74	98,01±11,43	z:-1,37; p=0,17
Anterior (sağ) son test	122,83±19,06	120,96±17,39	z:-0,39; p=0,69
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,41; p<0,01	*z:-3,30; p<0,01	
Posterolateral (sağ) ön test	117,55±22,55	107,81±16,17	z:-0,93; p=0,35
Posterolateral (sağ) son test	130,14±18,18	118,93±21,77	z:-1,35; p=0,18
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,41; p<0,01	*z:-3,06; p<0,01	
Posteromadial (sağ) ön test	135,07±22,74	114,13±16,04	z:-2,47; p<0,05
Posteromadial (sağ) son test	148,05±20,53	133,40±19,19	z:-1,93; p=0,05
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,18; p<0,01	*z:-3,30; p<0,01	
Berg denge ön test	56,00±0,00	56,00±0,00	z:0,00; p=1,00
Berg denge son test	56,00±0,00	56,00±0,00	z:0,00; p=1,00
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:0,00; p=1,00	*z:0,00; p=1,00	
30sn otur kalk ön test	17,27±3,99	17,33±5,90	z:-0,38; p=0,71
30sn otur kalk son test	21,00±4,24	23,47±5,22	z:-1,48; p=0,14
<i>Grup içi karşılaştırma</i>	*z:-3,43; p<0,01	*z:-3,19; p<0,01	
Z: Man Whitney-u	Test / z: Wilcoxon Test		

Katılımcıların egzersiz öncesi ve sonrası Tegner Aktivite Skorunda ÖÇBR grubunun ön test Tegner Aktivite Skorunun kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -3,18; p=0,00, p<0,01). Son test sonuçlarına göre de ÖÇBR grubunun Tegner Aktivite Skorunun kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptandı (z: -2,76; p=0,01, p<0,01).

ÖÇBR grubunda, egzersiz sonrasında Tegner Aktivite Skorunda (ön test: 6,67±1,68; son test: 6,93±1,53) istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi (z: -1,63; p=0,10, p>0,05). Kontrol grubunda ise, egzersiz sonrası Tegner Aktivite Skorunun (son test: 5,27±1,53), ön test puanına (4,47±1,60) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlendi (z: -3,05; p=0,00, p<0,01).

Katılımcıların sağ ve sol ayak üzerinde statik denge performansları, gruplar arasında, ÖÇBR grubunun sağ ayak üzerindeki denge performansının kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -1,97; p=0,05). Son test sonuçlarına göre iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi (z: -1,64; p>0,05).

Grup içi değişimler incelendiğinde, ÖÇBR grubunda sağ ayak üzerinde durma süresinde ön test (109,14±27,64) ve son test (111,79±22,67) puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (z: -1,00; p>0,05). Benzer şekilde, kontrol grubunda da sağ ayak üzerinde durma süresinde ön test (80,36±47,66) ve son test (86,15±44,78) puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı (z: -1,34; p>0,05).

Tek ayak üzerinde durma testinin gruplar arasında yapılan sol ayak ön test karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi (z: -1,78; p>0,05). Son test sonuçlarına göre, ÖÇBR grubunun sol ayak üzerindeki denge performansının kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -2,39; p<0,05).

Grup içi değişimler açısından, ÖÇBR ve kontrol grubunda sol ayak üzerinde durma süresinde ön test (107,33±33,48) (77,67±46,86) ve son test (118,13±7,23) (83,21±44,53) puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (z: -1,34; p>0,05) (z: -1,34; p>0,05).

Katılımcıların sağ quadriceps kas gücü, gruplar arasında yapılan ön test ve son test karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi (z: -1,29; $p>0,05$) (z: -1,08; $p>0,05$).

Grup içi değişimler incelendiğinde, ÖÇBR grubunda sağ quadriceps kas gücünün son test değeri ($28,87\pm 27,47$), ön test değerine ($16,09\pm 2,46$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu (z: -3,41; $p<0,01$). Benzer şekilde, kontrol grubunda da sağ quadriceps kas gücünün son test değeri ($20,38\pm 3,15$), ön test değerine ($17,53\pm 2,79$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -3,41; $p<0,01$).

Sol quadriceps kas gücü ön test ve son test değerlendirmesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı (z: -1,24; $p>0,05$) (z: -1,51; $p>0,05$).

Grup içi değişimler açısından, ÖÇBR grubunda sol quadriceps kas gücünün son test değeri ($22,45\pm 4,02$), ön test değerine ($16,93\pm 3,92$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -3,41; $p<0,01$). Kontrol grubunda da sol quadriceps kas gücünün son test değeri ($20,17\pm 2,82$), ön test değerine ($17,59\pm 2,30$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu (z: -3,41; $p<0,01$).

Katılımcıların sağ hamstring kas gücü, kontrol grubunun ön test puanının ÖÇBR grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -2,39; $p<0,05$). Son test sonuçlarına göre iki grup arasında sağ hamstring kas gücü açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi (z: -1,76; $p>0,05$).

Grup içi değişimler incelendiğinde, ÖÇBR grubunda sağ hamstring kas gücünün son test değeri ($12,31\pm 4,06$), ön test değerine ($9,55\pm 1,84$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu (z: -3,30; $p<0,01$). Benzer şekilde, kontrol grubunda da sağ hamstring kas gücünün son test değeri ($13,41\pm 2,30$), ön test değerine ($11,49\pm 1,88$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -3,41; $p<0,01$).

Gruplar arası yapılan ön test karşılaştırmasında, kontrol grubunun sol hamstring kas gücü puanının ÖÇBR grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptandı (z: -2,20; $p<0,05$). Son test sonuçlarına göre, iki grup arasında sol hamstring kas gücü açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (z: -1,06; $p>0,05$).

Grup içi değişimler açısından, ÖÇBR grubunda sol hamstring kas gücünün son test değeri ($11,97 \pm 2,88$), ön test değerine ($9,24 \pm 2,90$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi ($z: -3,41; p < 0,01$). Kontrol grubunda da sol hamstring kas gücünün son test değeri ($13,07 \pm 2,17$), ön test değerine ($12,14 \pm 3,08$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu ($z: -2,42; p < 0,05$).

Katılımcıların YDT sonuçlarında, gruplar arasında yapılan ön test ve son test karşılaştırmasında sağ anterior uzanmada istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi ($z: -1,60; p > 0,05$) ($z: -0,21; p > 0,05$). Grup içi değerlendirmede, ÖÇBR grubunda son test uzanma mesafesinin ($126,83 \pm 21,00$), ön test mesafesine ($112,60 \pm 20,59$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi ($z: -3,18; p < 0,01$). Kontrol grubunda da son test uzanma mesafesinin ($122,93 \pm 17,36$), ön test mesafesine ($100,09 \pm 16,14$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlendi ($z: -3,24; p < 0,01$).

Posterolateral Uzanma (Sol Ayak): ÖÇBR grubunun ön test posterolateral uzanma mesafesinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi ($z: -2,34; p < 0,05$). Son testte gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($z: -1,27; p > 0,05$). Grup içi değerlendirmede, ÖÇBR ve kontrol grubunda son test uzanma mesafesinin ($144,42 \pm 16,62$) ($133,98 \pm 23,79$), ön test mesafesine ($133,52 \pm 18,25$) ($117,33 \pm 16,61$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlendi ($z: -3,30; p < 0,01$) ($z: -3,41; p < 0,01$).

Posteromedial Uzanma (Sol Ayak): ÖÇBR grubunun ön test ve son test posteromedial uzanma mesafesinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi ($z: -2,01; p < 0,05$) ($z: -2,01; p < 0,05$). Grup içi değerlendirmede, ÖÇBR ve kontrol grubunda son test uzanma mesafesinin ($134,65 \pm 15,13$) ($122,15 \pm 20,87$ cm), ön test mesafesine ($125,88 \pm 19,48$) ($110,76 \pm 15,52$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi ($z: -2,98; p < 0,01$) ($z: -3,06; p < 0,01$).

Anterior Uzanma (Sağ Ayak): Gruplar arasında yapılan ön test ve son test karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi ($z: -1,37; p > 0,05$) ($z: -0,39; p > 0,05$). Grup içi değerlendirmede, ÖÇBR ve kontrol grubunda son test uzanma mesafesinin ($122,83 \pm 19,06$) ($120,96 \pm 17,39$), ön test mesafesine ($93,10 \pm 11,74$) ($98,01 \pm 11,43$) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi ($z: -3,41; p < 0,01$) ($z: -3,30; p < 0,01$).

Posterolateral Uzanma (Sağ Ayak): Gruplar arasında ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi (z: -0,93; $p>0,05$) (z: -1,35; $p>0,05$). Grup içi değerlendirilmede, ÖÇBR ve kontrol grubunda son test uzanma mesafesinin (130,14±18,18) (118,93±21,77), ön test mesafesine (117,55±22,55) (107,81±16,17) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlendi (z: -3,41; $p<0,01$) (z: -3,06; $p<0,01$).

Posteromedial Uzanma (Sağ Ayak): ÖÇBR grubunun ön test posteromedial uzanma mesafesinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -2,47; $p<0,05$). Son testte ÖÇBR grubunun posteromedial uzanma mesafesinin kontrol grubuna göre sınırda anlamlı bir fark gösterdiği tespit edildi (z: -1,93; $p=0,05$). Grup içi değerlendirilmede, ÖÇBR ve kontrol grubunda son test uzanma mesafesinin (148,05±20,53) (133,40±19,19), ön test mesafesine (135,07±22,74) (114,13±16,04) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -3,18; $p<0,01$) (z: -3,30; $p<0,01$).

Katılımcıların Berg Denge Skalası ön test ve son test sonuçlarına bakıldığında hem ÖÇBR grubunun hem de kontrol grubunun ortalama puanının 56,00±0,00 (medyan: 56,0; min: 56,0; maks: 56,0) olduğu belirlendi. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (z:0,00; $p=1,00$).

ÖÇBR ve kontrol grubunda, 8 haftalık egzersiz programı sonrasında Berg Denge Skalası puanlarında (ön test: 56,00±0,00; son test: 56,00±0,00) istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik tespit edilmedi (z:0,00; $p=1,00$).

Katılımcıların 30 saniye otur kalk testi sonuçlarında iki grup arasında ön test ve son testte istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (z: -0,38; $p>0,05$) (z: -1,48; $p>0,05$).

ÖÇBR ve kontrol grubunda, 8 haftalık egzersiz programı sonrasında 30 saniye otur kalk testi tekrar sayısının (son test: 21,00±4,24) (son test: 23,47±5,22), ön test tekrar sayısına (17,27±3,99) (17,33±5,90) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edildi (z: -3,43; $p<0,01$) (z: -3,19; $p<0,01$).

4.3. Gövde Kas Dayanıklılığı ve Statik Denge Testi Sonuçları (Kategorik Değerlendirme)

Tablo 4.3. Hasta ve Sağlıklı Grupta Gövde Dayanıklılığı ve Statik Denge Testlerinin Grupiçi Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Grup			Son test				McNemar Test
			Kötü		İyi		
			n	%	n	%	
ÖÇBR	Abdominal endurans ön test	Kötü	5	100	0	0	0,50
		İyi	2	20	8	80	
Kontrol	Abdominal endurans ön test	Kötü	5	83,33	1	16,67	0,62
		İyi	3	33,33	6	66,67	
ÖÇBR	sorenson ön test	Kötü	2	33,33	4	66,67	0,39
		İyi	8	88,89	1	11,11	
Kontrol	sorenson ön test	Kötü	2	22,22	7	77,78	0,77
		İyi	5	83,33	1	16,67	
ÖÇBR	Sağ yan köprü ön test	Kötü	2	40,00	3	60,00	1,00
		İyi	2	20,00	8	80,00	
Kontrol	Sağ yan köprü ön test	Kötü	2	66,67	1	33,33	1,00
		İyi	0	0,00	12	100,00	
ÖÇBR	Sol yan köprü ön test	Kötü	5	100,00	0	0,00	1,00
		İyi	0	0,00	10	100,00	
Kontrol	Sol yan köprü ön test	Kötü	1	50,00	1	50,00	1,00
		İyi	0	0,00	13	100,00	

McNemar testi sonucunda, ÖÇBR ve kontrol grubunda abdominal endurans performansı açısından ön test ve son test arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim bulunmadı ($p=0,50$) ($p=0,62$). Ki-kare testi sonuçlarına göre, ön test ve son test abdominal endurans performansı açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($\chi^2: 0,14$; $p>0,05$) ($\chi^2: 0,13$; $p>0,05$).

McNemar testi sonucunda, ÖÇBR grubunda Sorenson testi performansı açısından ön test ve son test arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim bulunmadı ($p=0,39$). Kontrol grubunda ise, ön testte Sorenson performansı kötü olan katılımcıların oranı %22,22 (n:2) iken, son testte bu oranın %77,78'e (n:7) yükseldiği tespit edildi. Ön testte iyi performans gösterenlerin oranı %83,33 (n:5) iken, son testte bu oranın %16,67'ye (n:1) düştüğü görüldü. Bu değişim McNemar testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=0,77$).

Ön test Sorenson testi performansı açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($\chi^2: 1,20$; $p>0,05$). Son test Sorenson testi

performansı açısından da iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı (χ^2 : 1,22; $p>0,05$).

McNemar testi sonucunda, ÖÇBR grubunda Sağ Yan Köprü testi performansı açısından ön test ve son test arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim bulunmadı ($p=1,00$). Kontrol grubunda ise, ön testte Sağ Yan Köprü performansı kötü olan katılımcıların oranı %66,67 (n:2) iken, son testte bu oranın %33,33'e (n:1) düştüğü tespit edildi. Ön testte iyi performans gösteren katılımcı bulunmazken (%0, n:0), son testte katılımcıların %100'ünün (n:12) iyi performans gösterdiği görüldü. Ancak bu değişim McNemar testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=1,00$).

Ki-kare testi sonuçlarına göre, ön test Sağ Yan Köprü testi performansı açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı (χ^2 : 0,68; $p>0,05$). Son test Sağ Yan Köprü testi performansı açısından da iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı (χ^2 : 0,83; $p>0,05$).

McNemar testi sonucunda, ÖÇBR grubunda Sol Yan Köprü testi performansı açısından ön test ve son test arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim bulunmadı ($p=1,00$). Kontrol grubunda ise, ön testte Sol Yan Köprü performansı kötü olan katılımcıların oranı %50,00 (n:1) iken, son testte bu oranın aynı kaldığı (%50,00, n:1) tespit edildi. Ön testte iyi performans gösteren katılımcı bulunmazken (%0, n:0), son testte katılımcıların %100'ünün (n:13) iyi performans gösterdiği görüldü. Bu değişim de McNemar testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=1,00$).

Tablo 4.4. Hasta ve Sağlıklı Grupta Değişkenlerin Gruplar Arası Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Değişken	Grup	Grup				X ² ;p
		ÖÇBR		Kontrol		
		n	%	n	%	
Abdominal endurans ön test	Kötü	5	45,45	6	54,55	0,14; p=0,70
	İyi	10	52,63	9	47,37	
Abdominal endurans son test	Kötü	7	46,67	8	53,33	0,13; p=0,72
	İyi	8	53,33	7	46,67	
sorenson test ön test	Kötü	6	40,00	9	60,00	1,20; p=0,27
	İyi	9	60,00	6	40,00	
sorenson test son test	Kötü	10	58,82	7	41,18	1,22; p=0,27
	İyi	5	38,46	8	61,54	
Sağ yan köprü ön test	Kötü	5	62,50	3	37,50	0,68; p=0,41
	İyi	10	45,45	12	54,55	
Sağ yan köprü son test	Kötü	4	66,67	2	33,33	0,83; p=0,36
	İyi	11	45,83	13	54,17	
Sol yan köprü ön test	Kötü	5	71,43	2	28,57	1,68; p=0,20
	İyi	10	43,48	13	56,52	
Sol yan köprü son test	Kötü	5	83,33	1	16,67	3,33; p=0,07
	İyi	10	41,67	14	58,33	

X²: Ki Kare Test

Gruplar arası karşılaştırmalara bakıldığında, ön testte Sol Yan Köprü testinde kötü performans gösteren bireylerin oranının ÖÇBR grubunda %71,43 (n:5), kontrol grubunda ise %28,57 (n:2) olduğu belirlendi. İyi performans gösterenlerin oranının ise ÖÇBR grubunda %43,48 (n:10), kontrol grubunda %56,52 (n:13) olduğu saptandı. Ki-kare testi sonuçlarına göre, ön test Sol Yan Köprü testi performansı açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı (χ^2 : 1,68; p>0,05). Son test Sol Yan Köprü testi performansı açısından iki grup arasında sınırda anlamlı bir fark gözlemlendi (χ^2 : 3,33; p=0,07).

Tablo 4.5. Hasta ve Sağlıklı Grupta Romberg Testinin Karşılaştırılmasına Yönelik Bulgular

Değişken	Grup	Grup				X ² ;p
		ÖÇBR		Kontrol		
		n	%	n	%	
Romberg ön test	pozitif	5	45,45	6	54,55	0,14; p=0,71
	negatif	10	52,63	9	47,37	
Romberg son test	pozitif	0	0,00	2	100,00	6,16; p<0,05
	negatif	11	45,83	13	54,17	

X²: Ki Kare Test

Ki-kare testi sonuçlarına göre, ön test ve son test Romberg testi sonuçları açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı (χ^2 : 0,14; $p>0,05$) (χ^2 : 6,16; $p<0,05$). Bu bulgu, egzersiz programı sonrasında kontrol grubunda hala Romberg testi pozitif olan bireyler varken, ÖÇBR grubunda hiçbir bireyin pozitif sonuç vermediğini gösterdi.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, 8 haftalık bir core stabilizasyon egzersiz programının ÖÇBR geçirmiş bireyler ve sağlıklı kontroller üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak incelendi. Başlangıç değerlendirmeleri, ÖÇBR grubunun bazı aktivite ve denge ölçümlerinde sağlıklı gruptan beklenmedik şekilde daha iyi performans sergilediği, ancak beklenen hamstring kuvveti defisitine sahip olduğu karmaşık bir tablo ortaya koymuştur. Uygulanan egzersiz programı sonrasında ise her iki grupta da alt ekstremité kas kuvveti ve dinamik denge gibi önemli parametrelerde anlamlı iyileşmeler saptanmıştır. Bu bölümde, elde edilen bu temel bulgular, ilgili literatür çerçevesinde detaylı olarak ele alınacak ve yorumlanacaktır.

Çalışmamızın başlangıç değerlendirmelerinde, ÖÇBR grubunun Tegner aktivite skorunun sağlıklı gruba kıyasla anlamlı derecede daha yüksek saptanması, bu hasta popülasyonuna özgü motivasyonel ve rehabilitasyonel faktörler çerçevesinde literatürle tutarlılık göstermektedir.

ÖÇBR sonrası bireylerin spora dönüş sürecinde sergilediği güçlü psikolojik beklentiler, bu bulguyu açıklayan temel faktörlerden biridir. Nitekim, Sonesson et al. (2016) tarafından yürütülen prospektif bir çalışmada, hastaların %86'sının ameliyat öncesi spor seviyelerine dönme hedefi taşıdığı ve yüksek motivasyon gösteren bireylerin bir yıllık takip sonunda daha üstün IKDC skorları ile daha yüksek memnuniyet düzeyleri sergiledikleri rapor edilmiştir. Bu bağlamda, çalışmamızdaki ÖÇBR grubunun da benzer bir içsel motivasyona sahip olması, aktivite düzeylerini daha yüksek beyan etmelerini açıklayabilir.

ÖÇBR hastalarının, çalışmamızdaki sağlıklı kontrol grubunun aksine, yapılandırılmış ve yoğun bir rehabilitasyon sürecinden geçiyor olmaları aktivite algılarını etkilemektedir. Poretti et al. (2023), 9-12 ay sürebilen bu kapsamlı rehabilitasyon protokollerinin kuvvet, denge ve plyometrik antrenmanları içerdiğini ve bireyleri fiziksel olarak aktif bir süreçte tuttuğunu belirtmektedir. Bu aktif süreci destekleyen modern yaklaşımlar da motivasyonu artırmaktadır. Nitekim Fouasson-Chailloux et al. (2022), hasta eğitimi alan bireylerde motivasyon skorlarının anlamlı bir artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Harshavardni et al. (2024) giyilebilir sensör teknolojisi gibi uygulamaların sağladığı geri bildirimlerle hastanın rehabilitasyon motivasyonunu desteklediğini belirtirken, Skov et al. (2024) da bu tür

motivasyonel geri bildirimlerin genel fiziksel aktivite düzeylerini artırdığını göstermektedir.

Netice itibarıyla, çalışmamızda ÖÇBR grubunda gözlenen yüksek başlangıç Tegner skoru; spora dönüşe yönelik güçlü içsel motivasyonun ve devam eden yapılandırılmış rehabilitasyon programlarına aktif katılımın bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Bu aktif katılımın ve motivasyonun, literatürde de belirtildiği gibi, hasta eğitimi (Fouasson-Chailloux et al., 2022), anlık geri bildirim sağlayan giyilebilir sensör teknolojileri (Harshavardni et al., 2024) ve benzeri modern yaklaşımlarla daha da desteklendiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızın başlangıç değerlendirmelerinde, ÖÇBR grubunun Tek Ayak Sağ Denge performansı ile Y-Denge Testi'nin posterolateral sol, posteromedial sol ve posteromedial sağ gibi bazı yönlerinde sağlıklı kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha iyi sonuçlar sergilemesi, dikkatle incelenmesi gereken bir bulgudur. ÖÇB'nin önemli bir propriyoseptif organ olduğu ve yaralanmasının postüral kontrolü olumsuz etkilediği genel kabul görmekle birlikte, çalışmamızda gözlenen bu beklenmedik üstünlükler, ÖÇBR sonrası uzun dönem rehabilitasyon süreçlerinde gelişebilen adaptif ve kompensatuar mekanizmalarla açıklanabilmektedir. ÖÇBR grubunun Tegner skoru ve denge performansları açısından başlangıçtaki üstünlüğünü açıklayabilecek bir diğer önemli faktör ise, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunan spor geçmişi farklılığıdır. Bulgularımızda da görüldüğü gibi, ÖÇBR grubundaki katılımcıların neredeyse tamamı futbol gibi rekabetçi ve yüksek düzeyde motor kontrol gerektiren spor dallarından gelirken, kontrol grubunun profili bu açıdan daha heterojendir. Yıllar süren spor antrenmanları, bireylerde daha gelişmiş bir motor öğrenme kapasitesi, vücut farkındalığı (propriyosepsiyon) ve nöromüsküler kontrol altyapısı oluşturur. Dolayısıyla, ÖÇBR grubundaki katılımcıların sahip olduğu bu 'atlet altyapısı', rehabilitasyon sürecinde öğrendikleri denge ve stabilite becerilerini daha etkin bir şekilde pekiştirmelerini ve hatta sağlıklı ancak düzenli spor yapmayan bireylerin seviyesini aşmalarını sağlamış olabilir. Bu durum, aynı zamanda çalışmamızın bir sınırlılığı olarak da değerlendirilebilir ve gelecekteki çalışmalarda grupların spor geçmişi açısından daha homojen olarak eşleştirilmesi, sonuçların genellenebilirliğini artıracaktır.

ÖÇBR sonrası uygulanan yoğun rehabilitasyon programları, hastaların denge yeteneklerini sadece sağlıklı bireylerin seviyesine getirmekle kalmayıp, bazı

durumlarda bu seviyeyi aşmalarına olanak tanıyabilmektedir. Bu durumu destekler şekilde, Poretti et al. (2023), 6 aylık bir antrenman programının Y-Denge Testi skorlarında %19,4'lük bir artış sağlayarak hastaları sağlıklı kontrollerden %4,2 daha yüksek bir seviyeye ulaştırdığını rapor etmiştir. Benzer şekilde, Bühl et al. (2023) ÖÇBR sonrası Y-Denge Testi'nde sağlıklı kontrollere yakın performans gösterildiğini belirtirken, Ciapini et al. (2021) da Y-Denge Testi kompozit skorunun bazı ÖÇBR gruplarında sağlıklı kontrollerle %98,5'e varan benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu bilgiler ışığında, çalışmamızdaki ÖÇBR grubunun rehabilitasyonlarının ileri bir aşamasında olmaları ve bu süreçte aldıkları spesifik denge ve propriyosepsiyon eğitimleri sayesinde sağlıklı gruptan daha iyi bir performans sergilemiş olmaları muhtemeldir.

ÖÇBR hastalarının yaralanma sonrası geliştirdiği kompensatuar motor kontrol stratejileri, belirli denge testlerinde daha iyi bir performansa yol açabilmektedir. Örneğin, Larwa et al. (2021), kalça abdüktör kuvvetindeki %18'lik bir artışın diz valgus momentini %28 azaltarak Y-Denge Testi performansını iyileştirdiğini göstermiştir. Aynı şekilde, Harshavardni et al. (2024) kontralateral pelvik rotasyon kompanzasyonunun tek bacak duruş süresini %15 uzatabildiğini rapor etmiştir. Bu durum çalışmamızdaki bulgularla örtüşmektedir; zira Arumugam et al. (2021) posteromedial uzanımın kalça ekstansör kuvveti ile ($r=0.67$) ilişkili olduğunu, Brunst et al. (2021) ise posterolateral uzanımda anterior tibial translasyonda azalma gibi olumlu biyomekanik değişikliklerin tespit edildiğini belirtmektedir.

Dolayısıyla, ÖÇBR grubumuzun bazı denge testlerindeki başlangıç üstünlüğü, hedefe yönelik rehabilitasyonun bir sonucu olarak gelişen öğrenme etkileri, etkin kompanzasyon stratejileri ve potansiyel nöral adaptasyonların birleşimiyle ortaya çıkmış olabilir. Bu durum, ÖÇBR sonrası rehabilitasyonun sadece kayıp fonksiyonları yerine koymakla kalmayıp, bazı alanlarda yeni ve etkili motor becerilerin gelişimine de yol açabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda ÖÇBR geçirmiş olan grubun, sağlıklı kontrol grubuna kıyasla her iki alt ekstremitede de hamstring kas kuvvetinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulunması, literatürdeki mevcut kanıtlarla güçlü bir tutarlılık göstermektedir. Bu kuvvet açığının en temel açıklaması, ÖÇBR operasyonlarında hamstring tendon otogreftlerinin (özellikle semitendinosus ve/veya gracilis) yaygın olarak tercih edilmesine bağlı gelişen donör saha morbiditesidir.

Bu durumun kalıcı etkileri literatürde detaylıca belgelenmiştir. San Jose et al. (2022), hamstring otogrefti kullanılan hastalarda patlayıcı kuvvet (tork gelişim hızı) simetrisindeki düzelmenin 12. aya kadar gecikebildiğini ve bu asimetrinin kadınlarda daha belirgin olabildiğini rapor etmiştir. Jung et al. (2024) da bu bulguyu destekleyerek, otogreft kullanılan grupta 12. ayda hamstring total iş LSI (Ekstremitte Simetri İndeksi) değerinin %84,3 gibi bir düzeyde kaldığını, allogreft grubunda ise bu oranın %92,5 olduğunu belirtmiştir. Kuvvet kayıpları, donör sahadaki yapısal değişikliklerle daha da pekişebilmektedir. Nitekim Manchado et al. (2022), ST-G tendonlarının birlikte alındığı durumlarda, beş yıllık takipte hamstring LSI'sinin sadece semitendinosus (ST) kullanılan vakalara kıyasla anlamlı derecede düşük (%76,2'ye karşı %87,1) olduğunu göstermiştir. Hatta uygulanan rehabilitasyon protokollerinin etkinliğine rağmen bu defisitlerin devam edebileceğini Hagen et al. (2025), 24. ayda bile hamstring LSI'sinin %88,6 gibi tam olmayan bir iyileşme düzeyinde kaldığını bildirerek vurgulamıştır.

Gözlemlediğimiz bu hamstring kuvvet defisitinin, diz ekleminin dinamik stabilitesi ve fonksiyonel performansı üzerinde önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Hagen et al. (2025), hamstring kaslarının ÖÇB'ye binen anterior çekme kuvvetlerini karşılamada kritik bir agonist role sahip olduğunu ve bu kaslardaki %17,5'lik bir kuvvet defisitinin bile dizdeki anterior translasyonu 4.2 mm artırarak greft yüklenmesini tetikleyebileceğini belirtmiştir. Bu durumun klinik yansımalarını Tummala et al. (2024), hamstring tendon otogrefti kullanılan adolesan bireylerde egzersiz sırasında dizdeki valgus momentinde %28'e varan artışlar ve dinamik diz stabilitesinde bozulmalarla ilişkilendirmiştir. Benzer şekilde, Högborg et al. (2022), hamstring eksantrik kuvvetindeki defisitlerin 12. aya kadar sürebildiğini ve tek bacakla yere inişler sırasında anterior tibial translasyonu %14 oranında artırabildiğini göstermiştir. Lesevic et al. (2020) ise kadın hastalarda 6. ayda hamstring kuvvetinin LSI değerinin %72,4 gibi düşük bir seviyede kalmasının, dinamik stabilite testlerindeki performansta %23'lük bir düşüşle ilişkili olduğunu raporlamıştır.

Bu hamstring zayıflığının yol açtığı bir diğer önemli sonuç da hamstring-quadriceps (H/Q) kuvvet oranındaki dengesizliktir. Fischer et al. (2017), quadriceps tendon (QT) grefti kullanılan hastalarda 12. ayda H/Q oranının %68,4 gibi daha ideal seviyelerde bulunurken, hamstring (HT) greftlerinde bu oranın %58,2'de kaldığını

belirtmiştir. Holmgren et al. (2024) tarafından yapılan bir başka çalışma da HT greftlerinde H/Q oranının daha düşük kaldığını göstermiştir.

Tüm bu kanıtlar bir araya getirildiğinde, çalışmamızda ÖÇBR grubunda saptanan başlangıç hamstring kuvveti düşüklüğünün, yaygın cerrahi pratiği ve literatürde iyi tanımlanmış donör saha etkileri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bu durum, potansiyel H/Q oranı dengesizlikleri, fonksiyonel kısıtlılıklar ve artan yeniden yaralanma riski açısından rehabilitasyon stratejilerinde dikkate alınması gereken bir faktördür. Bu noktada, Grondin et al. (2022), rehabilitasyonun 4. ayında hamstring LSI'sinin ≥ 80 eşğine ulaşan hastaların, 6. ayda koşuya dönüşte %87,4 gibi yüksek bir başarı oranına sahip olduğunu bildirmiş; bu da hamstring kuvvetinin restorasyonunun fonksiyonel hedeflere ulaşmadaki kritik önemini vurgulamaktadır.

ÖÇBR geçirmiş grup ile sağlıklı kontrol grubu arasında quadriceps kas kuvveti açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmaması, literatürde yaygın olarak rapor edilen uzun süreli kuvvet defisitleri göz önüne alındığında dikkat çekici bir bulgudur. Bu bulgu, literatürdeki genel eğilimden ayrılmaktadır; nitekim Girdwood et al. (2024) tarafından yapılan kapsamlı bir meta-analiz, ÖÇBR sonrası quadriceps kuvvetinde sağlıklı kontrollere göre %20'lik bir defisit kalabildiğini ve beş yıllık takiplerde bile hastaların önemli bir kısmında (%60-70) LSI (Ekstremité Simetri İndeksi) değerinin %90'ın altında seyrettiğini göstermektedir.

Çalışmamızdaki ÖÇBR grubunda belirgin bir quadriceps kuvvet defisitinin gözlenmemesi, bu grubun rehabilitasyon sürecindeki ileri evresi ve muhtemelen maruz kaldıkları etkin tedavi yöntemleri ile ilişkilendirilebilir. Katılımcıların "son beş yıl içinde cerrahi geçirmiş" olmaları, quadriceps kuvvetlerini geri kazanmaları için yeterli bir süreye sahip olduklarını düşündürmektedir. Başarılı rehabilitasyon sürecinde kullanılan modern yöntemler bu geri kazanımı hızlandırabilmektedir. Örneğin, Hasegawa et al. (2023), rehabilitasyon protokolünde nöromüsküler elektrik stimülasyonu (NMES) kullanımının LSI değerini %12 artırabildiğini belirtmektedir. Benzer şekilde, Sherman et al. (2023) yoğun eksentrik antrenmanların, tek başına %15-20 kuvvet kaybına yol açabilen artrojenik kas inhibisyonunu (AMI) %30-40 oranında azaltabildiğini ortaya koymuştur. Bu tür etkili rehabilitasyon stratejilerinden faydalanmış olan grubumuzun "başarılı rehabilitasyon" olarak tanımlanabilecek bir seviyeye ulaşmış olması muhtemeldir. Bu kuvvet restorasyonunun önemi, Van Wyngaarden et al. (2020) tarafından yapılan 10 yıllık bir takip çalışmasıyla da

desteklenmektedir; bu çalışma, normalize edilmiş quadriceps kuvvetinin, IKDC ($r=0.67$) ve Diz Yaralanması ve Osteoartrit Sonuç Skoru - Spor ($r=0.72$) gibi uzun dönem fonksiyonel sonuçlarla güçlü bir korelasyon sergilediğini göstermiştir.

Bununla birlikte, grup ortalamalarında anlamlı bir fark saptanmamış olması, ÖÇBR sonrası altta yatan tüm biyomekanik sorunların çözüldüğü anlamına gelmeyebilir. Nitekim Girdwood et al. (2024), quadriceps LSI değeri %85'in altında olan bireylerde beş yıl sonra kıkırdak dejenerasyonunu işaret eden T2 relaksasyon süresi artışı gibi olumsuz uzun dönem sonuçların gözlenebildiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, White et al. (2024), üç yıllık takipte dahi quadriceps lif açılarının ve uzunluklarının anormal kalabildiğini ve bu durumun yürüme kinematiğini olumsuz etkileyebildiğini belirtmiştir.

Bu nedenle, çalışmamızda gruplar arası başlangıç farkının bulunmaması olumlu bir gösterge kabul edilmekle birlikte, ÖÇBR sonrası quadriceps fonksiyonunun (örneğin, tork gelişim hızı gibi daha dinamik ölçümler) ve kas yapısının tam normalizasyonunun daha detaylı incelenmesi önemini korumaktadır.

Çalışmamızda hem ÖÇBR geçiren grubun hem de sağlıklı kontrol grubunun, hem başlangıç hem de 8 haftalık core stabilizasyon egzersiz programı sonrası yapılan değerlendirmelerde Berg Denge Skalası'nda (BDS) maksimum puan (56/56) alması, bu ölçeğin mevcut katılımcı popülasyonu için belirgin bir tavan etkisi sergilediğini açıkça göstermektedir. Tavan etkisi, bir ölçüm aracının, değerlendirilen bireylerin büyük bir çoğunluğunun en yüksek skoru elde etmesi durumunda ortaya çıkar ve ölçeğin daha yüksek fonksiyonel seviyelerdeki bireyler arasında gerçek denge performansını ayırt etme veya zaman içindeki ince değişimleri saptama kapasitesini sınırlar.

Bu durum, literatürde BDS'nin özellikle genç, aktif ve yüksek fonksiyonel kapasiteye sahip bireylerde tavan etkisi gösterme eğiliminde olduğunu ortaya koyan çalışmalarla desteklenmektedir. Örneğin, Lee et al. (2015), aktif yaşlı bireylerde BDS'nin %73,1 gibi yüksek bir tavan etkisi gösterdiğini, buna karşın Mini-BESTest'in tavan etkisinin sadece %3,8 olduğunu belirlemiş ve yüksek fonksiyonlu bireyler için Mini-BESTest kullanımını önermiştir. Benzer bir yetersizliği Shani et al. (2017), Guillain-Barré sendromlu hastaların taburculuk sonrası dönemlerinde dahi BDS'de %43'lük bir tavan etkisi gözlemleyerek rapor etmiştir. Ayrıca, Zhang et al. (2021), deneyimli transtibial ampute bireylerde BDS için %30'luk bir tavan etkisi bildirmiş ve

ÖÇBR hastaları gibi popülasyonlar için bilgisayarlı denge indeksi gibi daha objektif ve dinamik testlerin tercih edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Bu literatür bulguları ışığında, çalışmamızda BDS’de gözlenen tavan etkisinin, bu ölçeğin ÖÇBR geçirmiş ve rehabilitasyonun belirli bir aşamasına gelmiş genç ve aktif bireyler ile benzer özelliklere sahip sağlıklı kontrol grubunun denge kapasitelerini veya uygulanan programa verdikleri yanıtları ayırt etmede yetersiz kaldığı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, BDS ile elde edilen sonuçlar yerine, katılımcıların denge performanslarının, çalışmada da değerlendirilen Y-Denge Testi gibi tavan etkisi daha az olan ve dinamik dengeyi daha iyi yansıtan diğer ölçümlerle birlikte bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi daha doğru olacaktır.

Çalışmamızda uygulanan 8 haftalık core stabilizasyon egzersiz programı neticesinde, hem ÖÇBR geçirmiş grupta hem de sağlıklı kontrol grubunda quadriceps ve hamstring kas kuvvetlerinde, Y-Denge Testi (YDT) performansında ve 30 Saniye Otur Kalk Testi tekrar sayılarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir. Bu gelişmeler, literatürde sıklıkla vurgulanan "proksimal stabilitenin distal mobilitayı ve kuvvet üretimini artırdığı" prensibini desteklemektedir. Core stabilizasyonunun lumbopelvik bölgedeki stabiliteyi artırarak alt ekstremiteye daha verimli bir kuvvet transferine olanak tanıdığı ve kinetik zincir boyunca enerji dağılımını optimize ettiği bilinmektedir.

Saki et al. (2023) tarafından ÖÇBR geçirmiş sporcularda yapılan benzer bir çalışma, bu bulgularla önemli ölçüde paralellik göstermektedir. Bu çalışmada, 8 haftalık core stabilizasyon egzersizlerinin quadriceps kuvvetinde %18, hamstring kuvvetinde %22 ve Y-Denge Testi performansında %15'lik iyileşmeler sağladığı rapor edilmiştir. Core antrenmanlarının sağladığı biyomekanik avantajları Zemková (2022), core dayanıklılığının quadriceps zirve torku ile ($r=0.61$) ilişkili olduğunu ve yüksek core stabilitesine sahip sporcularda diz valgus momentinin %34 daha düşük olduğunu bularak açıklamaktadır. Bu tür bulgular, çalışmamızda elde ettiğimiz genel kuvvet ve dinamik denge artışlarının altında yatan mekanizmalara ışık tutmaktadır.

Fonksiyonel bir ölçüm olan 30 Saniye Otur Kalk Testi'nde her iki grupta gözlenen iyileşme de bu bağlamda oldukça anlamlıdır. Nitekim ÖÇBR sonrası core stabilizasyon egzersizlerinin standart rehabilitasyona eklendiği randomize kontrollü bir çalışmada, core müdahalesi alan grupta quadriceps LSI (Ekstremité Simetri İndeksi) değerinin %92 gibi yüksek bir seviyeye ulaştığı ve 30 saniye otur-kalk testi

skorlarının büyük bir etki büyüklüğü (Cohen's $d=1.2$) ile iyileştiği gösterilmiştir. Core egzersizlerinin bu bütüncül katkısını Ko et al. (2024) güçlü bir şekilde vurgulamaktadır; 8 haftalık kombine core ve alt ekstremite antrenmanının, izole core antrenmanına kıyasla quadriceps kuvvetinde %25 daha fazla artış sağladığını ve core antrenmanının tek başına quadriceps antrenmanına göre tek bacak denge süresini %37 daha fazla artırdığını göstermişlerdir.

Bu kanıtlar bir araya getirildiğinde, çalışmamızda her iki katılımcı grubunda gözlenen kas kuvveti ve dinamik denge artışlarının, core stabilizasyonunun geliştirilmesinin proksimalden distale doğru etkin bir kuvvet aktarımı ve hareket kontrolü sağlayarak genel alt ekstremite performansını iyileştirdiği yönündeki literatür bulgularıyla önemli ölçüde uyumlu olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda, 8 haftalık core stabilizasyon egzersiz programı sonrasında Tegner aktivite skorunun sadece sağlıklı kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermesi, ÖÇBR grubunda ise başlangıçtaki yüksek seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmaması, çeşitli faktörler bağlamında değerlendirilmesi gereken bir bulgudur. Bu durum, Tegner Aktivite Ölçeği'nin ileri seviyelerdeki duyarlılık sınırlılıkları ve uygulanan müdahalenin niteliği ile ilişkilendirilebilir.

ÖÇBR grubunun başlangıçtaki yüksek Tegner skoru, bu grup için potansiyel bir "plato etkisine" veya ölçeğin üst sınırlarına yakın bir "tavan etkisine" ulaşılmış olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim Huang et al. (2016), yüksek aktiviteli bireylerde (Tegner ≥ 9) %2,7'lik bir tavan etkisi gözlenebildiğini belirtmektedir. Algarni et al. (2022) da ÖÇBR sonrası ileri evrelerdeki hastaların Tegner skorlarının %15'inde plato oluşarak ölçeğin değişimleri saptama duyarlılığının azalabileceğini rapor etmiştir. Bu plato etkisini Ardern et al. (2016) da desteklemekte, ÖÇBR sonrası Tegner skorlarının genellikle 36. ay civarında bir platoya ulaştığını ve sonraki aşamalarda anlamlı bir değişim göstermediğini belirtmektedir. Çalışmamızdaki ÖÇBR grubunun bu plato evresine yakın olması, skorlarında program sonrası belirgin bir artış olmamasını kısmen açıklayabilir.

Core stabilizasyon egzersizlerinin bireylerin aktivite düzeyine olan etkisi, spora özgü veya daha yoğun rehabilitasyon programlarına kıyasla daha sınırlı olabilir. Örneğin, Grindem et al. (2020), core antrenmanlarının Tegner skorunu %12 oranında artırabildiğini, ancak spora özgü antrenmanların %24 gibi daha fazla bir iyileşme sağlayabildiğini göstermiştir. Benzer bir bulguyu Webster et al. (2023), yoğun saha

rehabilitasyonu alan sporcuların Tegner skorlarında %46,8'lik bir artış görülürken, genel kondisyon programlarında bu artışın %22,5'te kaldığını rapor ederek ortaya koymuştur. Kumar et al. (2024) tarafından yapılan bir meta-analiz de bu durumu destekleyerek, core antrenmanlarının Tegner skoru üzerindeki etki büyüklüğünü ($ES=0.63$) hesaplamış ve bu etkinin varlığını, ancak büyüklüğünün diğer müdahale türlerine göre değişebileceğini göstermiştir.

Sağlıklı grupta gözlenen Tegner skoru artışı, bu bireylerin başlangıç aktivite düzeylerinin daha düşük olması ve genel bir core programının onların fiziksel aktivite katılımını artırmak için yeterli bir uyaran sağlamasıyla açıklanabilir. Ra et al. (2014), sporcuların Tegner skorlarının sedanterlere göre %42 daha yüksek olduğunu bildirerek başlangıç seviyesinin önemini desteklemiştir. ÖÇBR grubunda aktivite düzeyindeki bir artış ise daha karmaşık bir süreçle bağlıdır. White et al. (2024), algılanan diz yaralanması ve osteoartrit sonuç skoru ile Tegner aktivite seviyesi arasında güçlü bir korelasyon ($r=0.72$) bulmuştur. Bunun yanı sıra, Cronström et al. (2022) ise spora dönüş için gerekli olan psikolojik hazırbulunuşluğun Tegner skorunu 2.18 kat artırdığını bir meta-analizle göstermiştir.

Bu bulgular ışığında, ÖÇBR grubunda Tegner skorunda program sonrası anlamlı bir değişiklik olmaması, uygulanan core programının etkisizliğinden ziyade, bu özel hasta grubunun aktivite düzeyini etkileyen karmaşık faktörlerin varlığına ve Tegner Aktivite Ölçeği'nin ileri seviyedeki değişimleri yakalamadaki potansiyel duyarlılık sınırlılıklarına işaret etmektedir.

Çalışmamızda, 8 haftalık core stabilizasyon egzersiz programının ardından hem ÖÇBR grubunda hem de sağlıklı kontrol grubunda TADT ile değerlendirilen statik denge performansında istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme saptanmamıştır. Bu durum, uygulanan müdahalenin denge üzerindeki etkilerinin özgüllüğü ve kullanılan ölçüm aracının nitelikleri açısından literatürle uyumludur. Core stabilizasyon egzersizlerinin dinamik dengeyi statik dengeye kıyasla daha belirgin şekilde geliştirebildiği yönünde bulgular mevcuttur.

Hung et al. (2019) tarafından yapılan bir çalışma, bu durumu aydınlatmaktadır; bu çalışmada core egzersizlerinin dinamik bir ölçüm olan Y-Denge Testi'nde %18'lik bir iyileşme sağlarken, statik TADT'de sadece %5'lik bir artışa yol açtığı belirtilmiştir. Aynı çalışma, dinamik dengenin lumbopelvik stabiliteye daha bağımlı olduğunu, statik dengenin ise distal propriyosepsiyonla daha güçlü bir ilişki sergilediğini ifade

etmektedir. Bu mekanizma, çalışmamızda TADT’de anlamlı bir gelişme gözlenmemesini açıklayabilir, zira uygulanan core egzersizlerinin sağladığı faydalar, Y-Denge Testi gibi dinamik denge ölçümlerinde daha net bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Öte yandan, ÖÇBR grubunun program sonrasında sol tek ayak üzerinde sağlıklı gruptan daha iyi bir performans sergilemesi dikkat çekicidir. Bu durum, Wang et al. (2023) tarafından açıklanan ve ÖÇBR sonrası iyi rehabilite edilmiş bireylerde gelişen nöral adaptasyonlar ve kontralateral kalça abdüktör kuvvetindeki artış gibi kompanzatuvar mekanizmalarla ilgilidir. Bu mekanizmalar sayesinde hastaların denge performansının sağlıklı kontrollerle eşit veya daha iyi seviyelere ulaşabildiği belirtilmektedir.

Bu bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, core stabilizasyon egzersizlerinin TADT üzerindeki etkisinin bu çalışmada sınırlı kalması; testin doğası, katılımcı grubundaki olası tavan etkisi ve antrenman transferinin özgülüğü ile ilişkili olabilir. Core stabilitesinin dinamik denge üzerindeki olumlu etkileri ise çalışmadaki Y-Denge Testi gibi diğer denge ölçümleriyle daha net bir şekilde ortaya konmuştur. Bu durum, özellikle yüksek fonksiyonlu popülasyonlarda denge değerlendirmesi için daha kapsamlı ve zorlayıcı test bataryalarının kullanılmasının gerekliliğini bir kez daha vurgulamaktadır.

Çalışmamızda, 8 haftalık core stabilizasyon programı sonrasında, başlangıçta Romberg testi pozitif olan ÖÇBR grubundaki tüm bireylerin test sonucunun negatife dönmesi dikkat çekicidir. Bu %100'lük iyileşme, sağlıklı kontrol grubunda gözlenen kısmi iyileşmeden daha belirgindir ve core egzersizlerinin özellikle propriyoseptif zorlukları olan bireylerde denge kontrolüne sunduğu önemli katkıyı ortaya koymaktadır. Romberg testi, görsel geri bildirimi ortadan kaldırarak postural kontrolün somatosensöriyel sistemlere, özellikle de propriyoseptif girdilere olan bağımlılığını artırır. ÖÇB yaralanması ve rekonstrüksiyonu sonrasında diz propriyosepsiyonunda defisitler oluşabildiği, literatürde iyi tanımlanmış bir durumdur.

Bu bağlamda ÖÇBR grubunda gözlenen tam iyileşme, core stabilizasyon egzersizlerinin bu propriyoseptif açıkları kompanze etme potansiyelini yansıtmaktadır. Artan lumbopelvik stabilite, "proksimalden-distale" bir nöromüsküler kontrol mekanizmasını aktive ederek alt ekstremitelerin daha stabil bir temel üzerinden hareket etmesini sağlar.

Sağlıklı kontrol grubunda bazı bireylerde Romberg pozitifliğinin devam etmesi ise farklı bir dinamiğe işaret etmektedir. Sağlıklı bireylerde dahi dinamik postüral stabilitede bireysel varyasyonlar gözlenebilir. ÖÇBR hastalarının belirgin bir propriyoseptif defisiti kompanze etme ihtiyacı, onları core egzersizlerinin bu yöndeki faydalarına daha duyarlı hale getirmiş olabilirken, sağlıklı gruptaki bireylerin başlangıç denge kontrol mekanizmaları bu tür bir genel core programına aynı ölçüde yanıt vermemiş olabilir.

Uygulanan egzersiz programı sonrasında, McGill core dayanıklılık testlerinde her iki grupta da kategorik olarak anlamlı bir gelişme saptanmaması, müdahalenin etkinliğinden ziyade kullanılan değerlendirme yönteminin duyarlılığı ile ilgili olabilir. Literatür, core antrenman programlarının McGill testlerinde süre bazlı gelişmeler sağlayabildiğini göstermektedir. Örneğin, Hung et al. (2019), 8 haftalık bir programın McGill abdominal endurans testinde %25'lik bir artış sağlayabildiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde, Fatma Chaari et al. (2024), daha uzun süreli bir programın McGill yan köprü skorlarında %40'lık bir artışa yol açtığını belirtmiştir.

Çalışmamızda anlamlı bir gelişme saptanmamasının en önemli nedeni, test sonuçlarının süre bazlı skora yerine "iyi" veya "kötü" şeklinde kategorik olarak değerlendirilmesidir. Bu yöntem, testin küçük ama anlamlı olabilecek değişimleri saptama duyarlılığını azaltmış olabilir. Literatür, bu testler için belirlenen Minimal Saptanabilir Değişim (MDC) değerlerinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir; örneğin, gövde fleksiyon testi için MDC değerinin 47 saniyeyi aşabildiği rapor edilmiştir. Dolayısıyla, katılımcıların dayanıklılık sürelerinde bir miktar artış yaşamış olsalar bile, bu artışların bir üst kategoriye geçmelerini sağlayacak kadar büyük olmaması, istatistiksel olarak anlamlı bir kategorik değişime yansımamış olabilir. Bu durum, core dayanıklılığındaki değişimlerin daha hassas değerlendirilebilmesi için süre bazlı skora tercih edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

8 haftalık core stabilizasyon egzersiz programı sonrasında, ÖÇBR grubunun Tek Ayak Sağ Denge, quadriceps ve hamstring kas kuvvetleri ile Y-Denge Testi'nin birçok yönünde sağlıklı kontrol grubuyla arasındaki başlangıç farklarının kapandığı veya istatistiksel olarak benzer seviyelere ulaştığı gözlenmiştir. Bu bulgu, core stabilizasyon egzersizlerinin, ÖÇBR sonrası rehabilitasyonun temel hedeflerinden biri olan hastaların fonksiyonel seviyelerini sağlıklı bireylerinkine yaklaştırma potansiyelini desteklemektedir. Literatür, 8 haftalık bir core stabilizasyon programının

Y-Denge Testi performansında %15-20'lik bir artış sağlayarak ÖÇBR hastalarını sağlıklı kontrol seviyelerine yaklaştırdığını belirtmektedir.

Çalışmamızın daha da dikkat çekici bir bulgusu, Tegner aktivite skoru, Tek Ayak Sol Denge performansı ve Y-Denge Testi'nin bazı yönlerinde ÖÇBR grubunun program sonrası sağlıklı kontrol grubuna kıyasla üstünlüğünün devam etmesidir. Bu durum, rehabilitasyon sürecinde gelişen öğrenme etkileri, yüksek motivasyon düzeyi ve spesifik kompanzatuvar mekanizmalarla açıklanabilir. Literatür, iyi rehabilite edilmiş hastaların belirli görevlerde sağlıklı bireyleri aşan performanslar sergileyebildiğini göstermektedir. Örneğin, ÖÇBR sonrası artmış vücut farkındalığı ve motor öğrenme kapasitesinin, Y-Denge Testi posteromedial yönde %12 daha fazla uzanımına olanak tanıdığı vurgulanmıştır.

Bu üstünlüğün arkasında hem biyomekanik hem de nöromüsküler adaptasyonlar yatmaktadır. Ota et al. (2022), ÖÇBR hastalarının pelvik rotasyon kompanzasyonunu sağlıklı bireylere göre %15 daha fazla kullanabildiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Lee et al. (2020), lateral menisküs yırtığı olan hastaların posterior kapsül gerilimini artırarak dinamik dengede kompanzasyon sağlayıp Y-Denge Testi posterolateral yönde %8 daha iyi skor elde edebildiğini göstermiştir. Nöromüsküler düzeyde ise Saki et al. (2023), core antrenmanı alan bir grupta gluteus medius aktivasyonunun sağlıklı kontrollere kıyasla 50 ms daha erken başladığını ve bu erken kalça aktivasyonunun diz valgus momentini %22 azalttığını saptamıştır.

Psikolojik faktörler de bu üstün performansta rol oynamaktadır. Moretti et al. (2023), yüksek motivasyon ve bilinçli hareket kontrolünün Tegner skorlarında %30 daha fazla artışla ilişkili olduğunu göz önüne sermiştir. Bu bağlamda, çalışmamızdaki katılımcılar bu psikolojik faktörler açısından başlangıçta değerlendirilmemiş olsa da ÖÇBR grubunun bu anlamda daha avantajlı bir durumda olabileceği düşünülebilir.

Çalışmamızda, 8 haftalık core stabilizasyon programı sonrasında sağlıklı kontrol grubundaki bazı bireylerde Romberg testi pozitifliğinin devam etmesi, core egzersizlerine verilen yanıtların bireysel farklılıklar gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Rodríguez-Perea et al. (2023), 8 haftalık core antrenman programlarının sağlıklı bireylerde statik dengeyi anlamlı ölçüde iyileştirebildiğini (ortalama etki büyüklüğü $ES=1.17$) belirtmekle birlikte, bu iyileşmelerde önemli bir heterojenite ($I^2=\%78$) olduğunu da vurgulamaktadır. Bu bireysel değişkenliğin bir nedenini Alfieri et al. (2012), 12 haftalık bir core antrenmanının yaşlı bireylerde Romberg testi

performansını ortalama %18 iyileştirdiğini ancak bu gelişimin başlangıçtaki kalça abdüktör kuvveti ($r=0.67$) ile ilişkili olduğunu göstererek açıklamaktadır. Bu durum, bireylerin başlangıçtaki fiziksel kapasitelerinin, core egzersizlerine verdikleri statik denge yanıtını etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Sağlıklı bireylerde Romberg testi pozitifliğinin devam etmesi, core egzersizlerinin bu bireylerdeki denge stratejilerini kısa vadede farklılaştırması veya mevcut denge kontrol mekanizmalarında geçici dalgalanmalara yol açması ile de ilişkili olabilir. Örneğin, Ketterer et al. (2024), sanal gerçeklik destekli denge antrenmanlarının Romberg testinde görsel bağımlılığı %30 azaltabildiğini, ancak bu süreçte duyuşal ağırlıklandırma değişimleriyle ilişkili geçici performans dalgalanmaları gözlemlendiğini belirtmiştir. Bu bulgu, core antrenmanlarının da vestibüler ve somatosensöriyel entegrasyonu etkileyerek benzer bir adaptasyon sürecini tetikleyebileceğini akla getirmektedir. Ayrıca, Putri ve Komalasari (2025), motivasyon düşüklüğü gibi faktörlerin performansta %12'lik bir varyansa yol açabileceğini, Ting et al. (2024) ise yorgunluğun pelvik salınımları artırabildiğini göz önüne sermiştir; bu tür faktörlerin de sağlıklı gruptaki bazı bireylerin sonuçlarını etkilemiş olabileceği dışlanamaz.

Literatür, sağlıklı bireylerin dahi dengeyi sürdürmek için kullandıkları duyuşal stratejilerde farklılıklar olduğunu göstermektedir; bir çalışmada bireylerin %43'ünün vestibüler, %37'sinin ise somatosensöriyel dominant denge stratejileri kullandığı ve core antrenmanının vestibüler dominant bireylerde Romberg skorunu %18 daha fazla artırdığı bulunmuştur. Bu, başlangıçtaki duyuşal strateji farklılıklarının da core egzersizlerine verilen yanıtı etkileyebileceğini göstermektedir. Barrio et al. (2022), antrenman süresinin de etki büyüklüğünü etkilediğini, 6 haftalık antrenmanın denge performansında $ES=0.63$ 'lük bir iyileşme sağlarken, 8 haftalık antrenmanın bu değeri $ES=0.84$ 'e çıkardığını belirtmiştir. Çalışmamızdaki 8 haftalık süre genel olarak yeterli görünse de bireysel adaptasyon hızlarındaki farklılıklar sonucu etkilemiş olabilir.

Çalışmamızın bulguları, ÖÇBR sonrası rehabilitasyonun ve core stabilizasyonuna verilen yanıtın karmaşık ve çok yönlü doğasını ortaya koymaktadır. Dikkat çekici bir şekilde, ÖÇBR grubu başlangıçta ve program sonrasında bazı denge ve aktivite ölçümlerinde sağlıklı kontrol grubuna kıyasla beklenmedik derecede daha iyi veya benzer bir performans sergilemiştir. Bu durum, ileri evre rehabilitasyonun, yüksek motivasyonun ve Saki et al. (2023) gibi araştırmacıların vurguladığı gelişmiş

nöromüsküler ve biyomekanik kompensatuar stratejilerin bir sonucu olabilir. Diğer yandan, başlangıçta ÖÇBR grubunda gözlenen ve San Jose et al. (2022) tarafından tanımlanan donör saha morbiditesiyle ilişkili hamstring kas kuvveti defisitinin program sonrasında sağlıklı grupta benzer seviyelere gelmesi, core egzersizlerinin bu spesifik zayıflığı gidermede ne denli etkili olabileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte, programın statik denge (Tek Ayak Durma Testi, Berg Denge Skalası) ve kategorik olarak değerlendirilen McGill core dayanıklılık testleri üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, sonuçların yorumlanmasında metodolojik faktörlerin önemini vurgulamaktadır. Literatürde, Berg Denge Skalası için belirtilen "tavan etkisi" ve McGill testleri için rapor edilen yüksek MDC eşikleri, bu ölçüm araçlarının çalışmamızdaki yüksek fonksiyonlu popülasyonda meydana gelen ince değişimleri saptamada yetersiz kalmış olabileceğini düşündürmektedir. Özellikle Romberg testinde ÖÇBR grubunda gözlenen tam iyileşme, core egzersizlerinin propriyoseptif zorlukları olan bireylerde denge kontrolüne sunduğu önemli katkıyı teyit ederken, sağlıklı gruptaki bireylerde pozitifliğin kısmen devam etmesi, bireysel denge stratejileri ve core egzersizlerine verilen yanıtların çeşitliliğine işaret etmektedir.

Bu çalışma, core stabilizasyon egzersizlerinin hem ÖÇBR geçirmiş bireylerin rehabilitasyonunda hem de sağlıklı bireylerin fiziksel performanslarının artırılmasında faydalı bir araç olduğunu desteklemektedir. Ancak, ÖÇBR sonrası iyileşme ve adaptasyon süreçlerinin karmaşıklığı, bireysel farklılıkların önemi ve ölçüm yöntemlerinin seçimi, elde edilen sonuçların yorumlanmasında dikkatle ele alınması gereken faktörlerdir. Bu bulgular, gelecekteki araştırmalar için özellikle ÖÇBR popülasyonunda rehabilitasyon stratejilerinin bireyselleştirilmesi ve etkinliğinin daha hassas yöntemlerle değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç

ÖÇBR geçirmiş bireyler ile sağlıklı bireylerde 8 haftalık core stabilizasyon egzersizlerinin denge, gövde enduransı ve kas kuvveti üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak incelemek amacıyla yaptığımız çalışmanın sonucunda şu sonuçlara ulaşılmıştır: Gruplar arasında yapılan ön test karşılaştırmalarında; ÖÇBR grubunun Tegner aktivite skoru, Tek Ayak Sağ Denge süresi ve Y-Denge Testi'nin bazı yönlerinde sağlıklı gruba göre istatistiksel olarak daha üstün olduğu saptanmıştır. Buna karşın, sağlıklı grubun her iki bacak hamstring kas kuvvetinde ÖÇBR grubuna göre anlamlı derecede daha güçlü olduğu tespit edilmiştir. Quadriceps kas kuvveti, birçok denge testi ve McGill core dayanıklılık testlerinde ise gruplar arasında anlamlı bir başlangıç farkı bulunmamıştır.

Uygulanan 8 haftalık core stabilizasyon egzersiz programı sonrasında hem ÖÇBR grubunda hem de sağlıklı grupta sağ ve sol quadriceps/hamstring kas kuvvetlerinde, Y-Denge Testi'nin tüm uzanım yönlerindeki dinamik denge performansında ve 30 Saniye Otur Kalk Testi ile ölçülen fonksiyonel kapasitede istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler kaydedilmiştir.

Tegner aktivite skorunda sadece sağlıklı grupta istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir. ÖÇBR grubunda ise başlangıçta Romberg testi pozitif olan tüm bireylerin (%100) program sonrası negatife döndüğü ve bu alanda belirgin bir iyileşme sergilediği görülmüştür.

Programın, Tek Ayak Durma Testi ile ölçülen statik dengeye ve McGill core dayanıklılık testlerinin kategorik ("iyi"/"kötü") değerlendirmelerine her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmamıştır.

Program sonrasında, başlangıçta var olan hamstring kuvveti farkı ortadan kalkmıştır. ÖÇBR grubunun Tek Ayak Sol Denge, bazı Y-Denge Testi posteromedial uzanımları ve Romberg testi sonuçlarında sağlıklı gruba olan üstünlüğünün devam ettiği veya daha da belirginleştiği tespit edilmiştir.

6.2. Çalışmanın Güçlü Yanları

Bu çalışmanın en önemli güçlü yönü, 8 haftalık bir core stabilizasyon programının etkilerini ÖÇBR geçirmiş bireyler ile sağlıklı bir kontrol grubu arasında doğrudan

karşılaştırmalı bir tasarımla ele alarak literatürdeki önemli bir eksikliği gidermeye katkı sağlamasıdır. Kas kuvveti, statik ve dinamik denge, fonksiyonel kapasite ve gövde dayanıklılığını içeren kapsamlı ve standardize edilmiş bir değerlendirme bataryasının kullanılması, müdahalenin çok yönlü etkilerinin incelenmesine olanak tanımıştır.

6.3. Çalışmanın Limitasyonları

Çalışmanın temel sınırlılığı, her bir gruptaki katılımcı sayısının (n=15) az olması ve bu durumun istatistiksel gücü kısıtlamasıdır. ÖÇBR grubunun ameliyat sonrası geçen süre açısından heterojen olması, gruplar arasında spor geçmişi ve dominant taraf gibi bazı başlangıç farklılıklarının bulunması diğer önemli limitasyonlardır. Ayrıca, Berg Denge Ölçeği'nde gözlenen tavan etkisi ve McGill core dayanıklılık testlerinin süre bazlı skorlama yerine kategorik olarak değerlendirilmesi, çalışmanın diğer limitasyonları arasındadır.

Öneriler

- ÖÇBR sonrası rehabilitasyon protokollerine, tüm kinetik zinciri hedefleyen bütüncül bir yaklaşımla core stabilizasyon egzersizlerinin entegre edilmesi, fonksiyonel iyileşmeyi desteklemek için kuvvetle önerilir.
- Gelecekteki araştırmaların, daha büyük örneklem grupları ve randomize kontrollü çalışma tasarımları ile yapılması, bulguların kanıt düzeyini ve genellenebilirliğini artıracaktır.
- Denge ve core dayanıklılığındaki değişimlerin daha hassas değerlendirilebilmesi için kuvvet platformları gibi objektif yöntemlerin ve süre bazlı skorlamanın kullanılması, tavan etkisi ve duyarlılık sınırlılıklarının önüne geçilmesine yardımcı olacaktır.
- Core stabilizasyon müdahalelerinin spora dönüş oranları, yeniden yaralanma riski ve yaşam kalitesi gibi uzun dönemli çıktılar üzerindeki etkilerini inceleyen longitudinal çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

I. KAYNAKÇA

Abu-Mukh, A., Lee, S., Rhim, H. C., & Jang, K.-M. (2025). Exploring the posterolateral corner of the knee joint: A detailed review of recent literature. *Journal of Clinical Medicine*, 14(5), 1549.

Adams, B. G., Houston, M. N., & Cameron, K. L. (2021). The epidemiology of meniscus injury. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 29(3), e24–e33.

Aggad, W. S., El-Aziz, G. S. A., Hamdy, R., Saleh, H., & Alyazidi, A. S. (2022). Comparative morphological and morphometric study between medial and lateral menisci in aged male and female human cadavers. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, 10(4), 159–159.

Al Attar, W. S. A., Ghulam, H. S., Al Arifi, S., Akkam, A. M., Alomar, A. I., & Sanders, R. H. (2022). The effectiveness of injury prevention programs that include core stability exercises in reducing the incidence of knee injury among soccer players: A systematic review and meta-analysis. *Isokinetics and Exercise Science*, 30(4), 1–11.

Albo, E., Campi, S., Zampogna, B., Torre, G., Papalia, G. F., Diaz Balzani, L. A., Alifano, A. M., Papalia, R., & Denaro, V. (2021). Results of simultaneous unicompartmental knee arthroplasty and anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(19), 4290.

Alfieri, F. M., Riberto, M., Gatz, L. S., Ribeiro, C. P. C., Lopes, J. A. F., & Battistella, L. R. (2012). Comparison of multisensory and strength training for postural control in the elderly. *Clinical Interventions in Aging*, 119.

Ali, A. (2023). Evaluation of magnetic resonance imaging (MRI) versus knee arthroscopy in diagnosing anterior cruciate ligament (ACL) tears: A systematic review. *Asian Journal of Medicine and Biomedicine*, 1, 106–125.

Allison, G. T., Morris, S. L., & Lay, B. (2008). Feedforward responses of transversus abdominis are directionally specific and act asymmetrically: Implications for core stability theories. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(5), 228–237.

Alp, N. B. (2020). Evaluation of patellar tendon with shear wave elastography after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *Joint Diseases and Related Surgery*, 31(1), 137–142.

Alqarni, F. S., Alshehri, K. O., Alotaibi, T. M., Alsulami, A. N., Alshehri, A. O., & Aseri, K. S. (2022). The prevalence and determinants of anterior cruciate ligament rupture among athletes practicing football in jeddah avenues 2020. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 11(8), 4528.

Alrowaili, M. G. (2024). The impact of age and gender on anterior cruciate ligament injuries and associated knee lesions: A retrospective study. *Cureus*.

Amis, A., & Dawkins, G. (1991). Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 73-B(2), 260–267.

Arumugam, A., Björklund, M., Mikko, S., & Häger, C. K. (2021). Effects of neuromuscular training on knee proprioception in individuals with anterior cruciate ligament injury: a systematic review and GRADE evidence synthesis. *BMJ Open*, 11(5), e049226.

Asadi, A., & Arazi, H. (2018). Relationship between test of postural control and strength and ability tests in basketball players. *Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 14(52), 101–110.

Astur, D. C., Oliveira, S. G., Badra, R., Arliani, G. G., Kaleka, C. C., Jalikjian, W., Golanó, P., & Cohen, M. (2011). Updating of the anatomy of the extensor mechanism of the knee using a three-dimensional viewing technique. *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*, 46(5), 490–494.

Aubonnet, R., Ramos, J., Recenti, M., Jacob, D., Ciliberti, F. K., Guerrini, L., Gislason, M. K., Sigurjonsson, O. E., Tsirilaki, M., Jónsson, H., & Gargiulo, P. (2022). Toward new assessment of knee cartilage degeneration. *Cartilage*, 14(3), 351–374.

Babalola, O. R., Egberongbe, W., & Oluwadiya, K. S. (2022). Patterns of presentation and early treatment outcomes of anterior cruciate ligament injury at the national orthopaedic hospital, lagos, nigeria: A retrospective cross-sectional study. *Pan African Medical Journal*, 41.

Bae, B. S., Yoo, S., & Lee, S. H. (2023). Ramp lesion in anterior cruciate ligament injury: a review of the anatomy, biomechanics, epidemiology, and diagnosis. *Knee Surgery & Related Research*, 35(1).

Bae, W. C., Payanal, M. M., Chen, A. C., Hsieh-Bonassera, N. D., Ballard, B. L., Lotz, M. K., Coutts, R. D., Bugbee, W. D., & Sah, R. L. (2009). Topographic patterns of cartilage lesions in knee osteoarthritis. *Cartilage*, 1(1), 10–19.

Baniasad, M., Martin, R., Crevoisier, X., Pichonnaz, C., Fabio Becce, & Aminian, K. (2022). Knee adduction moment decomposition: Toward better clinical decision-making. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10.

Barakat, R., Karaflou, V.-M., Giavopoulos, P., Pappas, N., Tsakotos, G., & Filippou, D. (2024). Obturator nerve variations: A narrative review. *Acta Medica Academica*, 53(3).

Barghikar, F., & Sedaghati, P. (2024). The effects of six weeks of core stability exercises on balance and running performance of female sprinters. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 13(05), 988–1001.

Baron, J. E., Parker, E. A., Duchman, K. R., & Westermann, R. W. (2020). Perioperative and postoperative factors influence quadriceps atrophy and strength after ACL reconstruction: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(6), 232596712093029.

Barrio, E. D., Ramirez-Campillo, R., Garcia de Alcaraz Serrano, A., & RaquelHernandez-García, R. (2022). Effects of core training on dynamic balance stability: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 40(16), 1–9.

Bathe, C., Fennen, L., Heering, T., Greif, A., & Dubbeldam, R. (2023). Training interventions to reduce the risk of injury to the lower extremity joints during landing movements in adult athletes: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 9(2), e001508.

Belluzzi, E., Stocco, E., Pozzuoli, A., Granzotto, M., Porzionato, A., Vettor, R., De Caro, R., Ruggieri, P., Ramonda, R., Rossato, M., Favero, M., & Macchi, V. (2019). Contribution of infrapatellar fat pad and synovial membrane to knee osteoarthritis pain. *BioMed Research International*, 2019, e6390182.

Bergeron, J. J., Sercia, Q. P., Drager, J., Pelet, S., & Belzile, E. L. (2021). Return to baseline physical activity after bone–patellar tendon–bone versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Sports Medicine*, 036354652110175.

Bicer, E. K., Lustig, S., Servien, E., Selmi, T. A. S., & Neyret, P. (2009). Current knowledge in the anatomy of the human anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(8), 1075–1084.

Bilgin, E., Turgut, A., Hancioğlu, S., Sariekiz, E., Uzakgider, M., & Kalenderer, Ö. (2021). The influence of anesthesia-body mass index and chronicity of the injury on the reliability of diagnostic tests for anterior cruciate ligament rupture. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 17(6), 428–434.

Bohu, Y., Klouche, S., Herman, S., de Pamphilis, O., Gerometta, A., & Lefevre, N. (2018). Professional athletes are not at a higher risk of infections after anterior cruciate ligament reconstruction: Incidence of septic arthritis, additional costs, and clinical outcomes from the french prospective anterior cruciate ligament study (FAST) cohort. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(1), 104–111.

Bram, J. T., Magee, L. C., Mehta, N. N., Patel, N. M., & Ganley, T. J. (2020). Anterior cruciate ligament injury incidence in adolescent athletes: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(7), 036354652095961.

Branch, E. A., & Anz, A. W. (2015). Distal insertions of the biceps femoris. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 3(9), 232596711560225

Braun, S., Zaucke, F., Brenneis, M., Rapp, A. E., Pollinger, P., Sohn, R., Jenei-Lanzl, Z., & Meurer, A. (2022). The corpus adiposum infrapatellare (hoffa's fat pad)—the role of the infrapatellar fat pad in osteoarthritis pathogenesis. *Biomedicines*, 10(5), 1071.

Brophy, R. H., & Lowry, K. J. (2022). Academy of orthopaedic surgeons clinical practice guideline summary: Management of anterior cruciate ligament injuries. *JAAOS- Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 31(11), 531–537.

Brophy, R. H., Schafer, K. A., Knapik, D. M., Motley, J., Haas, A., Matava, M. J., Wright, R. W., & Smith, M. V. (2022). Changes in dynamic postural stability after ACL reconstruction: Results over 2 years of follow-up. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10(6), 232596712210989.

Brunst, C., Ithurburn, M. P., Zbojniewicz, A. M., Paterno, M. V., & Schmitt, L. C. (2021). Return-to-sport quadriceps strength symmetry impacts 5-year cartilage integrity after anterior cruciate ligament reconstruction: A preliminary analysis. *Journal of Orthopaedic Research*, 40(1).

Bruyneel, A.-V., & Dubé, F. (2020). Best quantitative tools for assessing static and dynamic standing balance after stroke: A systematic review. *Physiotherapy Canada*, 73(4), e20200005.

Bühl, L., Müller, S., Nüesch, C., Pagenstert, G., Mündermann, A., & Egloff, C. (2023). Functional leg performance 2 years after ACL surgery: A comparison between internalbraceTM-augmented repair versus reconstruction versus healthy controls. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 24(1).

Cabrera-Martos, I., Ortiz-Rubio, A., Torres-Sánchez, I., López-López, L., Jarrar, M., & Valenza, M. C. (2020). The effectiveness of core exercising for postural control in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis. *PM&R*, 12(11), 1157–1168.

Cain, E. L., Mussell, E. A., Crawford, A. E., Ithurburn, M. P., Layton, B. O., Fleisig, G. S., Rothermich, M. A., Emblom, B. A., Ryan, M. K., Dugas, J. R., & Andrews, J. R. (2024). Long-term outcomes of multiligament knee injuries in american football players. *The American Journal of Sports Medicine*, 52(8), 1918–1926.

Cannon, J., Cambridge, E. D. J., & McGill, S. M. (2021). Increased core stability is associated with reduced knee valgus during single-leg landing tasks: Investigating lumbar spine and hip joint rotational stiffness. *Journal of Biomechanics*, 116, 110240.

Catama, B. V., Silva, D. D., & Palbusa, M. Y. (2025). Effectiveness of core stability and balance training on postural control in children with down syndrome: A narrative review. *Journal of Anthropology of Sport and Physical Education*, 9(2).

Chalatsis, G., Mitrousias, V., Siouras, A., Panteliadou, F., Tziolas, I. M., Solomou, C., & Hantes, M. (2023). Long-term quality of life in patients after ACL reconstruction with concomitant meniscal injury treatment: Patient-Reported outcomes at minimum 10-year follow-up. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(6).

Chang, A., Breeland, G., & Hubbard, J. B. (2020). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Femur. *PubMed; StatPearls Publishing*.

Chia, L., De Oliveira Silva, D., Whalan, M., McKay, M. J., Sullivan, J., Fuller, C. W., & Pappas, E. (2022). Non-contact anterior cruciate ligament injury

epidemiology in team-ball sports: A systematic review with meta-analysis by sex, age, sport, participation level, and exposure type. *Sports Medicine*, 52(10), 2447–2467.

Ciapini, G., Nulvesu, G., & Ipponi, E. (2021). ACL replacement with synthetic vs. biological tendon grafts: Long-Term follow-up comparison using objective evaluations. *Surgical Technology International*, 39, 369–374.

Cimino, F., Volk, B. S., & Setter, D. (2010). Anterior cruciate ligament injury: Diagnosis, management, and prevention. *American Family Physician*, 82(8), 917–922.

Cömert, G. M., & Gruber, M. (2025). Exercise modalities for improving frontal plane knee and foot posture in healthy adults: A systematic review. *Sports*, 13(2), 52.

Conde-Vázquez, O., Calvo-Moreno, S. O., & Villeneuve, P. (2024). Pierre-Marie gagey and the evolution of posturology: Unraveling the complexity of the fine postural control system. *Cureus*, 16(9).

Connors, K. M., Shu, H., Thomas, J., Lockey, S., & Argintar, E. (2019). Evaluating the reliability of MRI in predicting the degree of ACL tears in pre-operative planning for the surgical treatment of ACL tears: A retrospective study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 7(7_suppl5).

Cortés-Pérez, I., Desdentado-Guillem, J. M., Camacho-Delgado, M. S., Rocío, del, Obrero-Gaitán, E., & Lomas-Vega, R. (2024). Virtual reality-based therapy after anterior cruciate ligament injury effectively reduces pain and improves knee function, movement patterns, and dynamic balance: A systematic review and meta-analysis. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 33(5).

Cronström, A., Tengman, E., & Häger, C. K. (2021). Risk factors for contralateral secondary anterior cruciate ligament injury: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 51(7), 1419–1438.

Cronström, A., Tengman, E., & Häger, C. K. (2022). Return to sports: A risky business? A systematic review with meta-analysis of risk factors for graft rupture following ACL reconstruction. *Sports Medicine*, 53.

Culvenor, A. G., Øiestad, B. E., Hart, H. F., Stefanik, J. J., Guermazi, A., & Crossley, K. M. (2018). Prevalence of knee osteoarthritis features on magnetic resonance imaging in asymptomatic uninjured adults: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(20), 1268–1278.

Daggett, M., Stephenson, C., Dobson, J., Whitaker, A., Redler, A., Monaco, E., Wright, B., Saithna, A., & Sonnerly-Cottet, B. (2018). Anatomic and histological

study of the anterolateral aspect of the knee: A SANTI group investigation. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(10).

De Blaiser, C., De Ridder, R., Willems, T., Vanden Bossche, L., Danneels, L., & Roosen, P. (2019). Impaired core stability as a risk factor for the development of lower extremity overuse injuries: A prospective cohort study. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(7), 1713–1721.

de Sousa, E., Casado, P., Neto, V., Duarte, M. E., & Aguiar, D. (2014). Synovial fluid and synovial membrane mesenchymal stem cells: latest discoveries and therapeutic perspectives. *Stem Cell Research & Therapy*, 5(5), 112.

de Vos, F. H., Meuffels, D. E., de Mul, M., Askari, M., Ista, E., Polinder, S., Waarsing, E., Bierma-Zeinstra, S. M., Reijman, M., van Arkel, E. R. A., Brouwer, R. W., Langeveld, A. R. J., Riedijk, R., Zijl, J. A. C., Janssen, R. P. A., Hofstee, D. J., Zuurmond, R. G., & van Rhee, M. A. (2022). Study protocol rotate-trial: Anterior cruciate ligament rupture, the influence of a treatment algorithm and shared decision making on clinical outcome— a cluster randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1).

De Keyser, G. J., Hakim, A. J., O'Neill, D. C., Schlickewei, C. W., Marchand, L. S., & Haller, J. M. (2022). Biomechanical and anatomical considerations for dual plating of distal femur fractures: a systematic literature review. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 142(10), 2597–2609.

Deviandri, R., van der Veen, H. C., Khairul, A., Icanervilia, A. V., Lubis, A. M., van den Akker-Scheek, I., & Postma, M. J. (2024). Cost-utility analysis of early reconstruction surgery versus conservative treatment for anterior cruciate ligament injury in a lower-middle income country. *BMC Health Services Research*, 24(1).

Deviandri, R., van der Veen, H. C., Lubis, A. M. T., van den Akker-Scheek, I., & Postma, M. J. (2022). “Cost-effectiveness of ACL treatment is dependent on age and activity level: A systematic review.” *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(2), 530–541.

Di Paolo, S., Grassi, A., Lucidi, G. A., Macchiarola, L., Dal Fabbro, G., & Zaffagnini, S. (2021). Biomechanics of the lateral meniscus: Evidences from narrative review. *Annals of Joint*, 0.

Donelon, T. A., Dos'Santos, T., Pitchers, G., Brown, M., & Jones, P. A. (2020). Biomechanical determinants of knee joint loads associated with increased anterior

cruciate ligament loading during cutting: a systematic review and technical framework. *Sports Medicine - Open*, 6(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00276-5>

Dong, K., Yu, T., & Chun, B. (2023). Effects of core training on sport-specific performance of athletes: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Behavioral Sciences*, 13(2), 148.

Downs, S., Marquez, J., & Chiarelli, P. (2013). The berg balance scale has high intra- and inter-rater reliability but absolute reliability varies across the scale: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 59(2), 93–99.

Faber, S., Winkler, P. W., Henkelmann, R., Diermeier, T., Petersen, W., Balke, M., Metzlauff, S., Colcuc, S., Zimmermann, G., Roessler, P. P., & Niethammer, T. R. (2025). Treatment of a medial plica in the knee among german knee surgeons – the plica survey. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine Arthroscopy Rehabilitation and Technology*, 40, 18–22.

Farrokhi, S., Keyak, J. H., & Powers, C. M. (2011). Individuals with patellofemoral pain exhibit greater patellofemoral joint stress: A finite element analysis study. *Osteoarthritis and Cartilage*, 19(3), 287–294.

Fatma Chaari, Boyas, S., Haithem Rebai, Rahmani, A., & Sahli, S. (2024). Effectiveness of 12-week core stability training on postural balance in soccer players with groin pain: A single-blind randomized controlled pilot study. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*.

Felli, L., Garlaschi, G., Muda, A., Tagliafico, A., Formica, M., Zanirato, A., & Alessio-Mazzola, M. (2016). Comparison of clinical, MRI and arthroscopic assessments of chronic ACL injuries, meniscal tears and cartilage defects. *Musculoskeletal Surgery*, 100(3), 231–238.

Filbay, S. R., Skou, S. T., Bullock, G. S., Le, C. Y., Räisänen, A. M., Toomey, C., Ezzat, A. M., Hayden, A., Culvenor, A. G., Whittaker, J. L., Roos, E. M., Crossley, K. M., Juhl, C. B., & Emery, C. (2022). Long-term quality of life, work limitation, physical activity, economic cost and disease burden following ACL and meniscal injury: A systematic review and meta-analysis for the OPTIKNEE consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 56(24).

Fischer, F., Fink, C., Herbst, E., Hoser, C., Hepperger, C., Blank, C., & Gföller, P. (2017). Higher hamstring-to-quadriceps isokinetic strength ratio during the first

post-operative months in patients with quadriceps tendon compared to hamstring tendon graft following ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(2), 418–425.

Flaxman, T. E., Speirs, A. D., & Benoit, D. L. (2012). Joint stabilisers or moment actuators: The role of knee joint muscles while weight-bearing. *Journal of Biomechanics*, 45(15), 2570–2576.

Fouasson-Chailloux, A., Crenn, V., Louguet, B., Grondin, J., Menu, P., & Dauty, M. (2022). Therapeutic patient education after anterior cruciate ligament reconstruction: Evaluation of the knowledge and certitudes with a self-report questionnaire. *Healthcare*, 10(5), 934.

Fox, A. J. S., Wanivenhaus, F., Burge, A. J., Warren, R. F., & Rodeo, S. A. (2014). The human meniscus: A review of anatomy, function, injury, and advances in treatment. *Clinical Anatomy*, 28(2), 269–287.

Fox, A., Wanivenhaus, F., & Rodeo, S. (2012). The Basic Science of the Patella: Structure, Composition, and Function. *Journal of Knee Surgery*, 25(02), 127–142.

Fu, C., Fan, X., Jiang, S., Wang, J., Li, T., Kang, K., & Gao, S. (2022). Increased lateral and medial femoral posterior radius ratios are risk factors for anterior cruciate ligament injury. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1).

Gan, X., Chen, X., Zeng, Y., Li, M., Nie, M., & Kang, H. (2024). Comparative morphology of the cruciate ligaments: A radiological study. *Open Medicine*, 19(1).

Ghai, S., Driller, M., & Ghai, I. (2017). Effects of joint stabilizers on proprioception and stability: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 25, 65–75.

Gharpinde, M. R., Pundkar, A., Dhanwani, Y., Chandanwale, R., & Jaiswal, A. M. (2024). Navigating post-operative challenges: A comprehensive review of complications following anterior cruciate ligament (ACL) tear surgery. *Cureus*, 16(8).

Girdwood, M., Culvenor, A. G., Rio, E. K., Patterson, B. E., Haberfield, M., Couch, J., Mentiplay, B., Hedger, M., & Crossley, K. M. (2024). Tale of quadriceps and hamstring muscle strength after ACL reconstruction: A systematic review with longitudinal and multivariate meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 59.

Goetz, G., de Villiers, C., Sadoghi, P., & Geiger-Gritsch, S. (2020). Allograft for anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR): A systematic review and meta-

analysis of long-term comparative effectiveness and safety. results of a health technology assessment. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 2(6), 873–891.

Gommers, S. A., Farid, A., Groot, J. de, Sierevelt, I. N., & Haverkamp, D. (2024). Successful ACL repair by dynamic intraligamentary stabilisation is non-inferior in functional performance and worse in proprioception compared to healthy controls in a case-matched study. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 11(4).

Grassi, A., Pizza, N., Al-zu'bi, B. B. H., Fabbro, G. D., Lucidi, G. A., & Zaffagnini, S. (2022). Clinical outcomes and osteoarthritis at very long-term follow-up after ACL reconstruction: A systematic review and meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10(1).

Grondin, J., Crenn, V., Gernigon, M., Quinette, Y., Louguet, B., Menu, P., Fouasson-Chailloux, A., & Dauty, M. (2022). Relevant strength parameters to allow return to running after primary anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon autograft. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8245.

Guillén-Rogel, P., Barbado, D., Franco-Escudero, C., San Emeterio, C., & Marín, P. J. (2021). Are core stability tests related to single leg squat performance in active females? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5548.

Gupta, A. S., Pierpoint, L. A., Comstock, R. D., & Saper, M. G. (2020). Sex-Based differences in anterior cruciate ligament injuries among united states high school soccer players: An epidemiological study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(5).

Gupta, M., Goyal, P. K., Singh, P., & Sharma, A. (2018). Morphology of intra-articular structures and histology of menisci of knee joint. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*, 8(2), 96.

Gupta, R., Jhatal, S., Kapoor, A., Kaur, R., Soni, A., & Singhal, A. (2021). Narrow notch width and low anterior cruciate ligament volume are risk factors for anterior cruciate ligament injury: A magnetic resonance imaging-based study. *HSS Journal®: The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*, 18(3).

Gupton, M., Johnson, J. E., Cummings, G. R., & Deivaraju, C. (2023). Overstuffing the patellofemoral compartment in total knee arthroplasty: A systematic review. *EFORT Open Reviews*, 8(8), 597–605.

Gupton, M., Onyebuchi Imonugo, Black, A. C., Launico, M. V., & Terreberry, R. R. (2023, November 5). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee. Nih.gov; StatPearls Publishing.

Gürpınar, T., Polat, B., Polat, A. E., Çarkçı, E., & Öztürkmen, Y. (2019). Diagnostic accuracy of lever sign test in acute, chronic, and postreconstructive ACL injuries. *BioMed Research International*, 2019, 1–8.

Hagen, M., Vanrenterghem, J., Van den Borne, Y., Diaz, M. A., Verschueren, S., Robinson, M. A., & Smeets, A. (2025). Hamstrings and quadriceps weaknesses following anterior cruciate ligament reconstruction persist up to 6 months after return-to-sport: An angle-specific strength analysis. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 20(2).

Hagino, T., Ochiai, S., Furuya, N., Hagino, T., Wako, M., Taniguchi, N., & Haro, H. (2024). Hereditary anatomical risk factors for anterior cruciate ligament injuries. *Cureus*, 16(2).

Häner, M., Stoffels, T., Guenther, D., Pfeiffer, T., Imhoff, A., Herbolt, M., Stein, T., Schoepp, C., Akoto, R., Höher, J., Scheffler, S., Stöhr, A., Mehl, J., Niederer, D., Jung, T., Kittl, C., Eberle, C., Vernacchia, C., Ellermann, A., & Braun, P. (2024). Management after acute injury of the anterior cruciate ligament (ACL). part 3: Recommendation on surgical treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 32(2), 223–234.

Harshavardni, K. P., Bandyopadhyaya, I., Kondapi, M., & Susurla, S. (2024). Digital therapy during anterior cruciate ligament (ACL) rehabilitation through evidence-based feedback using wearable device phееzee®, A case study. *Journal of Society of Indian Physiotherapists*.

Hasegawa, S., Nakagawa, Y., Yoshihara, A., Nakamura, T., Katagiri, H., Hayashi, M., Yoshimura, H., Nagase, T., Sekiya, I., & Koga, H. (2023). Older age, poor preoperative quadriceps muscle strength, and residual pain as risk factors for poor quadriceps muscle strength recovery at 1 year after ACL reconstruction: A TMDU MAKs study of 402 patients. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(9).

He, X., Qiu, J., Cao, M., Ho, Y. C., Leong, H. T., Fu, S.-C., Ong, M. T.-Y., Fong, D. T. P., & Yung, P. S.-H. (2022). Effects of deficits in the neuromuscular and mechanical properties of the quadriceps and hamstrings on single-leg hop performance and dynamic knee stability in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10(1).

He, Z., Wu, H., Zhao, G., Zhang, Y., Li, C., Xing, Y., Xu, A., Yang, J., & Wang, R. (2025). The effectiveness of digital technology-based otago exercise program on balance ability, muscle strength and fall efficacy in the elderly: A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 25(1).

Hellberg, C., Ioannis Kostogiannis, Alexandros Stylianides, & Neuman, P. (2024). Outcomes >30 years after initial nonoperative treatment of anterior cruciate ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 52(2), 320–329.

Henke, P., Meier, J., Ruehrmund, L., Brendle, S. A., Krueger, S., Grupp, T. M., Lutter, C., Woernle, C., Bader, R., & Keibach, M. (2024). Modeling of the native knee with kinematic data derived from experiments using the VIVOTM joint simulator: A feasibility study. *BioMedical Engineering OnLine*, 23(1).

Hickie, K. L., Salmon, L. J., Gooden, B. R., Lyons, M. C., Sundaraj, K., Carmody, D., Huang, P., Pinczewski, L. A., & Roe, J. P. (2025). The association between delaying anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents and increasing meniscal and chondral pathology: A cohort study of 2740 adolescents. *The American Journal of Sports Medicine*, 53(2), 291–298.

Hirokawa, S., Kiguchi, K., Todo, M., Mody, B., & Thambyah, A. (2014). Knee joint biomechanics in high flexion. *The Scientific World JOURNAL*, 2014, 1–2.

Hirschmann, M. T., & Müller, W. (2015). Complex function of the knee joint: the current understanding of the knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(10), 2780–2788.

Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. *Spine*, 21(22), 2640–2650.

Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1997). Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research*, 114(2), 362–370.

Högborg, J., Bergentoft, E., Piussi, R., Wernbom, M., Beischer, S., Simonson, R., Senorski, C., Thomeé, R., & Hamrin Senorski, E. (2022). Persistent knee flexor

strength deficits identified through the nordbord eccentric test not seen with “gold standard” isokinetic concentric testing during the first year after anterior cruciate ligament reconstruction with a hamstring tendon autograft. *Physical Therapy in Sport*, 55, 119–124.

Hogg, J. A., Waxman, J. P., & Shultz, S. J. (2022). Examining the effects of femoral anteversion and passive hip rotation on ACL injury and knee biomechanics: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 9(1).

Holmgren, D., Noory, S., Moström, E., Hege Grindem, Anders Stålmán, & Wörner, T. (2024). Weaker quadriceps muscle strength with a quadriceps tendon graft compared with a patellar or hamstring tendon graft at 7 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 52(1), 69–76.

Hopper, G. P., Aithie, J. M. S., Jenkins, J. M., Wilson, W. T., & Mackay, G. M. (2020). Combined anterior cruciate ligament repair and anterolateral ligament internal brace augmentation: Minimum 2-year patient-reported outcome measures. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(12).

Howard, M., Solaru, S., Kang, H. P., Bolia, I. K., Hatch, G. F. R., Tibone, J. E., Gamradt, S. C., & Weber, A. E. (2020). Epidemiology of anterior cruciate ligament injury on natural grass versus artificial turf in soccer: 10-Year data from the national collegiate athletic association injury surveillance system. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(7).

Hung, K. C., Chung, H. W., Yu, C. C. W., Lai, H. C., & Sun, F. H. (2019). Effects of 8-week core training on core endurance and running economy. *Plos One*, 14(3).

Huston, L. (2024). Clinical outcomes, graft failure rate, and incidence of structural and symptomatic osteoarthritis in an ACL revision cohort: Minimum 10-year onsite follow-up in the MARS cohort. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 12(7_suppl2).

Hutchinson, I. D., Moran, C. J., Potter, H. G., Warren, R. F., & Rodeo, S. A. (2013). Restoration of the meniscus. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(4), 987–998.

Iacobescu, G.-L., Iacobescu, L., Popa, M. I. G., Covache-Busuioc, R.-A., Corlatescu, A.-D., & Cirstoiu, C. (2024). Genomic determinants of knee joint

biomechanics: An exploration into the molecular basis of locomotor function, a narrative review. *Current Issues in Molecular Biology*, 46(2), 1237–1258.

Jeong, J., Choi, D.-H., & Shin, C. S. (2020). Core strength training can alter neuromuscular and biomechanical risk factors for anterior cruciate ligament injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(1), 183–192.

Jeong, J., Choi, D.-H., & Shin, C. S. (2023). Influence of individual quadriceps and hamstrings muscle architecture and quality on knee adduction and flexion moment in gait. *Scientific Reports*, 13(1).

Jeong, S., Kim, S. H., & Park, K. N. (2022). Is lumbopelvic motor control associated with dynamic stability during gait, strength, and endurance of core musculatures?: The STROBE study. *Medicine*, 101(46).

Jiang, C., Huang, D.-B., Li, X.-M., Guo, J.-H., Guo, M.-M., Yu, S.-X., Huang, S., & Lin, Z.-H. (2022). Effects of balance training on dynamic postural stability in patients with chronic ankle instability: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials - the journal of sports medicine and physical fitness 2022 december;62(12):1707-15. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(12), 1707–1715.

Jiang, W.-B., Sun, S.-Z., Li, C., Adds, P., Tang, W., Chen, W., Yu, S.-B., & Sui, H.-J. (2021). Anatomical basis of the support of fibula to tibial plateau and its clinical significance. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 16(1).

Johnsen, M. B., Guddal, M. H., Småstuen, M. C., Moksnes, H., Engebretsen, L., Storheim, K., & Zwart, J.-A. (2016). Sport participation and the risk of anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(11), 2917–2924.

Johnson, C. A., Biswas, P., Tapia, R., See, J., Dodakian, L., Chan, V., Wang, P. T., Nenadic, Z., Do, A. H., & Reinkensmeyer, D. J. (2024). The weak relationship between ankle proprioception and gait speed after stroke a robotic assessment study. ArXiv preprint.

Johnson, U., Ivarsson, A., Karlsson, J., Häggglund, M., Waldén, M., & Börjesson, M. (2016). Rehabilitation after first-time anterior cruciate ligament injury and reconstruction in female football players: a study of resilience factors. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1).

Jones, C. J., Rikli, R. E., & Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(2), 113–119.

Joshi, A., Singh, N., Basukala, B., Bista, R., Maharjan, B., & Pradhan, I. (2022). Epidemiological profile of anterior cruciate ligament injuries in a tertiary referral trauma center of Nepal. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1).

Jung, S.-H., Choi, C. H., Kim, S.-H., Chung, K., Moon, H.-S., Sim, W., & Jung, M. (2024). Sequential comparison of knee muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction between hamstring autograft and tibialis anterior allograft: Propensity score matched pair analysis. *Diagnostics*, 14(14), 1478–1478.

Kaewkaen, K., Uthama, S., Ruengsirarak, W., & Puntumetakul, R. (2019). Validity and reliability of the wii balance board for static balance assessment in healthy young adults. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 26(2), 114–121.

Karlström, J., Wiklund, M., & Tengman, E. (2022). Disrupted knee - disrupted me: A strenuous process of regaining balance in the aftermath of an anterior cruciate ligament injury. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1), 1–11.

Kay, J., Liotta, E. S., Sugimoto, D., & Heyworth, B. E. (2023). Assessment of return to sport after ACL reconstruction with soft tissue autograft in adolescent athletes: Quadriceps versus hamstring tendon. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(11).

Keskin, E., Akçay, B., Türkmen, O. B., & Keçelioğlu, Ş. (2025). Static and dynamic core stability's relationship with agility and speed in female basketballers. *Balikesir Health Sciences Journal*, 14(1), 204–209.

Ketterer, J., Gollhofer, A., Ringhof, S., Assländer, L., Granacher, U., & Gehring, D. (2024). Effects of balance training with visual input manipulations on balance performance and sensory integration in healthy young adults: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1).

Kim, J., Choi, M., Kong, D., Chung, K., Hwang, U., & Kwon, O. (2020). Static and dynamic balance comparison between the involved and uninvolved sides in patients who had anterior cruciate ligament reconstruction: One-year follow-up study. *Han-Gukjeonmunmullichiryohakoeji*, 27(4), 286–291.

Kim, J. H., Ahn, J. H., Kim, J. H., & Wang, J. H. (2020). Discoid lateral meniscus: Importance, diagnosis, and treatment. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 7(1).

Kim, J.-S., Choi, M. S., Kong, D.-S., David, W., & Chung, K. H. (2022). Does a lower limb balance test after anterior cruciate ligament reconstruction have a significant correlation with postoperative clinical score, stability, and functional performance test? *Clin Orthop Surg*, 14.

Knoop, J., Dekker, J., van der Leeden, M., van der Esch, M., Thorstensson, C. A., Gerritsen, M., Voorneman, R. E., Peter, W. F., de Rooij, M., Romviel, S., Lems, W. F., Roorda, L. D., & Steultjens, M. P. M. (2013). Knee joint stabilization therapy in patients with osteoarthritis of the knee: A randomized, controlled trial. *Osteoarthritis and Cartilage*, 21(8), 1025–1034.

Ko, J. H., Park, W., Park, H.-Y., & Kim, S.-W. (2024). Effect of an 8-week lumbar stabilization and lower extremity strength exercise on lumbar pain and physical function in middle-aged women with chronic back pain. *Physical Activity and Nutrition*, 28(4), 001–008.

Kotsifaki, R., Korakakis, V., King, E., Barbosa, O., Maree, D., Pantouveris, M., Bjerregaard, A., Luomajoki, J., Wilhelmsen, J., & Whiteley, R. (2023). Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*, 57(9).

Kulwin, R. L., Schmidt, G. J., Snyder, D. A., & Klitzman, R. G. (2023). Clinical examination in the diagnosis of anterior cruciate ligament injury: A blinded, cross-sectional evaluation. *JAAOS: Global Research and Reviews*, 7(2).

Kumar, N. M., & Madaan, N. V. (2024). A comparison between open kinetic and closed kinetic chain exercises along with conservative treatment in grade-I ACL injury in sprinters: A randomized controlled trial. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*, 18(3), 59–66.

Kvist, J., & Pettersson, M. (2024). Knee-Related quality of life compared between 20 and 35 years after an anterior cruciate ligament injury treated surgically with primary repair or reconstruction, or nonsurgically. *The American Journal of Sports Medicine*, 52(2), 311–319.

Lam, M.-H., Fong, D. T., Yung, P. S., Ho, E. P., Chan, W.-Y., & Chan, K.-M. (2009). Knee stability assessment on anterior cruciate ligament injury: Clinical and biomechanical approaches. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 1(1).

Larson, D., Vu, V., Ness, B. M., Wellsandt, E., & Morrison, S. (2021). A multi-systems approach to human movement after ACL reconstruction: The musculoskeletal system. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(1).

Larwa, J., Stoy, C., Chafetz, R. S., Boniello, M., & Franklin, C. (2021). Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: A systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3826.

Lee, D.-K., Kang, M.-H., Lee, T.-S., & Oh, J.-S. (2015). Relationships among the Y balance test, berg balance scale, and lower limb strength in middle-aged and older females. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(3), 227–234.

Lee, J. H., Lee, D.-H., Park, J.-H., Suh, D. W., Kim, E., & Jang, K.-M. (2020). Poorer dynamic postural stability in patients with anterior cruciate ligament rupture combined with lateral meniscus tear than in those with medial meniscus tear. *Knee Surgery & Related Research*, 32(1).

Lee, S. H., Petersilge, C. A., Trudell, D. J., Haghighi, P., & Resnick, D. L. (1996). Extrasynovial spaces of the cruciate ligaments: Anatomy, MR imaging, and diagnostic implications. *American Journal of Roentgenology*, 166(6), 1433–1437.

Lesch, K. J., Tuomisto, S., Tikkanen, H. O., & Venojärvi, M. (2024). Validity and reliability of dynamic and functional balance tests in people aged 19-54: A systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 19(4), 381–393.

Lesevic, M., Kew, M. E., Bodkin, S. G., Diduch, D. R., Brockmeier, S. F., Miller, M. D., Gwathmey, F. W., Werner, B. C., & Hart, J. M. (2020). The effect of patient sex and graft type on postoperative functional outcomes after primary ACL reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(6).

Lesinski, M., Hortobágyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1721–1738.

Li, H., Li, J., Yu, S., Wu, C., & Zhang, W. (2021). The mechanical properties of tibiofemoral and patellofemoral articular cartilage in compression depend on anatomical regions. *Scientific Reports*, 11(1).

Li, S.-J., Yue, Q., Liu, Q.-J., Liang, Y.-H., Zhou, T.-T., Li, X.-S., Feng, T.-Y., & Zhang, T. (2025). Research on the correlation between balance function and core muscles in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Neurospine*, 22(1), 264–275.

Li, X., Liu, H., Ge, L., Yan, Y., Lo, W. L. A., Li, L., & Wang, C. (2021). Cortical representations of transversus abdominis and multifidus muscles were discrete in patients with chronic low back pain: Evidence elicited by TMS. *Neural Plasticity*, 2021, 1–9.

Lieberz, D., Dittbenner, C., Koch, H., Paul, T., & Sonterre, M. (2025). Evaluation of the single leg stance test for an annual preventative physical therapy visit and the effect of education on the perceived value of test results as a health indicator. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 48(1), 10–18.

Liu, D., Hu, P., Cai, Z.-J., Lu, W.-H., Pan, L.-Y., Liu, X., Peng, X.-J., Li, Y.-S., & Xiao, W.-F. (2023). Valid and reliable diagnostic performance of dual-energy CT in anterior cruciate ligament rupture. *Eur Radiol*, 33(11).

Liu, R. W., Armstrong, D. G., Levine, A. D., Gilmore, A., Thompson, G. H., & Cooperman, D. R. (2013). An Anatomic Study of the Distal Femoral Epiphysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 33(7), 743–749.

Longo, U. G., Campi, S., Romeo, G., Spiezia, F., Maffulli, N., & Denaro, V. (2012). Biological strategies to enhance healing of the avascular area of the meniscus. *Stem Cells International*, 2012, 1–7.

Luvsannyam, E., Jain, M. S., Leitao, A. R., Maikawa, N., & Leitao, A. E. (2022). Meniscus tear: Pathology, incidence, and management. *Cureus*, 14(5).

Lynders, C. (2019). The critical role of development of the transversus abdominis in the prevention and treatment of low back pain. *HSS Journal* ®, 15(3), 214–220.

Macchi, V., Stocco, E., Stecco, C., Belluzzi, E., Favero, M., Porzionato, A., & De Caro, R. (2018). The infrapatellar fat pad and the synovial membrane: An anatomico-functional unit. *Journal of Anatomy*, 233(2), 146–154.

Mahajan, A. (2017). Use of star excursion balance test in assessing dynamic proprioception following anterior cruciate ligament injury. *International Journal of Orthopaedics Sciences*, 3(3), 1–5.

Makris, E. A., Hadidi, P., & Athanasiou, K. A. (2011). The knee meniscus: Structure–function, pathophysiology, current repair techniques, and prospects for regeneration. *Biomaterials*, 32(30), 7411–7431.

Malasani, S. T., Ganesh, G. S., Ashraf, M. M., Pavithra, B., & Balasubramanian, N. (2024). Reliability of the lever sign test in the diagnosis of anterior cruciate ligament injuries: A cross-sectional study with interobserver analysis. *Journal of Arthroscopy and Joint Surgery*, 11(4), 222–227.

Manchado, I., Motta, L. M., Blanco, G., Jesús González, & Garcés, G. L. (2022). Isometric knee muscle strength and patient-reported measures five years after anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison of single versus dual autograft hamstring tendon harvesting. *Journal of Clinical Medicine*, 11(19), 5682–5682.

Mancino, F., Gabr, A., Plastow, R., & Haddad, F. S. (2023). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes. *The Bone & Joint Journal*, 105-B(10), 1033–1037.

Marani, M. G., Khalegi, M., Ahmadi, A., & Alavi, S. F. (2021). Effect of 12 weeks of core stability exercises on functional movement and balance of women working in hospitals. *Journal of Sport Biomechanics*, 7(2), 122–135.

Marchand, F., Laudner, K., Karl-Stefan Delank, René Schwesig, & Steinmetz, A. (2023). Effects of sensorimotor training on transversus abdominis activation in chronic low back pain patients. *Journal of Personalized Medicine*, 13(5), 817–817.

Marieswaran, M., Jain, I., Garg, B., Sharma, V., & Kalyanasundaram, D. (2018). A review on biomechanics of anterior cruciate ligament and materials for reconstruction. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2018, 1–14.

Marinkovic, D., Macak, D., Stanic, V., Madic, D. M., Radanovic, D., Gojkovic, Z., Spasic, M., Ilic, A., Trivic, T., & Drid, P. (2024). Effect of different neuromuscular training modalities on postural stability in healthy recreation people: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1).

Markes, A. R., Hodax, J. D., & Ma, C. B. (2020). Meniscus form and function. *Clinics in Sports Medicine*, 39(1), 1–12.

Márquez-Flórez, K., Shefelbine, S., Ramírez-Martínez, A., & Garzón-Alvarado, D. (2018). Computational model for the patella onset. *PLoS ONE*, 13(12).

Martinez-Calderon, J., Infante-Cano, M., Matias-Soto, J., Perez-Cabezas, V., Galan-Mercant, A., & Garcia-Muñoz, C. (2025). The incidence of sport-related

anterior cruciate ligament injuries: An overview of systematic reviews including 51 meta-analyses. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), 174.

Masumeh Hallaj Mazidluie, Ahadi, J., Eslami, F. O., Tabassom Ghanavati, & Moradi, A. (2024). Comparison of the effects of cognitive dual-task and single-task balance exercises on static balance among people with anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled trial. *PubMed*, 12(5), 349–356.

Matabuena, M., Riazati, S., Caplan, N., & Hayes, P. (2021). Are multilevel functional models the next step in sports biomechanics and wearable technology? A case study of knee biomechanics patterns in typical training sessions of recreational runners.

McMullan, I. I., McDonough, S. M., Tully, M. A., Cupples, M., Casson, K., & Bunting, B. P. (2018). The association between balance and free-living physical activity in an older community-dwelling adult population: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 18(1).

McNulty, A. L., & Guilak, F. (2015). Mechanobiology of the meniscus. *Journal of Biomechanics*, 48(8), 1469–1478.

Medeni, Ö. Ç., Bayramlar, K., Baltacı, G., & Yanmış, İ. (2014). Core stabilization training after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2(3 Suppl).

Meininger, A. (2014). Understanding the Patellofemoral Joint: From Instability to Arthroplasty; An Issue of Clinics in Sports Medicine,. *Elsevier Health Sciences*.

Mohammad, B. A., & Gharaibeh, M. (2024). Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedic Research and Reviews*, 16, 233–242.

Mohan, C. V., Siju, K., Jayakrishnan, K., & Gopikrishnan, K. (2025). Comparison of the lever sign, lachman test, and lateral pivot shift test for assessing diagnostic accuracy in complete anterior cruciate ligament tears: A cross-sectional study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 19(5), 1–5.

Molinaro, L., Taborri, J., Santospagnuolo, A., Vetrano, M., Vulpiani, M. C., & Rossi, S. (2021). Sensor-Based indices for the prediction and monitoring of anterior cruciate ligament injury: Reliability analysis and a case study in basketball. *Sensors*, 21(16), 5341.

Moretti, L., Bortone, I., Delmedico, M., Cassano, D. G., Caringella, N., Bizzoca, D., & Moretti, B. (2023). Clinical, biomechanical, and self-reported health

status after ACL reconstruction with meniscal repair in soccer players: Results at minimum 1-year follow-up. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(8).

Morin, M., Hébert, L. J., Perron, M., Petitclerc, É., Lake, S.-R., & Duchesne, E. (2023). Psychometric properties of a standardized protocol of muscle strength assessment by hand-held dynamometry in healthy adults: a reliability study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(1).

Mouarbes, D., Menetrey, J., Marot, V., Courtot, L., Berard, E., & Cavaignac, E. (2019). Anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis of outcomes for quadriceps tendon autograft versus bone-patellar tendon-bone and hamstring-tendon autografts. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(14).

Muragod, A. R., & Paasi, S. V. (2023). Effect of hemibridge with ball and balloon exercise on balance, gait speed, fear of fall, and quality of life in elderly – A randomized controlled trial. *Indian Journal of Physical Therapy and Research*, 5(1), 88–88.

Muro, S., Kim, J., Nimura, A., Tsukada, S., & Akita, K. (2024). Morphometric analysis of the tibial attachment shape of the anterior cruciate ligament and its relationship with the location of the anterior horn of the lateral meniscus. *The American Journal of Sports Medicine*, 52(3), 682–690.

Nasu, H., Nimura, A., Sugiura, S., Fujishiro, H., Koga, H., & Akita, K. (2017). An anatomic study on the attachment of the joint capsule to the tibia in the lateral side of the knee. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 40(5), 499–506.

Ng, W. H., Jamaludin, N. I., Sahabuddin, F. N. A., Ab Rahman, S., Ahmed Shokri, A., & Shaharudin, S. (2022). Comparison of the open kinetic chain and closed kinetic chain strengthening exercises on pain perception and lower limb biomechanics of patients with mild knee osteoarthritis: A randomized controlled trial protocol. *Trials*, 23(1).

Nnodim, J. O. (2015). Balance and its clinical assessment in older adults - A review. *Journal of Geriatric Medicine and Gerontology*, 1(1).

Noyes, F. R., & Barber-Westin, S. D. (2012). Treatment of meniscus tears during anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 28(1), 123–130.

Noyes, F. R., Jetter, A. W., Grood, E. S., Harms, S. P., Gardner, E. J., & Levy, M. S. (2014). Anterior cruciate ligament function in providing rotational stability

assessed by medial and lateral tibiofemoral compartment translations and subluxations. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(3), 683–692.

Olsson Wållgren, J., Oeding, J. F., Kaarre, J., Hamrin Senorski, E., Musahl, V., & Samuelsson, K. (2025). Long-term effects of concomitant lateral meniscal management on ACL reconstruction revision rate and secondary meniscal and cartilaginous injuries. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 13(5).

Onobun, D. E., Orji, C., Ojo, E. O., Adebisi, A. A., Igbokwe, K., Sehmar, R., Ononye, R., Aksaray, O., Oputa, S., & Nmereole, C. S. (2024). Exploring the efficacy of conservative management versus surgical intervention in anterior cruciate ligament (ACL) injuries: Insights into reinjury rates, quality of life, and long-term outcomes. *Cureus*, 16(11).

Ota, M., Hiroshige Tateuchi, Hashiguchi, T., Fujiwara, K., Sasaki, A., Okumura, K., & Noriaki Ichihashi. (2022). Validity of the frame subtraction method in dynamic postural stability. *BMC Sports Science Medicine and Rehabilitation*, 14(1).

Padaki, A. S., Popkin, C. A., Noticewala, M. S., & Ahmad, C. S. (2017). The psychosocial trauma of ACL ruptures in young athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(7_suppl6).

Palmer, T., & McCabe, M. M. (2023). The effect of a novel weight-supported kinetic chain resistance training program on proximal core muscular endurance, trunk-to-arm muscular power, and bat swing speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(11), 2130–2140.

Pangestuputra, A. W., & Changestu, D. A. (2024). Neuromuscular training in ACL injury prevention: A narrative review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 12(10_suppl3).

Papaleontiou, A., Poupard, A. M., Mahajan, U. D., & Tsantanis, P. (2024). Conservative vs surgical treatment of anterior cruciate ligament rupture: A systematic review. *Cureus*, 16(3).

Paritekar, P., Naik, S., Nandi, S., Nayak, A., & MK, B. (2022). Functional outcome of acute tibial eminence fractures treated with arthroscopic assisted pull-through suture technique: A prospective case series. *International Journal of Orthopaedics Sciences*, 8(2), 300–305.

Park, J.-G., Han, S.-B., Lee, C.-S., Jeon, O. H., & Jang, K.-M. (2022). Anatomy, Biomechanics, and Reconstruction of the Anterolateral Ligament of the Knee Joint. *Medicina*, 58(6), 786.

Park, Y.-G., Ha, C.-W., Park, Y.-B., Na, S.-E., Kim, M., Kim, T. S., & Chu, Y. Y. (2021). Is it worth to perform initial non-operative treatment for patients with acute ACL injury?: a prospective cohort prognostic study. *Knee Surgery & Related Research*, 33(1).

Paschos, N. K., & Howell, S. M. (2016). Anterior cruciate ligament reconstruction: Principles of treatment. *EFORT Open Reviews*, 1(11), 398–408.

Pasquini, A., Jacopetti, M., Pogliacomì, F., Ramazzina, I., & Costantino, C. (2017). Neuromuscular recovery in ACL reconstruction with bone-tendon-patellar-bone and semitendinosus-gracilis autograft. *Acta Bio-Medica: Atenei Parmensis*, 88(4S), 62–68.

Pedersen, M., Grindem, H., Johnson, J., Engebretsen, L., Axe, M., Snyder-Mackler, L., & Risberg, M. A. (2021). Clinical, functional, and physical activity outcomes 5 years following the treatment algorithm of the delaware-oslo ACL cohort study. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 103(16), 1473–1481.

Plisky, P., Schwartkopf-Phifer, K., Huebner, B., Garner, M. B., & Bullock, G. (2021). Systematic review and meta-analysis of the y-balance test lower quarter: Reliability, discriminant validity, and predictive validity. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(5).

Pollard, C. D., Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2017). ACL injury prevention training results in modification of hip and knee mechanics during a drop-landing task. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(9).

Poretti, K., Ghoddosi, N., Martin, J., Eddo, O., Cortes, N., & Clark, N. C. (2023). The nature of rehabilitation programs to improve musculoskeletal, biomechanical, functional, and patient-reported outcomes in athletes with ACL reconstruction: A scoping review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 16(3).

Provenzano, P., Lakes, R., Keenan, T., & Vanderby, Jr., R. (2001). Nonlinear ligament viscoelasticity. *Annals of Biomedical Engineering*, 29(10), 908–914.

- Ra, H. J., Kim, H. S., Choi, J. Y., Ha, J. K., Kim, J. Y., & Kim, J. G. (2014). Comparison of the ceiling effect in the Lysholm score and the IKDC subjective score for assessing functional outcome after ACL reconstruction. *The Knee*, 21(5), 906–910.
- Raheem, I., Manzoor, I., Rokhan, B., Iqbal, M., Fatima, Z., & Khan, A. A. (2023). Accuracy of point-of-care knee sonography for diagnosis of traumatic anterior / posterior cruciate ligament tears taking magnetic resonance imaging as gold standard: A systematic review and meta-analysis. *Pakistan Journal of Health Sciences*, 4(3).
- Rahr-Wagner, L., Thillemann, T. M., Pedersen, A. B., & Lind, M. (2013). Comparison of hamstring tendon and patellar tendon grafts in anterior cruciate ligament reconstruction in a nationwide population-based cohort study. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(2), 278–284.
- Rai, A., Chopra, J., Irfan, A., Roy, S., Gourav, G., Parihar, A., & Kumar, S. (2024). Variations in the termination of the popliteal artery: A multidetector computed tomography angiography (cta)-based retrospective study. *Cureus*, 16(6).
- Rauh, M. J., Schmitt, L. C., & Paterno, M. V. (2021). Comparison of anterior cruciate ligament injury rates in high school and middle school sports over a 30-year period. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(7_suppl3).
- Radioff, R., Geraghty, B., Kharaz, Y. A., Elsheikh, A., & Comerford, E. (2021). The role of proteoglycans in the viscoelastic behaviour of the anterior cruciate ligament. *SSRN Electronic Journal*.
- Rebmann, D., Mayr, H. O., Schmal, H., Latorre, S. H., & Bernstein, A. (2020). Immunohistochemical analysis of sensory corpuscles in human transplants of the anterior cruciate ligament. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 15(1).
- Reichl, I., Auzinger, W., Schmiedmayer, H.-B., & Weinmüller, E. (2010). Reconstructing the knee joint mechanism from kinematic data. *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems*, 16(5), 403–415.
- Ren, D., Liu, Y., Zhang, X., Song, Z., Lu, J., & Wang, P. (2017). The evaluation of the role of medial collateral ligament maintaining knee stability by a finite element analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 12(1).
- Robert de Jonge, Miklós Máté, Kovács, N., Imrei, M., Pap, K., Gergely Agócs, Szilárd Váncsa, Hegyi, P., & Gergely Pánics. (2024). Nonoperative treatment as an option for isolated anterior cruciate ligament injury: A systematic review and meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 12(4).

Rodriguez, M. L., & Li, L. (2017). Compression-rate-dependent nonlinear mechanics of normal and impaired porcine knee joints. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18(1).

Rodríguez-Perea, Á., Reyes-Ferrada, W., Jerez-Mayorga, D., Chiroso Ríos, L., Van den Tillar, R., Chiroso Ríos, I., & Martínez-García, D. (2023). Core training and performance: A systematic review with meta-analysis. *Biology of Sport*, 40(4).

Roggio, F., Petrigna, L., Trovato, B., Di Rosa, M., & Musumeci, G. (2023). The role of lubricin, irisin and exercise in the prevention and treatment of osteoarthritis. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6), 5126.

Rönn, K., Reischl, N., Gautier, E., & Jacobi, M. (2011). Current surgical treatment of knee osteoarthritis. *Arthritis*, 2011(1), 1–9.

Rudran, B., Little, C., Wiik, A., & Logishetty, K. (2020). Tibial plateau fracture: anatomy, diagnosis and management. *British Journal of Hospital Medicine*, 81(10), 1–9.

Saeterbakken, A. H., Loken, E., Scott, S., Hermans, E., Vereide, V. A., & Andersen, V. (2018). Effects of ten weeks dynamic or isometric core training on climbing performance among highly trained climbers. *Plos One*, 13(10).

Saki, F., Shafiee, H., Tahayori, B., & Ramezani, F. (2023). The effects of core stabilization exercises on the neuromuscular function of athletes with ACL reconstruction. *Scientific Reports*, 13(1), 2202.

San Jose, A. T., Maniar, N., Timmins, R. G., Beerworth, K., Hampel, C., Tyson, N., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2022). Explosive hamstrings strength asymmetry persists despite maximal hamstring strength recovery following anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autografts. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*.

Scott, C. E. H., Nutton, R. W., & Biant, L. C. (2013). Lateral compartment osteoarthritis of the knee. *The Bone & Joint Journal*, 95-B(4), 436–444.

Sen, A. K., Morshed, T., Rahman, A. Z., Asif, M., & Qavi, Md. I. (2021). Evaluation of the results of arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction by quadruple semitendinosus and gracilis tendon autograft fixation with biodegradable interference tibial screw and endobutton for femur. *International Journal of Orthopaedics Sciences*, 7(4), 706–709.

Sergijenko, A., Roelofs, A. J., Riemen, A. H. K., & Bari, C. D. (2016). Bone marrow contribution to synovial hyperplasia following joint surface injury. *Arthritis Research & Therapy*, 18(1).

Serrano, H. M., Mottet, D., & Caillaud, K. (2023). Validity and reliability of kinvent plates for assessing single leg static and dynamic balance in the field. *Sensors*, 23(4), 2354.

Sever, O. (2017). Comparison of static and dynamic core exercises' effects on stork balance test in soccer players. *Journal of Human Sciences*, 14(2).

Sha, L., Xie, G., Zhao, S., & Zhao, J. (2017). A morphologic and quantitative comparison of mechanoreceptors in the tibial remnants of the ruptured human anterior cruciate ligament. *Medicine*, 96(5).

Shani, G., Shapiro, A., Goldstein Oded, Dima, K., & Melzer, I. (2017). Validity of the microsoft kinect system in assessment of compensatory stepping behavior during standing and treadmill walking. *European Review of Aging and Physical Activity*, 14(1).

Sheng, H., Huang, M., Li, H., Sun, L., Feng, S., Du, X., Wang, Y., Tong, X., Feng, Y., Chen, J., & Li, Y. (2023). Three-Dimensional imaging and quantitative analysis of blood vessel distribution in the meniscus of transgenic mouse after tissue clearing. *PubMed*, 25(8), 570–578.

Sherman, D. A., Rush, J., Stock, M. S., D Ingersoll, C., & E Norte, G. (2023). Neural drive and motor unit characteristics after anterior cruciate ligament reconstruction: Implications for quadriceps weakness. *PeerJ*, 11.

Short, S., Short, G., Lehman, G., Friesen, J., & Johnson, B. (2025). A critical review of trunk and hip exercise prescription: Applying evidence for a modern approach. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 20(3).

Siljander, B., Tompkins, M., & Martinez-Cano, J. P. (2022). A review of the lateral patellofemoral joint: Anatomy, biomechanics, and surgical procedures. *JAAOS Global Research & Reviews*, 6(7).

Skelley, N. W., Lake, S. P., & Brophy, R. H. (2017). Microstructural properties of the anterior cruciate ligament. *Annals of Joint*, 2, 19–19.

Skov, C. D., Lindberg-Larsen, M., Wiil, U. K., Varnum, C., Schmal, H., Jensen, C. M., & Holsgaard-Larsen, A. (2024). Impact of motivational feedback on levels of physical activity and quality of life by activity monitoring following knee

arthroplasty surgery—protocol for a randomized controlled trial nested in a prospective cohort . *BMC Musculoskeletal Disorders*, 25(1).

Śmigielski, R., Becker, R., Zdanowicz, U., & Ciszek, B. (2014). Medial meniscus anatomy—from basic science to treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(1), 8–14.

Smith, M. D. (2011). The normal synovium. *The Open Rheumatology Journal*, 5(1), 100–106.

Sonesson, S., Kvist, J., Ardern, C., Österberg, A., & Silbernagel, K. G. (2016). Psychological factors are important to return to pre-injury sport activity after anterior cruciate ligament reconstruction: expect and motivate to satisfy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 25(5), 1375–1384.

Sonnier, J. H., Paul, R. W., Sando, H. E., Hall, A. T., Tjoumakaris, F. P., Cohen, S. B., & Freedman, K. B. (2023). Patient decision making in anterior cruciate ligament reconstruction: A discrete choice experiment examining graft preference. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(2).

Steckel, H., Fu, F. H., Baums, M. H., & Klinger, H. M. (2009). Arthroscopic evaluation of the ACL double bundle structure. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(7), 782–785.

Stoddart, J. C., Dandridge, O., Garner, A., Cobb, J., & van Arkel, R. J. (2021). The compartmental distribution of knee osteoarthritis – a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 29(4), 445–455.

Strandberg, S., Lindström, M., Wretling, M.-L., Aspelin, P., & Shalabi, A. (2013). Muscle morphometric effect of anterior cruciate ligament injury measured by computed tomography: Aspects on using non-injured leg as control. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 14(1).

Strauss, M., Kennedy, M. L., Brady, A., Moatshe, G., Chahla, J., LaPrade, R. F., Lind, M., & Engebretsen, L. (2021). Qualitative and quantitative anatomy of the human quadriceps tendon in young cadaveric specimens. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(9).

Subalakshmi, T. (2024). Effectiveness of cross bracing protocol for anterior cruciate ligament (ACL) tears: A narrative review. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*, 18(1), 20.

Sugita, T., & Amis, A. A. (2001). Anatomic and biomechanical study of the lateral collateral and popliteofibular ligaments. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(4), 466–472.

Swain, M. S., Henschke, N., Kamper, S. J., Downie, A. S., Koes, B. W., & Maher, C. G. (2014). Accuracy of clinical tests in the diagnosis of anterior cruciate ligament injury: A systematic review. *Chiropractic & Manual Therapies*, 22(1).

Szymiski, D., Achenbach, L., Weber, J., Huber, L., Memmel, C., Kerschbaum, M., Alt, V., & Krutsch, W. (2022). Reduced performance after return to competition in ACL injuries: An analysis on return to competition in the “ACL registry in german football.” *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(1).

Szymiski, D., Achenbach, L., Zellner, J., Weber, J., Koch, M., Zeman, F., Huppertz, G., Pfeifer, C., Alt, V., & Krutsch, W. (2021). Higher risk of ACL rupture in amateur football compared to professional football: 5-year results of the “anterior cruciate ligament-registry in german football.” *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 30(5).

Tanaka, S., Inoue, Y., Masuda, Y., Tian, H., Jung, H., & Tanaka, R. (2022). Diagnostic accuracy of physical examination tests for suspected acute anterior cruciate ligament injury: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(5), 742–752.

Tchomche, H. F., Bingquan, L., & Shoukat, S. (2024). Impact of core stability training on football-specific performance and injury prevention: A review: Impact of core stability training on footballers. *The Therapist*, 5(4), 11–17.

Tegner, Y., & Lysholm, J. (1985). Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1976-2007), 198, 42.

Ting, K.-C., Lin, Y.-C., Chan, C.-T., Tu, T.-Y., Shih, C.-C., Liu, K.-C., & Tsao, Y. (2024). Inertial measurement unit-based romberg test for assessing adults with vestibular hypofunction. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 12, 245–255.

Tran, J., Peng, P. W. H., Gofeld, M., Chan, V., & Agur, A. M. R. (2019). Anatomical study of the innervation of posterior knee joint capsule: implication for image-guided intervention. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, 44(2), 234–238.

Tran, J., Peng, P. W. H., Lam, K., Baig, E., Agur, A. M. R., & Gofeld, M. (2018). Anatomical Study of the Innervation of Anterior Knee Joint Capsule. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, 43(4), 407–414.

Tummala, S. V., Vij, N., Glatke, K. E., Vaughn, J., Brinkman, J. C., Winters, J., Brennan, A., Salehi, H., Zhao, S., Chhabra, A., Tokish, J. M., & Menzer, H. (2024). Hamstring tendon autograft is associated with increased knee valgus moment after anterior cruciate ligament reconstruction: A biomechanical analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 52(5), 1220–1228.

Vaienti, E., Scita, G., Ceccarelli, F., & Pogliacomi, F. (2017). Understanding the human knee and its relationship to total knee replacement. *Acta Bio Medica : Atenei Parmensis*, 88(Suppl 2), 6–16.

van den Eeden, Y. N. T., Zeiton, M., Akkaya, M., Salber, J., Gehrke, T., & Citak, M. (2023). The anatomical shape of the proximal femur correlates with the distal femur anatomy. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 143(8), 5221–5227.

van der Esch, M., Knol, D. L., Schaffers, I. C., Reiding, D. J., Dirkjan van Schaardenburg, Knoop, J., Roorda, L. D., Lems, W. F., & Dekker, J. (2013). Osteoarthritis of the knee: Multicompartmental or compartmental disease? *Lara D. Veeken*, 53(3), 540–546.

Van Wyngaarden, J. J., Jacobs, C., Thompson, K., Eads, M., Johnson, D., Ireland, M. L., & Noehren, B. (2020). Quadriceps strength and kinesiophobia predict long-term function after ACL reconstruction: A cross-sectional pilot study. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 13(3), 251–257.

Venkataraman, S., Ethiraj, P., Shanthappa, A. H., & Vellingiri, K. (2022). Association of meniscus injuries in patients with anterior cruciate ligament injuries. *Cureus*, 14(6).

Viseux, F. J. F., Simoneau, M., & Billot, M. (2022). A comprehensive review of pain interference on postural control: From experimental to chronic pain. *Medicina*, 58(6), 812.

Waldhelm, A., & Li, L. (2012). Endurance tests are the most reliable core stability related measurements. *Journal of Sport and Health Science*, 1(2), 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2012.07.007>

Waltz, R. A., Whitney, K. E., Duke, V. R., Kloser, H., Huard, C., Provencher, M. T., Philippon, M. J., Bahney, C., Godin, J. A., & Huard, J. (2023). A systemic and

local comparison of senescence in an acute anterior cruciate ligament injury—a pilot case series. *Life*, 13(7), 1567.

Wang, G., Yang, Y., Wang, J., Hao, Z., Luo, X., & Liu, J. (2022). Dynamic changes of brain networks during standing balance control under visual conflict. *Frontiers in Neuroscience*, 16.

Wang, J., Lv, H., Chen, W., Fan, M., Li, M., & Zhang, Y. (2019). Anatomical Adaptation of Fibula and its Mechanism of Proximal Partial Fibulectomy Associated with Medial Compartment Knee Osteoarthritis. *Orthopaedic Surgery*, 11(2), 204–211.

Wang, W., Li, X., Shi, R., Wang, C., Zhang, K., Ren, X., & Wei, H. (2023). Abnormal balance control mechanisms during dynamic reaching forward and quiet standing in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Frontiers in Physiology*, 14, 1176222.

Wang, Y., Liu, H., Wang, S., Yang, B., Sun, D., & Han, S. (2024). Feasibility study of core training in knee injury recovery. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 71(1), 37–47.

Warren, L., Baker, R., Nasypany, A., & Seegmiller, J. (2014). Core concepts: Understanding the complexity of the spinal stabilizing systems in local and global injury prevention and treatment. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 19(6), 28–33.

Weitz, F. K., Sillanpää, P. J., & Mattila, V. M. (2019). The incidence of paediatric ACL injury is increasing in Finland. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28(2), 363–368.

White, M. S., Mancini, L. M., Stoneback, L., Palmieri-Smith, R. M., & Lepley, L. K. (2024). Chronic adaptations in quadriceps fascicle mechanics are related to altered knee biomechanics after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Applied Biomechanics*, 40(4), 346–355.

Wien, N., Febyan Febyan, Dimitri, D., Shianita Limena, & Leonardus William Kuswara. (2024). Resultado funcional da reconstrução do LCA após habilitação pré-reconstrução vs. nenhuma pré-habilitação: Revisão sistemática e metanálise. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 59(02), 172–179.

Wijaya, F. J. M., Kartiko, D. C., Pranoto, A., Kusuma, I. D. M. A. W., & Phanpheng, Y. (2024). Improving the physical components of gymnastics athletes

following long-term circuit training with static and dynamic core stabilization. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 28(6), 509–515.

Winnard, A., Debuse, D., Wilkinson, M., Samson, L., Weber, T., & Caplan, N. (2017). Movement amplitude on the functional re-adaptive exercise device: Deep spinal muscle activity and movement control. *European Journal of Applied Physiology*, 117(8), 1597–1606.

Woo, M. T., Davids, K., Liukkonen, J., Orth, D., Chow, J. Y., & Jaakkola, T. (2017). Effects of different lower-limb sensory stimulation strategies on postural regulation—A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 12(3).

Xu, C., Liu, T., Wang, M., Liu, C., Li, B., Lian, Q., Chen, T., Chen, F., Qiao, S., & Wang, Z. (2022). Comparison of proprioception recovery following anterior cruciate ligament reconstruction using an artificial graft versus an autograft. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1).

Yan, M., Liang, T., Zhao, H., Bi, Y., Wang, T., Yu, T., & Zhang, Y. (2024). Model properties and clinical application in the finite element analysis of knee joint: A review. *Orthopaedic Surgery*.

Yin, L., Xu, X., Wang, R., Li, F., Wang, Y., & Wang, L. (2025). Validity and reliability of inertial measurement units on gait, static balance and functional mobility performance among community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *EFORT Open Reviews*, 10(4), 172–185.

Yiou, E., Hamaoui, A., & Allali, G. (2018). Editorial: The contribution of postural adjustments to body balance and motor performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12.

Zaghlul, N., Goh, S. L., Razman, R., Danaee, M., & Chan, C. K. (2023). Test-retest reliability of the single leg stance on a Lafayette stability platform. *PLOS ONE*, 18(1), e0280361.

Zemková, E. (2022). Strength and power-related measures in assessing core muscle performance in sport and rehabilitation. *Frontiers in Physiology*, 13.

Zemková, E., & Zapletalová, L. (2022). The role of neuromuscular control of postural and core stability in functional movement and athlete performance. *Frontiers in Physiology*, 13.

Zhang, L., Liu, G., Han, B., Wang, Z., Yan, Y., Ma, J., & Wei, P. (2020). Knee Joint Biomechanics in Physiological Conditions and How Pathologies Can Affect It: A Systematic Review. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2020, 1–22.

Zhang, X., Liu, Z., & Qiu, G. (2021). Measuring balance abilities of transtibial amputees using multiattribute utility theory. *BioMed Research International*, 2021, 1–6.

Zhang, X.-F., Liu, P., Huang, J.-W., & He, Y.-H. (2024). Efficacy and safety of quadriceps tendon autograft versus bone–patellar tendon–bone and hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 25(1).

Zhang, Y. (2016). Clinical examination of anterior cruciate ligament rupture: A systematic review and meta-analysis. *Acta Orthopaedica Et Traumatologica Turcica*, 50(1).

Zhou, J., Zhong, Y., & Xu, W. (2024). Effects of core stability exercises on balance ability of children and adolescents with intellectual disabilities: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 19(12).

Zhu, W., Li, Y., Wang, B., Zhao, C., Wu, T., Liu, T., & Sun, F. (2021). Objectively measured physical activity is associated with static balance in young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20).

Zibis, A. H., Vassalou, E. E., Raoulis, V. A., Lampridis, V., Klontzas, M. E., Fyllos, A., Stavlas, P., & Karantanas, A. H. (2021). Knee capsule anatomy: An MR imaging and cadaveric study. *Diagnostics*, 11(11), 1965–1965.

Zimny, M. L., Schutte, M., & Dabezies, E. (1986). Mechanoreceptors in the human anterior cruciate ligament. *The Anatomical Record*, 214(2), 204–209.

Zuluaga, M. Y. O. (2024). Comprehensive review of anterior cruciate ligament injury: Etiology, diagnosis, and treatment strategies. *Global Journal for Research Analysis*, 13(3), 62–63.

II. EKLER

Ek-1. Etik Kurul Kararı

Evrak Tarih ve Sayısı: 10.01.2024-136741



T.C.
BEZMİÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Teknoloji Transfer Ofisi
Etik Kurullar Birimi



Sayı : E-54022451-050.04-136741
Konu : 2023/361 Etik Kurul Kararı

10.01.2024

Sayın Doç. Dr. Zeynep HOŞBAY
Biruni Üniversitesi - Fizyoterapi ve Rehabilitasyon

2023/361 numaralı "Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyon Cerrahisi Sonrası Bireylerde Core Stabilizasyon Egzersizlerinin Etkisi" başlıklı başvurunuz Üniversitemiz Etik Kurullar Birimi'nin 20.12.2023 tarihli, 24 sayılı Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurul toplantısında değerlendirilmiş olup, mevcudun oy birliğiyle onaylanmasına karar verilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini arz/rica ederim.

Prof.Dr. Hayrettin ÖZTÜRK
Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik
Kurulu Başkanı

Ek-2. Tez Başlığı Değişikliği



**BİRÜNİ ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ
EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ BAŞLIĞI DEĞİŞİKLİĞİ FORMU**

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Anabilim Dalı : Fizyoterapi ve Rehabilitasyon

Programı : Fizyoterapi ve Rehabilitasyon tezli yüksek lisans

Öğrencinin;

Adı – Soyadı : Büşra BUDAK

Öğrenci No :

Anabilim Dalı Akademik Kurulu kararına göre yukarıda bilgileri bulunan öğrencinin tez başlığının aşağıda önerildiği şekilde değiştirilmesi uygun görülmüştür. Bilgilerinize arz ederim.

Eski Tez Başlığı : Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyon Cerrahisi Sonrası Bireylerde Core Stabilizasyon Egzersizlerinin Etkisi

Yeni Tez Başlığı : Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyon Cerrahisi Geçirmiş Ve Sağlıklı Bireylerde Core Stabilizasyon Egzersizlerinin Denge Ve Gövde Enduransı Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Ek-3. Gönüllü Onam Formu

	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			
	Doküman Kodu: ÜNV-GOAEK-FRM-002	Yayın Tarihi: 17.09.2019	Revizyon No: 03	Revizyon Tarihi: 01.06.2022
Sayfa 1 / 2				

ÇALIŞMANIN ADI:
Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyon Cerrahisi Sonrası Bireylerde Core Stabilizasyon Egzersizlerinin Etkisi

Aşağıda bilgileri yer almakta olan bir araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını, bilgilerinizin nasıl kullanılacağını, çalışmanın neleri içerdiğini, olası yararları ve risklerini ya da rahatsızlık verebilecek yönlerini anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız. Eğer çalışmaya katılma kararı verirsiniz, **Çalışmaya Katılma Onayı Formu**'nu imzalayınız. Çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Çalışmaya katıldığınız için size herhangi bir ödeme yapılmayacak ya da sizden herhangi bir maddi katkı/malzeme katkısı istenmeyecektir. Araştırmada kullanılacak tüm malzemeler ve yapılabilecek tüm harcamalar araştırmacı tarafından karşılanacaktır.

ÇALIŞMANIN KONUSU VE AMACI

Çalışmanın konusu ön çapraz bağ rekonstrüksiyon cerrahisi geçirmiş bireylerde core stabilizasyon etkilenimidir. Bu çalışmada, ön çapraz bağ rekonstrüksiyon cerrahisi geçirmiş ve sağlıklı bireylerde core stabilizasyon egzersizlerinin etkisini araştırmak amaçlanmıştır.

ÇALIŞMA İŞLEMLERİ

Bu çalışmada sizlerin, ön çapraz bağ rekonstrüksiyon cerrahisi sonrası core stabiliteniz değerlendirilecektir. Çalışmada demografik bilgi formunu eksizsiz ve doğru bir şekilde bildirmanız gerekmektedir. Değerlendirmelerde sizden istenenleri doğru bir şekilde yapmanız sizin sorumluluğunuzdadır.

ÇALIŞMADA YER ALMAMIN YARARLARI NELERDİR?

Bu çalışmada yer almanız durumunda cerrahiden sonra hem core stabiliteniz hakkında bilgi sahibi olacak hem de sizle yapacağımız egzersizlerle daha iyi bir süreç geçireceksiniz.

BU ÇALIŞMAYA KATILMAMIN MALİYETİ NEDİR?

Çalışmaya katılmakla parasal yük altına girmeyeceksiniz ve size de herhangi bir ödeme yapılmayacaktır.

ÇALIŞMAYA KATILMALI MIYIM?

Bu çalışmada yer alıp almamak tamamen size bağlıdır. Şu anda bu formu imzalarsanız bile istediğiniz herhangi bir zamanda bir neden göstermeksizin çalışmayı bırakmakta özgürsünüz. Eğer katılmak istemezseniz veya çalışmadan ayrılırsanız, araştırmacı tarafından sizin için en uygun tedavi planı uygulanacaktır. Aynı şekilde çalışmayı yürüten araştırmacı çalışmaya devam etmenizin sizin için yararlı olmayacağına karar verebilir ve sizi çalışma dışı bırakabilir, bu durumda da sizin için en uygun tedavi seçilecektir.

 BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU				
	Doküman Kodu: ÜNV-GOAEK-FRM-002	Yayın Tarihi: 17.09.2019	Revizyon No: 03	Revizyon Tarihi: 01.06.2022	Sayfa 2 / 2

KİŞİSEL BİLGİLERİM NASIL KULLANILACAK?

Çalışma araştırmacınız kişisel bilgilerinizi, araştırmayı ve istatistiksel analizleri yürütmek için kullanacaktır ancak kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır. Yalnızca gereği halinde, sizinle ilgili bilgileri etik kurullar ya da resmi makamlar inceleyebilir. Çalışmanın sonunda, kendi sonuçlarınızla ilgili bilgi istemeye hakkınız vardır. Çalışma sonuçları çalışma bitiminde tıbbi literatürde yayınlanabilecektir ancak kimliğiniz açıklanmayacaktır.

SORU VE PROBLEMLER İÇİN BAŞVURULACAK KİŞİLER:

ADI :
GÖREVİ :
TELEFON :

ÇALIŞMAYA KATILMA ONAYI

Yukarıdaki bilgileri ilgili araştırmacı ile ayrıntılı olarak tartıştım ve kendisi bütün sorularımı cevapladı. Bu bilgilendirilmiş olur belgesini okudum ve anladım. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorum ve bu onay belgesini kendi hür irademle imzalıyorum. Bu onay, ilgili hiçbir kanun ve yönetmeliği geçersiz kılmaz. Araştırmacı, saklamam için bu belgenin bir kopyasını bana teslim etmiştir.

Gönüllü Adı Soyadı		Tarih ve İmza	
Telefon			

Vasi (var ise) Adı Soyadı		Tarih ve İmza	
Telefon			

Görüşme Tanığı Adı Soyadı		Tarih ve İmza	
Telefon			

Araştırmacı Adı Soyadı		Tarih ve İmza	
Telefon			

Ek-4. Demografik Veri Formu

Ad-Soyad:

Yaş:

Boy:

Kilo:

VKI:

Spor geçmişi:

Ek hastalıklar:

Tegner aktivite skoru:

Romberg testi:

Dominant taraf:

Etkilenen taraf:

Yaralanma tarihi:

Cerrahi tarihi:

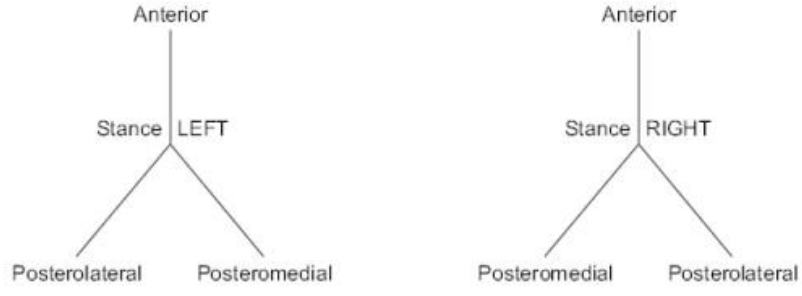
Tek ayak üzerinde durma testi:

Sağ:	
Sol:	

GÖVDE STABİLİZASYON TESTLERİ	Sağlam taraf	Etkilenen taraf
Abdominal endurans testi:		
Sorenson testi:		
Yan köprü testi:		

KAS KUVVETLERİ	Sağ	Sol
Quadriceps		
Hamstring		

Y-Denge Testi:



Şekil 1.17: Y Balance testinin sağ ve sol bacak için hareket vektörlerini gösteren test platformu gösterilmiştir (Sarshin vd., 2011).

Ek-5. Berg Denge Testi

Berg Balance Scale (with instructions)

SITTING TO STANDING

INSTRUCTIONS: Please stand up. Try not to use your hand for support.

- ☐ 4 able to stand without using hands and stabilize independently
- ☐ 3 able to stand independently using hands
- ☐ 2 able to stand using hands after several tries
- ☐ 1 needs minimal aid to stand or stabilize
- ☐ 0 needs moderate or maximal assist to stand

STANDING UNSUPPORTED

INSTRUCTIONS: Please stand for two minutes without holding on.

- ☐ 4 able to stand safely for 2 minutes
- ☐ 3 able to stand 2 minutes with supervision
- ☐ 2 able to stand 30 seconds unsupported
- ☐ 1 needs several tries to stand 30 seconds unsupported
- ☐ 0 unable to stand 30 seconds unsupported

If a subject is able to stand 2 minutes unsupported, score full points for sitting unsupported. Proceed to item #4.

SITTING WITH BACK UNSUPPORTED BUT FEET SUPPORTED ON FLOOR OR ON A STOOL

INSTRUCTIONS: Please sit with arms folded for 2 minutes.

- ☐ 4 able to sit safely and securely for 2 minutes
- ☐ 3 able to sit 2 minutes under supervision
- ☐ 2 able to sit 30 seconds
- ☐ 1 able to sit 10 seconds
- ☐ 0 unable to sit without support 10 seconds

STANDING TO SITTING

INSTRUCTIONS: Please sit down.

- ☐ 4 sits safely with minimal use of hands
- ☐ 3 controls descent by using hands
- ☐ 2 uses back of legs against chair to control descent
- ☐ 1 sits independently but has uncontrolled descent
- ☐ 0 needs assist to sit

TRANSFERS

INSTRUCTIONS: Arrange chair(s) for pivot transfer. Ask subject to transfer one way toward a seat with armrests and one way toward a seat without armrests. You may use two chairs (one with and one without armrests) or a bed and a chair.

- ☐ 4 able to transfer safely with minor use of hands
- ☐ 3 able to transfer safely definite need of hands
- ☐ 2 able to transfer with verbal cuing and/or supervision
- ☐ 1 needs one person to assist
- ☐ 0 needs two people to assist or supervise to be safe

STANDING UNSUPPORTED WITH EYES CLOSED

INSTRUCTIONS: Please close your eyes and stand still for 10 seconds.

- ☐ 4 able to stand 10 seconds safely
- ☐ 3 able to stand 10 seconds with supervision
- ☐ 2 able to stand 3 seconds
- ☐ 1 unable to keep eyes closed 3 seconds but stays safely
- ☐ 0 needs help to keep from falling

STANDING UNSUPPORTED WITH FEET TOGETHER

INSTRUCTIONS: Place your feet together and stand without holding on.

- ☐ 4 able to place feet together independently and stand 1 minute safely
- ☐ 3 able to place feet together independently and stand 1 minute with supervision
- ☐ 2 able to place feet together independently but unable to hold for 30 seconds

- () 1 needs help to attain position but able to stand 15 seconds feet together
- () 0 needs help to attain position and unable to hold for 15 seconds

REACHING FORWARD WITH OUTSTRETCHED ARM WHILE STANDING

INSTRUCTIONS: Lift arm to 90 degrees. Stretch out your fingers and reach forward as far as you can. (Examiner places a ruler at the end of fingertips when arm is at 90 degrees. Fingers should not touch the ruler while reaching forward. The recorded measure is the distance forward that the fingers reach while the subject is in the most forward lean position. When possible, ask subject to use both arms when reaching to avoid rotation of the trunk.)

- () 4 can reach forward confidently 25 cm (10 inches)
- () 3 can reach forward 12 cm (5 inches)
- () 2 can reach forward 5 cm (2 inches)
- () 1 reaches forward but needs supervision
- () 0 loses balance while trying/requires external support

PICK UP OBJECT FROM THE FLOOR FROM A STANDING POSITION

INSTRUCTIONS: Pick up the shoe/slipper, which is place in front of your feet.

- () 4 able to pick up slipper safely and easily
- () 3 able to pick up slipper but needs supervision
- () 2 unable to pick up but reaches 2-5 cm(1-2 inches) from slipper and keeps balance independently
- () 1 unable to pick up and needs supervision while trying
- () 0 unable to try/needs assist to keep from losing balance or falling

TURNING TO LOOK BEHIND OVER LEFT AND RIGHT SHOULDERS WHILE STANDING

INSTRUCTIONS: Turn to look directly behind you over toward the left shoulder. Repeat to the right. Examiner may pick an object to look at directly behind the subject to encourage a better twist turn.

- () 4 looks behind from both sides and weight shifts well
- () 3 looks behind one side only other side shows less weight shift
- () 2 turns sideways only but maintains balance
- () 1 needs supervision when turning
- () 0 needs assist to keep from losing balance or falling

TURN 360 DEGREES

INSTRUCTIONS: Turn completely around in a full circle. Pause. Then turn a full circle in the other direction.

- () 4 able to turn 360 degrees safely in 4 seconds or less
- () 3 able to turn 360 degrees safely one side only 4 seconds or less
- () 2 able to turn 360 degrees safely but slowly
- () 1 needs close supervision or verbal cuing
- () 0 needs assistance while turning

PLACE ALTERNATE FOOT ON STEP OR STOOL WHILE STANDING UNSUPPORTED

INSTRUCTIONS: Place each foot alternately on the step/stool. Continue until each foot has touch the step/stool four times.

- () 4 able to stand independently and safely and complete 8 steps in 20 seconds
- () 3 able to stand independently and complete 8 steps in > 20 seconds
- () 2 able to complete 4 steps without aid with supervision
- () 1 able to complete > 2 steps needs minimal assist
- () 0 needs assistance to keep from falling/unable to try

STANDING UNSUPPORTED ONE FOOT IN FRONT

INSTRUCTIONS: (DEMONSTRATE TO SUBJECT) Place one foot directly in front of the other. If you feel that you cannot place your foot directly in front, try to step far enough ahead that the heel of your forward foot is ahead of the toes of the other foot. (To score 3 points, the length of the step should exceed the length of the other foot and the width of the stance should approximate the subject's normal stride width.)

- () 4 able to place foot tandem independently and hold 30 seconds
- () 3 able to place foot ahead independently and hold 30 seconds
- () 2 able to take small step independently and hold 30 seconds
- () 1 needs help to step but can hold 15 seconds
- () 0 loses balance while stepping or standing

STANDING ON ONE LEG

INSTRUCTIONS: Stand on one leg as long as you can without holding on.

- () 4 able to lift leg independently and hold > 10 seconds
- () 3 able to lift leg independently and hold 5-10 seconds
- () 2 able to lift leg independently and hold ≥ 3 seconds
- () 1 tries to lift leg unable to hold 3 seconds but remains standing independently.
- () 0 unable to try of needs assist to prevent fall

() TOTAL SCORE (Maximum = 56)

Ek-6. Otur-Kalk Testi

30 second Chair Stand Test (Rikli, Jones 1999)

Chair height: 17" (43 cm), placed against wall for stability

Starting position: sitting in the middle of the chair, back straight, arms crossed over chest, feet flat on floor.

1. Take resting vital signs.
2. Demonstrate the movement, first slowly, then quickly.
3. Have the patient/client practice one or two repetitions to ensure proper form, and adequate balance
4. On the signal "go" the patient/client rises to a full stand, then returns to a fully seated position, as many times as possible in 30 seconds.
5. If a person is more than half way up at the end of the 30 seconds, count it as a full stand.
6. One trial.
7. Take post exercise vital signs.
8. Document any modifications (chair height, assistance needed)

Range of scores is between the 25% and 75% percentiles		
Age	Men: number of stands	Women: number of stands
60 - 64	14 - 19	12 - 17
65 - 79	12 - 18	11 - 16
70 - 74	12 - 17	10 - 15
75 - 79	11 - 17	10 - 15
80 - 84	10 - 15	9 - 14
85 - 89	8 - 14	8 - 13
90 - 95	7 - 12	4 - 11

Scores less than 8 (unassisted) stands were associated with lower levels of functional ability

Population:

- community residing older adults ages 60-94
- n = 7,183 5,048 women, 2,135 men
- years education: 14.5
- chronic conditions: 1.7
- medications: 1.6
- performed moderate exercise ≥ 3 times/week: 65%

Exclusion criteria:

- advised not to exercise by physician
- CHF, joint pain, chest pain, dizziness, angina during exercise
- BP > 160/100

Rikli RE, Jones CJ (1999). Functional fitness normative scores for community residing older adults ages 60-94. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7, 160-179.

III. İNTİHAL RAPOR

ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYON CERRAHİSİ GEÇİRMİŞ VE SAĞLIKLI BİREYLERDE CORE STABİLİZASYON EGZERSİZLERİNİN DENGİ VE GÖVDE ENDURANSI ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ORİJİNALLIK RAPORU

%5	%4	%4	%2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	%1
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
3	Turedi, Rübeyza. "Posterior dişsiz Ve Tam dişli Temporomandibular düzensizliği Olan Bireylerde postür Egzersizlerinin Disfonksiyona, postüre Ve Dengeye Etkisinin araştırılması Ve karşılaştırılması", Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey), 2023 Yayın	<%1
4	www.akademikbakis.org İnternet Kaynağı	<%1
5	www.middleeastconference.org İnternet Kaynağı	<%1
6	search.trdizin.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
7	www.sporbilim.com İnternet Kaynağı	<%1
8	burkonturizm.com İnternet Kaynağı	<%1
9	Submitted to Aksaray Aniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1