



T.C.

ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**POST-OP MENİSKÜS REHABİLİTASYONUNDA KAN AKIMI
KISITLAMASI İLE KOMBİNE DÜŞÜK YOĞUNLUKLU
DİRENÇLİ EGZERSİZİN KAS KUVVETİ, AĞRI VE HAREKET
KORKUSUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Tuba KARACA

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Fatih KAVAK

İSTANBUL – 2025

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**POST-OP MENİSKÜS REHABİLİTASYONUNDA KAN AKIMI
KISITLAMASI İLE KOMBİNE DÜŞÜK YOĞUNLUKLU
DİRENÇLİ EGZERSİZİN KAS KUVVETİ, AĞRI VE HAREKET
KORKUSUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Tuba KARACA

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Fatih KAVAK

İSTANBUL – 2025

ÖZET

POST-OP MENİSKÜS REHABİLİTASYONUNDA KAN AKIMI KISITLAMASI İLE KOMBİNE DÜŞÜK YOĞUNLUKLU DİRENÇLİ EGZERSİZİN KAS KUVVETİ, AĞRI VE HAREKET KORKUSUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışma Post-op menisküs cerrahisi geçiren bireylerde kan akımı kısıtlaması ile kombine düşük yoğunluklu dirençli egzersizin (KAK-DYDE) kas kuvveti, ağrı ve hareket korkusuna etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Çalışmaya cerrahi sonrası Vizüel Analog Skala (VAS)'a göre 4 ve üzeri düzeyde diz ağrısı şikâyeti olan toplam 36 birey gönüllü olarak katıldı. Katılımcılar rastgele olacak şekilde iki gruba ayrıldı. İlk gruba 8 hafta, haftada 3 gün, günde 60 dakika cerrahi geçirilen alt ekstremitede klasik fizik tedavi egzersizleri yaptırıldı ve fizik tedavi ajanları kullanıldı. İkinci gruba ise 8 hafta, haftada 3 gün, günde 60 dakika yine cerrahi geçirilen alt ekstremita bölgesinin kuvvetini artıracak ve ağrıyı yönetecek şekilde klasik fizik tedavi ajanları ve egzersizlerine ek olarak 15 dk süreyle KAK-DYDE yaptırıldı. Katılımcıların ağrı düzeylerinin değerlendirilmesi için VAS, hareket korkusu değerlendirilmesi için TAMPA Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ) ve kas kuvvetlerinin değerlendirilmesi için dijital el dinamometresi olan MicroFet 2 cihazı kullanıldı. Analizlerde Mann Whitney U testi ve Fisher's Exact testi yapılarak ölçümler rehabilitasyon öncesi ve sonrası tekrarlandı. Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek anlamlılık düzeyi $p<0.005$ olarak kabul edildi.

Çalışmanın sonucunda kontrol ve tedavi grubuyla yapılan klasik fizik tedavi egzersizleri ve KAK-DYDE sonrası ağrı düzeyinin (VAS) kontrol grubunda 3,5 tedavi grubunda ise 2,5 seviyelerine düştüğü bulundu ($p<0.05$). Yapılan KAK egzersizler sonucu kontrol grubunda TAMPA kinezyofobi ölçeği (TKÖ) skoru 40,5'tan 33'e inerken tedavi grubunda 41,5'tan 30'a inmektedir ($p<0.05$). Çalışmanın sonucunda quadriceps femoris (QF) kas grubunun kuvveti kontrol grubunda 249.5 Newton (N)'a yükselirken tedavi grubunda bu kuvvet 272 N'a yükselmiştir ($p<0.05$). Elde edilen parametrelerin kontrol grubunun aksine tedavi grubunda daha anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır ($p<0.05$).

Bu çalışmanın sonucunda KAK-DYDE'nin ağrıyı azalttığı, fonksiyonel durum ve yaşam kalitesini geliştirdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ağrı, Diz Ağrısı, Menisküs, Fizyoterapi, Kan Akımı
Kısıtlama, Egzersiz



ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF COMBINED LOW-INTENSITY RESISTANCE EXERCISE WITH BLOOD FLOW RESTRICTION ON MUSCLE STRENGTH, PAIN, AND FEAR OF MOVEMENT IN POST- OPERATIVE MENISCUS REHABILITATION

This study was conducted to investigate the effects of combined low-intensity resistance exercise with blood flow restriction (BFR-LIRE) on muscle strength, pain, and fear of movement in individuals who had undergone post-operative meniscus surgery.

A total of 36 individuals who reported knee pain of 4 or higher on the Visual Analog Scale (VAS) following surgery voluntarily participated in the study. The participants were randomly divided into two groups. The first group underwent traditional physical therapy exercises and physical therapy modalities for the operated lower extremity for 60 minutes a day, three days a week, for eight weeks. The second group received the same traditional physical therapy modalities and exercises for 60 minutes a day, three days a week, for eight weeks, with an additional 15-minute BFR-LIRE session aimed at increasing the strength of the operated lower extremity and managing pain.

The participants' pain levels were assessed using the VAS, fear of movement was evaluated with the Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK), and muscle strength was measured using the digital hand dynamometer MicroFet 2. Measurements were taken before and after rehabilitation, and the data were analyzed using the Mann-Whitney U test and Fisher's Exact test, with a significance level set at $p < 0.005$.

The results showed that after the intervention, pain levels (VAS) decreased to 3.5 in the control group and 2.5 in the treatment group ($p < 0.05$). Following BFR exercises, the TSK score decreased from 40.5 to 33 in the control group and from 41.5 to 30 in the treatment group ($p < 0.05$). Additionally, the strength of the quadriceps femoris (QF) muscle group increased to 249.5 Newtons (N) in the control group and to 272 N in the treatment group ($p < 0.05$). The results indicated that the improvements in the treatment group were significantly greater than those in the control group ($p < 0.05$).

In conclusion, BFR-LIRE was found to reduce pain and improve functional status and quality of life.

Keywords: Pain, Knee Pain, Meniscus, Physiotherapy, Blood Flow Restriction, Exercise



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında bana rehberlik eden ve değerli katkılarını esirgemeyen herkese içtenlikle teşekkür etmek istiyorum.

Öncelikle, tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Fatih KAVAK'a, bilimsel yolculuğum boyunca bana verdiği sabır, anlayış ve değerli önerileri için teşekkür ederim. Her zaman bana yol gösteren, eleştirileriyle çalışmamı daha iyi bir noktaya taşımama yardımcı olan danışmanım, bu tezin ortaya çıkmasında büyük rol oynamıştır.

Yüksek lisans eğitimime başlamak için büyük bir cesaret ve motivasyon kaynağım olan, bana her adımda destek olan Dr. Öğr. Üyesi Alim NURAYDIN'a, bana gösterdiği inanç ve sağladığı katkılardan dolayı içtenlikle teşekkür ediyorum.

Ayrıca, Üsküdar Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü'ndeki tüm öğretim üyelerine, katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu mesleği seçmemde ilham kaynağım olan, her zaman destekleyen ve yol gösteren ve desteğiyle cesaret veren Bayram Türkan'a teşekkür ederim.

Her zorluğun üstesinden gelmemde bana güç veren, ne zaman ihtiyacım olsa yanımda olan ve bu yolculuğu benimle paylaşan en yakın arkadaşım Fatma Demir'e teşekkür ederim. Bu başarı, senin de desteğinle mümkün oldu.

Son olarak, tezimi tamamlamamda yardımlarını esirgemeyen aileme, arkadaşlarıma ve yakınlarıma, moral ve motivasyon desteği sağladıkları için teşekkür ederim.

Tüm bu katkılar, bu çalışmanın daha kaliteli ve anlamlı hale gelmesinde önemli bir rol oynamıştır.

Teşekkür ederim.

BEYAN FORMU

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, tarafımdan retilildiğini ve şkdar niversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

15/11/2024

Tuba Karaca

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR	v
BEYAN FORMU.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Diz Eklem Anatomisi.....	4
2.1.1 Kemik yapılar	5
2.1.2 EKLEMLER	7
2.1.3 LİGAMENTLER	8
2.1.4 Dik Eklemdeki Bursalar	10
2.1.5. Muskulotendinöz Yapılar	11
2.1.6 Diz Eklemnin Vasküler ve Nöral Anatomisi.....	14
2.2 Menisküs Anatomisi	14
2.3 Menisküslerin Histolojik ve Biyokimyasal Özellikleri	16
2.4 Menisküslerin Vaskülerizasyonu	17
2.5 Menisküs İnnervasyonu	17
2.6 Menisküs Fonksiyonları.....	18
2.7 Menisküs Yaralanma İnsidansı ve Mekanizması	18
2.8 Menisküs Yırtıklarının Sınıflaması.....	19
2.9 Menisküs Yırtıklarında Tanı	22

2.9.1 Öykü.....	22
2.9.2 Menisküs tanı testleri	23
2.10 Menisküs Görüntüleme Yöntemleri.....	25
2.10.1 Direkt radyolojik inceleme	25
2.10.2 Artrografi	25
2.10.3 Bilgisayarlı Tomografi (BT)	25
2.10.4 Ultrasonografi	25
2.10.5 Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG).....	26
2.11 Menisküs Yırtığında Tedavi Yöntemleri	28
2.11.1 Konservatif Yöntemler.....	28
2.11.2 Cerrahi Tedavi.....	29
2.12 Menisküs Tamiri Sonrası Rehabilitasyon	31
2.13 Kan Akımı Kısıtlamalı Kuvvetlendirme Eğitimi	32
2.13.1 Kan Akımı Kısıtlama Eğitiminin Uygulanışı.....	33
2.13.2 KAK Eğitiminin Fizyolojisi.....	34
2.13.3 Manşon Basıncını Belirleme ve Yerleştirme Bölgeleri.....	34
2.13.4 Yerleştirme Bölgeleri	36
2.13.5 KAK Egzersiz Yükü	37
2.13.6 KAK Egzersiz Hacmi	37
2.13.7 KAK Egzersizi Dinlenme Süreleri	37
2.13.8 KAK Egzersiz Sıklığı	38
2.13.9 KAK Egzersiz Programlarının Süresi.....	38
2.13.10 1MT (Maksimum Tekrar) Hesaplama Yöntemleri	38
2.13.11 KAK Kontraendikasyonları	38
2.13.12 Primer Etki Mekanizmaları.....	39
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	44
3.1 Araştırmanın Tipi.....	44

3.2 Araştırmanın Konusu	44
3.3 Araştırmanın Güç Analizi	44
3.4 Araştırmanın Yeri ve Tarihi.....	44
3.5 Araştırma Tasarımı.....	49
3.6 Bireylerin Değerlendirilmesi	50
3.6.1 Sosyodemografik Bilgi Formu.....	50
3.6.2 Vizüel Analog Skalası (VAS).....	50
3.6.3 TAMPA Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ).....	51
3.6.4 Eklem Hareket Açıklığının Değerlendirilmesi	51
3.6.5 Kas Kuvvet Analizi.....	51
3.7 Tedavi Protokolü.....	54
3.7.1 NMES	56
3.7.2 Ultrason.....	56
3.7.3 Cold Pack (CP)	57
3.7.4 Kan Akımı Kısıtlama Egzersizleri	58
3.8 İstatistiksel Yöntemler	62
4. BULGULAR	63
4.1 Katılımcıların Tanımlayıcı Özelliklerine Ait Bulgular	63
4.2 Kontrol Grubu Ölçümleri Tedavi Öncesi ve Tedavi Sonrası Karşılaştırması	65
4.3 Tedavi Grubu Ölçümleri Tedavi Öncesi ve Tedavi Sonrası Karşılaştırması.....	67
4.4 Kontrol ve Tedavi Gruplarının Tedavi Sonrası Değerlerinin Karşılaştırılması	69
5. TARTIŞMA	72
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	80
6.1 Sonuçlar	80
6.2 Öneriler	81
KAYNAKLAR.....	82
EKLER	97

Ek 1. Sosyodemografik Bilgi Formu	97
Ek 2. Vizüel Analog Skala (VAS).....	97
Ek 3. Tampa Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ).....	98
Ek 4. Özgeçmiş.....	100



TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 1. Grupların Yaş ve VKİ Ortalamalarının Karşılaştırılması	63
Tablo 2. Grupların Cinsiyet ve Eğitim Durumu Bakımından Karşılaştırılması	64
Tablo 3. Grupların Etkilenen Taraf ve Grade Dereceleri Bakımından Karşılaştırılması	65
Tablo 4. Kontrol grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri ve klinik özellikleri arasındaki ilişki	66
Tablo 5. Tedavi grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri ve klinik özellikleri arasındaki ilişki	68
Tablo 6. Kontrol ve Tedavi Gruplarının Tedavi Sonrası Değerlerinin Karşılaştırılması	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. Diz Eklemi Anatomisi	4
Şekil 2. Femur Anterior ve Posterior Yüzey Görünümü	5
Şekil 3. Tibia Anterior ve Posterior Yüzey Görünümü	6
Şekil 4. Patella Anterior ve Posterior Yüzey Görünümü	7
Şekil 5. Diz Eklemi Ligamentleri	10
Şekil 6. Diz Eklemindeki Bursalar	11
Şekil 7. Diz Eklemi Kaslarının Anterior Yüzeyi Görünümü	12
Şekil 8. Diz Eklemi Kaslarının Posterior Yüzey Görünümü	13
Şekil 9. Menisküs Anatomisinin Posterior ve Superior Yüzey Görünümü	15
Şekil 10. Menisküs Yüzey Katmanları	16
Şekil 11. Menisküslerin Vaskülarizasyonu	17
Şekil 12. Menisküsün Yırtık Şekline Göre Sınıflandırması	20
Şekil 13. Menisküs Yırtıklarında Cooper Sınıflandırması	21
Şekil 14. Menisküs Yırtıklarında Vasküler Sınıflandırma	22
Şekil 15. Mc Murray Testi Uygulaması.....	23
Şekil 16. Apley Testi Uygulaması	24
Şekil 17. Ege Testi Uygulaması.....	24
Şekil 18. Menisküs Yırtıklarında Grade Derecelendirmesi	27
Şekil 19. TAMPA Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ)	46
Şekil 20. Visual Analog Scale (VAS) Değerlendirme Ölçeği.....	47
Şekil 21. Çalışmanın Hasta Akış Çizelgesi	48
Şekil 22. Micro Fet2 Dijital El Dinamometresi.....	52
Şekil 23. MicroFet cihazı ile QF kas kuvvet ölçümü	53
Şekil 24. MicroFet cihazı ile hamstring kas kuvvet ölçümü	53
Şekil 25. MicroFet cihazı ile gastrocnemius kas kuvvet ölçümü	54
Şekil 26. Cefar Compex Vitality NMES Cihazı	56
Şekil 27. AirBands Wireless BFR Cuffların Akıllı Cihazla Bağlantısı	58
Şekil 28. LOP değerinin belirlenmesi sonucu oklüzyon basıncının hesaplanması.....	59
Şekil 29. BFR ile Leg Extension Egzersizinin Uygulanışı.....	60
Şekil 30. BFR ile Box Squat Egzersizinin Uygulanışı	61

Şekil 31. BFR ile Footwork Egzersizinin Uygulanışı	61
Şekil 32. BFR ile Lunge Egzersizinin Uygulanışı.....	62
Şekil 33. Kontrol grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri ve klinik özellikleri arasındaki ilişki	67
Şekil 34. Tedavi grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri ve klinik özellikleri arasındaki ilişki	69
Şekil 35. Kontrol ve Tedavi Gruplarının Tedavi Sonrası Değerlerinin Karşılaştırılması	71



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
1MT	1 Maksimum Tekrar
AOB	Arteriyel Oklüzyon Basıncı
ACSM	Amerikan Spor Hekimleri Birliği
BFR	Blood Flow Restriction
BT	Bilgisayarlı Tomografi
cm	Santimetre
DVT	Derin Ven Trombozu
ECGF	Endotelyal Hücre Büyüme Faktörü
IGF-1	Insulin-like Growth Factor 1
KAK	Kan Akımı Kısıtlaması
KAK-DYDE	Kan Akımı Kısıtlamalı Düşük Yoğunluklu Dirençli Egzersiz
LOP	Limb Occlusion Pressure (Uzuv Tıkanma Basıncı)
mTOR	Mammalian Target of Rapamycin
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
N	Newton
NMES	Neuromuscular Electrical Stimulation
NO	Azot Monoksit
PDGF	Platelet Derived Growth Factor
p	İstatistiksel Yanılma Düzeyi
QF	Quadriceps Femoris
ROM	Range of Motion
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
ss	Standart Sapma
SPSS	Statistical for Social Sciences
TENS	Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation
TKÖ	Tampa Kinezyofobi Ölçeği
USG	Ultrasonografi
VAS	Visual Analog Scale
VKİ	Vücut Kitle İndeksi
X	Ortalama
n	Kişi Sayısı

1. GİRİŞ

Dizin anatomik yapısı, dış etkenlere oldukça açık olması ve birçok işlevi bulunması nedeniyle vücuttaki en önemli eklemlerden biridir (1). Menisküsler, femur kondilleri ile tibia arasında yer alan fibröz kıkırdak yapılar olarak tanımlanır (2).

Menisküslerin birçok fonksiyonu olduğu belirtilmektedir; bunlardan bazıları kesin olarak bilinmekte, bazıları ise hala hipotez aşamasındadır. Bu işlevler arasında eklem sıvısının dağılımı, beslenme, şok emilimi, eklem stabilizasyonu ile yük ve ağırlık taşıma yer almaktadır (1,2).

Diz yaralanmalarında en fazla etkilenen yapılar menisküslerdir (3). Menisküs yırtıkları, trafik kazaları ve spor yaralanmaları gibi doğrudan travmalar sonucu meydana gelebileceği gibi, yaşla birlikte menisküsün elastikiyetinin azalması ve dejenerasyonu sonucu da ortaya çıkabilir (4).

Menisküs yaralanmalarının insidansı, her 100.000 kişide 60-70 arasında tespit edilmiştir (5).

Diz yaralanmaları sonrasında tanı koymada, özellikle fizik muayene ve anamnez büyük önem taşır. Bağ ve kemik yaralanmaları gibi diz patolojilerini ayırt edebilmek için ayırıcı tanıda düz grafi, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve artroskopi gibi yöntemler kullanılmaktadır (6).

Günümüzde, yırtılan bir menisküs için en yaygın tedavi yöntemleri, hasarlı dokuyu çıkarmak amacıyla menisektomi ve dokuyu onarmak için menisküs onarımıdır. Menisektomiler semptomatik rahatlama sağlasa da menisküs dokusunun kaybı diz eklem yükünü artırarak uzun vadede osteoartrit riskini önemli ölçüde yükseltmektedir. Bu nedenle, biyomekanik fonksiyonun korunması amacıyla, mümkünse menisküs onarımı tercih edilmelidir (7,8).

Artroskopinin ilerlemesiyle birlikte, menisküs onarımında çeşitli tamir yöntemleri ortaya çıkmıştır (9). Menisküs yırtığının konumu, tipi ve hastanın yaşı gibi birçok faktör, menisküs onarımının sonuçlarını belirleyen önemli etmenlerdir (10).

Menisküs onarımları, hastaların ameliyattan hemen sonra tam hareket aralığında hareket etmeleri, tam ağırlık taşımaları ve diz eklemine yüksek etkili aktivitelerinden

kaçınmaları gereken yaygın ortopedik prosedürlerdir. Diz ameliyatından sonra, QF kasının güçsüzlüğü nedeniyle, ameliyat edilen bacakta belirgin ve kalıcı bir diz ekstansiyon gücü azalması meydana gelebilir (11,12,13,14,15). Kas gücündeki kayıp, normal günlük aktiviteler (örneğin, merdiven çıkma), iş ve spor aktivitelerine dönüşü geciktirebilir ve yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilir. Kas gücünü artırmada etkili bir yöntem olan kan akımı KAK-DYDE sırasında, orta düzeyde kan akışı kısıtlanır ve bu yöntem ayrıca oklüzyon antrenmanı olarak da bilinir (16,17). KAK, egzersiz sırasında kaslara arteriyel girişi ve venöz çıkışı kısmen kısıtlamak için şişirilmiş turnike, manşet veya elastik bant gibi bir sarma cihazının kullanılmasını içerir. KAK, geleneksel güç antrenmanına %70-80 1 Maksimum Tekrar (1MT) kıyasla, çok daha az harici yükleme gerektirir ve genellikle %20-40 (1MT) aralığında uygulanır. KAK hem sağlıklı bireylerde hem de diz patolojisi olan hastalarda alt ekstremitelerde kas hipertrofisi ve güç artışı gibi olumlu antrenman adaptasyonları sağlar (18,19,20).

Altta yatan mekanizmalar tam olarak bilinmese de kaslara oksijen iletimindeki azalmanın (hipoksi), metabolit birikiminin, kas liflerinin toparlanmasının ve miyojenik kök hücrelerin çoğalmasının karmaşık bir etkileşimi sonucu etkili olduğu düşünülmektedir (21,22,23). Birkaç çalışma, diz ameliyatından sonra KAK egzersizi eklenmiş bir rehabilitasyon programını uygulayan hastalarda kas gücünde, fiziksel işlevde ve yaşam kalitesinde artış sağlandığını göstermiştir (24,25,26,27).

Bilgilerimize göre, menisküs onarımından iyileşen hastalarda egzersizlere erken dönemde KAK egzersiz eklenmesinin etkileri üzerine yeterli araştırma bulunmamaktadır. Ancak bazı klinik uzmanlar tarafından, QF kas fonksiyonunun geri dönüşünü teşvik etmek ve spora daha erken dönüşü kolaylaştırmak amacıyla KAK önerilmektedir (28). Klinik uygulamada, akut diz eklemi ve QF kas ağrısı, algısal tepkiler ve olumsuz olaylardan duyulan korku, KAK'nin uygulanması ve etkisi üzerinde potansiyel faktörler olarak değerlendirilmektedir (29,30,31,32).

Kas hipertrofisi hedeflenen uygulamalar, uzun süren ve tecrübe ile performans gerektiren bir süreçtir. Yaşlılarda kuvvet kaybını önlemek, yaralanma sonrası hastaların fizik tedavi aşamasında kasların zayıflamasını engellemek, kasların hipertrofisini sağlamak ve kuvvetini artırmak önemlidir. Kuvvet antrenmanlarının ilk aşamalarında yapılan çalışmalar genellikle düşük şiddetlerde olduğu için kuvvet oluşumu ve hipertrofi

uzun sürebilmektedir. Bireylerde kas hipertrofisiyle birlikte kuvveti daha kısa sürede geliştirmek ve yaralanma riskini azaltmak önemli bir husustur (33).

Genellikle 1MT'nin %20-50'lik kısmını kullanarak yapılan ağırlık antrenmanları, kas hipertrofisi oluşturmak için uygun bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Uygulanan direnç egzersizleri yöntemlerinde, 1MT'nin %20'si oranında yapılan egzersizlerin kas hipertrofi oluşumuna faydası çok düşüktür. Literatürdeki çalışmalar, 1MT'nin %20'si ağırlıkla yapılan orta düzeyde egzersizlerin KAK yöntemi ile uygulandığında kas hipertrofisinde önemli ve daha hızlı bir artış sağladığını göstermektedir (33).

KAK çalışmalarının genellikle antrenmanlı bireylere uygulandığı bilinmektedir, ancak literatürde menisküs cerrahisi sonrası bireylerde bu tür çalışmalara pek rastlanmamıştır (28). Bu bilgiler ışığında, cerrahi sonrası kuvvet gelişimini optimize etmek için KAK metodlarına yönelik araştırmalara ve uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, menisküs onarımından hemen sonra KAK-DYDE'nin geleneksel fizik tedavi egzersizlerine eklenmesinin diz semptomları ve kas kuvveti üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca, menisküs onarımı geçiren hastaların KAK programını takip ettiklerinde zaman içindeki değişiklikleri inceleyerek klinik sonuçları değerlendirmek ve literatüre katkıda bulunmaktır.

Hipotezler, H_0 yokluk hipotezi ve H_1 alternatif hipotez temel alınarak oluşturulmuştur.

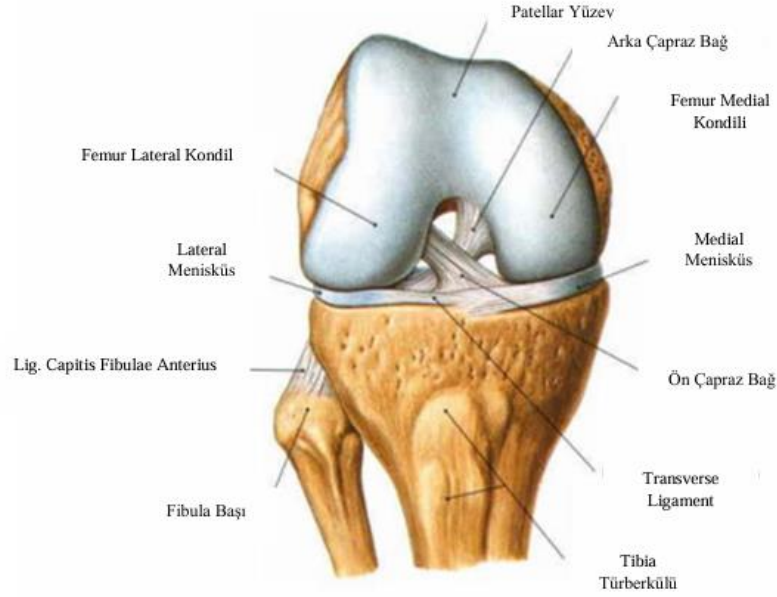
H_0 ; Kan akımı kısıtlaması ile kombine edilmiş düşük yoğunluklu dirençli egzersiz, post-operatif menisküs rehabilitasyonunda kas kuvveti, ağrı ve hareket korkusu üzerinde klasik fizik tedaviye göre anlamlı bir fark yaratmaz.

H_1 ; Kan akımı kısıtlaması ile kombine edilmiş düşük yoğunluklu dirençli egzersiz, post-operatif menisküs rehabilitasyonunda kas kuvvetini artırır, ağrıyı azaltır ve hareket korkusunu azaltmada klasik fizik tedaviye göre anlamlı bir fark yaratır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Diz Eklem Anatomisi

Diz eklemi, femur ile tibia arasında yer alan, frontal düzlemde varus ve valgus rotasyon hareketlerine sahip bir eklemdir. Yük altındayken stabilizasyon ve kontrol sağlayan bu eklem, ligamentler ve kas dokuları gibi yumuşak dokular tarafından desteklenir ve gingylumus tipi olarak sınıflandırılır (34). Eklem boşluğunun en geniş olması ve en fazla sinovyal sıvı içermesi nedeniyle, insan vücudundaki en büyük eklem olarak kabul edilir (35). Diz, tibiofemoral ve patellofemoral olmak üzere iki ana eklemden oluşur. Tibiofemoral eklem, medial ve lateral femur kondillerinin tibial platoyla birleşiminden meydana gelir. Bu eklem, vücut ağırlığının tibia ve femur arasında iletilmesini sağlar ve sagittal düzlemde fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinin yanı sıra, az miktarda tibial aksiyel rotasyon hareketi de içerir (34). Patellofemoral eklem, femurun ön kısmındaki troklear çukur ile patella arasındaki eklemlenmeden oluşur (36).



Şekil 1. Diz Eklemi Anatomisi (37)

2.1.1 Kemik yapılar

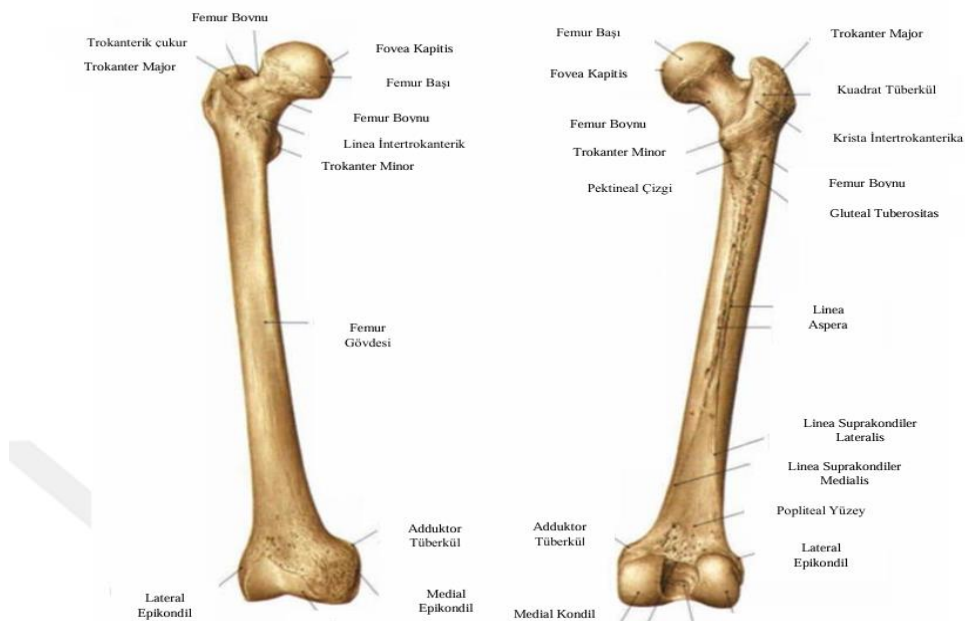
Diz eklemi, femur, tibia ve patella kemiklerinden oluşur.

2.1.1.1 Femur

Femur, proksimalde os coxae, distalde ise tibia ve patella ile eklem yapan, insan vücudunun en uzun ve en güçlü kemiğidir. Uzunluğu, insan vücudunun yaklaşık dörtte biri kadar olup, distal ucunda medial ve lateral kondiller bulunur. Femurun distal ucu asimetrik ve cuboid şeklindeki, şaftı ise eğik bir yapıya sahiptir. Bu eğiklik nedeniyle femur kondilleri, femur başına göre daha medialde yer alır (38). Lateral kondil, anterior-posterior ve lateral düzlemlerde medial kondile göre daha küçük ve çıkıntılıdır, bu da doğal valgus yapısına katkıda bulunur (39).

Lateral ve medial kondillerin dış yüzeylerinde iki çıkıntı bulunur: epicondylus medialis ve epicondylus lateralis. Bu çıkıntılar, tendonların yapışma noktaları olarak işlev görür (39,40). Lateral ve medial kondiller arasında, patellofemoral oluk ya da troklea adı verilen bir yapı bulunur. Bu iki kondil ön tarafta birleşerek, facies patellaris olarak adlandırılan eklem yüzeyini oluşturur (40).

Collum femoris ile corpus femoris arasında, inklinasyon açısı olarak adlandırılan bir açı bulunur. Bu açının 120°-140° arasında olduğu ve ortalama olarak 127° olduğu bilinmektedir. Bu açı, çocukluk döneminde daha büyük olup yaş ilerledikçe azalır. Kadınlarda ise bu açı, erkeklere göre daha küçüktür (41). İnklinasyon açısının 140°'nin



Şekil 2. Femur Anterior ve Posterior Yüzey Görünümü (37)

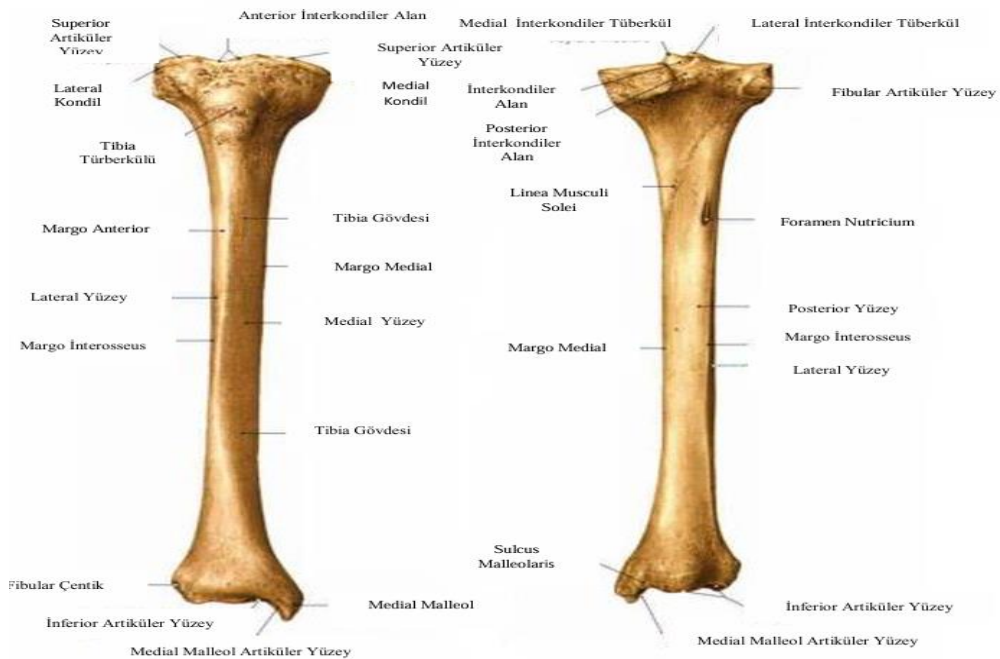
üzerinde olması 'coxa valga', 120°'nin altında olması ise 'coxa vara' olarak adlandırılır (42).

2.1.1.2 Tibia

Tibia, insan vücudundaki en uzun ikinci kemiktir ve üst ucu diz eklemiyle birleşir. Tibianın proksimal ucu, femur ile eklem oluşturan medial ve lateral kondillerden meydana gelir. Bu kondiller, interkondiler tüberkül adı verilen bir kemik çıkıntısı ile birbirinden ayrılır. Femurun medial ve lateral kondilleri ile eklemleşen yüzeylere 'facies articularis superior' denir. Lateral kondilin, fibula başı ile eklem yapan yüzeyi ise 'facies articularis fibularis' olarak adlandırılır (43).

Tibial platolar, anterior ve posterior bölgelerde konveks bir yapıya sahip olsalar da yüzeyler büyük ölçüde düzdür. Bu konveks yapı, tibia ile femur arasındaki uyumsuzluğa yol açar. Menisküs adı verilen kıkırdak yapılar, tibianın yüzeyini femurla uyumlu hale getirir ve böylece tibianın şekli, femura uygun hale gelir (44,45).

Tibia'nın corpusunun anterior kısmında ve deri altında bulunan kenar, margo anterior olarak adlandırılır. Medial kondilden başlayan kenar margo medialis olarak bilinirken, fibula'ya bakan kenar margo interossea olarak adlandırılır. Bu üç kenar, tibianın corpusunda üç farklı yüzey oluşturur: facies medialis, facies lateralis ve facies posterior (46).

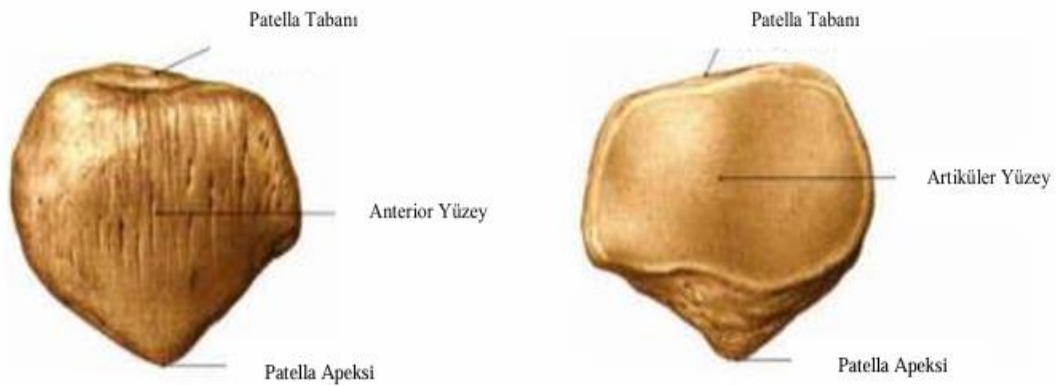


Şekil 3. Tibia Anterior ve Posterior Yüzey Görünümü (37)

2.1.1.3 Patella

Üçgen şeklindeki patella, bir sesamoid kemik olup femurun iki kondili arasındaki troklea ile eklem yapar. Piramit şeklindeki bu yapı, tabanı (basis patellae) yukarıda ve tepesi (apex patellae) aşağıda olacak şekilde konumlanmıştır (47). Patella'nın tepesi olan apex patellae, lig. patellae tarafından tutulur(46). Patella'nın posterior yüzeyi, bir vertikal çıkıntı ile iki yüzeye ayrılır: medial ve lateral. Lateral yüzey, medial yüzeye göre daha geniştir. Medial yüzey konveksken, lateral yüzey transvers planda konkavdır. Ayrıca, patella'nın posterior yüzeyi artiküler kıkırdak ile kaplanmıştır (39,40).

Patella yalnızca femur ile eklem yapar. En geniş temas yüzeyine, diz 45° fleksiyonda olduğunda ulaşılır (40). Patellanın distal kısmından tuberositas tibia'ya yapışan QF kası, patella'nın konumu nedeniyle insersiyon açısını artırır ve sürtünmeyi azaltır. Bu şekilde, patella diz ekleminin ekstansiyon hareketinde önemli bir rol oynar (39).



Şekil 4. Patella Anterior ve Posterior Yüzey Görünümü (37)

2.1.2 Eklemler

2.1.2.1 Art. Tibiofemoralis

Vücudun en büyük eklemi, tibia plato ile femoral kondiller arasında bulunan sinovyal eklemdir. Bu eklem, medial tibiofemoral ve lateral tibiofemoral olarak iki ayrı bölümden oluşur. Femur ve tibia arasındaki yük geçişini sağlayan bu eklem hem fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerini hem de tibial rotasyon hareketlerini içerir (48).

2.1.2.2 Art. Patellofemoralis

Femoral troklea ile patella arasındaki eklem, sellar tiptedir. Bu eklem, dizin ekstansiyon mekanizmasında kuadriseps kuvvet kolunu uzatarak dizin stabilizasyonuna katkıda bulunur (49).

2.1.3 Ligamentler

Diz ekleminin ligamentleri, ekstrakapsüler ve intrakapsüler olarak iki ana grupta incelenir.

2.1.3.1 Ekstrakapsüler Ligamentler

2.1.3.1.1 Lig. Patellae

Quadriceps femoris kasının tendonunun devamı olan bu ligament, proksimalde patella'nın facies anterior'u ve distalde tuberositas tibia'ya yapışır. Infrapatellar yağ yastığı ve sinoviyal membran aracılığıyla tibia'dan ayrılır. Patellar bağ, diz tam ekstansiyondayken izometrik kasılma sonucu hissedilebilir (50).

2.1.3.1.2 Lig. Collaterale Tibiale

Femurun medial kondilinden başlayan geniş ve yassı lig. collaterale tibiale, tibia'nın medial kondili ve medial menisküse yapışır. Bu bağın medial menisküse yapışması nedeniyle, lig. collaterale tibiale zorlandığında medial menisküste dejenerasyon gelişebilir.

Diz ekleminin stabilizasyonunda kritik bir rol üstlenen bu bağ, diz ekstansiyondayken femurun iç rotasyonunu ve tibianın dış rotasyonunu sınırlayarak dizin zorlanmalara karşı korunmasına katkıda bulunur. Ayrıca, bu bağ sadece ekstansiyonu değil, aynı zamanda fleksiyonu ve dış rotasyonu da kontrol eder (35).

2.1.3.1.3 Lig. Collaterale Fibulare

Femurun lateral kondili ile fibula başına yapışan bu bağ, lateral menisküsle doğrudan teması sahip değildir, ancak n. fibularis (peroneus) communis ile komşudur. Dizin varum stresine karşı stabilizatör olarak görev yapar ve ayrıca dizin hiperekstansiyonundaki zorlanmalara karşı koruma sağlar (35,47).

2.1.3.1.4 Lig. Popliteum Obliquum

Bu ligament, m. semimembranosus'un tendonunun devamı olarak kabul edilir ve tibianın medial kondilinin arkasından başlayarak femurun lateral kondili ile linea

intercondylaris'e kadar uzanır. Ayrıca, fossa poplitea'nın tabanına katkıda bulunur ve eklem kapsülünü arkadan destekler (35).

2.1.3.1.5. Lig. Popliteum Arcuatum

‘Y’ şeklindeki bu bağ, alt kısmını fibula başına, üst kollardan birini area intercondylaris posterior’a ve diğerini femurun lateral epikondiline bağlar. Bu ligament, eklem kapsülüne arkadan destek sağlar (51).

2.1.3.2. Intrakapsüler Ligamentler

2.1.3.2.1 Lig. Cruciatum Anterior

Area intercondylaris anterior'da tibia'ya ve femur'daki lateral kondilin iç yüzeyinin arkasına tutunan bu ligament, iki banttı oluştur: anteromedial ve posterolateral. Anteromedial bant ekstansiyon sırasında gerilirken, posterolateral bant fleksiyon sırasında gerilir. Ayrıca, tibianın anterior translasyonunda da rol oynar (52). Diz ekstansiyondayken ön çapraz bağ (ÖÇB) ‘ın aktifliği, fleksiyon durumuna göre daha fazladır. Fleksiyonda aktifliğin azalması, yaralanma riskinin artmasına neden olabilir (53).

2.1.3.2.2 Lig. Cruciatum Posterius

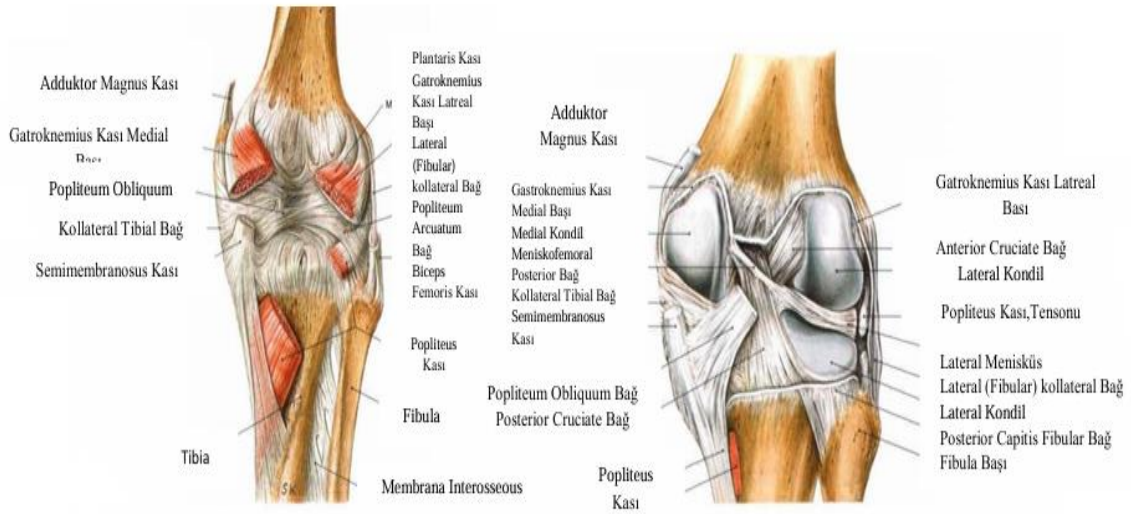
Femurun medial kondilinin arka kısmına ve tibia'nın area intercondylaris posterior'una tutunan bu ligament, iki banttı oluştur: anterolateral ve posteromedial. Fleksiyon sırasında anterolateral bant daha fazla gerginken, ekstansiyon sırasında posteromedial bant daha fazla gerilir. Ligament, tibianın posterior translasyonunu %95 oranında engeller ve dizin eksternal rotasyon kuvvetlerine karşı koymada, ayrıca valgus ve varus streslerinin önlenmesinde önemli bir rol oynar (54).

2.1.3.2.3 Lig. Transversum Genus

Ön boynuzları arasında bağlantı sağlayan bu bağ, medial ve lateral menisküsleri birbirine bağlar ve lig. cruciatum antierius'un önünde bulunur ve kalınlığı kişiden kişiye değişiklik gösterebilir. Bağı temel işlevi, diz eklemi yük altındayken menisküslerdeki baskıyı azaltmak ve menisküsleri korumaktır (35,46).

2.1.3.2.4 Lig. Meniscofemorale

Lig. meniscofemorale anterior (Humphrey bağı) ve lig. meniscofemorale posterior (Wrisberg bağı) olmak üzere iki bağ bulunur. Lig. meniscofemorale anterior, lateral menisküs'ün bir uzantısıdır ve lig. cruciatum posterius'un önünden geçer. Lig. meniscofemorale posterior (Wrisberg bağı), lateral menisküs'ün bir uzantısıdır ve lig. cruciatum posterius'un arkasından geçer. Bu bağlar, femurun medial kondiline yapışarak diz fleksiyonunda lateral menisküsü kontrol eder (46,47).



Şekil 5. Diz Eklemi Ligamentleri (37)

2.1.4 Dik Eklemdeki Bursalar

2.1.4.1 Bursa Suprapatellaris

Lig. patellae ile femur arasında bulunan bu bursa, eklem boşluğu ile bağlantılıdır. Dizde efüzyon mevcut olduğunda, suprapatellar bursa da etkilenebilir (55).

2.1.4.2 Bursa Prepatellaris

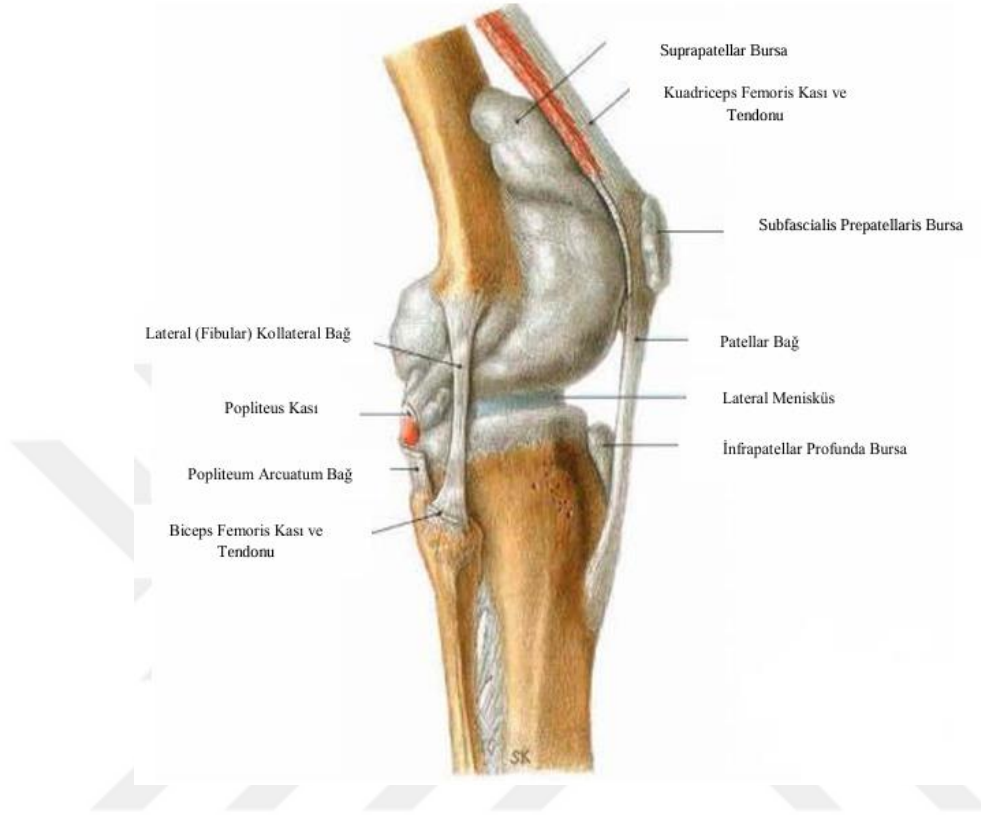
Patella'nın anterior kısmında yer alır ve eklemle doğrudan bağlantısı yoktur (55).

2.1.4.3 Bursa Subcutanea İnfrapatellaris

Deri ile tuberositas tibia arasında bulunan bursadır (55).

2.1.4.4. Bursa İnfrapatellaris

Patellanın arkasında ve tibia ile QF kas tendonunun arasında yer alır (47).



Şekil 6. Diz Eklemindeki Bursalar (37)

2.1.5. Muskulotendinöz Yapılar

2.1.5.1 M. Quadriseps Femoris

QF kası, uyluğun ön kısmında bulunan bir kastır. Bu kas, dört farklı kas grubundan oluşur: rektus femoris, vastus lateralis, vastus medialis ve vastus intermedius. Yüzeyel tabakayı oluşturan rektus femoris, iki başlı bir kastır ve pelvisin spina iliaca anterior inferioru ile acetabulum'un üst kısmından köken alır. Derin tabakayı oluşturan vastus intermedius kası, femur corpusunun ön yüzeyinde bulunur. Bu kas grupları, distalde kuadriseps tendonunu oluşturur ve lig. patellae ile birleşerek tuberositas tibia'da sonlanır. En temel görevi diz ekstansiyonunu gerçekleştirmektir. Ayrıca, rektus femoris kası aracılığıyla kalça fleksiyonuna da katkıda bulunur. Femoral sinir tarafından innerve edilir (34).

2.1.5.2 M. Tensor Fascia Lata

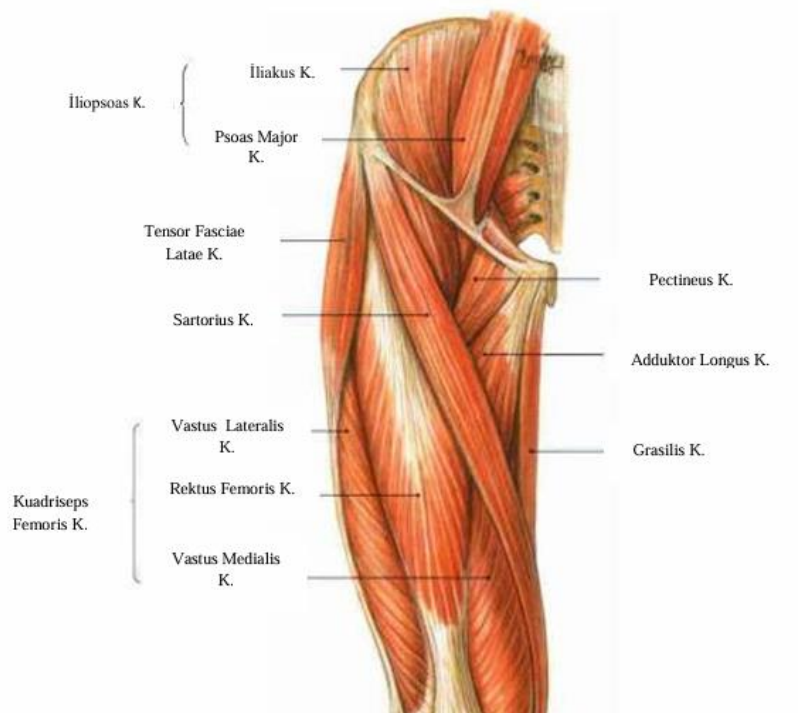
Spina iliaca anterior superior ve crista iliaca'nın anterior kısmından başlayan bu kas, iliotibial tractus'ta sonlanır. Kalça fleksiyonu, iç rotasyon ve abduksiyon yapma, temel görevlerindendir. Ayrıca, iliotibial tractusla birlikte dizin ekstansiyonuna da yardımcı olur (56).

2.1.5.3 M. Gracilis

Pubis'in ramus inferior'undan başlayan bu kas, tuberositas tibia'nın medialine yapışır ve pes anserinus'un bir parçasıdır. Dize fleksiyon ve iç rotasyon yaptırırken, kalçaya fleksiyon ve addüksiyon sağlar. N. obturatorius tarafından innerve edilir (47).

2.1.5.4 M. Sartorius

Spina iliaca anterior superior'dan başlayan bu kas, tuberositas tibia'ya yapışır ve pes anserinus'un bir parçasıdır. Vücudun en uzun kası olan bu kas, kalça ve diz fleksiyonu, kalça abduksiyonu ve dış rotasyonu gerçekleştirir. Aynı zamanda kalçanın en güçlü fleksörüdür. Sartorius kasını n. femoralis innerve eder (47).



Şekil 7. Diz Eklemi Kaslarının Anterior Yüzeyi Görünümü (37)

2.1.5.5 M. Biceps Femoris

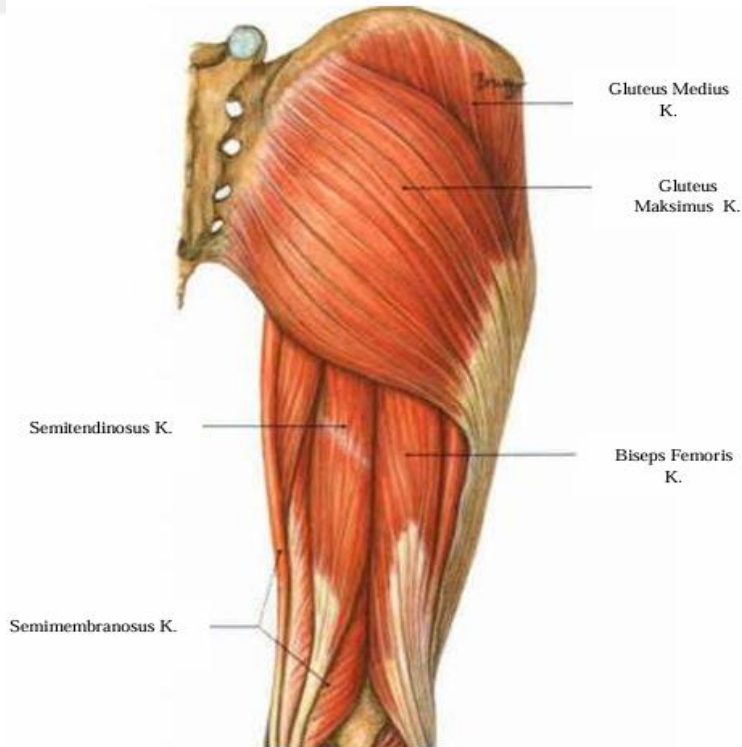
Hamstring kas grubunun bir üyesi olan biceps femoris, uyluğun arkasında bulunur ve iki başlı bir kaktır. Caput longum, tuber ischiadicum'dan köken alırken; caput breve, linea aspera'dan başlar. Her iki baş distal bölgede birleşir ve caput fibula'da sonlanır. Biceps femoris, dize fleksiyon ve kalçaya ekstansiyon yaptırır ve dizi rotasyonel kuvvetlere karşı korur. Caput longum, n. tibialis tarafından; caput breve ise n. fibularis communis tarafından innerve edilir (36,47).

2.1.5.6 M. Semitendinosus

Tuber ischiadicum'dan başlayan bu kas, tibia'nın medial kondiline yapışır ve hamstring kas grubunun bir parçasıdır. Dize fleksiyon, fleksiyonda tibianın iç rotasyonu ve kalçaya ekstansiyon yaptırır. N. tibialis tarafından innerve edilir (47).

2.1.5.7 M. Semimembranosus

Tuber ischiadicum'dan başlayıp tibia'nın medial kondiline yapışan bu kas, hamstring kas grubundan biridir. Dize fleksiyon, fleksiyonda tibianın iç rotasyonu ve kalçaya ekstansiyon yaptırır. N. tibialis tarafından innerve edilir (47).



Şekil 8. Diz Eklemi Kaslarının Posterior Yüzey Görünümü (37)

2.1.6 Diz Eklemine Vasküler ve Nöral Anatomisi

Dizin vaskülarizasyonu, femoral ve popliteal arterlerin dalları tarafından gerçekleştirilir. Bu damarların dalları, eklem kanlanması sağlayan rete articulare genus ve rete patellare adlı anastomoz ağlarını oluşturur (35).

Popliteal arter, femoral arterin devamı olarak popliteal fossa'ya ilerler. Popliteus kasının altında, arter ön ve arka tibial dallara ayrılır. Arterin arka yüzeyinde semimembranosus kası, altta ise gastrocnemius ve plantaris kasları bulunur. Arka yüzeyde popliteal ven ve tibial sinir yer alır. Ayrıca, hamstring, adduktör magnus, gastrocnemius, soleus ve plantaris kaslarına dallar sağlar. Femoral arterin bir dalı olan geniküler arter ise m. vastus medialis'in kanlanmasından sorumludur (39,57). Medial geniküler arter menisküslerin beslenmesini üstlenirken, lateral geniküler arter de menisküslerle ilgili kan akışını sağlar. Orta geniküler arter ise ön ve çapraz bağların beslenmesinden sorumludur (57).

Diz eklemine inervasyonu n. tibialis, n. femoralis ve n. peroneus communis tarafından sağlanmaktadır. N. tibialis, gastrocnemius, soleus, popliteus ve plantaris longus kaslarına motor dallar verir (39).

2.2 Menisküs Anatomisi

Menisküsler, femur kondilleri ile tibia arasında yer alan ve yarım ay biçiminde olan fibröz kıkırdak yapılardır (58). Yaklaşık 3,5 cm uzunluğunda olan bu yapılar, gövde ve arka boynuz olmak üzere iki ana bölümden oluşur. Merkeze doğru incelen menisküslerin femoral yüzeyi konkav, tibial yüzeyi ise düz bir yapı gösterir (59). Menisküsler, lateral platonun %70'ini ve medial platonun ise %50'sini kaplayarak, normalde 3 ila 5 mm arasında değişen bir yüksekliğe sahiptir (60).

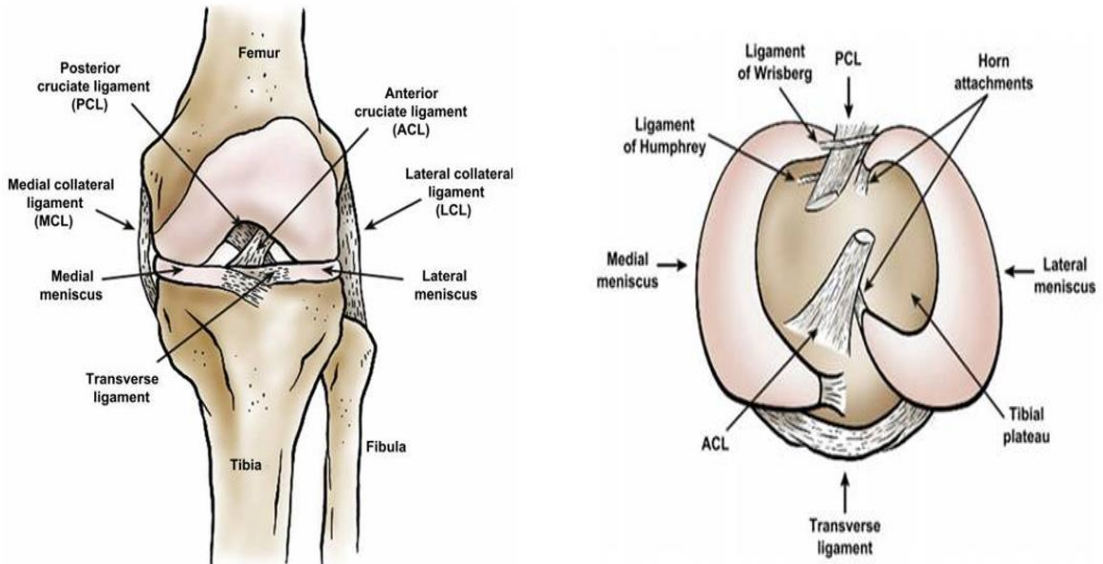
Menisküsler, tibia'ya ön ve arka uçları aracılığıyla insersiyonel ligamentlerle bağlanır. Periferik bölgeleri, eklem kapsülüne bağlıdır. Ayrıca, menisküslerin ön uçları transversum genus adlı bir bağ ile birbirine bağlanır, bu sayede menisküsler senkronize bir şekilde hareket ederler (59).

Lateral menisküs, kapalı bir C harfi şeklindedir; tibianın interkondiler bölgesindeki ön boynu, ÖÇB'nin dış kısmına yapışır. Arka boynu ise, medial menisküsün arka boynuzunun ön kısmına tutunur. Lateral menisküsün arka dış kısmında yer alan oluk,

popliteus kasının tendonuyla birleşir. Ayrıca, lateral menisküsün arka boynuzundan, femura doğru iki grup bağ yapısı uzanır. Bunlardan biri, arka çapraz bağın arkasında yer alan Wisberg bağı, diğeri ise arka çapraz bağın ön kısmında bulunan Humphry bağıdır (61).

Medial menisküs, yarım daire şeklindedir ve ağzı, lateral menisküse kıyasla daha geniş ağıya sahiptir. Ön boynu, tibial insersiyonundan yaklaşık 6-8 mm önde, anterior interkondiler fossaya bağlanır. Arka boynu ise, area interkondilaris posteriorda, arka çapraz bağ ile lateral menisküsün arka ucu arasındaki bölgeye yapışır. Periferik bölgesi meniskotibial ligamanla, orta kısmı ise medial kollateral ligamanla sıkı bir şekilde bağlanır. Bu nedenle, medial menisküs, lateral menisküse oranla daha az hareketlidir ve bu durum onun daha fazla yaralanma riskine sahip olmasına yol açar (61).

Artroskopik tamir açısından, her iki menisküsün arka üçte bir bölgesi çevresindeki anatomik yapılar nedeniyle kritik bir öneme sahiptir. Lateral bölgede peroneal sinir, medialde ise safen ven ve safen sinir bulunur. Orta hattın hafif lateralinde, popliteal damar ve sinir paketinin içinde popliteal arter önde yer alır. Bu anatomik düzen, arka boynuzla ilgili yapılan artroskopik onarımlar sırasında bu yapıların cerrahi müdahaleye maruz kalma riskini artırır (62).



Şekil 9. Menisküs Anatomisinin Posterior ve Superior Yüzey Görünümü (63)

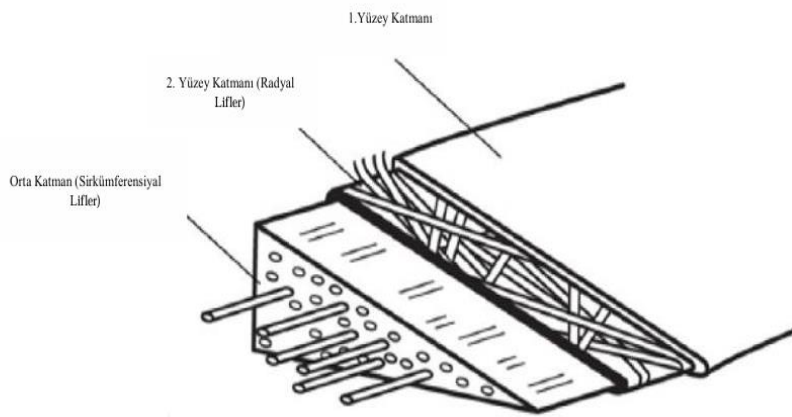
2.3 Menisküslerin Histolojik ve Biyokimyasal Özellikleri

Menisküsler, fibrokartilajinöz yapıya sahip olup hücreler ve ekstraselüler matriksten oluşur. Bu yapıdaki temel hücreler fibrokondrositlerdir ve ekstraselüler matriksin oluşumundan sorumludur (64,65). Menisküslerin yaklaşık %70-75'i su, %20-22'si kolajen, %6-8'i glikozaminoglikanlar ve %1'i deoksiribonükleik asit (DNA) içerir (66).

Menisküslerdeki kolajen yapısının büyük bir kısmı, yani %90'ı, tip 1 kolajenden oluşur. Diğer kolajen tipleri -tip 2, 3, 5 ve 6- ise tüm kolajen yapısının sadece %1-2'sini oluşturur. Tip 2 kolajen, hyalin kıkırdakta ağırlıklı olarak bulunurken, menisküste tip 1 kolajen daha fazla miktarda bulunur (67).

Proteoglikanlar, menisküsün yaklaşık %1-2'sini oluşturur ve hidrofilik özellikleri sayesinde kompresif yüklenmelere karşı direnç gösterir. Bu özellikler, menisküsün basınca karşı dayanıklılığını, proteoglikanların büyüklüğü, su tutma kapasitesi ve elektrostatik itme etkileriyle belirler (68).

Menisküsün biyomekanik özellikleri açısından, kolajen liflerinin düzenli bir organizasyonu ve yapısı idealdir; radial lifler, sirküferansiyel lifleri bağlayarak menisküsün tutunmasını sağlar. Radial liflerdeki hasar, longitudinal yırtıklara yol açarken, dairesel liflerdeki hasar ise radial yırtıklara neden olur (69).



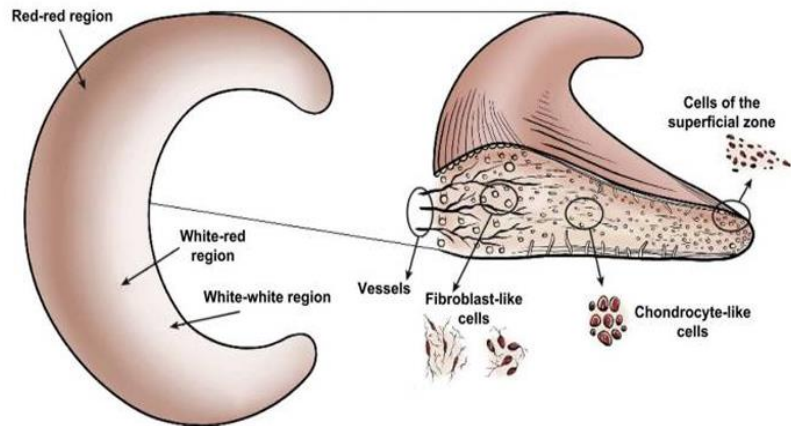
Şekil 10. Menisküs Yüzey Katmanları (70)

2.4 Menisküslerin Vaskülerizasyonu

Menisküslerin büyük kısmı avasküler olup, merkezi bölgeleri eklem sıvısından beslenirken, periferik kısımlar lateral ve medial geniküler arterlerden beslenir. Bu nedenle, periferik bölgedeki yırtıklar, merkezi bölgedeki yırtıklara göre daha iyi iyileşme gösterir (71).

Lateral ve medial geniküler arterlerin süperior ve inferior dalları, perimeniskeal kapiller pleksusları kapsül etrafında oluşturur ve bu damarlar eklemin merkezine doğru uzanır. Menisküslerin tamamı doğumda damarlanmış olup, yaş ilerledikçe iç ve orta bölgeleri avasküler hale gelir (72).

Menisküslerin kanlanması, 'Beyaz-Beyaz', 'Kırmızı-Beyaz' ve 'Kırmızı-Kırmızı' olmak üzere üç zona ayrılır. 'Kırmızı-Kırmızı' bölge iyi bir kanlanma sağlarken, 'Beyaz-Beyaz' bölge avaskülerdir. Ayrıca, menisküslerin boynuz kısımları gövde kısımlarına göre daha fazla kanlanır (63).



Şekil 11. Menisküslerin Vaskülerizasyonu (63)

2.5 Menisküs İnnervasyonu

Menisküslerin periferik ve medial 1/3 kısmında serbest sinir uçları bulunurken, ön ve arka boynuzlarda mekanoreseptörler yer alır (67). Medial menisküs yırtığı sonrası proprioepsiyon bozulmuş, tedavi sonrasında ise iyileşme sağlanmıştır. Bu durum, menisküslerin derin duyu fonksiyonlarına katkı sağladığını gösterir (73).

Menisküslerin innervasyonu, tibial sinirin posterior auriküler dalı ve safen sinirin medial artiküler dalı tarafından sağlanır. Sinirlerin dağılımı, damarlarla paralel şekilde daha yoğun olarak periferik bölgelerde yer alırken, ön ve arka boynuzların sinirsel beslenmesi, menisküsün gövdesine kıyasla daha fazladır (64).

Menisküslerde üç farklı mekanoreseptör türü mevcuttur:

Ruffini mekanoreseptörleri: Basıncıdaki değişimleri ve eklem pozisyonunun statik durumunu algılar.

Golgi mekanoreseptörleri: Eklem hareket açıklığı sınırına ulaşıldığında koruyucu bir refleks inhibisyonu meydana getirir.

Pacini mekanoreseptörleri: İvme ve gerilimdeki değişiklikleri algılar (74).

2.6 Menisküs Fonksiyonları

Menisküslerin diz eklemindeki biyomekanik fonksiyonları büyük bir öneme sahiptir. Bu yapılar, femur ve tibia arasındaki kuvvetlerin dağılımını ve iletimini sağlamak için temel bir rol oynar. Vertikal kuvvetler, menisküsler aracılığıyla dairesel strese dönüşür ve bu da eklem kıkırdağındaki aksiyel yükün hafifletilmesine katkı sağlar. Menisküsler, tibia eklem yüzeylerini derinleştirerek yuvalar oluşturur ve femur kondilleri ile uyumlu bir yapı sağlar, böylece eklem stabilitesini artırır. Ayrıca, femur ile tibia arasındaki tampon işlevi sayesinde, femoral basınç daha geniş bir tibial yüzeye yayılır (75,76,77).

Eklem stabilitesini artıran menisküsler, diz eklemindeki boşlukları doldurarak önemli bir rol oynar. Bu stabilizatör etkileri, dizin fleksiyondan ekstansiyona geçişi sırasında kayma ve rotasyon hareketleriyle daha belirgin hale gelir. Fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sırasında menisküsler, sinovyal ve kapsüler yapıların eklem içine sıkışmasını önler. Sinovyal sıvının eklem yüzeyine dengeli bir şekilde dağılmasını sağlayarak eklem kıkırdağının beslenmesine katkıda bulunurlar. Ayrıca, ÖÇB'nin yokluğunda sekonder diz stabilizasyonunu sağlama işlevi görürler. (78,79).

2.7 Menisküs Yaralanma İnsidansı ve Mekanizması

Menisküs yaralanmalarının görülme sıklığı, her 100.000 kişide 60-70 arasında ölçülmektedir. Erkek/kadın oranı 2.5/1 olup, kadınlarda bu tür yaralanmalar genellikle

10-20 yaşları arasında, erkeklerde ise 20-30 yaş aralığında daha sık görülür. Medial menisküs yırtıkları, lateral menisküs yırtıklarına kıyasla 3'e 1 oranında daha fazla rastlanmaktadır. 30 yaş altındaki yaralanmalar çoğunlukla travmalara bağlıyken, 30 yaş ve üzerindeki bireylerde ise daha çok dejeneratif süreçler gözlemlenir (80).

Menisküs yaralanmalarının %95'i dolaylı mekanizmalarla, %5'i ise doğrudan mekanizmalarla gerçekleşir. Direkt mekanizmalar arasında diz bölgesine gelen darbeler, trafik kazaları ve spor yaralanmaları yer alır. Spor yaralanmaları arasında ise en yaygın neden futbol olup, bunu sırasıyla atletizm, Amerikan futbolu ve kayak izler. Bu hastalarda menisküs yırtılmasının oluşma mekanizması, dizin kısmi fleksiyonda iken rotasyonel kuvvetlere maruz kalmasıdır (81).

İndirekt yırtılmalar genellikle yaşlanmaya bağlı olarak menisküslerde ortaya çıkan dejeneratif değişikliklerden kaynaklanır. Bu değişiklikler, menisküslerde hücre sayısının, kolajen ve glikozaminoglikan içeriğinin azalması ve su içeriğinin artması ile ilişkilidir. Menisküs yaralanma riskini artıran faktörlerin yanı sıra, diz hizası bozuklukları, mekanik aks anormallikleri, bağ yaralanmaları, QF kas gücü eksiklikleri ve doğuştan gelen eklem esnekliğindeki artış gibi durumlar da bu riski tetiklemektedir (66, 80, 81).

2.8 Menisküs Yırtıklarının Sınıflaması

Menisküs yırtıklarında, artroskopik görüntüler temel alınarak, yırtığın biçimine göre O'Connor sınıflandırması kullanılmaktadır (82).

Bu sınıflandırmaya göre, menisküs yırtıkları beş farklı grupta kategorize edilebilir:

1. Longitudinal yırtıklar
2. Horizontal yırtıklar
3. Oblik yırtıklar
4. Radyal yırtıklar
5. Varyasyonlar arasında kompleks ve dejeneratif yırtıklar

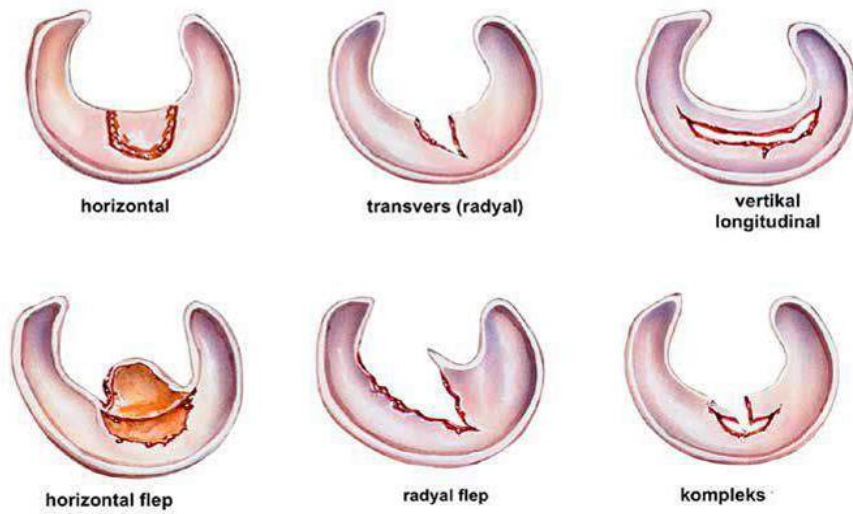
Longitudinal yırtıklar, genellikle travma sonucu gelişir ve menisküsün kenarına paralel bir şekilde meydana gelir. Eğer yırtıkta serbest bir parça varsa, buna "kova sapı yırtığı" denir. Yırtığın kapsüle yakın bir bölgede oluşması durumunda ise "periferik yırtık" olarak tanımlanır.

Horizontal yırtıklar, menisküsü üst ve alt olmak üzere iki ayrı kısma ayırır. Bu tür yırtıklar, genellikle kompleks ve flep tipi yırtıkların başlangıcı olarak kabul edilir.

Oblik yırtıklar, menisküsün iç kısmından başlayıp dışa doğru yayılan tam kat yırtıklardır. Yırtığın tabanının bulunduğu bölgeye göre farklı adlandırılır; taban önde yer alıyorsa "anterior oblik yırtık", arkada ise "posterior oblik yırtık" olarak tanımlanır.

Radyal yırtıklar, menisküsün iç bölgesinden başlayıp dışa doğru ilerler ve bu yırtıklar tam kat ya da parsiyel şekilde görülebilir (83, 84).

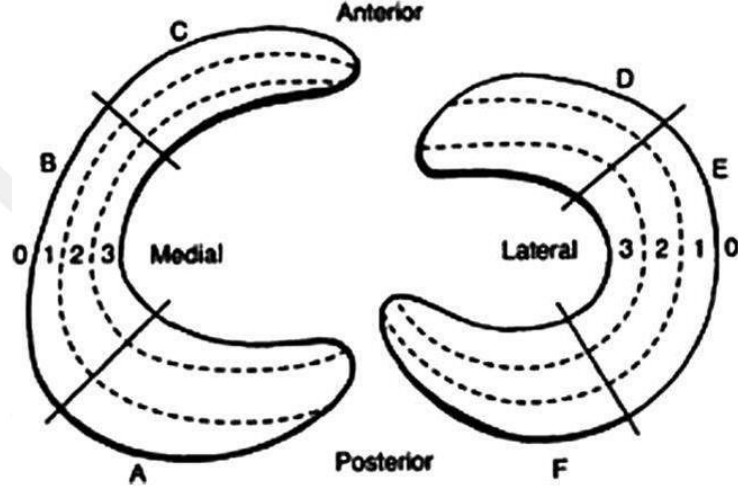
Kompleks yırtıklar, en az iki farklı yırtığın bir arada görüldüğü ve stabil olmayan yırtık tipidir. Bu tür yırtıklar genellikle dejeneratif menisküslerde ortaya çıkar (85,86).



Şekil 12. Menisküsün Yırtık Şekline Göre Sınıflandırması (87)

Yırtığın lokalizasyonunu belirlemek için Cooper ve arkadaşları tarafından geliştirilen sınıflama kullanılmaktadır. Bu sınıflamaya göre, medial menisküsün posteriorundan lateral menisküsün posterioruna kadar ön, orta ve arka olmak üzere üç ana

bölge (A-F) ve meniskokapsüler bileşkeden santrale doğru dört bölge (0-3) olmak üzere toplam altı bölgeye ayrılmaktadır (88,89).



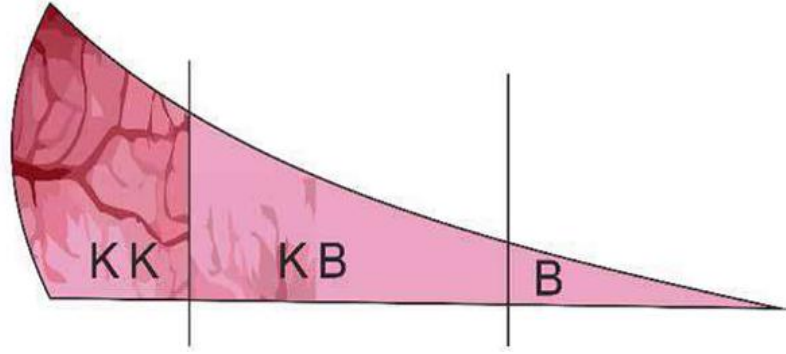
Şekil 13. Menisküs Yırtıklarında Cooper Sınıflandırması (90)

Menisküs yırtıklarının sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem, yırtığın derinliğine göre yapılan sınıflamadır. Bu sınıflamaya göre, yırtıklar tam kat veya kısmi kat olarak gruplanmaktadır (89). Ayrıca, menisküslerin vasküler yapılarına göre de bir sınıflandırma yapılmaktadır.

1. Kırmızı-kırmızı bölge yırtıkları: Meniskokapsüler bölgeye en fazla 3 mm uzaklıkta olan yırtıklardır. Her iki ucu da vasküler bölgelerde bulunduğu için genellikle iyileşme problemleri yaşanmaz.

2. Kırmızı-beyaz bölge yırtıkları: Meniskokapsüler bölgeye uzaklığı 3 ile 5 mm arasında değişen yırtıklardır. Bu yırtıklarda sadece bir kenar damarlı olduğu için iyileşme oranı daha düşüktür. İyileşme sorunu yaşanmasa bile, bu tür yırtıkların iyileşmesini desteklemek için tedavi yöntemleri uygulanmalıdır.

3. Beyaz-beyaz bölge yırtıkları: Menisküs kapsülüne 5 mm'den daha uzak olan yırtıklardır. Bu yırtıkların her iki ucu da damarsız olduğundan, bu bölgede iyileşme olasılığı çok düşüktür (89,91).



Şekil 14. Menisküs Yırtıklarında Vasküler Sınıflandırma (92)

2.9 Menisküs Yırtıklarında Tanı

2.9.1 Öykü

45 yaş altındaki bireylerde diz bölgesinde en sık görülen sorunlar, bağ yaralanmaları ve menisküs yırtıklarıdır. 45 yaş üstü bireylerde ise dejeneratif hastalıklar daha öne çıkar. Bu yaş grubunda menisküs yırtıkları da gözlemlense de genellikle dejeneratif bir temele dayanır. Dejeneratif değişiklikler genellikle diz ekleminde bilateral olarak görülürken, genç yaşlarda menisküs yırtıkları çoğunlukla travmalara bağlı ve tek taraflıdır. Bununla birlikte, gençlerde menisküslerin mukoid dejenerasyonu non-travmatik yırtıklara da neden olabilir (93,94).

Menisküs yırtığı olan hastalar, yaşları ne olursa olsun en sık dizde instabilite ve ağrı şikayetleriyle başvururlar. Daha nadiren ise eklem şişliği ve kilitlenme hissi gibi belirtiler görülür. Menisküs yırtıklarında ağrı genellikle eklem aralığında hissedilse de bazı hastalarda patellar bölgesinde de ağrı duyabilir. Bu nedenle, ağrının doğru şekilde tanımlanabilmesi için hastadan ayrıntılı bir açıklama alınmalı ve ağrının yürüyüş, istirahat, oturma, merdiven inip çıkma, egzersiz ve eklem hareketleriyle ilişkisi değerlendirilmelidir.

Menisküs yırtıklarında kilitlenme görülebilse de diz ekleminde serbest cisimlerden kaynaklanabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Yalancı kilitlenmenin yaygın nedenlerinden biri olan osteokondritis dissekans, ayırıcı tanı sürecinde mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

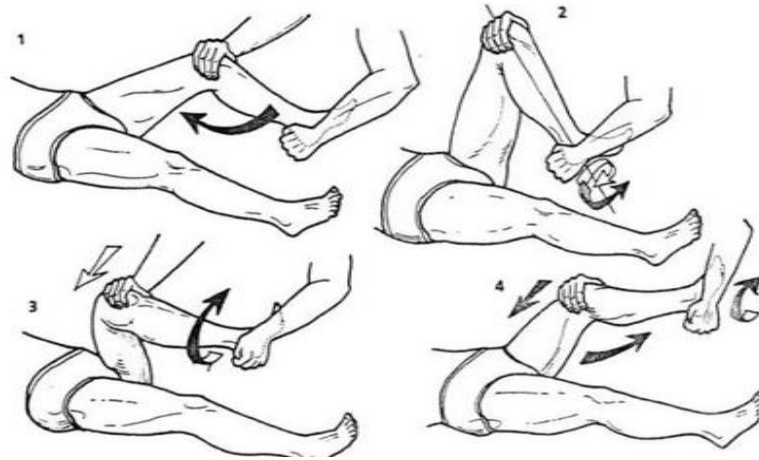
Dizde oluşan şişlik genellikle patella çevresinde yoğunlaşır ve diz ekleminin şeklinin kaybolmasına kadar ilerleyebilir. Akut şişlikler çoğunlukla eklem içi kanamadan kaynaklanır ve menisküs yırtıkları, intraartiküler kırıklar, ligament yaralanmaları ve travmatik patella çıkığı gibi durumlar sık görülen nedenlerdendir. İnstabilite ise hastalar tarafından “diz ekleminin boşalması” olarak tanımlanır ve günlük aktiviteler veya zorlayıcı hareketler sırasında meydana gelip gelmediği değerlendirilmelidir. İnstabilite, özellikle kova sapı yırtıkları ile daha sık görülür (95, 96).

2.9.2 Menisküs tanı testleri

Menisküs yırtıklarını değerlendirmek için çeşitli testler mevcuttur. Bunlar arasında McMurray, Ege, Apley, Steinman, Thessaly, Squat, Boehler testleri ve eklem aralığı hassasiyeti bulunur. Ancak, en sık başvurulanan testler, eklem hassasiyeti ile birlikte McMurray, Apley ve Ege testleridir (97).

2.9.2.1 Mc Murray Testi

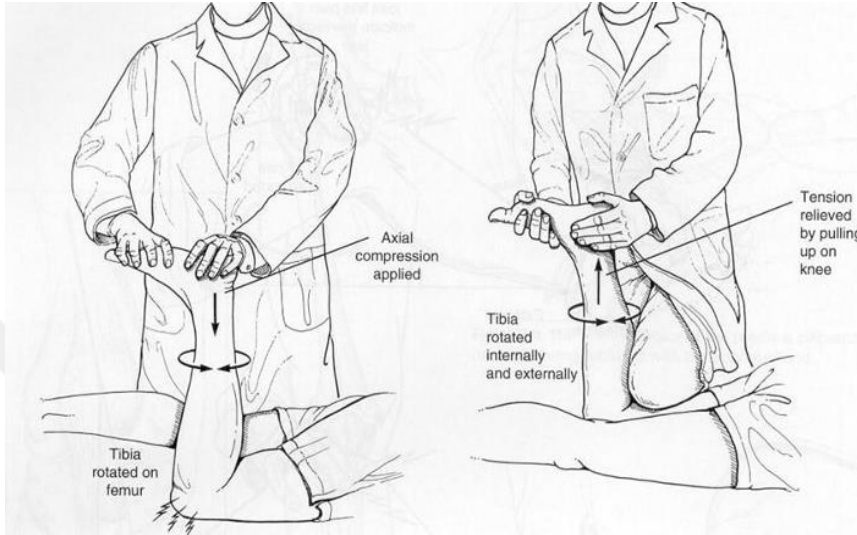
Hastayı supin pozisyonunda yatacak şekilde yerleştirin ve etkilenmiş dizini tamamen fleksiyona getirmesini isteyin. Medial menisküsün değerlendirilmesi için, hastanın ayağının arka kısmını tutarak dış rotasyona getirin ve dizde varus pozisyonu oluşturarak pasif ekstansiyon uygulayın. Eğer medial eklem çizgisinde hassasiyet veya klik sesi hissedilirse, test pozitif kabul edilir. Lateral menisküs yırtığını değerlendirmek için ise, dizin iç rotasyonu ve valgus pozisyonunda pasif ekstansiyon yaptırılır. (98).



Şekil 15. Mc Murray Testi Uygulaması (99)

2.9.2.2 Apley Testi

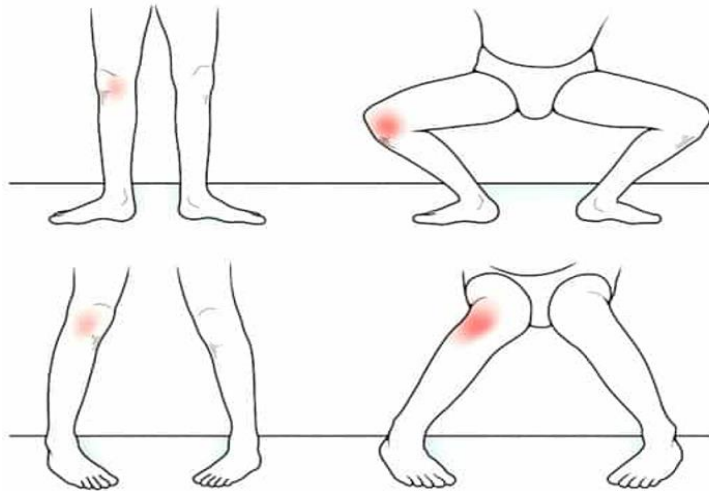
Posterior menisküs yırtıklarını değerlendirmek için yapılan bu testte, hasta pron pozisyonda yatırılır. Dizler 90 derece fleksiyonda tutulurken hem kompresyon hem de distraksiyon uygulanır ve ardından dize iç ve dış rotasyon hareketleri yaptırılır. Test sırasında, hasta eklem çizgisi üzerinde ağrı hissederse, bu durum testin pozitif olduğunu gösterir. (98).



Şekil 16. Apley Testi Uygulaması (99)

2.9.2.3 Ege testi

Önce hastaya dizlerini iç ve dış rotasyonda tutarak çömelme hareketi yaptırılır. İç rotasyonda ağrı olursa lateral menisküs yırtığı, dış rotasyonda ağrı olursa medial menisküs yırtığı olabileceği düşünülür (98).



Şekil 17. Ege Testi Uygulaması

2.10 Menisküs Görüntüleme Yöntemleri

2.10.1 Direkt radyolojik inceleme

Eklem ve kemik değerlendirmelerinde olduğu gibi, diz eklemine incelenmesinde de öncelikle başvurulacak görüntüleme yöntemi direkt radyografidir. Rutin radyolojik incelemede, antero-posterior ve lateral grafi tercih edilir. Antero-posterior grafilerde hasta ayakta dururken, lateral grafi ise dizin yaklaşık 20-30 derece fleksiyona geldiği ve hastanın istenilen dizinin üzerine yatar pozisyonda olduğu durumda çekilir (100,101).

Duruma bağlı olarak, patella tanjansiyel grafisi veya tünel grafisi gibi alternatif görüntüler de kullanılabilir. Ancak, geleneksel radyografik incelemeler menisküs yırtıklarının doğrudan değerlendirilmesi için yeterli değildir. Bununla birlikte, dizin lateral ve medial kondillerinin yük taşıyan bölümleri, proksimal fibula ve tibia, lateral ve medial eklem aralıkları, patella, eklem içi serbest cisimler, yumuşak dokular, kalsifiye diskler ve dejeneratif süreçler gibi yapılar incelenebilir. Menisküs lezyonları olan hastalarda eklem aralığında daralma da izlenebilir (102,103).

2.10.2 Artrografi

MRG'nin yaygınlaşmasıyla birlikte artrografi artık daha nadir kullanılan bir yöntemdir. Artrografi, genellikle floroskopi altında suprapatellar boşluğa hava enjekte edildikten sonra 5-10 cc kontrast madde uygulandıktan sonra ardışık radyografik görüntüler elde edilir (100,101,104).

2.10.3 Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Kemik tümörleri ve kırıkların detaylı değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. İntraartiküler kontrast madde enjeksiyonu kullanıldığında, patellar kırık, sinovyal pлика ve çapraz bağlar da değerlendirilebilir. Ayrıca, son teknolojilerle üç boyutlu görüntüleme seçenekleri sunulmaktadır (101,102).

2.10.4 Ultrasonografi

Ultrasonografi (USG), özellikle tromboflebit ile semptomatik rüptüre popliteal kistlerin ayırımında faydalı bir yöntemdir. Popliteal arter anevrizması ile popliteal kist arasındaki farkın belirlenmesinde de USG kullanışlıdır. Eklem efüzyonları, USG ile

kolayca değerlendirilebilir; ancak menisküs, tendon ve bağ patolojilerinin incelenmesinde USG genellikle yeterli olmayabilir (105, 106).

2.10.5 Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

MRG, invazif olmayan bir yöntem olarak çok düzlemli görüntü sağlar ve menisküsler, bağlar, medüller kemik ile kıkırdak yapıları hakkında bilgi edinmemize yardımcı olur. Bu teknoloji, hidrojen atomlarının manyetik alandaki hareketlerini görüntüler. Menisküsler hidrojen atomu içermediğinden, MRG görüntülerinde menisküsler siyah renkte görünür. Eğer menisküslerin bulunduğu bölgede beklenmedik bir opasite (açıklık) fark edilirse, bu genellikle patolojik bir durumun varlığına işaret edebilir (100,101).

Yaşla birlikte, MRG sonuçlarında menisküslerde sinyal yoğunluğunda artış gözlemlenebilir. Ancak bu sinyal değişikliklerini artroskopik olarak her zaman tespit etmek mümkün olmayabilir. Bu yüzden menisküs lezyonları MRG bulgularına göre sınıflandırılmıştır ve bu sınıflama genellikle Stoller ve arkadaşlarının evrelerine göre yapılmaktadır:

Grade I: Menisküsün iç yapısında, eklem yüzeyleriyle ilişkili olmayan globüler tarzda yüksek sinyal alanları (erken mukoid dejenerasyon) gözlemlenir. Bu değişiklikler genellikle 20 yaş üstü bireylerde görülür ve çoğu zaman klinik belirtilerle ilişkilendirilmez. Histopatolojik incelemede, bu evre fokal kondrosit kaybı ve menisküste erken aşama müsinoz dejenerasyon olarak tanımlanır.

Grade II: Menisküsün iç yapısında, horizontal düzlemde oluşmuş lineer yüksek sinyal yoğunlukları gözlemlenir. Bu sinyal değişiklikleri menisküsün eklem yüzeyleriyle ilişkili değildir. Genellikle belirgin semptomlara yol açmazlar, ancak bazen semptomatik hale gelebilirler. Evre I müsinoz dejenerasyonunda gözlenen histopatolojik değişiklikler genişler ve kalın demetler oluşturur. Ancak bu durum gerçek bir menisküs yırtığı olarak değerlendirilmez çünkü lezyon menisküsün eklem yüzeylerine ulaşmadığı için artroskopik muayenede görülmez. Bu evrede, genellikle medial menisküsün arka boynuzunda horizontal düzlemde yüksek sinyal alanları gözlemlenir. Bu yüksek sinyal bölgeleri menisküsün eklem yüzeyleri ile ilişkili değildir. Çocuklar ve genç yaş gruplarında görülen menisküs içindeki horizontal yüksek sinyal alanları genellikle normal

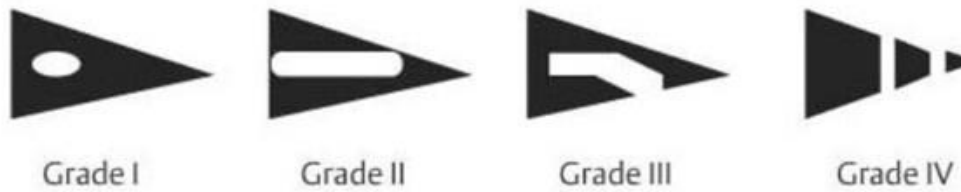
nörovasküler yapılarla ilişkilidir ve patolojik kabul edilmez. Evre II dejenerasyonlarında, horizontal hiperintensiteler, menisküsün arka boynuzlarının periferik alanlarında başlayıp meniskokapsüler bileşeye kadar yayılabilir.

Grade III: Bu aşamada, menisküsün eklem yüzeyine ulaşan yırtıklar gözlemlenir. Evre III, iki alt gruba ayrılır: IIIa ve IIIb.

Grade IIIa: Bu aşamada menisküslerde lineer veya oblik tarzda hiperintensiteler, menisküsün üst veya alt eklem yüzeyleri ile ilişkilendirilir. Bu tür yırtıklar, menisküs yüzeyine kadar ilerlediklerinden dolayı artroskopi ile gözlemlenebilirler. Evre IIIa menisküs yırtıklarının özel bir türü horizontal klivaj yırtıklarıdır. Klivaj yırtıkları genellikle medial menisküsün arka boynuzlarında oluşur, oblik bir şekilde seyreder ve arka boynuz serbest köşesine ulaşmadan alt eklem yüzeyi ile ilişkilidir. Bu tür yırtıklar genellikle asemptomatiktir (76,107).

Grade IIIb: Bu aşamada, menisküsün iç yapısında hem üst hem de alt eklem yüzeyleri ile ilişkili hiperintens alanlar gözlemlenir. Ayrıca, sadece bir eklem yüzeyiyle ilişkili olan ve eklem yüzeyine ulaşan kısmı geniş olan yırtıklar, Evre IIIb olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tür yırtık çeşitleri artroskopik inceleme ile de tespit edilebilir (76).

Grade IV: Bu aşamadaki yırtıklarda, eklem yüzeyine kadar yayılan yırtığa ek olarak, menisküsün distorsiyonu da belirlenir. Bununla birlikte, periferik ve ayrılmamış yırtıkların MRG ile tanısı zor olabilir (76,108).



Şekil 18. Menisküs Yırtıklarında Grade Derecelendirmesi (109)

2.11 Menisküs Yırtığında Tedavi Yöntemleri

Menisküs lezyonlarının tedavisinde son 30 yılda önemli bir ilerleme kaydedilmiştir. Artık, total menisektomi gibi eski yöntemler yerine, bazı menisküs yırtıklarının kendiliğinden iyileşme potansiyeline sahip olduğu ve cerrahi müdahale gerektirmediği görüşü benimsenmiştir.

Tedavi yöntemlerini belirlerken dikkate alınması gereken kriterler şu şekilde sıralanabilir:

1. Hastanın yaşı
2. Hastanın meslek durumu ve kriterleri
3. Hastanın aktivite düzeyi
4. Yırtığın türü, uzunluğu, yerleşimi ve stabilitesi
5. Diğer eşlik eden travmalar (110).

Bir menisküs yırtık ya da hasar tanısı konduktan sonra, yırtığın kendi haline bırakılıp bırakılmayacağı veya cerrahi tedavi gerektirip gerektirmediği sorularına cevap verilmelidir. Cerrahi tedavi gerektirmeyen menisküs hasarları aşağıda listelenmiştir:

1. Stabil, tam kat olmayan, %50'den az, 15 mm uzunluğunda veya daha kısa yırtıklar
2. Menisküsün tüm kalınlığını kapsayan, 10 mm veya daha kısa, vertikal, oblik, stabil yırtıklar (prob ile 3 mm'den az deplasman göstermelidir)
3. 5 mm'yi aşmayan kısa radial yırtıklar

2.11.1 Konservatif Yöntemler

Konservatif tedavi, stabil, küçük veya asemptomatik yırtıklar için önerilmektedir. Ayrıca, yaşlı hastalarda eklem dejenerasyonuna eşlik eden ancak mekanik semptomları bulunmayan yırtıklar veya cerrahi müdahaleye karşı medikal kontrendikasyonları olan durumlarda da konservatif tedavi tercih edilebilir.

Konservatif tedavi, ağrının kontrol altına alınması ve aktivite modifikasyonları ile yapılmalıdır. Akut dönemde uygulanabilecek tedavi yöntemleri arasında istirahat, bölgesel soğuk uygulama, elevasyon ve kompresyon, steroid olmayan antienflamatuar ilaçlar veya asetaminofen gibi oral analjezikler ve analjezik akımlar gibi çeşitli fizik tedavi modaliteleri mevcuttur. Ayrıca, diz eklemindeki patolojilerde eklem hareket açıklığı egzersizleri az sayıda tekrar ile de olsa yapılmalıdır. (111,112,113).

"Soğuk uygulama, analjezik etkisi sayesinde enflamatuar reaksiyonları ve kas spazmlarını azaltır. Kronik dönemde ise yüzeysel ve derin ısı uygulamaları ile düşük frekansta analjezik akımlar kullanılabilir. Özellikle hidroterapi ve parafin gibi yüzeysel ısı ajanlarının analjezik etkileri iyi bilinmektedir. Fizik tedavi modaliteleri, egzersiz programlarıyla kombine edildiğinde, analjezik etkilerin uzun süreli ve daha iyi olduğu bulunmuştur (114,115).

"Fizik tedavinin temel hedefi, ağrılı dizde QF kas atrofisi veya eklem tutukluğunu önlemektir. Tedavi sürecinin ilk aşamasında dizin tam eklem hareket açıklığını sağlamak ön plandadır, ardından progresif rezistif egzersizlerle QF ve hamstring kaslarının güçlendirilmesi gerekmektedir. Rehabilitasyon programında açık zincir QF egzersizlerinden kaçınılmalıdır, çünkü bu egzersizler patellofemoral eklem fazla yük bindirebilir. Kapalı zincir egzersizleri, QF ve hamstringlerin karşılıklı kasılmasını destekleyecek şekilde uygulanmalıdır. Ayrıca, eklem hareket açıklığını ve kas kuvvetini artırmak için QF ve hamstringlere elektrik stimülasyonu, kriyoterapi ve ultrason gibi fizik tedavi modaliteleri kullanılabilir. Ancak, mekanik sorunlara neden instabil yırtıkların konservatif tedaviyle iyileşmesi genellikle zordur. Kilitlenme veya boşluğa basma hissi gibi belirtiler eşlik ediyorsa, bu tür yırtıklar çoğunlukla cerrahi müdahale gerektirir (100, 116, 117).

2.11.2 Cerrahi Tedavi

Menisküs yırtıklarının çoğu günümüzde cerrahi tedaviye yönlendirilmektedir. Uzun vadeli ve kronik semptomları olan, kitlenme veya dizde takılma gibi mekanik problemleri bulunmayan, MRG'de horizontal ve dejeneratif yırtıklar gösteren hastalar için konservatif tedavi tercih edilir. Öte yandan, yakın zamanda meydana gelen bir rotasyonel travma veya çömelme sonrası ani ağrı, takılma, kilitlenme ve efüzyon gibi

belirtileri olan, MRG’de vertikal, kompleks veya oblik yırtıklar görülen hastalarda cerrahi tedavi genellikle daha uygun bir seçenek olarak değerlendirilir (118,119).

Cerrahi müdahaleye karar verirken, yırtığın şekli, bölgesi, süresi, hastanın fiziksel aktivite düzeyi, dejeneratif olup olmadığı ve artroz derecesi gibi faktörler dikkate alınır. Cerrahi tedavi gerektiren hastalar için iki ana seçenek bulunur; menisektomi ve menisküs onarımı (120).

2.11.2.1 Menisektomi

Menisküs cerrahisinin günümüzdeki en temel hedefi, menisküs sağlığını korumaktır. Ancak, onarımın uygun olmadığı durumlarda tedavi olarak menisektomi yapılır. Genellikle yaş ilerlemesi, dejeneratif değişiklikler ve beyaz-beyaz bölgedeki yırtıklar menisektomi için uygun durumları oluşturur. Travma sonrası geçen süre uzadıkça ve yırtık longitudinal özellik göstermediğinde, özellikle santrale yakın bölgelerdeki yırtıklarda onarım sonuçları genellikle daha düşük olabilmektedir (120). Avasküler bölgedeki yırtıklar, horizontal yırtıklar, radyal yırtıklar (>3 mm) ve tamir sonrası iyileşmeyen komplike menisküs yırtıkları için menisektomi uygulanabilir (121).

Menisektomi, O'Connor’a göre, menisküs miktarına göre üç şekilde sınıflandırılmaktadır: parsiyel, subtotal ve total.

Menisektomi türleri arasında, parsiyel menisektomide serbest parçalar çıkarılırken periferik kenar muhafaza edilir. Subtotal menisektomide, serbest parça ile birlikte periferik kenarın bir kısmı da alınır. Total menisektomide ise menisküs tamamen çıkarılır; geçmiş yıllarda bu yöntem yaygın şekilde kullanılsa da günümüzde daha az tercih edilmektedir (122).

2.11.2.2 Cerrahi Menisküs Onarımı

Menisküs dokusunun muhafazası, tedavi sürecince öncelikli bir hedeftir, ancak tamir edilebilen menisküs yırtıkları sınırlıdır. Menisküs iyileşmesi, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişir. Bu faktörler arasında yırtığın yerleşimi, uzunluğu, tipi, eş zamanlı olarak ÖÇB rekonstrüksiyonu yapıp yapılmadığı, yırtığın hangi tarafta olduğu, hastanın yaşı ve fiziksel aktivite durumu bulunur.

Menisküs onarımı için rölatif endikasyonlar şunlardır; kırmızı-kırmızı bölgelerdeki yırtıklar, kova sapı ve longitudinal yırtıklar, 1 cm'den büyük ancak 4 cm'den küçük yırtıklar ve ÖÇB rekonstrüksiyonu yapılmış hastalardaki yırtıklar.

Menisküs yırtıklarının onarımı için üç ana teknik mevcuttur; içten dışa doğru tamir, dıştan içe doğru tamir ve tamamen iç kısımda tamir yöntemleri (123,124).

Dıştan içe onarım: Bu yöntemde, dikişler dıştan içeri doğru kanüller aracılığıyla yerleştirilir. Menisküsün orta ve ön 1/3'ündeki yırtıklar için daha uygun bir tekniktir (125).

İçten dışa onarım: Bu yöntemde, dikişler içten dışarıya doğru kanüller kullanılarak yerleştirilir. Altın standart yöntem olarak kabul edilen bu teknik, genellikle menisküsün posterior ve orta 1/3'ündeki yırtıklar için uygundur. Ancak, dikişin ilerletilmesi ve düğümlenmesi sırasında nörovasküler yapıların yaralanma riski bulunabilir (126).

Tümü içerde onarım: Bu yöntem, menisküsün arka ve orta bölgelerindeki yırtıklar için uygulanır ve ek bir insizyon gerektirmez. Nörovasküler komplikasyon riski oldukça düşüktür (125).

Menisküs onarım cerrahisinde iyileşmeyi artırmaya yönelik çeşitli biyolojik yöntemler bulunmaktadır. Bunlar arasında otolog hücreler, Platelet Derived Growth Factor (PDGF), allojenik hücre kaynakları, Endothelial Cell Growth Factor (ECGF) ve skafold uygulamaları yer alır (127).

2.12 Menisküs Tamiri Sonrası Rehabilitasyon

Menisküs tamiri, uzun süreli bir rehabilitasyon süreci gerektiren karmaşık tedavi yöntemidir. Cerrahi sonrası ilk hafta boyunca elevasyon, buz tedavisi ve kompresyon yapılır. İlk 4 hafta boyunca, koruyucu dizlik 0-70 derece eklem hareket açıklığına ayarlanır ve kısmi yük verilmesine izin verilir. 4-6 hafta arasında diz brace 0 ile 90 derece arasında ayarlanır ve hasta destek olmadan hareket ettirilmeye başlanır. 6-10 hafta arasında izokinetik egzersizlere başlanır ve 11. haftadan itibaren spora dönüş mümkündür (128).

2.13 Kan Akımı Kısıtlamalı Kuvvetlendirme Eğitimi

Kas hipertrofisini teşvik etmek için Amerikan Spor Hekimleri Birliği (ACSM), normal koşullar altında 1 maksimum tekrar (1MT) yükünün en az %65'inde yapılan ve 6-12 tekrar içeren dirençli ağırlık kaldırma egzersizlerini önermektedir. Bu yoğunluğun altında gerçekleştirilen egzersizlerin, kas kuvveti ve hipertrofi üzerinde genellikle sınırlı bir etkisi olduğu belirtilmektedir (129). Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalarda kuvvet gelişimi ve kas hipertrofisinin KAK ile birlikte 1MT'nin %20-30'unda yapılan egzersizlerle de sağlanabileceğini gösterilmiştir (130,131).

KAK egzersizleri yöntemi, son yıllarda kas kuvvetini ve hipertrofiyi artırmada kullanımı giderek artan ve popülerleşen bir yaklaşımdır. KAK metodu, kan akımının ekstremitelerin proksimalinden bir manşon veya turnike aracılığıyla kısıtlanması ve genellikle düşük ağırlıklarla (1MT'nin %20-30'u) egzersiz yapılmasına dayanır (17,132). Kısıtlama sırasında arteriyel kan akımı kısmen devam ederken, venöz kan akımı tamamen durdurulur. Bu yöntem, ilk olarak Dr. Yoshiaki Sato tarafından Japonya'da geliştirilmiş ve "Kaatsu Antrenmanı" olarak adlandırılmıştır. "Kaatsu" kelimesi Japoncada "ilave basınç" anlamına gelir. Yoshiaki Sato, lise son sınıfta bir Budist tapınağında dizlerinin üzerinde otururken baldırlarında bir uyuşma ve şişme hisseder. Bu his, daha önce yaptığı kuvvet antrenmanındaki hisse benzer gelir ve bu durumu azalmış kan akışıyla ilişkilendirerek bu yöntemi geliştirir (133).

Daha sonra, Dr. Yoshiaki Sato kayak yaparken ayak bileğini kırar ve dizindeki bağlarda yaralanma oluşur. Doktorlar, ayağını alçıya alır ve 6 ay istirahat önerirler. Ancak, kas kaybı yaşamak istemeyen Sato, alçının proksimalinden kan akımı kısıtlaması uygular ve bu şekilde izometrik egzersizler yapar. Alçı çıkarıldığında, kas kitlesinde ve kuvvetinde azalma olmadığını fark eder ve bu yönteme Kaatsu adını verir (133).

Günümüzde bu yöntem; üniversiteler, spor kulüpleri, özel merkezler, hastaneler ve askeri kurumlar gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. KAK genellikle direnç egzersizleriyle tercih edilmekle birlikte, aerobik egzersizler veya egzersiz yapmadan pasif olarak da uygulanabilmektedir (132).

Teorik olarak, arteriyel akımın kısmen devam etmesi ve venöz dönüşün tamamen kısıtlanması, ekstremitenin distalinde lokal bir kan göllenmesi ve hipoksik bir ortam

oluşmasına yol açar. KAK egzersizlerinin altında yatan mekanizma henüz tam olarak anlaşılmassa da bu ortamın metabolit birikimini artırdığı ve böylece anabolik süreci uyardığı düşünülmektedir. Bu süreçte, IGF-1 (İnsülin- benzeri büyüme faktörü) gibi sistemik hormonların ve reaktif oksijen türevlerinin arttığı, miyostatinin baskılandığı, hızlı kas liflerinin daha yoğun şekilde uyarıldığı ve hücre şişmesinin meydana geldiği gösterilmiştir. Bu mekanizmalar, karmaşık sinyal yollarını harekete geçirerek protein sentezini artıran proliferasyonu ve kök hücre aktivasyonunu güçlendirmektedir (134).

Direnç egzersizlerinin anabolik etkileri göz önüne alındığında, düşük ağırlıklarla yapılan egzersizler genellikle Tip 1 kas liflerini uyarır. Ancak, bu ince yapıli lifler kas kitlesi ve kuvvetini artırmada etkili değildir. Tip 2 liflerin uyarılması için yüksek seviyede direnç egzersizleri gereklidir. Tip 2 lifler, bu tür egzersizlere duyarlıdır ve hipertrofi ile kuvvet artışını sağlarlar (22,135). Düşük düzey egzersizlere KAK eklendiğinde, Tip 2 kas liflerinin de uyarılabileceği gösterilmiştir (136). Geleneksel yüksek şiddette direnç egzersizleri (1MT'nin %70'inden fazlası) ile karşılaştırıldığında, düşük şiddetteki egzersizler (1MT'nin %20-30'u) ile uygulanan kan kısıtlaması eğitiminin hipertrofi açısından benzer kazançlar sağladığı bulunmuştur (137). Ancak, kas kuvvetinde bir artış gözlemlenmiş olmakla birlikte, bu artışın yüksek şiddetli egzersizlerle elde edilen artışlardan daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir (18). Yüksek seviyedeki direnç egzersizleri eklemler üzerinde mekanik stres oluşturur. Bu nedenle, yüksek şiddette direnç egzersizlerinin kontraendike olduğu geriatric popülasyon ve rehabilitasyonun erken evrelerinde, KAK yöntemi öne çıkmaktadır (132).

2.13.1 Kan Akımı Kısıtlama Eğitiminin Uygulanışı

KAK eğitim yöntemi, direnç egzersizleri, aerobik egzersizler sırasında veya pasif olarak uygulanabilir. Ayrıca, literatürde tüm vücut vibrasyonu ve nöromusküler elektrik stimülasyonu ile kombine edildiği çalışmalar da bulunmaktadır (132). Direnç egzersizleriyle uygulama genellikle 1MT'nin %20-40'ında olacak şekilde, haftada 2-3 kez, 75 tekrar (30-15-15-15) ve kısıtlama basıncı arteriyel oklüzyon basıncının (AOB) %40-80'i arasında yapılmaktadır (132). Güncel bir makaleye göre, KAK uygulamasında kuvvet ve hipertrofi kazanımlarının ortaya çıkması için yüklenmenin 1MT'nin en az %30'unda yapılması gerektiği vurgulanmıştır (138). Aerobik egzersizler için, maksimal kalp hızının %50'sinin altında, 5-20 dakika süren uygulamalar önerilmektedir. Bu uygulamalarda, basıncın AOB'nin %40-80'i arasında olması ve haftada 2-3 kez

uygulanması tavsiye edilmektedir. Genellikle yürüme ve bisiklet sürme gibi egzersizler tercih edilmektedir (132).

Geriatrik popülasyonda yapılan bir çalışmada, haftanın 5 günü 6 hafta boyunca düşük hızda (yaklaşık 4 km/s) yürüme egzersizi yapılan hastalara eş zamanlı olarak 160-200 mmHg ortalama basınçla KAK uygulanmış ve kontrol grubuna göre diz ekstansiyonu ve diz fleksiyonu kas kuvveti ile kas kitlesinde üstünlük sağlanmıştır (139). Ayrıca, KAK'nin pasif yöntemlerle haftada 1-2 kez uygulanabileceği ve yüksek kısıtlama basıncına (AOB'nin %70-100) ihtiyaç duyulabileceği belirtilmiştir (132). Kan akımı kısıtlamasının, hareketsizlik nedeniyle kaslarda oluşan atrofiyi azalttığı gösterilmiştir. Postoperatif ÖÇB rekonstrüksiyonu geçiren hastalara, 180-260 mmHg basınçlarda, 5 set halinde 5'er dakika uygulanan kısıtlamanın, hareketsizliğe bağlı oluşan atrofiyi azalttığı belirlenmiştir (27). KAK'nin progresyonu hakkında yayınlanan bir derlemede, bu yöntemin dört aşamalı olarak uygulanabileceği belirtilmiştir. İlk aşamada, yatak içinde egzersiz yapılmadan sadece kısıtlama önerilmiştir. İkinci aşamada, KAK yürüyüş gibi fonksiyonel aktivitelerle kombine edilmiştir. Üçüncü aşamada, düşük yüklerle direnç egzersizleri ile birlikte uygulanması tavsiye edilmiştir. Son aşamada, yüksek şiddette egzersizlerle ve düşük düzeyde egzersizlerle birlikte KAK yaklaşımının uygulanabileceği belirtilmiştir (140).

2.13.2 KAK Eğitiminin Fizyolojisi

Normal koşullar altında, önce yavaş kasılan lifler, yoğunluk arttıkça ve ihtiyaç duyuldukça hızlı kasılan lifler (Tip II lifleri) devreye girer. Bu yaklaşım, Tip II kas liflerinin uyarılabilmesi için yüksek yoğunluklu direnç egzersizlerinin gerekli olduğunu öne sürer (141). Ancak, düşük yoğunluklu KAK egzersizleri sırasında yavaş kasılan kaslarda oksijen yetersizliği oluşması ve yüksek metabolit birikimi neticesinde, Tip II liflerinin uyarılmasında artışlar gözlemlenmiştir (142).

2.13.3 Manşon Basıncını Belirleme ve Yerleştirme Bölgeleri

Kan akışının kısıtlanması genellikle bir turnike, şişirilebilir manşon veya elastik bandajlar kullanılarak yapılır. Elastik bandajlar, şişirilebilir manşonlara kıyasla daha ulaşılabilir ve kullanımı daha kolay olup pahalı veya özel ekipman gerektirmezler. Ancak, basınç miktarının objektif olarak tespit edilememesi nedeniyle, güvenilirlikleri

konusunda şüpheler bulunmaktadır (23). Kısıtlamada kullanılan materyaller arasında manşon genişliği de önemli bir faktördür. Literatürde, alt ekstremiteler için genellikle daha geniş manşonlar (6-13,5 cm) tercih edilirken, üst ekstremiteler için daha dar manşonlar (3-5 cm) kullanılmaktadır (23). Manşon genişliği arttıkça, uygulanan basıncın yüzey alanı da genişler ve bu, daha düşük basınçlarla etkili kısıtlama yapılmasını sağlar. Yapılan bir çalışmada, 13,5 cm'lik manşonların 5 cm'lik manşonlarla karşılaştırıldığında, daha düşük basınç seviyelerinde aynı derecede kısıtlama sağlayabildiği gösterilmiştir (143). Kısıtlamada basınç miktarını etkileyen bir diğer faktör, ekstremitenin çevre genişliğidir. Çevre ölçüm değeri yüksek olan ekstremitelerde, aynı seviyede kan akışı kısıtlaması sağlanabilmesi için daha yüksek basınçların uygulanması gerekmektedir (143). Bu nedenle, alt ekstremitte uygulamalarında daha geniş manşetlerin tercih edilmesi, doğru seviyede kısıtlama sağlamak için gereken yüksek basınçları azaltır. Basıncın doğru seviyede uygulanmaması, olumsuz sonuçlara yol açabileceği gibi, yetersiz kısıtlama da beklenen faydaları etkileyebilir. Örneğin, erkek ve kadınlara aynı kısıtlama protokolünün uygulandığı osteoartritli hastalar üzerinde yapılan iki farklı çalışmada, kadınlarda leg press ve diz ekstansör gücünde anlamlı artışlar gözlemlenirken (144), erkeklerde herhangi bir artış görülmemiştir (145).

Bu durumun en olası sebebi, daha kalın uyluk çevresine sahip erkek katılımcıların aynı basınç seviyesinde yeterli kan akımı kısıtlamasına maruz kalmamış olmaları olabilir. KAK uygulamasında kullanılan basınç, venöz dönüşü %100 oranında kısıtlayacak seviyede olmalı, ancak arterial kan akışına hâlâ izin verecek düzeyde olmalıdır. Bireysel anatomik ve fizyolojik farklılıklar nedeniyle bu düzey kişiden kişiye değişebilir, bu nedenle bireyselleştirilmiş basınçların kullanılması önerilmektedir. Geçmişte araştırmacılar, brakial arter sistolik basınç değerinin kısıtlayıcı basınç olarak kullanılabileceği fikrini öne sürmüşlerdir (23,146). Ancak, bu düzeyin alt ekstremitelerde venöz dönüşü kısıtlama açısından uygun olmadığı düşünülmektedir.

Literatürde, uygulama basıncını belirlemede çeşitli teknikler kullanılmıştır. Bu tekniklerden biri “algılanan basınç tekniği”dir. Bu yöntemde, uygulanan basınç, 0 ile 10 arasındaki bir skala kullanılarak kişilerin baskıyı algılama derecesi ölçülür; 0 hiç baskı olmadığını, 10 ise ciddi seviyede ağrılı ve yoğun bir basıncı ifade eder. Araştırmacılar, 10 üzerinden 7 seviyesinde bir kısıtlamanın uygulanabilir basınç olarak kabul edilebileceğini öne sürmüşlerdir (23,134,147). Bu yöntem pratik bir basınç belirleme tekniği olsa da

basınç ve ağrı algısının bireyler arasında değişkenlik göstermesi nedeniyle doğru seviyede basıncı uygulamak her zaman mümkün olmayabilir.

Bir diğer basınç belirleme yöntemi, mutlak kaplama (overlap) basıncı olarak bilinir. Bu yöntemde, bandaj üzerinde belirli santimetre aralıklarıyla işaretlenmiş bölgeler kullanılır. Bandaj, ekstremiteye gevşek bir şekilde yerleştirilir ve işaretli bölgelerden takip edilerek 5,08 cm kadar gerilir. Bu ölçüm hem alt hem de üst ekstremiteler için uygulanır (134,148). Bir diğer yöntem olan rölatif kaplama basıncında ise, ekstremitenin çevre ölçümü alındıktan sonra bu değerin %10-20'si hesaplanarak, bu miktarda bir gerim uygulanır (134,149).

Kısıtlamayı sağlamak için kullanılan bir diğer teknik ise “maksimal elastik bandaj tekniğidir.” Bu yöntemde, elastik bandajlar ekstremiteye yerleştirilir ve %100 gerim uygulanır. Tespit edilen maksimal basınç noktasının %75'inde kısıtlama gerçekleştirilir (134,150).

AOB, ekstremitelerdeki arterial akışı %100 oranında kısıtlayabilmek için gereken basıncı ifade eder. Mevcut literatürde, AOB değerinin %40 ile %80'i arasında kısıtlama yapmanın uygun olduğu belirtilmektedir (132). Ancak, kısıtlama basıncını artırmanın, kas kuvveti ve hipertrofi konusundaki kazanımları doğru orantılı şekilde artıracığına dair bir beklenti yanlış olabilir. AOB'nin %60'ı üzerindeki basınçların ek bir yarar sağlamadığı ortaya konmuştur. Bunun yerine, yüksek basınç seviyeleri kardiyovasküler riskler oluşturabilir (151). AOB'nin literatürde sıklıkla önerilmesine ve altın standart olarak kabul edilmesine rağmen, profesyoneller arasında bu tekniğin kullanımı oldukça nadirdir. Bir araştırmada, 115 profesyonelden yalnızca %11,5'inin bu tekniği uyguladığı ortaya konmuştur (152).

2.13.4 Yerleştirme Bölgeleri

KAK manşonları, egzersiz sırasında hareketi kısıtlamayacak şekilde ekstremitelerin en proksimal bölgelerine yerleştirilir. Üst ekstremiteler için, a. brachialis'ten kan akımını kısıtlamak amacıyla manşon, m. deltoideus'un insertio bölgesinden humerus'un uzun eksenine dik olarak pozisyonlanır. Alt ekstremiteler içinse, a. femoralis'ten kan akımını kısıtlamak için manşon, trokanter majör üzerinden inguinal ligament ile paralel (femur'un uzun eksenine eğik) olacak şekilde yerleştirilir (143,153).

2.13.5 KAK Egzersiz Yüğü

Egzersiz sırasında uygulanan basınç, direnç egzersizi sırasında kaldırılan bağıl yükü de ilişkilidir. KAK egzersizleriyle, sporcuların 1MT güç seviyesinin %20-40'ına denk gelen yüklerle antrenman yapmasının kas büyümesini ve gücünü en üst düzeye çıkarabileceğı belirtilmiştir (154,155). Eğer kullanılan yükler bu tavsiyenin alt sınırında (örneğin, 1MT'nin yaklaşık %20'si) kalıyorsa, kas büyümesini teşvik etmek için daha yüksek bir basınç (yaklaşık %80 AOB) gerekebilir. Ancak, bu durumun doğruluğunu kanıtlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (154).

2.13.6 KAK Egzersiz Hacmi

KAK-DYDE literatüründe, ilk sette 30 tekrar ve sonraki her sette 15 tekrar olmak üzere toplam dört egzersiz setinden oluşan 75 tekrar içeren yaygın bir set ve tekrar şeması bulunmaktadır (156,157,158,159,160,161,162). Ayrıca, KAK-DYDE sırasında eş merkezli başarısızlık sağlamak amacıyla 3-5 set tamamlamak da yaygın bir uygulamadır (163,164,165,166,167). Ayrıca, klinik popülasyonların ameliyat sonrası rehabilitasyon gibi süreçlerde, pratik ortamlarda başarısızlık tekrarlarına ihtiyaç duyulmayabilir. Örneğin, yükün iki katına çıkarılması genellikle ek bir uyarım sağlamıyor gibi görünmektedir. Ancak, hacim ve adaptasyon arasındaki doz-yanıt ilişkisinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir (168). Bu nedenle, çoğu kişide adaptasyon sağlamak için dört sette (30-15-15-15) toplam 75 tekrarın yeterli hacim sağladığı önerilmektedir.

2.13.7 KAK Egzersizi Dinlenme Süreleri

KAK-DYDE uygulamalarında setler arası dinlenme süreleri genellikle kısa tutulur ve bu süre boyunca kısıtlama genellikle sürdürülür. Örneğin, Loenneke tarafından yapılan bir meta-analizde, hem 30 saniye hem de 60 saniye dinlenme sürelerinin güç adaptasyonlarına katkıda bulunduğı gösterilmiştir. Bazı akut araştırmalar dinlenme sürelerini 150 saniyeye kadar kullanmış (169), ancak bu sürelerin metabolik stresi düşük yoğunluklu dirençli egzersizden daha fazla artırmadığı ve bu nedenle egzersiz faydalarını artırmayabileceğı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, hem 30 saniye hem de 30-60 saniye dinlenme süreleri, iskelet kası hipertrofisi sağlamak için önerilen KAK literatüründe yaygın olarak kullanılmaktadır (170). Bazı durumlarda, dinlenme dönemlerinde basıncın korunması her zaman gerekli olmayabilir. Örneğin, Yasuda

dinlenme sırasında hem sürekli hem de aralıklı basınç uygulamış ve sadece yüksek manşet basıncı kullanıldığında benzer kas aktivasyonları gözlemlenmiştir. Genel olarak, dinlenme periyotlarının 30-60 saniye olması önerilmektedir (132).

2.13.8 KAK Egzersiz Sıklığı

Genel olarak, iskelet kası hipertrofisini ve güç adaptasyonlarını uyarmak için haftada 2-4 kez direnç eğitimi önerilmektedir (170,171). Haftada iki kez yapılan KAK-DYDE uygulamalarının kas hipertrofisi ve gücünde artış sağladığı bildirilmiştir (172).

2.13.9 KAK Egzersiz Programlarının Süresi

KAK-DYDE programlarının süresiyle ilgili olarak, 1-3 hafta gibi kısa zaman dilimlerinde kas hipertrofisi ve güç adaptasyonları gibi erken kazanımlar gözlemlenmiştir (21,173, 174). Çoğu çalışma ise kas hipertrofisini ve güç adaptasyonlarını 3 haftadan uzun sürelerde incelemiştir (175,176,177,178).

2.13.10 1MT (Maksimum Tekrar) Hesaplama Yöntemleri

1MT, bir kişinin belirli bir hareket aralığında tek seferde kaldırabileceği maksimum yükü ifade eder. Bu ölçüm, ACSM tarafından sağlıklı bireylerde maksimum kas gücü ve kuvvetini belirlemede en sık kullanılan testlerden biridir (179). Atletik bireylerde 1MT'yi tahmini olarak hesaplamak için çeşitli formüller geliştirilmiştir (179). Literatürde 11 farklı tahmini formül bulunmaktadır (180,181).

2.13.11 KAK Kontraendikasyonları

KAK ile ilgili güvenlik endişeleri, genellikle yüksek basınçların ve tam ekstremitelerdeki iskemisinin potansiyel risklerine odaklanmaktadır. Japonya'da 2006 ve 2016 yıllarında yapılan anketler, bu tür bir eğitimin ciddi yan etkilerinin bulunmadığını (pulmoner emboli, sinir paralizisi gibi), en sık rastlanan yan etkilerin ise baş dönmesi, subkutan kanama ve uyuşukluk olduğunu raporlamıştır (31,182). Bu semptomlar egzersiz başlangıcında görülebilse de birey egzersize alıştıkça genellikle ortadan kaybolmaktadır (183). Başka bir araştırmada, KAK ile ilgili gözlemlenen yan etkiler ve oranları şu şekilde belirtilmiştir: gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (%39,2), uyuşukluk (%18,5), bayılma/baş dönmesi (%14,6) ve morarma (%13,1) (151). KAK'nin ciddi komplikasyonlara yol

açtığına dair herhangi bir rapor bulunmamakla birlikte, vasküler endotel hasarı ve koagülasyon problemleri olan bireyler üzerindeki etkileri hakkında mevcut çalışmaların eksikliği nedeniyle bazı endişeler bulunmaktadır (183).

Kontrendikasyonlar arasında derin ven trombozu öyküsü, endotel disfonksiyonu, hamilelik ve bireyin inaktivite geçmişi gibi durumlar bulunmaktadır (23,184). Ancak, deneyimli bir klinisyen tarafından uygulandığında KAK'nin yaş, cinsiyet ve antrenman düzeyi fark etmeksizin çoğu birey için güvenli bir egzersiz alternatifidir olduğu belirtilmektedir (16,182,184).

2.13.12 Primer Etki Mekanizmaları

Nöromotor kontrolün boyutsal prensibine göre, normal koşullar altında düşük yoğunluklu aktivitelerde önce tip I kas lifleri ateşlenir. Yoğunluk artmasıyla birlikte, gerektiğinde tip II lifler de aktive edilir. Bu prensibe dayanarak, hızlı kasılan tip II liflerin etkili bir şekilde uyarılabilmesi için genellikle yüksek yoğunluklu egzersizler gereklidir (141). Ancak, KAK-DYDE sırasında tip I kas liflerinin oksijen desteğinin yetersiz olması ve yüksek metabolit birikiminden dolayı tip II liflerinin ateşlenme sayısında bir artış gözlemlenmiştir (142). Bu durum, iskemik şartlar altında, düşük yoğunlukta bile tip II liflerinin etkin bir şekilde uyarılabileceğini göstermektedir. Elektromyografi çalışmaları da KAK-DYDE'nin yeterli sayıda tip II liflerinin aktivasyonuna neden olduğunu desteklemektedir (27,185). Mekanik açıdan incelendiğinde, grup III-IV afferent liflerinin stimülasyonu alfa motor nöron inhibisyonuna neden olmaktadır. Bu durumda, kasın inhibisyon kaynaklı iletiminin azalmasına karşı koruma sağlamak ve kas gücünü sürdürebilmek amacıyla, ateşlenen kas lifi sayısında bir artış gerçekleşir (22,186). KAK egzersizleri sonrasında görülen hipertrofiye, ateşlenen kas lifi sayısındaki artışın katkı sağladığı öne sürülmektedir (22, 131).

2.13.12.1 Mekanik Gerilim

Araştırmalar sonucunda, mekanik gerilimin kas hipertrofisi için temel bir mekanizma olduğu ve bununla birlikte yüklenmemeye bağlı kas atrofisini önlemede etkili olduğu ortaya koyulmuştur (187). Ancak, mekanik gerilimin kasta hipertrofiye yol açabilmesi için orta ya da yüksek yoğunlukta direnç egzersizlerine ihtiyaç duyulmaktadır (22). Düşük yoğunluklu egzersizler, kasta düşük seviyelerde metabolik stres

oluştururken, KAK-DYDE ise kasta düşük düzeyde mekanik gerilim ve yüksek düzeyde metabolik stres yaratmaktadır. Kas hipertrofisini tetikleyen mekanik gerilimin etkili olduğu süreçler arasında mekanotransdüksiyon, artan yerel hormon üretimi, kas hasarı, reaktif oksijen türlerinin üretimi ve hızlı kasılan liflerin uyarılması yer almaktadır. Bu mekanizmalar, kas büyümesini teşvik etmek için satelit hücre aktivasyonu ve proliferasyonu ile protein sentezinin artırılması gibi süreçleri tetikler. Kan akımı kısıtlanmalı egzersizlerde düşük mekanik gerilim seviyeleri, kas hipertrofisini uyaran bazı mekanizmaları tam olarak harekete geçiremeyebilir. Ancak, metabolik stresin bu süreçlere benzer etkiler sağladığı ve katkıda bulunabileceği gösterilmiştir (22,188,189).

2.13.12.2 Metabolik Stres

Metabolik stresin, yani egzersiz anında metabolitlerin birikiminin, kas hipertrofisi açısından mekanik gerilimle paralel olarak önemli olduğu kanıtlanmıştır (22,131,186). Yüksek yoğunluklu dirençli egzersizler sırasında kan laktat seviyelerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu düzeyde bir metabolik stres, ancak kan akımı kısıtlanmalı egzersizlerle oluşturulan iskemik (hipoksik) ortam sayesinde sağlanabilir. KAK-DYDE standart egzersiz protokollerine kıyasla tüm vücutta laktat birikimini, plazma laktat seviyelerini ve kas hücresi laktat birikimini daha fazla artırır. Bu artış, büyüme hormonunun yükselmesine neden olur (131,185,186,190,191). Geçmişte yapılan çalışmalarda, büyüme hormonunun asidik bir kas içi çevre tarafından uyarıldığı gösterilmiştir. Bunun yanı sıra, düşük pH seviyelerinin kas içi metaboreseptörler ve grup III-IV afferent lifler aracılığıyla kemoreseptif bir refleks yoluyla sempatik sinir aktivitesini tetiklediğine dair kanıtlar bulunmaktadır. Bu mekanizmanın, büyüme hormonunun hipofiz bezinden salgılanmasının düzenlenmesinde önemli bir rol oynadığı rapor edilmiştir (22,192).

2.13.12.3 Sistemik ve Lokal Hormonlar

KAK eğitimi ile ilgili yaygın kabul gören teorilerden biri, egzersiz sonrasında IGF-1 gibi sistemik hormonların ve büyüme hormonunun artış göstermesidir. Bu alan üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada, KAK egzersizi sonrasında büyüme hormonunun başlangıç seviyelerinden yaklaşık 290 kat daha fazla arttığı ve bu artışın, genellikle standart direnç antrenmanlarıyla gözlemlenenden daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur (185). Ancak, bu sistemik hormonların artışı ile protein sentezindeki artış arasındaki ilişki hâlâ tartışmalıdır. Öte yandan, IGF-1'in kastaki lokalize izoformu olan

IGF-1Ec'nin üretimini, sistemik izoformlardan (IGF-1Ea ve IGF-1Eb) farklı olarak mekanik uyarılar ve hücre hasarı yoluyla artırılabilirdiği gösterilmiştir. Ayrıca, mekanik büyüme faktörü olarak da bilinen IGF-1Ec, kalsiyum bağlantılı mTOR (mammalian target of rapamycin) sinyal yolunu aktive ederek ve uydu hücrelerinin proliferasyonunu ve farklılaşmasını teşvik ederek, otokrin ve parakrin etkilerle kas protein sentezini ve dolayısıyla kas hipertrofisini doğrudan etkileyebilir (22,186). Ancak, kan akımı kısıtlamalı egzersizin kas hipertrofisini nasıl tetiklediği hâlâ tam olarak açıklığa kavuşmamıştır.

2.13.12.4 Hücresel Şişme

Kan akımı kısıtlamalı egzersizle ilgili öne sürülen teorilerden birisi, hücresel şişme olarak bilinen intrasellüler hidrasyonun artışıdır. Araştırmalar, hücresel şişmenin hidrasyon kaynaklı olarak protein sentezinde artışa ve proteolizisde azalmaya yol açtığını göstermiştir. Bu etkiler, hepatositler, osteositler, meme hücreleri ve kas lifleri gibi çeşitli hücre tiplerinde gözlemlenmiştir (193). Yaklaşımına göre, KAK-DYDE metabolit birikimini artırarak kas liflerinde (hücre içi boşlukta) kan akımını sağlayan bir basınç oluşturur. Bu basıncın etkisiyle hücresel şişme ve reperfüzyon artar, bu durum hücre membranının yapısal bütünlüğünü de riske atar. Ancak, hücre bu bütünlüğü korumak için yapıyı güçlendirecek bir sinyal oluşturur. Bu sinyalin, hücrede integrinle ilişkili hacim osmosensörleri aracılığıyla iletilmesi ve bu sensörlerin, mTOR'dan bağımsız olarak mitojenle aktive edilen protein kinaz yolu üzerinden anabolik faaliyetleri tetiklediği gösterilmiştir (22,143,194,195).

2.13.12.5 Reaktif Oksijen Türleri (ROT)

Egzersiz esnasında kaslarda üretilen reaktif oksijen türlerinin (ROT), egzersiz sonrası anabolik süreçlerde önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir (196). Kan akımı kısıtlamalı egzersizlerin ROT üretimi üzerindeki etkisi hâlâ tartışmalı olmakla birlikte, hipoksi ve arteriyel kısıtlamanın ardından gerçekleşen reperfüzyonun ROT üretimini artırdığına dair kanıtlar bulunmaktadır. (22,27). Bununla birlikte, bazı çalışmalarda KAK-DYDE sonrası lipid peroksit ve protein karbonil gibi ROT işaretleyicilerinde anlamlı bir artış gözlemlenmemiştir. Bu durumun, uygulamanın süresinin kısa olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (22,130,185).

2.13.12.6 Nitrit Oksit (NO)

Kas hipertrofisinde önemli bir rol oynayan ve reaktif oksijen türlerinden biri olan azot monoksit (NO), hücrel sinyal molekülü olarak kritik bir işlev görür. Önceki çalışmalar, NO'nun uydu hücrelerinin aktivasyonunu ve proliferasyonunu artırarak kas büyümesini teşvik ettiğini göstermiştir (22,130,197). Ayrıca, mTOR aktivasyonu ile protein sentezini doğrudan etkileyebilme kapasitesine sahiptir. NO genellikle yüksek mekanik stres altında üretilmektedir (198). KAK-DYDE'de yeterli mekanik stres oluşturmak zordur. Ancak, KAK egzersizlerinin elastik arterlerin maksimum dilatasyonunu artırdığı ve bu artışın azot monoksit (NO) ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Hipoksik ortamda NO'nun elastik arterlerin vazodilatasyonuna daha fazla katkıda bulunduğu gösterilmiştir (199). Bu nedenle, KAK egzersizlerinin yol açtığı hipertrofide, NO üretiminin önemli bir rol oynayabileceği ve otokrin/parakrin mekanizmaları tetikleyebileceği düşünülmektedir (22,198).

2.13.12.7 Isı Şok Proteinleri (Heat Shock Proteins)

Isı şok proteinleri (HSP), iskemi, ısı, serbest radikaller ve hipoksi gibi stres faktörleri tarafından aktive edilir. Stres durumunda, ROT'un neden olduğu oksidatif hasarı azaltarak homeostaziyi korumada önemli bir rol oynarlar. Ayrıca, proteinlerin yanlış sıralanmasını ve kümelenmesini önleyerek anabolik faaliyetlere dolaylı yoldan katkıda bulunurlar (22,130,200). Bir hayvan çalışmasında, KAK egzersiz uygulamasıyla birlikte ısı şok proteini türevi olan HSP72'nin artış gösterdiği bulunmuştur. Ancak, bir başka bilimsel çalışmada KAK sonrası HSP70'te değişiklik gözlemlenmemiştir (201,202). Bu farklı sonuçlar göz önüne alındığında, bakılan protein türlerinin farklılığına rağmen, KAK eğitiminin etkilerinin netleşmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

2.13.12.8 Otokrin/Parakrin Aktivite

Kas büyümesi, protein sentezini teşvik eden anabolik sinyallerin artışı veya katabolik sinyal yollarındaki azalma ile otokrin mekanizmalar üzerinden ya da uydu hücrelerinin proliferasyonunu, aktivasyonunu ve füzyonunu artırarak parakrin mekanizmalarla gerçekleşir. Bu iki temel mekanizmanın, kas hipertrofisini tetiklemek için protein sentezi ve uydu hücre aktivitesini etkileyen ikincil süreçlere katkı sağladığı öne sürülmektedir (22).

2.13.12.9 Otokrin Aktivite (Protein Sentezi)

Fujita ve ark., düşük yoğunluklu direnç egzersizlerinin ribozomal S6 kinaz 1 (RS6K1) fosforilasyonunu ve kas protein sentezini artırdığını ortaya koymuştur (190). Bu tür egzersizlerle gözlemlenen hipertrofiyi kısmen açıklayabilecek bir diğer önemli hücrel mekanizma, mTOR'daki artış olarak önerilmektedir. mTOR aktivitesindeki artışın, kas büyümesini olumsuz yönde etkileyen myostatini inhibe ederek ve böylece myoblast farklılaşmasını önleyen Smad2/3 fosforilasyonunu baskılayarak kas hipertrofisine katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Ancak, myostatini inhibe eden tek faktörün mTOR aktivasyonundaki artış olmadığı dikkate alındığında, bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerektiği söylenebilir (22).

2.13.12.10 Myostatin

Myostatin, kas büyümesini negatif yönde düzenleyen bir faktördür ve bu genin mutasyonları fareler, sığırlar ve insanlarda kasların aşırı şekilde büyümesine neden olmaktadır. Kan akımı kısıtlamalı egzersizlere yanıt olarak myostatin gen ekspresyonunun önemli ölçüde azaldığı ve bunun sonucunda kas kuvveti ile kütlesinde artış görüldüğü ileri sürülmektedir (22,130,203). Kas büyümesinde myostatinin inhibisyonunu düzenleyen mTOR'un artan aktivasyonu, KAK-DYDE egzersizleriyle myostatin seviyelerindeki azalma ile bağlantılıdır (204).

2.13.12.11 Parakrin Aktivite (Uydu Hücre Aktivitesi)

Uydu hücreleri, kas liflerinin basal laminalarının altında bulunan ve kas rejenerasyonunu sağlayarak, proliferasyon yapıp mevcut miyofibrillere yapışarak kas hipertrofisine katkıda bulunan kök hücrelerdir (205). Egzersizle tetiklenen kas hasarının ardından, uydu hücreleri hızla çoğalır ve kasın büyüme ve remodeling süreçlerini tetiklerler. KAK-DYDE ile yeterli mekanik gerilim sağlanamadığı için, uydu hücreleri aracılığıyla kas büyümesinin gerçekleşmesi beklenmez. Ancak yapılan araştırmalar, bu egzersizlerin hem akut hem de kronik etkilerle uydu hücrelerini aktive ettiğini göstermiştir (22).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Araştırmanın Tipi

Menisküs ameliyatı sonrası bireylerde rehabilitasyon sürecinde klasik fizik tedavi uygulamalarına ek olarak kan akımı kısıtlayıcı düşük yoğunluklu dirençli egzersizlerin (KAK-DYDE) kas kuvveti, ağrı ve hareket korkusu üzerine etkisi adlı araştırmamız randomize klinik bir araştırmadır.

3.2 Araştırmanın Konusu

Bu çalışma; post-operatif menisküs rehabilitasyonunda kan akımı kısıtlaması ile kombine edilmiş düşük yoğunluklu dirençli egzersizin kas kuvveti, ağrı ve hareket korkusu üzerindeki etkilerini incelemeyi ve elde edilen bulgularla güncel çalışmalara ışık tutmayı amaçlamaktadır.

3.3 Araştırmanın Güç Analizi

Katılımcı sayısını belirlemek amacıyla yapılan G*Power 3.1 yazılımı kullanılarak yapılan güç analizi, %95 güven aralığı ve %5 hata payı ($\alpha = 0.05$) ile bağımsız iki örneklem t-testi için yüksek düzeyde bir etki büyüklüğü (206) olan $d=1.17$ ile her bir grup için 20 vaka olmak üzere toplamda 40 vaka ile güvenilir sonuçlar elde edilebileceğini ortaya koymuştur (207). Bu durumda, testin gücü %95 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın gücünün %80 olarak alındığı senaryoda ise, grup başına minimum gerekli vaka sayısı 12 olarak belirlenmiştir. Ancak, Fire/Failure ve tedaviyi reddetme gibi nedenlerle yalnızca 36 kişiyle tamamlanan çalışmada, testin gücü %93 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, örneklem büyüklüğündeki azalmaya rağmen testin hala yüksek bir güçle çalıştığını ve güvenilir tespitler yapılabileceğini göstermektedir.

3.4 Araştırmanın Yeri ve Tarihi

03.06.2024-20.12.2024 tarihleri arasında, diz ağrısı şikayetiyle Pendik Özel Yüzyıl Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü'ne başvuran, diz MRG ile meniskopati tanısı doğrulanmış, menisküs hasarı nedeniyle artroskopi uygulanmış ve sonrasında Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon bölümüne yönlendirilmiş olan 20-50 yaş

aralığındaki hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma grubunda, 20'si grade II ve 20'si grade III meniskopati tanılı toplam 40 hasta bulunmaktadır. Çalışmaya dahil edilen hastalardan 1'i tedavi seanslarının zamanına uyum gösterememesi nedeniyle; 3'ü tedavi sonrası ölçümlere gelememesi sebebiyle çalışma dışı bırakıldı. Grup I (kontrol grubu) 18 hasta ve ikinci grup II (tedavi grubu) 18 hasta olacak şekilde toplamda 36 hasta ile tamamlandı. Çalışma öncesinde etik kurul onayı alınmıştır.

Hastaların demografik verileri, muayene bilgileri, klinik takipleri ve fonksiyonel skorlarına arşiv ve hastane kayıtları üzerinden erişilmiştir. Tanı sürecinde fizik muayene, AP-lateral direkt grafi, özel testler ve MRG rutin olarak kullanılmıştır. Fizik muayene sırasında hastalara McMurray, Apley ve Ege testleri uygulanmıştır. Diz ağrısına yol açabilecek nörolojik hastalıklar ile diğer yumuşak doku ve kemik patolojilerini ekarte etmek amacıyla kapsamlı bir fizik muayene yapılmıştır. Hastaların semptomları ve fizik muayene bulguları kaydedilmiştir.

Araştırmaya katılan her birey için öncelikle bir değerlendirme formu hazırlanmış, ardından hastalara gerekli bilgi verilerek Aydınlatılmış Onam Formu alınmıştır. Tedavi öncesi ve sonrası yapılan ölçümler, her bir hasta için ayrı ayrı kaydedilmiştir.

Tüm katılımcılar, aşağıda belirtilen anket formlarını eksiksiz bir şekilde doldurdular:

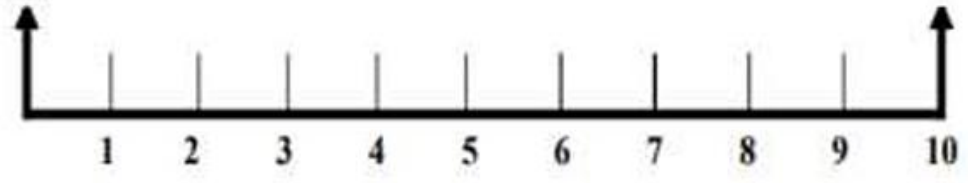
- Sosyodemografik bilgi formu
- VAS
- TAMPA Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ)

Ek. Tampa Kinezyofobi Ölçeği'nin Türkçe versiyonu (Toplam puan 17-68).

Lütfen, her soruda kendinize en uygun olan kutucuğu işaretleyiniz (*her soruda yalnızca bir kutucuğu işaretleyiniz*). Teşekkür ederiz.

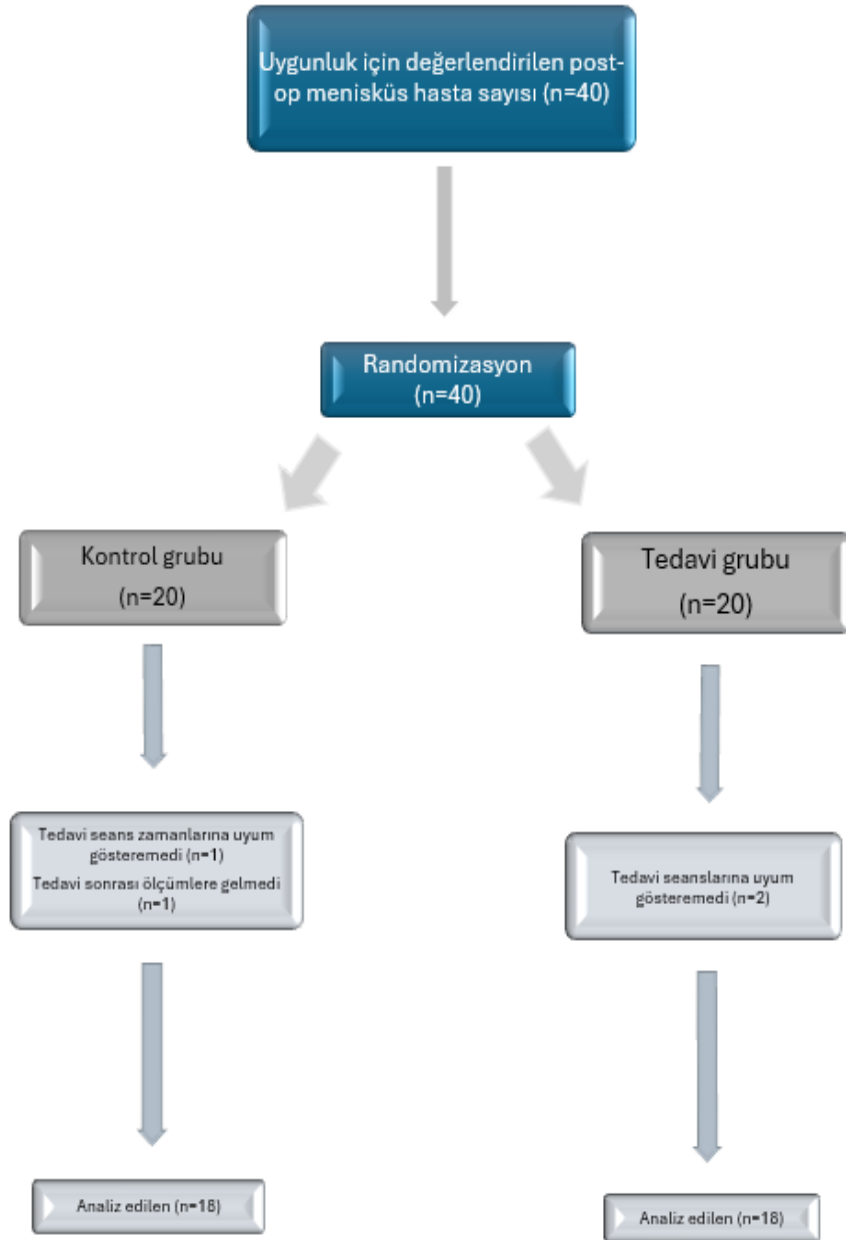
	Kesinlikle kabulmıyorum	Kabulmıyorum	Kabulyorum	Tamamen kabuluyorum
1. Egzersiz yaparsam kendi kendimi sakatlarım diye kaygılanıyorum.	☐	☐	☐	☐
2. Ağrıyla baş etmeye çalışacak olsam, ağrım artar.	☐	☐	☐	☐
3. Ağrımdan dolayı vücudum bana tehlikeli derecede yanlış giden bir şeyler olduğunu söylüyor.	☐	☐	☐	☐
4. Egzersiz yaparsam sanki ağrım hafifleyecekmiş gibi geliyor.	☐	☐	☐	☐
5. İnsanlar benim tıbbi sorunlarımı yeterince ciddiye almıyorlar.	☐	☐	☐	☐
6. Başıma gelen bu olay nedeni ile vücudum hayat boyu risk altında olacak.	☐	☐	☐	☐
7. Ağrımın olması her zaman, vücudumu sakatladığım/bir problemim olduğu anlamına gelir.	☐	☐	☐	☐
8. Sırf bazı şeylerin ağrımı artırıyor olması, onların tehlikeli oldukları anlamına gelmez.	☐	☐	☐	☐
9. Kendimi kazara sakatlamaktan korkuyorum.	☐	☐	☐	☐
10. Ağrının artmasını engellemenin en basit ve güvenli yolu gereksiz hareketler yapmaktan kaçınmaktır.	☐	☐	☐	☐
11. Vücudumda tehlike arz eden bir şey olmasaydı, bu kadar çok ağrı hissetmezdim.	☐	☐	☐	☐
12. Ağrıma rağmen, fiziksel olarak aktif olsaydım, durumum daha iyi olurdu.	☐	☐	☐	☐
13. Ağrı, kendimi sakatlamamam için egzersizi ne zaman bırakmam gerektiği konusunda bana sinyal verir.	☐	☐	☐	☐
14. Benim durumumda olan birinin, fiziksel olarak aktif olması pek güvenli değildir.	☐	☐	☐	☐
15. Normal insanların yaptığı her şeyi yapamam, çünkü çok kolay sakatlanırım.	☐	☐	☐	☐
16. Bazı şeyler çok fazla ağrıya neden olsa bile, bunların gerçekte tehlikeli olduklarını düşünmem.	☐	☐	☐	☐
17. Hiç kimse ağrı hissederken egzersiz yapmak zorunda olmamalı.	☐	☐	☐	☐

Şekil 19. TAMPA Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ)



Şekil 20. Visual Analog Scale (VAS) Değerlendirme Ölçeği





Şekil 21. Çalışmanın Hasta Akış Çizelgesi

Çalışmaya Alınma ve Çalışmadan Dışlanma Kriterleri:

Çalışmaya Alınma Kriterleri:

- Son 6 ay içinde menisküs onarımı ameliyatı geçirmiş olmak
- 20-50 yaş aralığında olmak
- Yüksek yoğunluklu antrenman yapamayacak seviyede olmak
- Vizuel Analog Skalası (VAS) değeri 4 veya üzerinde olmak

Çalışmadan Dışlanma Kriterleri:

- Hipertansiyon öyküsü olmak
- Kalp yetmezliği, kalp krizi gibi öykülere sahip olmak
- Derin Ven Trombozu (DVT) öyküsü olmak
- Periferik Arter Hastalığı, Varisler, Kanama bozukluklarına sahip olmak
- Antikoagülan kullanımı
- Periferik Sinir Hastalıkları, Nöropati varlığı ya da geçmiş
- Diabetes Mellitus öyküsü
- Cilt hassasiyetine sahip olmak
- Gebelik

Belirlenen kriterlere göre seçilen 36 hasta, randomize bir şekilde 18 kişilik iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup kontrol grubu, ikinci grup ise tedavi grubu olarak tanımlanmıştır. Çalışma kriterlerine uyan hastalar belirlendikten sonra, yaş, cinsiyet, etkilenen diz tarafı, menisküs grade derecesi, yırtığın konumu ve şekli gibi parametrelerle kapsamlı değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

3.5 Araştırma Tasarımı

Hastaların randomizasyonu, "Research Randomizer" programı kullanılarak yapılmıştır (<https://www.randomizer.org/>). Katılımcılar, grup 1 (kontrol grubu) ve grup 2 (tedavi grubu) olmak üzere iki gruba ayrılmış ve her gruba 18 hasta dahil edilmiştir. Hastaların 1. seans öncesi ve 24. seans sonrası değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir. Tüm değerlendirme ve tedavi süreçleri aynı fizyoterapist tarafından yürütülmüştür.

Grup I'deki hastalara klasik fizik tedavi egzersiz tedavisi uygulanırken, Grup II'deki hastalara aynı egzersiz tedavisine ek olarak KAK-DYDE tedavisi de uygulanmıştır.

Grup 1: Klasik Egzersiz

Grup 2: Klasik Egzersiz + KAK-DYDE

Tüm bireylerden “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” alınmıştır.

3.6 Bireylerin Değerlendirilmesi

Pendik Özel Yüzyıl Hastanesi'ne başvuran ve ortopedist hekim tarafından muayene edilerek grade II veya grade III dejeneratif menisküs yırtığı tanısı almış hastalar, çalışma için belirlenen dahil edilme ve dışlanma kriterlerine uygun olarak seçilmiştir.

Hastaların değerlendirilmesinde Sosyodemografik Bilgi Formu, Vizüel Analog Skalası, TKÖ, Eklem Hareket Açıklığı Ölçümü, Kas Kuvvet Değerlendirmesi kullanıldı. Hastaların değerlendirmeleri, fizyoterapist tarafından gerçekleştirilmiş ve her bir değerlendirme 30 dakika sürmüştür.

3.6.1 Sosyodemografik Bilgi Formu

Form, hastaların adı, soyadı, yaşı, cinsiyeti, kilosu, boyu, beden kütle indeksi, mesleği, eğitim durumu, adresi, mesleği, dominant taraf eli, hasta tarafı ve şikâyetleri gibi bilgileri içeren çalışmaya katılım için gerekli soruları kapsamaktadır. Hem tedavi öncesi hem de sonrası tüm katılımcılar bu formu doldurmuştur.

3.6.2 Vizüel Analog Skalası (VAS)

Hastaların diz bölgelerinde hissettikleri ağrının şiddetini ölçmek için tedavi öncesi ve sonrası VAS kullanılmıştır. VAS, ilk defa psikoloji alanında geliştirilmiş bir değerlendirme aracıdır ve daha sonra farmakoloji alanında tedavi gören romatoloji hastalarında ağrı değerlendirmesi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Hastalardan, 100 mm (10 santimetre) uzunluğundaki bir skala üzerinde ağrı yoğunluğunu belirten noktaya işaretleme yapmaları istenmektedir. Değerin artması, hissedilen ağrının şiddetinin

yükseldiği anlamına gelmektedir. VAS, çok kısa sürede uygulanabilen ve güvenilirliği yüksek olan bir ölçektir.

3.6.3 TAMPA Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ)

Kronik kas-iskelet ağrısı olan bireylerde ağrıyla ilişkili hareket korkusunu araştırmak amacıyla sıkça kullanılan TKÖ, bu çalışmada bireylerin harekete bağlı korku ve kaçınma düzeylerini değerlendirmek için tercih edilmiştir. Türkçe geçerlik ve güvenilirlik çalışması yapılmış olan bu ölçek, 17 sorudan oluşan bir Likert puanlamasına sahiptir. Bireyler 17 ila 68 arasında bir skor alabilir ve skor arttıkça kinezyofobi düzeyi yükselir. Katılımcılardan, her bir soru için “kesinlikle katılmıyorum”, “katılmıyorum”, “katılıyorum” veya “tamamen katılıyorum” ifadelerinden birini işaretleyerek ölçeği kendilerinin doldurmaları istenmiştir (208).

3.6.4 Eklem Hareket Açıklığının Değerlendirilmesi

Dizin fleksiyon ve ekstansiyon açıları ölçülürken, hastalar Clarkson ve arkadaşlarının önerdiği şekilde sırtüstü pozisyonda yerleştirilmiştir. Universal gonyometre ile yapılan ölçümde, pivot noktası femurun lateral kondili olarak kabul edilmiş, sabit kol femurun lateral orta çizgisine, hareketli kol ise fibulaya paralel olacak şekilde ayarlanmıştır (209).

3.6.5 Kas Kuvvet Analizi

Kas kuvvet ölçümleri, birçok çalışmada geçerli ve güvenli olan dijital el dinamometresi (digital hand-held dynamometer) "Micro Fet2" (Hoggan Health Industries, Draper, UT) cihazı yardımı ile yapıldı. Diz ekstansiyon (QF) kas kuvveti, diz fleksiyon (hamstringler) kas kuvveti ve ayak bileği plantar fleksiyon (Gastrocnemius) kas kuvveti, Micro Fet2 cihazının geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarında tanımlandığı şekilde ölçülmüştür.



Şekil 22. Micro Fet2 Dijital El Dinamometresi

QF kas kuvveti ölçümü için, diz 90 derece fleksiyondan 45 derece fleksiyona kadar hareket ettirilmiş ve dinamometre yerleştirilmeden önce hastalardan izometrik ekstansiyon hareketini, maksimum kuvvetle iki kez yapmaları istenmiştir. Daha sonra, dinamometre, malleollerin 5 cm proximaline tibial krestin hemen anterioruna yerleştirilmiştir. Hastalardan, sözlü cesaretlendirme eşliğinde tüm güçleriyle 5 ila 10 saniye arasında dinamometreye kuvvet uygulamaları istenmiştir.

Hamstring kas kuvvet ölçümü için, diz 90 derece fleksiyona alınmış ve dinamometre yerleştirilmeden önce hastalardan izometrik fleksiyon hareketini, maksimum kuvvetle iki kez yapmaları istenmiştir. Daha sonra, dinamometre, malleollerin 5 cm proximaline cruris posterioruna yerleştirilmiştir. Hastalardan, sözlü cesaretlendirme eşliğinde tüm güçleriyle 5 ila 10 saniye arasında dinamometreye kuvvet uygulamaları istenmiştir.

Gastrocnemius kas kuvveti ölçümü için, diz tam ekstansiyonda iken hastalar sırt üstü yatırılmış ve dinamometre yerleştirilmeden önce hastalardan izometrik plantar fleksiyon hareketini, maksimum kuvvetle iki kez yapmaları istenmiştir. Daha sonra, dinamometre, ayak plantar yüzünün distal ucuna yerleştirilmiştir. Hastalardan, sözlü cesaretlendirme eşliğinde tüm güçleriyle 5 ila 10 saniye arasında dinamometreye kuvvet uygulamaları istenmiştir.

Kuvvet ölçümleri üç kez tekrarlanmış ve her ölçüm arasında 2 dakika dinlenme süresi verilmiştir. Ölçülen en yüksek kuvvet değeri, N cinsinden kaydedilip değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 23. MicroFet cihazı ile QF kas kuvvet ölçümü



Şekil 24. MicroFet cihazı ile hamstring kas kuvvet ölçümü



Şekil 25. MicroFet cihazı ile gastrocnemius kas kuvvet ölçümü

3.7 Tedavi Protokolü

Gönüllü olarak araştırmamıza katılan hastalar, grup I kontrol grubu ve grup 2 tedavi grubu olmak üzere iki gruba ayrılmış ve randomize edilmiştir. Grup I'deki hastalara yalnızca klasik fizik tedavi egzersiz tedavisi uygulanırken, Grup II'deki hastalara egzersiz tedavisine ek olarak KAK-DYDE uygulanmıştır. Egzersiz tedavisi, tüm hastalara 8 hafta boyunca toplam 24 seans şeklinde fizyoterapist eşliğinde gerçekleştirilmiştir.

Grup I Kontrol Grubu Uygulamaları:

- NMES 20 dk
- Terapötik (Sürekli) Ultrason 6 dk
- CP 7 dk

-Klasik Fizik Tedavi Egzersizleri

QF, hamstringler ve gastrocnemius kaslarına yönelik germe egzersizleri, hasta tarafından 30 saniye boyunca germe, ardından 30 saniye dinlenme süreleriyle toplamda 3 set halinde gerçekleştirilmiştir. Germe hareketleri, fizyoterapist tarafından gözlemlenmiş ve her bir germe, ağrı sınırında yapılacak şekilde uygulanmıştır.

Dört yönlü düz bacak kaldırma egzersizi, ilk iki hafta boyunca ağırlıksız olarak uygulanmıştır. Üçüncü haftayla birlikte, 1 kg'lık bağlanabilir ağırlık eklenerek egzersize devam edilmiştir. Hasta, ağırlığı tolere etmeye başladığında, yük sırasıyla 1,5 kg veya 2 kg'a çıkarılmıştır.

İzometrik QF kuvvetlendirme egzersizi, diz altına havlu yerleştirilip hastalar tarafından tüm seanslar boyunca uygulanmıştır.

İlk iki hafta süresince oturur pozisyonda diz ekstansiyon kuvvetlendirme egzersizi, ağırlıksız olarak yapılmış ve sonrasında 1 kg'lık bağlanabilir ağırlık eklenmiştir. Hasta, bu ağırlığı tolere etmeye başladığında, egzersiz 1,5 kg veya 2 kg bağlanabilir ağırlıkla devam ettirilmiştir.

Mini squat egzersizi, sandalye yardımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

İlk iki hafta ağırlıksız olarak köprü kurma egzersizi yapılmış, üçüncü haftadan itibaren hastanın taşıyabileceği miktarda ağırlık eklenerek egzersiz uygulanmıştır.

Üçüncü haftadan itibaren öne ve yana Lunge egzersizlerine başlanmıştır.

Clamshell egzersizi, yan yatış pozisyonunda gerçekleştirilmiştir.

Hastalar, 8 hafta süresince haftada 3 gün tedaviye alınmıştır. Germe egzersizleri hariç, diğer tüm egzersizler 8 tekrar ve 3 set olarak uygulanmış, hasta egzersizleri rahatlıkla tamamlamaya başladığında tekrar sayısı 12'ye ve set sayısı 3'e çıkarılmıştır. Germe egzersizleri ise her seferinde 30 saniye ve 3 set olarak gerçekleştirilmiştir.

3.7.1 NMES

Her iki gruba da menisküs hasarı olan dizine 8 hafta süre ile haftada 3 kez (toplam 24 seans) NMES uygulandı. Elektrik stimülasyonu Cefar Compex Vitality, 4 bağımsız kanallı, 120mA, 200-400 us, 120 Hz gücündeki cihaz ile rehabilitasyon modunda 20 dakika uygulandı.



Şekil 26. Cefar Compex Vitality NMES Cihazı

3.7.2 Ultrason

Terapötik ultrason (US), ağrıyı yönetmeye ve yumuşak doku yaralanmalarının iyileşmesine yardımcı olmaya yönelik fizik tedavi protokollerinde tamamlayıcı bir tedavi olarak kullanılır. Tedavi, yoğunluk, dalga boyu, görev döngüsü ve frekans gibi çeşitli uygulama parametreleri aracılığıyla termal (sürekli US) ve termal olmayan (darbeli US) modalitelerle terapötik etkiler sağlar. Sürekli US, termal etki oluşturarak dokularda sıcaklık artışı sağlar. Bu sıcaklık artışı kılcal geçirgenlik ve doku metabolizmasını artırarak lifli dokuların esnekliğini ve ağrı eşiğini yükseltir, böylece analjezik bir etki yaratır. Termal olmayan etkiler ise hücre zarı geçirgenliğini düzenleyerek, protein sentezini artırarak ve yaralanma bölgesindeki bağışıklık tepkisini aktive ederek doku yenilenmesini destekler (210).

Post-op menisküs hastalarına 1 MHz frekansında ses dalgaları kullanarak derin dokulara ulaşmak ve ısı oluşturmak amaçlanmıştır. Uygulama sırasında genellikle 0.5-2.0 W/cm² enerji yoğunluğu kullanılmıştır.

Amacımız dokularda kan akışını artırarak metabolizmayı hızlandırmaktır. Sürekli ultrasonun analjezik etkisi, postoperatif ağrıyı azaltırken eklem hareket açıklığını artırır, böylece hastaların günlük yaşam aktivitelerine dönüşünü hızlandırır. Menisküs hasarı bulunan dize uygulanan tedavi süresi, toplamda 6 dakika olup, 8 hafta boyunca haftada 3 gün gerçekleştirilmiştir.

3.7.3 Cold Pack (CP)

Cold Pack uygulaması, postoperatif menisküs tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu uygulamanın amacı, ağrıyı azaltmak, şişliği kontrol altına almak ve iyileşme sürecini hızlandırmaktır. CP uygulamasının, cerrahi sonrası ağrıyı önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Soğuk, sinir uyarılarını baskılayarak analjezik bir etki sağlar. Soğuk uygulamalar, vazokonstriksiyona yol açarak şişliği azaltır. Menisküs cerrahisi sonrası, soğuk paketlerin düzenli kullanımı, şişlik seviyelerini önemli ölçüde düşürebilir. Bu durum, hastaların hareketlilik kazanmasını ve rehabilitasyon sürecine daha hızlı başlamasını sağlar. Genellikle 15-20 dakika boyunca önerilse de özellikle cerrahi sonrası ilk günlerde şişlik ve ağrıyı yönetmek için daha kısa süreli uygulamalar yapılabilir. İlk 4 hafta boyunca, haftada 3 gün, her bir uygulama 7 dakika süreyle CP tedavisi uygulanmıştır. Takip eden 4 hafta boyunca ise, aynı sıklıkta, her seansın süresi 10 dakikaya çıkarılmıştır. Tüm hastalardan, bu tedavi sürecini evde günlük olarak 2 saat aralıklarla tekrar etmeleri istenmiştir.

Grup II Tedavi Grubu

Grup I ile aynı tedavi hastalara uygulanmıştır.

Klasik fizik tedavi uygulamalarına ek olarak, hastaların tedavi programına, düşük yoğunlukta yapılmasına rağmen kas gücünü artırmada etkili olan 15 dakikalık KAK düşük yoğunluklu dirençli egzersizler dahil edilmiştir.

3.7.4 Kan Akımı Kısıtlama Egzersizleri

Kan akımı kısıtlaması için AirBands Wireless BFR Cuffs marka cihaz kullanılmıştır. Manşetlerin basıncı, akıllı telefonunuza bağlanan ve kişisel kullanım için tasarlanmış kablosuz özelliktedir. Bu teknoloji, elde taşınan Doppler ultrason makinelerine ihtiyaç duymadan doğru miktarda basıncı ölçerek kan akışını engeller. AirBands BFR manşeti uygulanacak ekstremitenin proksimaline yerleştirilmiştir. Literatür incelendiğinde, alt ekstremité için 5-23 cm genişliğinde manşonların kullanıldığı görülmektedir. Daha geniş manşonlar, daha az basınç ile kan akışını kısıtlasa da daha yüksek algılanan efor ile ilişkili olduğu için kullanılan manşonun genişliği 7 cm



Şekil 27. AirBands Wireless BFR Cuffların Akıllı Cihazla Bağlantısı

olacak şekilde ayarlanmıştır.

Uzuv oklüzyon basıncının belirlenmesi için kullanılan akıllı telefon uygulamasıyla senkronize edilmiştir. Uygulama üzerinden başlangıç basıncını ayarlanmıştır. Bu genellikle 0 mmHg olarak ayarlanır. Uygulama aracılığıyla manşet şişirilmiş ve kan akışını kısıtlamak için gereken basıncı belirlemek amacıyla otomatik olarak yapılmıştır.

Uygulama, kan akışını durduracak basıncı ölçerken sesli bir uyarı vermektedir. Oklüzyon basıncı, kan akışını tamamen durduran maksimum basınçtır. Bu değer, bireysel özelliklere göre değişiklik göstermektedir. Ölçüm tamamlandıktan sonra, belirlenen oklüzyon basıncı (Limb Occlusion Pressure – LOP) değeri kaydedilmiştir. LOP belirlendikten sonra, egzersiz sırasında kullanılacak basınç seviyeleri genellikle bu LOP'un %40-80'i arasında ayarlanır. Alt ekstremité için bu değerler 100-200 mmHg arasında değişmektedir. Bu çalışmada, en yaygın kullanım biçimi olarak uzuv oklüzyon basıncının %80'i hesaplanmış ve kan akışı kısıtlamalı ön yüklenme protokollerin uygulanmasında bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncı olarak kullanılmıştır. LOP değeri sonucunda BFR Cufflarının hangi basınçla sıkılması gerektiği aşağıda açıklanmıştır.

Örneğin, LOP değeri 116 mmHg olarak belirlenen bir bireyde;

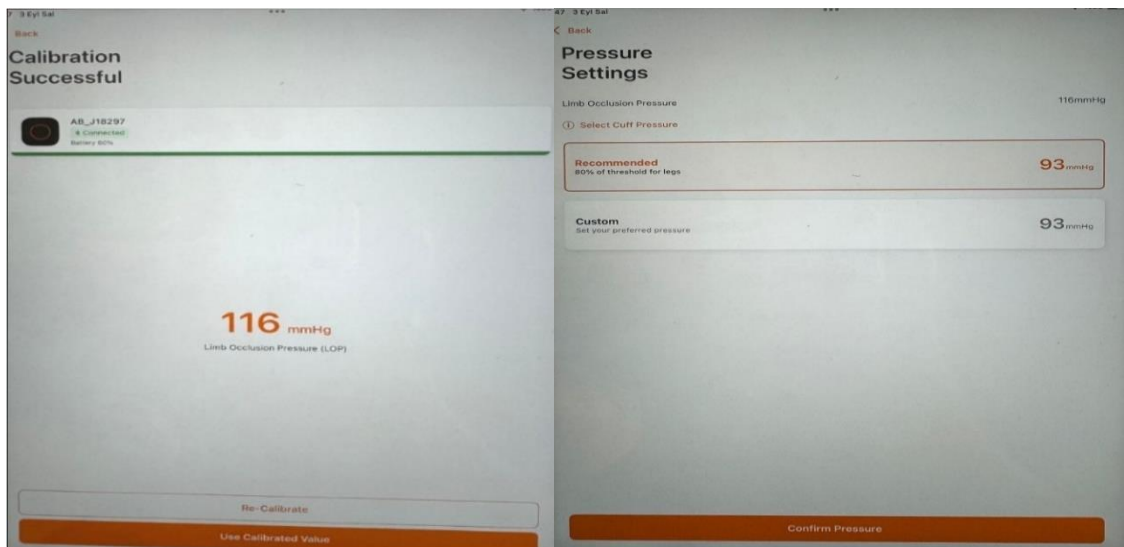
Oklüzyon basıncının %40'ı hesaplanırken;

$$\text{LOP} \times 0.40 = 116 \text{ mmHg} \times 0.40 = 46.4 \text{ mmHg}$$

Oklüzyon basıncının %80'i hesaplanırken;

$$\text{LOP} \times 0.80 = 116 \text{ mmHg} \times 0.80 = 92.8 \text{ mmHg}$$

Bu durumda, LOP'un %40'ı 46.4 mmHg, %80'i ise 92.8 mmHg olur. Egzersiz sırasında bu aralıklarda bir basınç uygulamak, kan akışını kısıtlayarak kas gelişimini teşvik etmek için kullanılmaktadır.



Şekil 28. LOP değerinin belirlenmesi sonucu oklüzyon basıncının hesaplanması

Araştırma kriterlerini karşılayan ve gruplara rastgele dağılımla ayrılan post-op menisküs hastalarında, tedavi öncesi değerlendirmeler yapıldıktan sonra rehabilitasyon sürecine başlandı. KAK-DYDE tedavi grubunda yer alan hastalara ağrılı dizin en proksimal noktasına (QF kasının insersiyosu) yerleştirilen cuff ile egzersiz yaparken, kontrol grubunda yer alan hastalar klasik fizik tedavi egzersizlerini cuff olmadan uyguladı.

Rehabilitasyon sürecinde her iki gruba dahil olan hastalar 8 hafta boyunca, haftada 3 gün klinikte, fizyoterapist gözetiminde egzersiz programına dahil edildi. Tüm hastalar toplam 24 seans egzersiz programını tamamladı.



şekil 29. KAK ile Bacak Uzatma (Leg Extension) Egzersizinin Uygulanışı



Şekil 30. KAK ile Kutuya Çömelme (Box Squat) Egzersizinin Uygulanışı



Şekil 31. KAK ile Ayak Egzersizinin (Footwork) Uygulanışı



Şekil 32. KAK ile Hamle (Lunge) Egzersizinin Uygulanışı

3.8 İstatistiksel Yöntemler

Kontrol ve tedavi gruplarından elde edilen veriler İstatistiksel analizler ve hesaplamalar için IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) programı ile analiz edilerek elde edilen bulgular tablo ve grafikler yardımıyla ortaya konulmuştur. Her bir grup içerisindeki gözlem sayısı 30'un altında olması nedeni ile parametrik olmayan analiz yöntemleri tercih edilmiştir. Gruplar arası demografik ve klinik özelliklerin karşılaştırılmasında Mann Whitney U testi kullanıldı. Gruplara göre kategorik verilerin karşılaştırılmasında Fisher's exact testi kullanıldı. Grup içi tedavi öncesi ve sonrası klinik özelliklerin karşılaştırılmasında Wilcoxon testi kullanıldı. Analiz sonuçları nicel veriler için ortalama $\pm$ standart sapma ve ortanca (minimum-maksimum) şeklinde, kategorik veriler için ise frekans (yüzde) şeklinde sunuldu. Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

4. BULGULAR

4.1 Katılımcıların Tanımlayıcı Özelliklerine Ait Bulgular

Araştırmada seçilen 36 kişilik örneklem, rastgele seçim yöntemiyle kontrol ve tedavi gruplarına ayrılmış ve bu gruplar arasındaki olası farklar istatistiksel analizler ile değerlendirilmiştir. Çalışma, ilgili hastanenin fizik tedavi kliniğinde gerçekleştirilmiş olup, olgular menisküs operasyonu sonrası başvurmuş ve belirlenen kriterlere uyan hastaların analizi yapılmıştır.

Çalışmaya yaşları 20-50 yaşları arasında 36 hasta dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen bireylerin (n=36) yaş ortalaması kontrol grubu için $34,61 \pm 7,64$ yıl ve tedavi grubu için $33,56 \pm 9,87$ yıl olarak değerlendirildi. Yaş ve VKİ'nin gruplara göre ortalamaları ve bu ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığının tespiti için yapılan Mann Whitney U testi sonuçları Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Grupların Yaş ve VKİ Ortalamalarının Karşılaştırılması

	Grup	n	x	ss	p
Yaş	Kontrol	18	34,61	± 7.64	a 0.776
	Tedavi	18	33,56	± 9.87	
VKİ (Kg/M ²)	Kontrol	18	23,81	± 1.81	a 0.034
	Tedavi	18	25,69	± 2.86	

n: kişi sayısı / x: ortalama / ss: standart sapma / VKİ: vücut kitle indeksi / a = Mann Whitney U testi

Kontrol grubu hastaların yaş ortalaması 34.61 ve tedavi grubu hastaların yaş ortalaması ise 33.56 olarak elde edilmiş olup, istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).

Kontrol grubu hastalarının vücut kitle indeksi ortalama değeri 23.5 iken, tedavi grubu hastalarının vücut kitle indeksi ortalama değeri 25.1 ile daha yüksek elde edilmiştir. Gruplara göre hastaların vücut kitle indeksleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

Grupların; cinsiyet ve eğitim durumuna göre karşılaştırılmasında Fisher's exact testi kullanılmıştır. Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Gruplar cinsiyete göre karşılaştırıldığında; kontrol grubunun %66,7'si erkek, %33,3'ü kadın iken, tedavi grubunun %72,2'si erkek, %27,8'i kadın olup, bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Gruplar eğitim durumuna göre karşılaştırıldığında; kontrol grubu hastalarının %27,8 çoğunluk ile ön lisans ve lisans, tedavi grubu hastalarının ise %50 çoğunluk ile lisans eğitim düzeyinde olduğu görülmekte olup, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Tablo 2. Grupların Cinsiyet ve Eğitim Durumu Bakımından Karşılaştırılması

			Kontrol Grubu	Tedavi Grubu	Total	p
Cinsiyet	Kadın	n	6	5	11	b 1.000
		%	33,3%	27,8%	30,56%	
	Erkek	n	12	13	25	
		%	66,7%	72,2%	69,44%	
Eğitim Durumu	İlköğretim	n	1	2	3	b 0.250
		%	5,6%	11,1%	8,33%	
	Ortaöğretim	n	3	3	6	
		%	16,7%	16,7%	16,67%	
	Önlisans	n	5	4	9	
		%	27,8%	22,2%	25,0%	
	Lisans	n	5	9	14	
		%	27,8%	50,0%	38,89%	
	Yüksek Lisans	n	4	0	4	
		%	22,2%	0%	11,11%	

n: kişi sayısı / %: yüzdesi / b= Fisher's exact testi

Grupların; etkilenen taraf ve grade derecelerinin durumuna göre karşılaştırılmasında Fisher's exact testi kullanılmıştır. Tablo 3.'te gösterilmiştir.

Kontrol ve tedavi grubu hastalarının %50'sinin sağ diz ve %50'sinin sol dizden etkilendiği görülmektedir. Kontrol grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri incelendiğinde %61.1'i grade 2 ve %38.9'u ise grade 2 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. Grupların Etkilenen Taraf ve Grade Dereceleri Bakımından Karşılaştırılması

		Kontrol Grubu		Tedavi Grubu		p
Etkilenen Taraf	Sağ Diz	9	50%	9	50%	-
	Sol Diz	9	50%	9	50%	
Grade	2	11	61,1%	11	61,1%	-
	3	7	38,9%	7	38,9%	

Gruplar arasında yaş, VKİ, cinsiyet, eğitim durumu, etkilenen taraf ve grade dereceleri gibi değişkenlere göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması, her iki grubun benzer özelliklere sahip olduğunu ve gruplar arası karşılaştırmaların istatistiksel açıdan geçerli olduğunu göstermektedir.

4.2 Kontrol Grubu Ölçümleri Tedavi Öncesi ve Tedavi Sonrası Karşılaştırması

Kontrol grubunda, tedavi öncesi ve tedavi sonrasında ölçülen parametrelerin ortalamaları ile bu ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığının belirlenmesi için bağımlı gruplarda Mann-Whitney U testi uygulanmış ve sonuçlar sunulmuştur. Menisküs yırtık düzeylerine ait klinik özelliklerin kontrol grubu açısından incelenmesi, Tablo 4.'te sunulmuştur. Bağımlı gruplarda yapılan Mann-Whitney U testi sonuçlarına göre; kontrol grubunda, tedavi öncesi ve sonrası ölçülen tüm parametrelerde anlamlı düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Tablo 4. Kontrol grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri ve klinik özellikleri arasındaki ilişki

		n		t	p
		Grade2 (n=11)	Grade3 (n=7)		
		x± ss	x±ss		
VAS	T. Öncesi	4.64 ± 0.67	6.57 ± 0.79	-3.415	a 0.001
	T. Sonrası	3.18 ± 0.75	4.57 ± 1.13	-2.407	a 0.016
TKÖ Skoru	T. Öncesi	38.73 ± 2.1	44.43 ± 1.72	-3.365	a 0.001
	T. Sonrası	30.45 ± 3.86	36.29 ± 4.27	-2.319	a 0.020
QF	T. Öncesi	159.73±15.51	156.43±23.71	-0.364	a 0.716
Kas Kuvveti	T. Sonrası	243.55±28.77	233.71±23.88	-0.726	a 0.468
Hamstring	T. Öncesi	118.91 ± 9.01	115.29±13.06	-0.409	a 0.683
Kas kuvveti	T.Sonrası	194.27±24.46	190 ± 25.52	-0.408	a 0.684
Gastrocnemius	T.Öncesi	121.09±15.81	114.43±13.87	-1.090	a 0.276
Kas kuvveti	T. Sonrası	212.45±21.56	204.29±23.6	-0.816	a 0.415
Diz Fleksiyon	T. Öncesi	91±8.26	81.29±4.64	-2.435	a 0.015
Açısı	T. Sonrası	115.55±8.37	101.43±4.76	-2.935	a 0.003
Diz Ekstansiyon	T.Öncesi	-5.91 ± 2.63	-7.86±2.41	-1.457	a 0.145
Açısı	T. Sonrası	-0.91 ± 1.38	-1.71 ± 1.8	-0.998	a 0.318

*p<0,05; Kontrol / n: kişi sayısı, x: ortalama, ss: standart sapma / a = Mann Whitney U testi

Grade 2 ve grade 3 menisküs yırtığı olan hastalar içerisinde klinik özelliklere ait bulgular incelendiğinde;

Hastaların tedavi öncesi ve tedavi sonrası bulgularına bakıldığında VAS ve TKÖ Skorlarında anlamlı düzeyde azalma varken, diğer parametrelerde anlamlı derecede bir yükselme görülmemiştir.



Şekil 33. Kontrol grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri ve klinik özellikleri arasındaki ilişki

Bu bulgular ışığında, kontrol grubundaki hastalarda tedavi sonrasında QF, Hamstring ve Gastrocnemius kas kuvvetleri ile diz fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinde belirgin bir iyileşme sağlanmış; buna ek olarak, ağrı ve hareket korkusu seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir.

4.3 Tedavi Grubu Ölçümleri Tedavi Öncesi ve Tedavi Sonrası Karşılaştırması

Tedavi grubunda, tedavi öncesi ve tedavi sonrasında ölçülen parametrelerin ortalamaları ile bu ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığının belirlenmesi için bağımlı gruplarda Mann Whitney U testi uygulanmış ve sonuçlar sunulmuştur. Menisküs yırtık düzeylerine ait klinik özelliklerin tedavi grubu açısından incelenmesi Tablo 5.'te sunulmuştur.

Bağımlı gruplarda Mann Whitney U testi sonuçlarına göre; tedavi grubunda, tedavi öncesi ve sonrası ölçülen tüm parametrelerde anlamlı düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,05$).

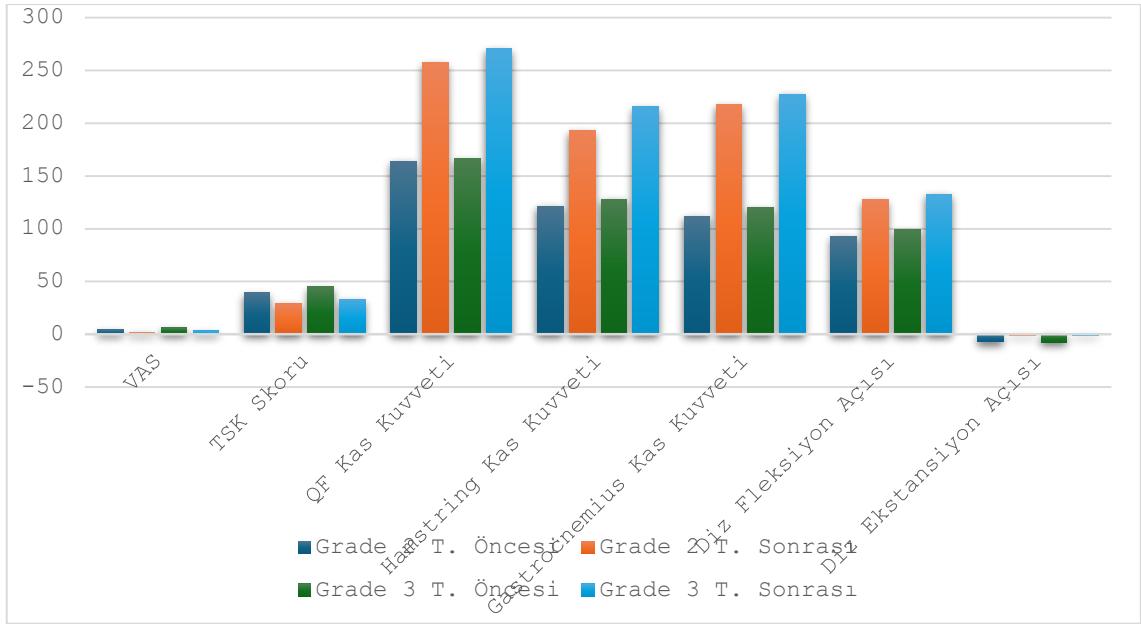
Tablo 5. Tedavi grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri ve klinik özellikleri arasındaki ilişki

		n		t	p
		Grade2 (n=11)	Grade3 (n=7)		
		x± ss	x±ss		
VAS	T. Öncesi	4.73±0.47	6.29±0.49	-3.701	a<0.001
	T. Sonrası	2.18±0.4	3.29±0.49	-3.356	a 0.001
TKÖ Skoru	T. Öncesi	39.55±1.97	44.86±1.35	-3.498	a<0.001
	T. Sonrası	29.09±1.04	32.86±1.35	-3.536	a<0.001
QF	T. Öncesi	164.09±15.05	166.71±8.75	-0.409	a 0.683
Kas Kuvveti	T. Sonrası	257.64±35.23	270.71±23.61	-0.725	a 0.469
Hamstring	T. Öncesi	121.55±14.89	128 ± 13.34	-0.862	a 0.389
Kas kuvveti	T.Sonrası	192.73±40.15	215.57±27.52	-1.316	a 0.188
Gastrocnemius	T.Öncesi	112±17.28	120.14±14.86	-1.044	a 0.297
Kas kuvveti	T. Sonrası	217.82±29.14	227.71±21.68	-0.499	a 0.618
Diz Fleksiyon	T. Öncesi	92.82±4.75	99.14±8.07	-1.684	a 0.092
Açısı	T. Sonrası	127.91±2.3	132.86±5.18	-2.248	a 0.025
Diz Ekstansiyon	T.Öncesi	-7.18±1.6	-7.71±2.36	-0.507	a 0.612
Açısı	T. Sonrası	-1.09±0.94	-1.29±1.11	-0.380	a 0.704

*p<0,05; Tedavi / n: kişi sayısı, x: ortalama, ss: standart sapma / a = Mann Whitney U testi

Grade 2 ve grade 3 menisküs yırtığı olan hastalar içerisinde klinik özelliklere ait bulgular incelendiğinde;

Hastaların tedavi öncesi ve tedavi sonrası bulgularına bakıldığında VAS ve TKÖ Skorlarında anlamlı düzeyde azalma varken, diğer parametrelerde anlamlı derecede bir yükselme görülmüştür.



Şekil 34. Tedavi grubu hastalarının menisküs yırtık düzeyleri ve klinik özellikleri arasındaki ilişki

Bu bulgular ışığında, kontrol grubundaki hastalarda tedavi sonrasında QF, Hamstring ve Gastrocnemius kas kuvvetleri ile diz fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinde belirgin bir iyileşme sağlanmış; buna ek olarak, ağrı ve hareket korkusu seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir.

4.4 Kontrol ve Tedavi Gruplarının Tedavi Sonrası Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 6.'da çalışmaya dahil edilen hastaların gruplar arası ve gruplar içindeki klinik özelliklerinin karşılaştırma sonuçları sunulmuştur.

Tedavi sonrasında, gruplar arasındaki ölçüm farklarının ortalamaları ve bu ortalamalar arasındaki farkların anlamlı olup olmadığının belirlenmesi için yapılan Mann-Whitney U testi sonuçları tabloda yer almaktadır.

Tablo 6. Kontrol ve Tedavi Gruplarının Tedavi Sonrası Değerlerinin Karşılaştırılması

	n		t	p
	Kontrol (n=18)	Tedavi (n=18)		
	x± ss	x± ss		
VAS	3.72 ± 1.13	2.61 ± 0.7	-3.072	a 0.002
TKÖ Skoru	32.72 ± 4.87	30.56 ± 2.2	-1.335	a 0.182
QF Kas kuvveti	239.72±26.69	262.72±31.14	-2.501	a 0.012
Hamstring Kas kuvveti	192.61±24.22	201.61±36.7	-1.488	a 0.137
Gastrocnemius Kas kuvveti	209.28±22.06	221.67±26.27	-1.646	a 0.100
Diz Fleksiyon Açısı	110.06 ± 9.97	129.83 ± 4.33	-4.888	a <0.001
Diz Ekstansiyon Açısı	-1.22 ± 1.56	-1.17 ± 0.99	-0.448	a 0.654

*p<0,05 / n: kişi sayısı / a: Mann Whitney U testi

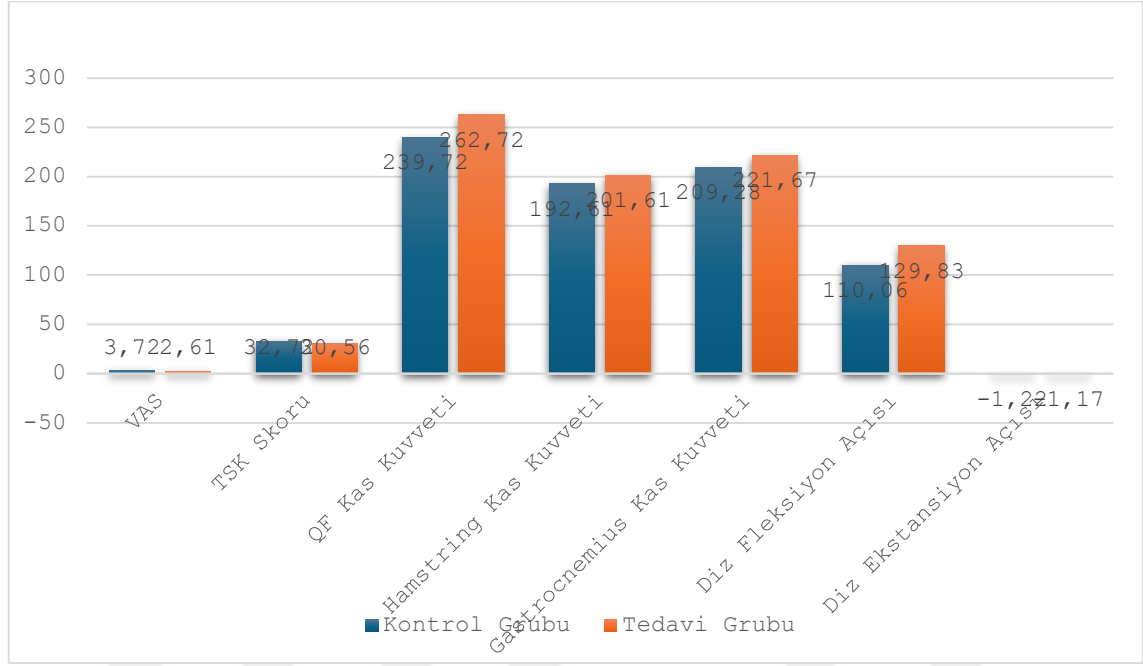
Gruplar arası klinik özelliklere ait bulgular incelendiğinde;

Kontrol grubu hastalarının VAS ortanca değeri 3.5 iken, tedavi grubu hastalarının 2.5 ile daha düşük elde edilmiştir. Gruplara göre tedavi sonrası VAS değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır (p<0,05).

Gruplara göre tedavi sonrası TKÖ skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0,05).

Gruplara göre tedavi sonrası microFet dinamometre ile yapılan QF kas kuvveti değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p<0,05). Kontrol grubu QF kas kuvveti ortanca değeri 249.5 iken, tedavi grubunun 272 ile daha yüksek elde edilmiştir. Hamstring ve gastrocnemius kas kuvveti değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p>0,05).

Kontrol grubu hastalarının diz fleksiyon açısı ortanca değeri 107.5 iken, tedavi grubunun 129.5 ile daha yüksek elde edilmiştir. Diz fleksiyon açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($p<0,05$), diz ekstansiyon açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.



Şekil 35. Kontrol ve Tedavi Gruplarının Tedavi Sonrası Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 6.'da verilen sonuçlara göre; tedavi sonrası gruplar arasında kas kuvveti ölçüm farklarında QF kas grubunda ve diz fleksiyon açısının değerinde anlamlı bir düzeyde artış, VAS değerinde anlamlı bir düzeyde azalma göstermektedir ($p<0,05$).

5. TARTIŞMA

Menisküs yaralanmaları, sporcularda ve yaşlı bireylerde sık karşılaşılan bir sorundur ve bu yaralanmalar hem akut hem de kronik ağrı, hareket kısıtlılığı ve fonksiyonel kayıplarla ilişkilidir. Menisküs, eklemi stabilize etmek ve şok emici bir rol oynamakla birlikte, yaralanmalar nedeniyle işlevini kaybedebilir. Menisküs yaralanmalarının tedavisinde, konservatif ve cerrahi yöntemler kullanılırken, son yıllarda Kan Akımı Kısıtlama (KAK) egzersizleri gibi yeni ve yenilikçi yaklaşımlar önem kazanmaktadır. Bu yöntem, kas kuvvetini artırmada düşük yoğunluklu egzersizlerle birlikte kullanıldığında, kas hipertrofisi ve fonksiyonel iyileşme sağlamak için etkili olabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda Grade 2 ve Grade 3 menisküs yaralanmalarını içeren bir hasta grubunun tedavi edilmesi, KAK'nin bu tür yaralanmalardaki potansiyel etkilerini değerlendirmek açısından önemlidir. Grade 2 ve Grade 3 menisküs yırtıkları, hastaların günlük yaşam aktivitelerinde kısıtlanmasına neden olabilecek ciddi yaralanmalardır. Grade 2 menisküs yaralanmaları, bazı yüzey yırtıkları veya yırtılmalarını ifade ederken, Grade 3 yaralanmalar, tüm menisküsün ciddi bir şekilde parçalanmasını ya da kaybını temsil eder (12). Bu yaralanmaların rehabilitasyonu, kas kuvvetinin korunması ve fonksiyonel iyileşmenin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

KAK egzersizleri, kas kasılmalarını düşük ağırlıklarla gerçekleştirerek kasların kan akışını kısıtlar. Bu yöntem, düşük yoğunluklu direnç egzersizleriyle birlikte kullanıldığında, kaslara daha az stres uygularken kas hipertrofisini ve gücünü artırabilir (16). Bu nedenle, KAK yönteminin menisküs yaralanmalarında Grade 2 ve Grade 3 seviyelerinde kas kuvvetini artırmak ve fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırmak için etkili bir rehabilitasyon yöntemi olup olmadığını araştırmak önemlidir.

Menisküs yaralanmaları, hastaların günlük yaşam aktivitelerinde kısıtlanmalarına ve ağrının yaşam kalitesini ciddi şekilde etkilemesine neden olabilir. Bu nedenle, ağrı yönetimi menisküs yaralanmalarında tedavi sürecinin önemli bir parçasıdır. Literatürde KAK yönteminin, menisküs yaralanmalarında ağrı düzeylerini azaltma üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır.

Literatürde KAK yönteminin menisküs yaralanmalarındaki ağrı kontrolü ve fonksiyonel iyileşme üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Hall ve arkadaşları (2015), BFR ile kombine edilen düşük yoğunluklu direnç egzersizlerinin menisküs yaralanmaları olan hastalarda ağrıyı anlamlı derecede azalttığını ve günlük yaşam aktivitelerine dönüş sürelerini kısalttığını bulmuşlardır. Bu çalışma, KAK'nin menisküs yaralanmalarında ağrı yönetimi ve fonksiyonel iyileşme üzerindeki olumlu etkilerini desteklemektedir (11).

Lovell ve arkadaşları (2018) menisküs yırtığı olan hastalarda KAK'nin ağrı yönetiminde etkinliğini araştırmış ve KAK-DYDE'nin, ağrı düzeylerinde anlamlı bir azalma sağladığını belirtmişlerdir. Çalışmada, VAS kullanılarak yapılan ölçümler sonucunda, KAK uygulanan hastaların ağrı skorlarında tedavi öncesine kıyasla anlamlı bir düşüş gözlemlenmiştir (4). Bu bulgu, KAK'nin menisküs yaralanmalarında ağrı yönetiminde başarılı bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

O'Brien ve Finch (2014) menisküs yaralanmaları olan hastalarda KAK yönteminin ağrı düzeylerini nasıl etkilediğini inceledikleri bir çalışmada, KAK'nin hastaların günlük yaşam aktivitelerinde daha az ağrı yaşamasına neden olduğunu ve ağrı yönetimini iyileştirdiğini bulmuşlardır. Bu çalışmada, KAK uygulamasının ardından hastaların ağrı seviyelerinde anlamlı bir azalma gözlemlenmiş olup, bu yöntemle tedavi edilen hastalar, kontrol grubuna kıyasla daha az ağrı deneyimlemiştir (1).

Bizim çalışmamızda da Grade 2 ve 3 menisküs yaralanmaları olan hastalarda, rehabilitasyon sonrası VAS (Visual Analog Scale) değerlerinde anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir ($p<0,05$). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar, KAK yönteminin menisküs yaralanmalarında ağrı yönetiminde klinik olarak etkili bir yöntem olduğunu desteklemektedir.

VAS sonuçları, tedavi grubunda ağrı yönetiminde KAK-DYDE'nin anlamlı bir iyileşme sağladığını göstermektedir. Tedavi öncesi ve sonrası VAS skorları karşılaştırıldığında, tedavi grubu hastalarının ağrı seviyeleri anlamlı derecede azalmıştır ($p<0,05$). Bu bulgu, KAK ile düşük yoğunluklu egzersizlerin birlikte kullanıldığında menisküs yaralanmalarında ağrı düzeylerini azaltmada etkili olduğunu göstermektedir.

KAK'nin menisküs yaralanmalarında ağrı yönetimi üzerindeki etkilerini inceleyen bu çalışmalar, KAK-DYDE'nin, ağrı düzeylerinde anlamlı bir azalmaya yol

açtığını göstermektedir. Bu yöntem, hastaların günlük yaşam aktivitelerine dönme sürecini hızlandırmakta ve ağrı yönetiminde başarılı bir yaklaşım olarak önerilmektedir.

Brown ve arkadaşlarının (2020) yaptığı bir çalışmada, post-op menisküs hastalarının Tampa Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ), tedavi süreçlerini nasıl etkilediği vurgulanmaktadır. Çalışmada, yüksek TKÖ puanlarının, hastaların egzersiz yapma ve fiziksel terapiye katılım konusundaki isteklerini azalttığı, bu nedenle iyileşme süreçlerinin daha uzun sürdüğü ve tedaviye uyumun daha düşük olduğu belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca, kinezyofobi düzeyinin düşük olduğu gruplarda daha iyi sonuçlar elde edilmesinin yanı sıra, egzersizlerin psikolojik etkilerinin de iyileşme süreçlerine katkı sağladığına dair bulgular bulunmaktadır (211).

TKÖ'nün, post-op menisküs hastalarının hareket yapma korkularını objektif bir şekilde ölçen önemli bir araç olduğuna değinmişlerdir. Bu bağlamda, kinesiofobiye bağlı düşük TKÖ puanları, egzersizlere katılımı artırarak iyileşme sürecini hızlandırabilir. Bu yayında kinezyofobi seviyelerinin yüksek olduğunu ve hareket korkusunun, hastaların egzersizlere katılımını kısıtladığını belirtmişlerdir. Kinezyofobi, tedaviye uyumda ve egzersiz programlarına katılımda zorluklar yaratabileceğinden, bu psikolojik engelin ortadan kaldırılması gerektiği sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamızda, TKÖ sonuçları, tedavi grubunda KAK-DYDE yönteminin kinezyofobi üzerinde bir etki yarattığını göstermektedir. Tedavi öncesi ve sonrası TKÖ skorları karşılaştırıldığında, tedavi grubu hastalarının kinezyofobi seviyelerinde bir azalma gözlemlenmiş olmakla birlikte, bu değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Bizim çalışmamızdaki bulgularda, kan akımı kısıtlamalı egzersizler gibi yenilikçi egzersiz yöntemlerinin, kinezyofobi üzerinde anlamlı bir etkisi olmamış olabilir. Bu durum, kan akımı kısıtlamalı düşük yoğunluklu egzersizlerin post-op menisküs hastalarında kinezyofobi düzeyleri üzerinde beklenen etkileri yaratmadığını gösteriyor. Ancak, Brown ve arkadaşlarının (2020) bulguları ile karşılaştırıldığında, bu sonuç kinezyofobinin rehabilitasyon süreçlerindeki etkisini tekrar gündeme getirmektedir.

Çalışmamızın bulguları, hareket korkusunu azaltmaya yönelik stratejilerin kan akımı kısıtlamalı egzersizlerle desteklendiğinde beklenen etkiyi yaratmadığını göstermektedir. Ancak, daha uzun süreli bir rehabilitasyon programı ve daha fazla hasta sayısı ile yeniden araştırmalar yapılabilir. Ayrıca, psiko-eğitim, ağrı yönetimi stratejileri

ve bireyselleştirilmiş egzersiz planları gibi psikolojik müdahaleler ile birleşen egzersizlerin etkisi de araştırılmalıdır. Bu durumda, egzersizlerin ve rehabilitasyon sürecinin psikolojik etkilerinin farklı zaman dilimlerinde gözlemlenebileceği ve psiko-sosyal faktörlerin rehabilitasyon sürecindeki önemi vurgulanmalıdır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, psiko-eğitim ve ağrı yönetimi stratejileri ile desteklenen KAK egzersizlerinin daha fazla incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

Lovell ve arkadaşları (2018), menisküs yırtığı olan hastalarda KAK-DYDE'nin kas kuvveti gelişimini nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmada, KAK uygulamasının QF kas kuvvetinde anlamlı bir artışa yol açtığı gözlemlenmiştir. Özellikle, düşük yoğunluklu KAK egzersizleri ile kas kuvvetinin artması, günlük yaşam aktivitelerinde kas performansını iyileştirmiş ve hastaların aktivitelerdeki güvenliklerini artırmıştır (4). Bu bulgular, KAK'nin menisküs yaralanmalarında kas kuvveti gelişimini desteklemek için etkili bir tedavi yöntemi olduğunu göstermektedir.

Pedersen ve arkadaşları (2020), KAK'nin menisküs yaralanmalarında kas kuvveti üzerindeki etkilerini inceledikleri bir çalışmada, KAK-DYDE'nin QF ve hamstring kas kuvvetlerinde anlamlı bir artışa yol açtığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada, kas kuvvetindeki artışın, tedavi sürecinde kas performansını iyileştirdiği ve yaralanma sonrası iyileşme sürecini hızlandığı tespit edilmiştir. KAK ile düşük yoğunluklu egzersizlerin birlikte uygulanması, kas kuvveti gelişiminde anlamlı bir fark yaratmıştır (6).

Tesch ve arkadaşları (2017), menisküs yaralanmalarında KAK'nin kas kuvveti üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, KAK-DYDE'nin QF kas kuvvetinde anlamlı bir iyileşmeye yol açtığını bildirmişlerdir. Çalışmada, KAK uygulamasının ardından hastaların kas kuvvetlerinde artış gözlemlenmiş ve bu artışın günlük yaşam aktivitelerinde karşılaşılan zorlukları azalttığı bulunmuştur (8). Çalışmamızdaki bulgular, KAK'nin kas kuvveti artışını destekleyen bu araştırmaları doğrulamaktadır.

Çalışmamızda da benzer bir sonuç elde edilmiştir. MicroFet dinamometre ile yapılan ölçümler sonucunda, tedavi grubu hastalarında QF kas kuvveti anlamlı bir artış göstermiştir ($p<0,05$). Tedavi öncesi hastaların ortalama QF kas kuvveti değeri 170 iken, tedavi sonrası bu değer 279 olarak elde edilmiştir. Bu bulgu, KAK yönteminin menisküs yaralanmalarında kas kuvveti artışını desteklemede etkili bir yöntem olduğunu

göstermektedir. Tedavi grubunda, klasik fizik tedavi egzersizlerine ek olarak uygulanan KAK, düşük yoğunluklu egzersizlerle birlikte kas kuvvetini önemli ölçüde artırmıştır.

Rice ve McNair (2010) menisküs yaralanmalarında KAK egzersizlerinin kas kuvveti üzerindeki etkilerini inceledikleri bir çalışmada, özellikle hamstring kas kuvvetinde anlamlı bir artış sağlandığını rapor etmişlerdir. Çalışmada, KAK-DYDE'nin kombinasyonunun, hamstring kas kuvvetinde anlamlı bir iyileşme sağladığı ve bu iyileşmenin günlük yaşam aktivitelerinde kas performansını artırdığı bulunmuştur (13). Benzer şekilde, bizim çalışmamızda da hamstring kas kuvvetinde tedavi sonrası bir artış gözlemlenmiştir. Ancak, bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu bulgular, KAK egzersizlerinin hamstring kas kuvveti üzerinde bir iyileşme sağladığına dair olumlu bir eğilim göstermiş olsa da istatistiksel olarak belirgin bir fark ortaya koymamaktadır. Bu durum, egzersiz programının hamstring kuvveti üzerindeki etkisinin daha uzun süreli takiplerde ya da daha geniş örneklemelerle belirginleşebileceğini düşündürmektedir.

Mason, J.S. ve arkadaşları (2022), KAK egzersizlerinin gastrocnemius kas kuvvetinde anlamlı bir artış sağladığını rapor etmişlerdir. Bu çalışma, özellikle post-op menisküs hastalarında KAK'nin kas kuvveti ve fonksiyonel iyileşme üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır (212). Ayrıca, KAK egzersizlerinin gastrocnemius kasını güçlendirdiği ve bu kuvvet artışının günlük aktivitelerdeki fonksiyonel performansa yansıdığı belirtilmiştir.

Bizim çalışmamızda ise KAK egzersizlerinin gastrocnemius kas kuvveti üzerinde bir iyileşme sağladığı gözlemlenmiş olmakla birlikte, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu, KAK egzersizlerinin gastrocnemius kas kuvveti üzerinde belirgin bir fark yaratmakta etkili olmasına rağmen, kısa vadede bu etkinin istatistiksel anlamlılık sınırlarına ulaşmadığını göstermektedir.

Gastrocnemius kas kuvvetinde görülen artışa rağmen istatistiksel anlamlılığın olmaması, KAK egzersizlerinin bu kas grubu üzerindeki etkisinin zamanla daha belirginleşebileceğini gösteriyor olabilir. Çalışmamızda gözlemlenen eğilim, özellikle uzun süreli takiplerde gastrocnemius kuvvetinin daha fazla artabileceğini ve fonksiyonel performansın iyileşebileceğini düşündürmektedir.

Ayrıca, gastrocnemius kasının kas kuvveti üzerindeki etkilerinin, daha fazla tedavi süresi ve egzersiz şiddeti ile daha belirgin hale gelebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. KAK egzersizleri, genellikle kas hipertrofisi ve kuvvet gelişimi için düşük yoğunluklu egzersizlerde etkili olabilir. Bununla birlikte, egzersizlerin yoğunlukları ve tedavi süresi, bu etkiyi daha anlamlı bir şekilde ortaya koyabilir.

Özellikle, menisküs yaralanmalarında kas kuvvetini artırmak ve fonksiyonel iyileşmeyi sağlamak için kullanılan KAK yönteminin etkileri, tedavi grubu hastalarımızda daha belirgin olarak gözlemlenmiştir. Tedavi grubunda, Grade 2 ve Grade 3 menisküs yaralanması bulunan hastaların QF, hamstring ve gastrocnemius kas kuvvetlerinde bir artış gözlemlenirken, bu artışlar arasında en belirgin ve anlamlı sonuç QF kasında elde edilmiştir. Bu bulgular, KAK yönteminin düşük yoğunluklu egzersizlerle birleştğinde kas kuvvetini ve fonksiyonel kapasiteyi artırmada ne kadar etkili olduğunu desteklemektedir.

Menisküs yaralanmaları hem hastaların kas kuvvetinde azalmaya hem de kas gücü kaybına neden olabilir. Kas kuvveti, hastaların günlük yaşam aktivitelerinde karşılaştıkları zorlukları ve yaralanmalardan kaynaklanan riskleri minimize etmek için önemlidir. KAK yönteminin, menisküs yaralanmalarında kas kuvveti üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar, bu yöntemin kas kuvveti üzerinde olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Mason, J.S. ve arkadaşları (2022), diz cerrahisi sonrası kan akışını kısıtlama egzersizlerinin kas fonksiyonu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmaları, BFR egzersizlerinin özellikle kas gücünü ve fonksiyonel iyileşmeyi artırma konusunda etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, bu çalışmada egzersizlerin spesifik olarak diz açılarındaki (fleksiyon ve ekstansiyon) etkileri daha geniş bir çerçevede ele alınmıştır.

Mason, J.S. ve arkadaşları, çalışmanın genel bulguları doğrultusunda, BFR egzersizlerinin post-op diz hareketliliği ve kas fonksiyonu üzerinde genel iyileşmeler sağladığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, esnekliğin belirli açılarda (fleksiyon veya ekstansiyon) farklı düzeylerde iyileşebileceğini de vurgulamışlardır. Yani, BFR'nin belirli hareket aralıklarında daha fazla fayda sağladığı ve özellikle fleksiyon hareketinde belirgin etkiler gösterdiği gözlemlenmiştir (212). Bu, bizim çalışmamızla örtüşen önemli bir bulgudur.

Bizim çalışmamızda diz fleksiyon açılarındaki tedavi grubunun daha yüksek değerler elde etmesi ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olması ($p<0,05$), BFR egzersizlerinin diz fleksiyonunu iyileştirmede etkili olabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, BFR egzersizleri kasların düşük yoğunlukta çalıştırılmasına rağmen, kas hacmini ve gücünü artırarak esneklik üzerinde de iyileşme sağlanmasını destekler.

Bizim çalışmamızda tedavi grubunun 129.5 derece olan diz fleksiyon açısının 107.5 derece olan kontrol grubundan belirgin şekilde yüksek olması, BFR'nin bu hareket aralığında daha etkili olabileceğini gösteriyor. BFR'nin kas gücü ve kas hacmi üzerindeki pozitif etkileri, fleksiyon hareketinde daha fazla özgürlük ve ağrı kontrolü sağlamış olabilir. Ayrıca, diz fleksiyonunun, post-op dönemde özellikle kas gücüne bağlı olarak daha hızlı iyileştiği bilinen bir fenomendir.

Bununla birlikte, çalışmamızda diz ekstansiyon açıları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu, BFR egzersizlerinin diz ekstansiyon hareketini iyileştirme konusunda sınırlı etkileri olabileceğini gösteriyor. Mason, J.S. ve arkadaşları (2022) da benzer bir şekilde, BFR egzersizlerinin kas gücünü artırmasına rağmen, bazen ekstansiyon hareketlerinde belirgin bir gelişme görülmeyebileceğini belirtmişlerdir. Bu durumu, ekstansiyonun, fleksiyona göre daha farklı mekanizmalarla etkilenen bir hareket olmasıyla ilişkilendirebiliriz.

Ekstansiyon, dizin düz bir pozisyona gelmesini sağladığı için genellikle dizin artiküler yapılarının (menisküs, bağlar) tam iyileşmesini gerektiren daha karmaşık bir harekettir. Bu nedenle, BFR egzersizlerinin ekstansiyon üzerindeki etkisinin sınırlı olması, kas güçlenmesinin ötesinde, dizin mekanik iyileşmesinin zaman alması gerektiğiyle de ilişkili olabilir.

Hall ve arkadaşları (2015) menisküs yırtığı olan hastalarda KAK'nin fonksiyonel iyileşme üzerindeki etkilerini incelemiş ve hastaların günlük yaşam aktivitelerine dönme sürelerinin KAK ile tedavi edilen grupta anlamlı derecede daha kısa olduğunu bulmuşlardır. Çalışmada, KAK uygulanan hastaların fonksiyonel testlerde daha iyi sonuçlar elde ettikleri ve günlük yaşam aktivitelerinde daha hızlı bir iyileşme gösterdikleri belirtilmiştir (11). Bu bulgu, KAK'nin menisküs yaralanmalarında fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırmada etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular KAK'nin menisküs yaralanmalarında fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırmada etkili olduğunu desteklemektedir. Tedavi grubu hastalarının VAS, QF kas kuvveti ve diz fleksiyon açısı değerlerinde elde edilen istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0,05$), fonksiyonel iyileşmenin hızlandığını ve hastaların günlük yaşam aktivitelerine daha hızlı dönebildiklerini göstermektedir. Bu sonuçlar, KAK ile kombine edilen düşük yoğunluklu egzersizlerin menisküs yaralanmalarında hastaların fonksiyonel kapasitesini artırmada klinik olarak güvenli ve etkili bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu sonuçlar, KAK yöntemi menisküs yaralanmalarında fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırmada önemli bir rol oynamaktadır. Düşük yoğunluklu egzersizlerle kombine edilen KAK, kas kuvveti ve fonksiyonel kapasiteyi artırarak hastaların günlük yaşam aktivitelerine dönüş sürelerini kısaltmaktadır. KAK'nin menisküs yaralanmalarında fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırmada nasıl etkili olduğunu gösteren bu bulgular, klinik pratikte bu yöntemin kullanımı için güçlü bir dayanak oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, menisküs yaralanmalarında KAK yönteminin kullanımı, hastaların ağrı kontrolü, kas kuvveti artışı ve kinezyofobi düzeyleri, fonksiyonel iyileşme süreçlerini hızlandırmada önemli bir rehabilitasyon stratejisi olarak kabul edilmektedir. Grade 2 ve Grade 3 menisküs yaralanmaları olan hastalarda KAK-DYDE'nin, kas kuvvetini artırmada ve fonksiyonel kapasiteyi yükseltmede klinik olarak anlamlı etkiler gösterdiği görülmüştür. Bu sonuçlar, KAK yönteminin menisküs yaralanmalarında güvenli ve etkili bir rehabilitasyon yöntemi olarak kullanılabileceğini desteklemektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Bu çalışmada menisküs yaralanmalarında KAK yönteminin etkilerini araştırarak, düşük yoğunluklu egzersizlerle birlikte kas kuvveti ve fonksiyonel iyileşmeyi artırma potansiyelini vurgulamaktadır. Çalışmanın bulguları, Grade 2 ve Grade 3 menisküs yırtıkları olan hastaların tedavi sonrası iyileşme süreçlerinde anlamlı farklılıklar gösterdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, KAK'nin menisküs yaralanmalarında klinik olarak anlamlı iyileşmeler sağlayabileceğini ve konvansiyonel tedavi yöntemlerine ek olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Tedavi sonrası ağrı kontrolü açısından, KAK-DYDE'nin hastaların yaşam kalitesini önemli ölçüde artırdığı ve ağrı seviyelerini azaltmada etkili olduğu bulunmuştur. Özellikle, VAS değerlerinde tedavi grubunda anlamlı bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu, KAK'nin menisküs yaralanmalarında ağrı yönetiminde konvansiyonel tedavi yöntemlerine kıyasla avantajlı olabileceğini göstermektedir. Hall ve arkadaşlarının (2015) çalışmasında da KAK kombinasyonlu düşük yoğunluklu direnç egzersizlerinin, ağrı ve fonksiyonel iyileşme üzerinde olumlu etkiler yarattığı bulunmuştur (11). Bu bulgu, bizim çalışmamızdaki sonuçlarla benzerlik göstermekte olup, KAK yönteminin menisküs yaralanmalarında ağrı kontrolünde etkili bir yöntem olarak kullanılabileceğini desteklemektedir.

Çalışmamızda tedavi grubunda kas kuvveti artışını ölçmek için kullanılan microFet dinamometre ile yapılan ölçümler sonucunda anlamlı bir farklılık bulunmuştur. QF kas kuvveti, kontrol grubuna kıyasla tedavi grubunda anlamlı olarak artmıştır. Bu, KAK ile desteklenen düşük yoğunluklu direnç egzersizlerinin kas hipertrofisi ve gücü artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Lepley ve arkadaşlarının (2015) çalışmasında, menisküs yaralanmaları olan hastalarda KAK yönteminin, kas kuvveti üzerinde pozitif bir etki yarattığı ve fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırdığı gözlemlenmiştir (12). Bu sonuçlar, KAK'nin menisküs yaralanmalarında kas kuvveti artırıcı bir yöntem olarak klinik uygulamada değerli olabileceğini desteklemektedir.

Tedavi sonrası fonksiyonel iyileşme ölçümleri, özellikle diz fleksiyon açısı değerlerinde anlamlı bir fark bulunmuştur. Kontrol grubu hastalarının ortanca fleksiyon açısı 107.5 derece iken, tedavi grubu hastalarının ortanca değeri 129.5 derece olarak tespit

edilmiştir. Bu sonuç, KAK ile desteklenen düşük yoğunluklu direnç egzersizlerinin, hastaların fonksiyonel kapasitesini artırmada ve günlük yaşam aktivitelerine daha hızlı dönebilmede etkili olduğunu göstermektedir. Mason, J.S. ve arkadaşları (2022) çalışmasında da benzer bulgular elde edilmiştir. KAK yönteminin, hastaların diz fleksiyon açılarını artırmada ve fonksiyonel iyileşmelerini hızlandırmada yardımcı olabileceği belirtilmiştir (15). Bu, çalışmamızdaki bulgularla örtüşmekte olup, KAK'nin menisküs yaralanmalarında fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırmada potansiyel bir tedavi yöntemi olduğunu desteklemektedir.

6.2 Öneriler

Menisküs yaralanmalarında KAK yönteminin klinik kullanımı, düşük yoğunluklu egzersizlerle birlikte uygulanarak hastaların kas kuvveti ve fonksiyonel iyileşme süreçlerini desteklemektedir. Bu nedenle, KAK'nin klinik uygulamalarda daha geniş bir şekilde kullanılabilirliği artırılmalı ve hastaların tedaviye yanıtlarını iyileştirmek için protokoller daha detaylı bir şekilde araştırılmalıdır. Özellikle, Grade 2 ve Grade 3 menisküs yırtıkları olan hastaların rehabilitasyonunda KAK'nin etkinliği üzerine daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, kısa vadeli iyileşme süreçlerini göstermektedir. Ancak, KAK yönteminin uzun vadeli etkilerini değerlendirmek için daha uzun süreli takip çalışmaları yapılması gerekmektedir. Hastaların fonksiyonel kapasitesindeki kalıcılık ve kas kuvvetindeki uzun süreli artışların izlenmesi, KAK'nin menisküs yaralanmalarında etkinliğini daha iyi anlamamıza yardımcı olabilir.

Menisküs yaralanmalarında KAK yönteminin etkilerini artırmak için multidisipliner bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Fiziksel terapi, spor hekimliği ve ortopedi uzmanlarının iş birliği ile KAK yönteminin kullanımı daha verimli hale getirilebilir. Ayrıca, hastaların rehabilitasyon süreçlerinde bireysel ihtiyaçlarına göre ayarlamalar yapılmalıdır. Bu, tedavi sürelerini kısaltabilir ve iyileşme sürecini hızlandırabilir.

KAYNAKLAR

- Abe, T., Kearns, C. F., & Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of applied physiology*, 100(5), 1460-1466.
- Abe, T., Mouser, J. G., Dankel, S. J., Bell, Z. W., Buckner, S. L., Mattocks, K. T., ... & Loenneke, J. P. (2019). A method to standardize the blood flow restriction pressure by an elastic cuff. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(3), 329-335.
- Abe, T., Sakamaki, M., Fujita, S., Ozaki, H., Sugaya, M., Sato, Y., & Nakajima, T. (2010). Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *Journal of geriatric physical therapy*, 33(1), 34-40.
- Abulhasan, J. F., & Grey, M. J. (2017). Anatomy and physiology of knee stability. *Journal of Functional Morphology and kinesiology*, 2(4), 34.
- Adams, G. R. (2002). Invited Review: Autocrine/paracrine IGF-I and skeletal muscle adaptation. *Journal of applied physiology*, 93(3), 1159-1167.
- Ahn, J. H., Jeong, H. J., Lee, Y. S., Park, J. H., Lee, J. W., Park, J. H., & Ko, T. S. (2015). Comparison between conservative treatment and arthroscopic pull-out repair of the medial meniscus root tear and analysis of prognostic factors for the determination of repair indication. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 135, 1265-1276.
- Alessio, H. M., Hagerman, A. E., Fulkerson, B. K., Ambrose, J. E. S. S. I. C. A., RICE, R. E., & WILEY, R. L. (2000). Generation of reactive oxygen species after exhaustive aerobic and isometric exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(9), 1576-1581.
- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687-708.
- Anderson, A. B., Owens, J. G., Patterson, S. D., Dickens, J. F., & LeClere, L. E. (2019). Blood flow restriction therapy: from development to applications. *Sports medicine and arthroscopy review*, 27(3), 119-123.
- Anderson, K. D., Rask, D. M., Bates, T. J., & Nuelle, J. A. (2022). Overall safety and risks associated with blood flow restriction therapy: a literature review. *Military medicine*, 187(9-10), 1059-1064.
- Arıncı, K., & Elhan, A. (2014). *Anatomi: kemikler, eklemler, kaslar, iç organlar*. Güneş Tıp Kitabevleri, 120
- Arifoğlu, Y. (2021). Her Yönüyle ANATOMİ 3. BASKI, 1-105
- Arnoczky, S. P., & Warren, R. F. (1982). Microvasculature of the human meniscus. *The American journal of sports medicine*, 10(2), 90-95.
- Arnoczky, S. P., DiCarlo, E. F., O'Brien, S. J., & Warren, R. F. (1992). Cellular repopulation of deep-frozen meniscal autografts: an experimental study in the dog. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 8(4), 428-436.

- Ataman, Ş., & Yalçın, P. (Eds.). (2012). *Romatoloji*. MN Medikal & Nobel, 1324
- Atkins, E., Kerr, J., & Goodlad, E. (2010). *A Practical Approach to Orthopaedic Medicine: A Practical Approach*. Elsevier Health Sciences, 403-452
- Azar, F. M., Canale, S. T., & Beaty, J. H. (2020). *Campbell's operative orthopaedics*. Elsevier Health Sciences, 2396-435
- Behringer, M., Behlau, D., Montag, J. C., McCourt, M. L., & Mester, J. (2017). Low-intensity sprint training with blood flow restriction improves 100-m dash. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(9), 2462-2472.
- Berg, H. E., & Tesch, A. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation, space, and environmental medicine*, 65(8), 752-756.
- Bielitzki, R., Behrendt, T., Behrens, M., & Schega, L. (2021). Current techniques used for practical blood Flow Restriction Training: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(10), 2936-2951.
- Bodine, S. C., Stitt, T. N., Gonzalez, M., Kline, W. O., Stover, G. L., Bauerlein, R., ... & Yancopoulos, G. D. (2001). Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. *Nature cell biology*, 3(11), 1014-1019.
- Bonasia, D. E., Rossi, P., & Rossi, R. (2011). Anatomy and biomechanics of the knee. *Orthopedic sports medicine: principles and practice*, 301-318.
- Boya, H., Pınar, H., Gülay, Z., Oktay, G., & Özer, E. (2004). Clinical and arthroscopic features of meniscal tears and a search for the role of infection in histologically confirmed meniscal mucoid degeneration. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 12, 294-299.
- Boyd, K. T., & Myers, P. T. (2003). Meniscus preservation; rationale, repair techniques and results. *The Knee*, 10(1), 1-11.
- Bozkurt, C., & MA, A. (2018). Menisküs anatomisi. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği*.
- Brodlay, J., & Fitzpatrick, D. (1998). Orientation of the Cruciate. lig. intine Sagittal Plane. *A Method of Predicting its Length. Change with Flexion. J. Bonejoint Surg*, 70, 94-5.
- Brown, O. S., Hu, L., Demetriou, C., Smith, T. O., & Hing, C. B. (2020). The effects of kinesiphobia on outcome following total knee replacement: a systematic review. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 140, 2057-2070.
- Bryceland, J. K., Powell, A. J., & Nunn, T. (2017). Knee menisci: structure, function, and management of pathology. *Cartilage*, 8(2), 99-104.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of physical education, recreation & dance*, 64(1), 88-90.
- Burgomaster, K. A., Moore, D. R., Schofield, L. M., Phillips, S. M., Sale, D. G., & Gibala, M. J. (2003). Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(7), 1203-1208.

- Cameron, H. U., & Macnab, I. A. N. (1972). The structure of the meniscus of the human knee joint. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*, 89, 215-219.
- CEYHAN, T., AŞIK, M., ATALAR, A. C., & APOHAN, N. K. (2008). Menisküs yırtıklarının artroskopik tamirinde kullanılan poli L-laktik asit sabitleyicilerin erime nedenlerinin araştırılması. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 42(4), 284-288.
- Chhabra, A., Elliott, C. C., & Miller, M. D. (2001). Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports medicine and arthroscopy review*, 9(3), 166-177.
- Chhabra, A., Elliott, C. C., & Miller, M. D. (2004). Anatomy and Biomechanics of the Knee. In *The Multiple Ligament Injured Knee: A Practical Guide to Management* (pp. 1-17). New York, NY: Springer New York.
- Chiu, L. Z., & Salem, G. J. (2006). Comparison of joint kinetics during free weight and flywheel resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(3), 555-562.
- Ciciliot, S., & Schiaffino, S. (2010). Regeneration of mammalian skeletal muscle: basic mechanisms and clinical implications. *Current pharmaceutical design*, 16(8), 906-914.
- Clark, C. R., & Ogden, J. A. (1983). Development of the menisci of the human knee joint. Morphological changes and their potential role in childhood meniscal injury. *JBJS*, 65(4), 538-547.
- Clarkson, H. M. (2000). *Musculoskeletal Assessment: Joint range of motion and manual muscle strength*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. routledge.
- Cook, S. B., Clark, B. C., & Ploutz-Snyder, L. L. (2007). Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(10), 1708-1713.
- Cook, S. B., Murphy, B. G., & Labarbera, K. E. (2013). Neuromuscular function after a bout of low-load blood flow-restricted exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(1), 67-74.
- Cooper, D. E., Arnoczky, S. P., & Warren, R. F. (1990). Arthroscopic meniscal repair. *Clinics in Sports Medicine*, 9(3), 589-607.
- Counts, B. R., Dankel, S. J., Barnett, B. E., Kim, D., Mouser, J. G., Allen, K. M., ... & Loenneke, J. P. (2016). Influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation. *Muscle & nerve*, 53(3), 438-445.
- Cristina-Oliveira, M., Meireles, K., Spranger, M. D., O'Leary, D. S., Roschel, H., & Peçanha, T. (2020). Clinical safety of blood flow-restricted training? A comprehensive review of altered muscle metaboreflex in cardiovascular disease during ischemic exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 318(1), H90-H109.
- Dantas, L. O., Osani, M. C., & Bannuru, R. R. (2021). Therapeutic ultrasound for knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis with grade quality assessment. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 25(6), 688-697.

- Das, A., & Paton, B. (2022). Is there a minimum effective dose for vascular occlusion during blood flow restriction training?. *Frontiers in physiology*, 13, 838115.
- Davenport, D., Colaco, H. B., & Edwards, M. R. (2016). Examination of the adult knee. *British Journal of Hospital Medicine*, 77(3), C45-C48.
- Day, B., Mackenzie, W. G., Shim, S. S., & Leung, G. (1985). The vascular and nerve supply of the human meniscus. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 1(1), 58-62.
- DEHAVEN, K. E. (1990). Decision-making factors in the treatment of meniscus lesions. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 252, 49-54.
- Demirçay, E., & Özbaydar, M. U. (2012). Patellofemoral bursa hastalıkları, sinoviyal plikalar ve Hoffa hastalığı. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi*, 11(4), 402-11.
- Desdicioğlu, K. (2008). Articulatio genu'nun morfolojik özellikleri. *Medical Journal of Süleyman Demirel University*, 15(1), 45-52.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports medicine*, 47(5), 917-941.
- Drosos, G. I., & Pozo, J. L. (2004). The causes and mechanisms of meniscal injuries in the sporting and non-sporting environment in an unselected population. *The knee*, 11(2), 143-149.
- Eggli, S., Wegmüller, H., Kosina, J., Huckell, C., & Jakob, R. P. (1995). Long-term results of arthroscopic meniscal repair: an analysis of isolated tears. *The American journal of sports medicine*, 23(6), 715-720.
- Erginer, R. (2006). Classifications of meniscal tears and principles of arthroscopic meniscal resection. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 31(5), 410-415.
- Esmer, A. F., Başarır, K., & Binnet, M. (2011). Diz ekleminin cerrahi anatomisi. *Totbid Dergisi*, 10(1), 38-44.
- Espregueira-Mendes, J. D., & Vieira da Silva, M. (2006). Anatomy of the proximal tibiofibular joint. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14, 241-249.
- Evans, P. J., Bell, G. D., & Frank, C. Y. (1993). Prospective evaluation of the McMurray test. *The American journal of sports medicine*, 21(4), 604-608.
- Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Rossow, L. M., Kim, D., Abe, T., ... & Bemben, M. G. (2015). Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. *Clinical physiology and functional imaging*, 35(3), 167-176.
- Fithian, D. C., Kelly, M. A., & Mow, V. C. (1990). Material properties and structure-function relationships in the menisci. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*, 252, 19-31.
- Flack, N. A. M. S., Nicholson, H. D., & Woodley, S. J. (2012). A review of the anatomy of the hip abductor muscles, gluteus medius, gluteus minimus, and tensor fascia lata. *Clinical anatomy*, 25(6), 697-708.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2014). *Designing resistance training programs*, 4E. Human Kinetics.

- Fox, A. J., Wanivenhaus, F., & Rodeo, S. A. (2012). The basic science of the patella: structure, composition, and function. *The journal of knee surgery*, 25(02), 127-142.
- Fox, M. G. (2007). MR imaging of the meniscus: review, current trends, and clinical implications. *Radiologic Clinics of North America*, 45(6), 1033-1053.
- Fry, C. S., Glynn, E. L., Drummond, M. J., Timmerman, K. L., Fujita, S., Abe, T., ... & Rasmussen, B. B. (2010). Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *Journal of applied physiology*, 108(5), 1199-1209.
- Fu, F. H., Harner, C. D., Vince, K. G., & Miller, M. D. (1998). Reproduced with permission from Thaete FL, Britton CA Magnetic resonance imaging, Knee Surgery.
- Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., ... & Rasmussen, B. B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of applied physiology*, 103(3), 903-910.
- Fujita, T. W. F. B., WF, B., Kurita, K., Sato, Y., & Abe, T. (2008). Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *International journal of KAATSU training research*, 4(1), 1-8.
- Gaunders, C. L., Hawkinson, M. P., Tennent, D. J., & Tubb, C. C. (2017). Occlusion training: pilot study for postoperative lower extremity rehabilitation following primary total knee arthroplasty. *US Army Med Dep J*, 2(2-17), 39-43.
- Gibson, E., Hu, Y., Huisman, H. J., & Barratt, D. C. (2017). Designing image segmentation studies: statistical power, sample size and reference standard quality. *Medical image analysis*, 42, 44-59.
- Goetz, J. E., Baer, T. E., Thedens, D. R., Kunze, N. M., Lawler, E. A., & Brown, T. D. (2010). Measurements of MRI-Apparent Excursions and Deformations of the Carpal Tunnel Soft Tissues. In *56th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society* (Vol. 209).
- Goldberg, A. L., Etlinger, J. D., Goldspink, D. F., & Jablecki, C. (1975). Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Med Sci Sports*, 7(3), 185-98.
- Gosselink, K. L., Grindeland, R. E., Roy, R. R., Zhong, H., Bigbee, A. J., Grossman, E. J., & Edgerton, V. R. (1998). Skeletal muscle afferent regulation of bioassayable growth hormone in the rat pituitary. *Journal of Applied Physiology*, 84(4), 1425-1430.
- Gray, S. D., Kaplan, P. A., & Dussault, R. G. (1997). Imaging of the knee: current status. *Orthopedic Clinics*, 28(4), 643-658.
- Gray, S. D., Kaplan, P. A., Dussault, R. G., Omary, R. A., Campbell, S. E., Chrisman, H. B., ... & Hillman, B. J. (1997). Acute knee trauma: how many plain film views are necessary for the initial examination?. *Skeletal radiology*, 26, 298-302.
- GŞ, A. (1998). Diz ekleminde radyolojik görüntüleme yöntemleri. *Diz Sorunları (2. Baskı)*, 139-181
- HALL, F. M. (1981). Methodology in knee arthrography. *Radiologic Clinics of North America*, 19(2), 269-275.

- Hall, M., Juhl, C. B., Lund, H., & Thorlund, J. B. (2015). Knee extensor muscle strength in middle-aged and older individuals undergoing arthroscopic partial meniscectomy: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis care & research*, 67(9), 1289-1296.
- Harper, K. W., Helms, C. A., Lambert III, H. S., & Higgins, L. D. (2005). Radial meniscal tears: significance, incidence, and MR appearance. *American journal of roentgenology*, 185(6), 1429-1434.
- Henneman, E., Somjen, G., & Carpenter, D. O. (1965). Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *Journal of neurophysiology*, 28(3), 560-580.
- Herwig, J. U. R. G. E. N., Egner, E. B. E. R. H. A. R. D., & Buddecke, E. (1984). Chemical changes of human knee joint menisci in various stages of degeneration. *Annals of the rheumatic diseases*, 43(4), 635-640.
- Heybeli, N., & Mumcu, E. (1999). Menisküs Lezyonları; Güncel Yaklaşım. *Medical Journal of Süleyman Demirel University*, 6(3).
- Hoshino, Y., & Tashman, S. (2012). Internal tibial rotation during in vivo, dynamic activity induces greater sliding of tibio-femoral joint contact on the medial compartment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20, 1268-1275.
- Howell, R., Kumar, N. S., Patel, N., & Tom, J. (2014). Degenerative meniscus: Pathogenesis, diagnosis, and treatment options. *World journal of orthopedics*, 5(5), 597.
- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 51(13), 1003-1011.
- Hughes, L., Patterson, S. D., Haddad, F., Rosenblatt, B., Gissane, C., McCarthy, D., ... & Paton, B. (2019). Examination of the comfort and pain experienced with blood flow restriction training during post-surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: A UK National Health Service trial. *Physical Therapy in Sport*, 39, 90-98.
- Hughes, L., Rosenblatt, B., Haddad, F., Gissane, C., McCarthy, D., Clarke, T., ... & Patterson, S. D. (2019). Comparing the effectiveness of blood flow restriction and traditional heavy load resistance training in the post-surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: a UK national health service randomised controlled trial. *Sports Medicine*, 49, 1787-1805.
- Hunt, J. E., Galea, D., Tufft, G., Bunce, D., & Ferguson, R. A. (2013). Time course of regional vascular adaptations to low load resistance training with blood flow restriction. *Journal of applied physiology*, 115(3), 403-411.
- İğci, E., & Balcı, P. (1992). OO Normal diz ekleminin ultrasonografik incelemesi (US-MR karşılaştırmalı çalışma). *Radyoloji ve Tıbbi görüntüleme dergisi*, 219, 375-380.
- Jerosch, J., & Prymka, M. (1996). Proprioception and joint stability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 4(3), 171-179.
- Jessee, M. B., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Counts, B. R., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2016). The influence of cuff width, sex, and race on arterial occlusion: implications for blood flow restriction research. *Sports Medicine*, 46, 913-921.

- Kang, D. Y., Kim, H. S., Lee, K. S., & Kim, Y. M. (2015). The effects of bodyweight-based exercise with blood flow restriction on isokinetic knee muscular function and thigh circumference in college students. *Journal of physical therapy science*, 27(9), 2709-2712.
- Kang, S. W., Sun-Mi, S., Jae-Sun, L., Eung-Seok, L., Kwon-Yong, L., Sang-Guk, P., ... & Byung-Soo, K. (2006). Regeneration of whole meniscus using meniscal cells and polymer scaffolds in a rabbit total meniscectomy model. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 77(4), 659-671.
- Karabekmez, L. G. (2010). Manyetik rezonans görüntüleme yönteminde menisküs kaymasının eşlik eden diz patolojileri ile ilişkisi.
- Kawada, S. H. I. G. E. O., & Ishii, N. (2005). Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1144-1150.
- Kawada, S., & Ishii, N. (2008). Changes in skeletal muscle size, fibre-type composition and capillary supply after chronic venous occlusion in rats. *Acta physiologica*, 192(4), 541-549.
- Kim, S. J., Min, B. H., & Han, D. Y. (1996). Paradoxical phenomena of the McMurray test: an arthroscopic investigation. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(1), 83-87.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & science in sports & exercise*, 36(4), 674-688.
- Kuru, İ., Haberal, B., & Avcı, Ç. (2012). Patellofemoral biyomekanik. *Totbid Dergisi*, 11(4), 274-280.
- Kwak, S. D., Colman, W. W., Ateshian, G. A., Grelsamer, R. P., Henry, J. H., & Mow, V. C. (1997). Anatomy of the human patellofemoral joint articular cartilage: surface curvature analysis. *Journal of orthopaedic research*, 15(3), 468-472.
- Lang, F. (2007). Mechanisms and significance of cell volume regulation. *Journal of the American college of nutrition*, 26(sup5), 613S-623S.
- Lang, F., Busch, G. L., Ritter, M., Volkl, H., Waldegger, S., Gulbins, E., & Haussinger, D. (1998). Functional significance of cell volume regulatory mechanisms. *Physiological reviews*, 78(1), 247-306.
- Laurendon, L., Neri, T., Farizon, F., & Philippot, R. (2017). Prognostic factors for all-inside meniscal repair. A 87-case series. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 103(7), 1017-1020.
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C. A. R. L. O. S., Roschel, H. A. M. I. L. T. O. N., Aoki, M. S., Soares, A. G., MANOEL NEVES, J. R., ... & Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(3), 406-412.
- Laurentino, G., Ugrinowitsch, C., Aihara, A. Y., Fernandes, A. R., Parcell, A. C., Ricard, M., & Tricoli, V. (2008). Effects of strength training and vascular occlusion. *International journal of sports medicine*, 29(08), 664-667.

- Lepley, L. K., Wojtys, E. M., & Palmieri-Smith, R. M. (2015). Does concomitant meniscectomy or meniscal repair affect the recovery of quadriceps function post-ACL reconstruction?. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23, 2756-2761.
- Levangie, P. K., & Norkin, C. C. (2011). *Joint structure and function: a comprehensive analysis*. FA Davis.
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., Damas, F., ... & Roschel, H. (2018). Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 48, 361-378.
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C. A., Aihara, A. Y., Cardoso, F. N., ... & Roschel, H. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *European journal of applied physiology*, 115, 2471-2480.
- Loenneke, J. P., & Pujol, T. J. (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*, 31(3), 77-84.
- Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Sherk, V. D., Thiebaud, R. S., Abe, T., ... & Bembien, M. G. (2012). Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. *European journal of applied physiology*, 112, 2903-2912.
- Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Wilson, J. M., & Bembien, M. G. (2011). Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. *Medical hypotheses*, 77(5), 748-752.
- Loenneke, J. P., Kearney, M. L., Thrower, A. D., Collins, S., & Pujol, T. J. (2010). The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2831-2834.
- Loenneke, J. P., Loprinzi, P. D., Abe, T., Thiebaud, R. S., Allen, K. M., Mouser, J. G., & Bembien, M. G. (2016). Arm circumference influences blood pressure even when applying the correct cuff size: Is a further correction needed?. *International journal of cardiology*, 202, 743-744.
- Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International journal of sports medicine*, 31(01), 1-4.
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Marín, P. J., Zourdos, M. C., & Bembien, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European journal of applied physiology*, 112, 1849-1859.
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Wilson, G. J., Pujol, T. J., & Bembien, M. G. (2011). Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(4), 510-518.
- Loenneke, J., Abe, T., Wilson, J., Thiebaud, R., Fahs, C., Rossow, L., & Bembien, M. (2012). Blood flow restriction: an evidence based progressive model. *Acta Physiologica Hungarica*, 99(3), 235-250.
- Lovell, R., Knox, M., Weston, M., Siegler, J. C., Brennan, S., & Marshall, P. W. (2018). Hamstring injury prevention in soccer: before or after training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(2), 658-666.

- Madarame, H., Neya, M., Ochi, E., Nakazato, K., Sato, Y., & Ishii, N. (2008). Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(2), 258-263.
- 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.
- Mañago, M. M., Kimbrell, K., Hager, E. R., Dwight, H., Owens, J., & Bade, M. (2022). Clinical use of blood flow restriction in people with neurologic conditions: a cross-sectional survey. *Journal of Physical Therapy Science*, 34(4), 275-283.
- Manini, T. M., Yarrow, J. F., Buford, T. W., Clark, B. C., Conover, C. F., & Borst, S. E. (2012). Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. *Growth Hormone & IGF Research*, 22(5), 167-172.
- Manson, T. T., & Cosgarea, A. J. (2004). Meniscal injuries in active patients. *Adv Stud Med*, 4(10), 545-552.
- Margo, B. J., Radnay, C. S., & Scuderi, G. R. (2010). Anatomy of the knee. *The knee: a comprehensive review*. Hackensack, NJ: World Scientific Publishing, 1-17.
- Martín-Hernández, J., Marín, P. J., Menéndez, H., Ferrero, C., Loenneke, J. P., & Herrero, A. J. (2013). Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(2), e114-e120.
- Mason, J. S., Crowell, M. S., Brindle, R. A., Dolbeer, J. A., Miller, E. M., Telemeco, T. A., & Goss, D. L. (2021). The effect of blood flow restriction training on muscle atrophy following meniscal repair or chondral restoration surgery in active duty military: A randomized controlled trial. *Journal of sport rehabilitation*, 31(1), 77-84.
- Matsusue, Y., & Thomson, N. L. (1996). Arthroscopic partial medial meniscectomy in patients over 40 years old: a 5-to 11-year follow-up study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 12(1), 39-44.
- Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Mouser, J. G., Dankel, S. J., Buckner, S. L., Bell, Z. W., ... & Loenneke, J. P. (2018). The application of blood flow restriction: lessons from the laboratory. *Current sports medicine reports*, 17(4), 129-134.
- May, A. K., Brandner, C. R., & Warmington, S. A. (2017). Hemodynamic responses are reduced with aerobic compared with resistance blood flow restriction exercise. *Physiological reports*, 5(3), e13142.
- McCall, G. E., Byrnes, W. C., Dickinson, A., Pattany, P. M., & Fleck, S. J. (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *Journal of applied physiology*.
- McDermott, I. (2011). Meniscal tears, repairs and replacement: their relevance to osteoarthritis of the knee. *British journal of sports medicine*, 45(4), 292-297.
- MCDEVITT, C. A., & WEBBER, R. J. (1990). The ultrastructure and biochemistry of meniscal cartilage. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 252, 8-18.
- McMurray, T. P. (1942). The semilunar cartilages. *Journal of British Surgery*, 29(116), 407-414.

- McNair, P. J., Colvin, M., & Reid, D. (2011). Predicting maximal strength of quadriceps from submaximal performance in individuals with knee joint osteoarthritis. *Arthritis care & research*, 63(2), 216-222.
- Mink, J. H., & Deutsch, A. L. (1990). MRI of the musculoskeletal system: a teaching file. (No Title).
- Moore, D. R., Burgomaster, K. A., Schofield, L. M., Gibala, M. J., Sale, D. G., & Phillips, S. M. (2004). Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. *European journal of applied physiology*, 92, 399-406.
- Moritani, T., Sherman, W. M., Shibata, M., Matsumoto, T., & Shinohara, M. (1992). Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64, 552-556.
- Nacz, M., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Nacz, A., & Adach, Z. (2014). Training effectiveness of the inertial training and measurement system. *Journal of human kinetics*, 44(1), 19-28.
- Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., Morita, T., ... & Nagata, T. (2006). Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. *International journal of KAATSU training research*, 2(1), 5-13.
- Negahi Shirazi, A., Chrzanowski, W., Khademhosseini, A., & Dehghani, F. (2015). Anterior cruciate ligament: structure, injuries and regenerative treatments. *Engineering Mineralized and Load Bearing Tissues*, 161-186.
- Nielsen, J. L., Aagaard, P., Bech, R. D., Nygaard, T., Hvid, L. G., Wernbom, M., ... & Frandsen, U. (2012). Proliferation of myogenic stem cells in human skeletal muscle in response to low-load resistance training with blood flow restriction. *The Journal of physiology*, 590(17), 4351-4361.
- Noyes, F. R., & Barber-Westin, S. D. (2002). Arthroscopic repair of meniscal tears extending into the avascular zone in patients younger than twenty years of age. *The American journal of sports medicine*, 30(4), 589-600.
- NR, T. (2002). Meniskus tamiri: endikasyon ve prensipler. *TOTBID (Turkish Association of Orthopaedics and Traumatology) Journal*, 1(1), 15-23.
- O'Brien, J., & Finch, C. F. (2014). The implementation of musculoskeletal injury-prevention exercise programmes in team ball sports: a systematic review employing the RE-AIM framework. *Sports medicine*, 44, 1305-1318.
- O'Connor, R., & SHAHRIAREE, H. (1984). Meniscal lesions and their treatment. *O'Connor's textbook of arthroscopic surgery*. Philadelphia, 124.
- O'CONNOR, R. L. (1974). Arthroscopy in the diagnosis and treatment of acute ligament injuries of the knee. *JBJS*, 56(2), 333-337.
- Ogasawara, R., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2013). Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. *International Journal of Clinical Medicine*, 4(02), 114-121.

- Ohta, H., Kurosawa, H., Ikeda, H., Iwase, Y., Satou, N., & Nakamura, S. (2003). Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 74(1), 62-68.
- Oyar, O. (2008). Magnetik rezonans görüntüleme MRG nin klinik uygulamaları ve endikasyonları. *Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 5(2), 31-40.
- Ozaki, H., Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki-Sunaga, M., Naito, H., & Abe, T. (2013). Effects of high-intensity and blood flow-restricted low-intensity resistance training on carotid arterial compliance: role of blood pressure during training sessions. *European journal of applied physiology*, 113, 167-174.
- Patterson, S. D., & Brandner, C. R. (2018). The role of blood flow restriction training for applied practitioners: a questionnaire-based survey. *Journal of sports sciences*, 36(2), 123-130.
- Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., ... & Loenneke, J. (2019). Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in physiology*, 10, 533.
- Paulsen, F., & Waschke, J. (2019). *Sobotta Clinical Atlas of Human Anatomy, one volume, English*. Elsevier Health Sciences.
- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports medicine*, 45, 187-200.
- Pedersen, H., Saeterbakken, A. H., Vagle, M., Fimland, M. S., & Andersen, V. (2020). Electromyographic comparison of flywheel inertial leg curl and nordic hamstring exercise among soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(1), 97-102.
- Rath, E., & Richmond, J. C. (2000). The menisci: basic science and advances in treatment. *British journal of sports medicine*, 34(4), 252-257.
- Rehabilitasyon, O. H. T. Nobel Tıp Kitabevleri. 2015, 3. *Baskı, İstanbul/TÜRKİYE*, syf, 41-58.
- Reider, B., Davies, G., & Provencher, M. T. (2014). *Orthopaedic rehabilitation of the athlete: Getting back in the game*. Elsevier Health Sciences.
- Rice, D. A., & McNair, P. J. (2010, December). Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. In *Seminars in arthritis and rheumatism* (Vol. 40, No. 3, pp. 250-266). WB Saunders.
- Rijk, P. C. (2004). Meniscal allograft transplantation—part I: background, results, graft selection and preservation, and surgical considerations. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 20(7), 728-743.
- Rodeo, S. A. (2001). Meniscal allografts—where do we stand?. *The American journal of sports medicine*, 29(2), 246-261.
- Rodeo, S. A., Kawamura, S., Einhorn, T. A., O'Keefe, R. J., & Buckwalter, J. A. (2007). Form and function of the meniscus. *Orthopaedic basic science. 3rd ed. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 175-89.
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sherk, V. D., Abe, T., & Bembien, M. G. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted

- resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical physiology and functional imaging*, 32(5), 331-337.
- Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1-5.
- Schliess, F., Richter, L. V., Vom Dahl, S., & Häussinger, D. (2006). Cell hydration and mTOR-dependent signalling. *Acta Physiologica*, 187(1-2), 223-229.
- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2015). Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports medicine*, 45, 313-325.
- Segal, N. A., Williams, G. N., Davis, M. C., Wallace, R. B., & Mikesky, A. E. (2015). Efficacy of blood flow-restricted, low-load resistance training in women with risk factors for symptomatic knee osteoarthritis. *Pm&r*, 7(4), 376-384.
- Segal, N., Davis, M. D., & Mikesky, A. E. (2015). Efficacy of blood flow-restricted low-load resistance training for quadriceps strengthening in men at risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation*, 6(3), 160-167.
- Shahriaree, H. (Ed.). (1992). *O'Connor's textbook of arthroscopic surgery*. JB Lippincott.
- Sherman, S. L., DiPaolo, Z. J., Ray, T. E., Sachs, B. M., & Oladeji, L. O. (2020). Meniscus injuries: a review of rehabilitation and return to play. *Clinics in sports medicine*, 39(1), 165-183.
- Simar, D., Malatesta, D., Badiou, S., Dupuy, A. M., & Caillaud, C. (2007). Physical activity modulates heat shock protein-72 expression and limits oxidative damage accumulation in a healthy elderly population aged 60–90 years. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(12), 1413-1419.
- Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 19(8), 669-675.
- Song, H. S., Bae, T. Y., Park, B. Y., Shim, J., & In, Y. (2014). Repair of a radial tear in the posterior horn of the lateral meniscus. *The Knee*, 21(6), 1185-1190.
- Spang Iii, R. C., Nasr, M. C., Mohamadi, A., DeAngelis, J. P., Nazarian, A., & Ramappa, A. J. (2018). Rehabilitation following meniscal repair: a systematic review. *BMJ open sport & exercise medicine*, 4(1), e000212.
- Spindler, K. P., Mayes, C. E., Miller, R. R., Imro, A. K., & Davidson, J. M. (1995). Regional mitogenic response of the meniscus to platelet-derived growth factor (PDGF-AB). *Journal of orthopaedic research*, 13(2), 201-207.
- Spranger, M. D., Krishnan, A. C., Levy, P. D., O'Leary, D. S., & Smith, S. A. (2015). Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 309(9), H1440-H1452.
- Standring, S. (Ed.). (2021). *Gray's Anatomy E-Book: Gray's Anatomy E-Book*. Elsevier Health Sciences, 1395-1429.

- Stein, T., Mehling, A. P., Jost, K., Auhuber, T. C., & Jäger, A. (2009). Measurements of the quadriceps femoris function after meniscus refixation at the stable athlete's knee. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 129, 1063-1069.
- Stoller, D. W. (Ed.). (2007). *Magnetic resonance imaging in orthopaedics and sports medicine* (Vol. 1). Lippincott Williams & Wilkins.
- Şen, T., Esmer, A. F., & Tekdemir, İ. (2012). Patellofemoral eklem anatomisi. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği Birliği Dergisi*, 11(4), 265-8.
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of applied physiology*, 88(1), 61-65.
- Takarada, Y., Sato, Y., & Ishii, N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European journal of applied physiology*, 86, 308-314.
- Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(12), 2035-2039.
- Tatsumi, R., Hattori, A., Ikeuchi, Y., Anderson, J. E., & Allen, R. E. (2002). Release of hepatocyte growth factor from mechanically stretched skeletal muscle satellite cells and role of pH and nitric oxide. *Molecular biology of the cell*, 13(8), 2909-2918.
- Tatsumi, R., Liu, X., Pulido, A., Morales, M., Sakata, T., Dial, S., ... & Allen, R. E. (2006). Satellite cell activation in stretched skeletal muscle and the role of nitric oxide and hepatocyte growth factor. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 290(6), C1487-C1494.
- Tayfun, C., & HK, K. (1999). Menisküs Yaralanmalarında Manyetik Rezonans Görüntüleme. *TRD*, 34, 713-721.
- Tennent, D. J., Hylden, C. M., Johnson, A. E., Burns, T. C., Wilken, J. M., & Owens, J. G. (2017). Blood flow restriction training after knee arthroscopy: a randomized controlled pilot study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(3), 245-252.
- Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R., & Lundberg, T. R. (2017). Clinical applications of iso-inertial, eccentric-overload (YoYo™) resistance exercise. *Frontiers in physiology*, 8, 241.
- Thornton, D. D., & Rubin, D. A. (2000, July). Magnetic resonance imaging of the knee menisci. In *Seminars in roentgenology* (Vol. 35, No. 3, pp. 217-230). WB Saunders.
- Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2006). The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *International journal of sports physiology and performance*, 1(3), 293.
- Trendelenburg, A. U., Meyer, A., Rohner, D., Boyle, J., Hatakeyama, S., & Glass, D. J. (2009). Myostatin reduces Akt/TORC1/p70S6K signaling, inhibiting myoblast differentiation and myotube size. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 296(6), C1258-C1270.

- Valias, A. C., Zernieke, R. F., Maisuda, J., Curwin, S., & Durivage, J. (1986). Adaptation of rat meniscus to prolonged exercise. *J Appl Physiol* 60, 1031-1035.
- Van Assche, D., Staes, F., Van Caspel, D., Vanlauwe, J., Bellemans, J., Saris, D. B., & Luyten, F. P. (2010). Autologous chondrocyte implantation versus microfracture for knee cartilage injury: a prospective randomized trial, with 2-year follow-up. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 18, 486-495.
- Voloshin, A. S., & Wosk, J. (1983). Shock absorption of meniscectomized and painful knees: a comparative in vivo study. *Journal of biomedical engineering*, 5(2), 157-161.
- Weiss, W. M., & Johnson, D. (2014). Update on meniscus debridement and resection. *The journal of knee surgery*, 27(06), 413-422.
- Wernbom, M., Apro, W., Paulsen, G., Nilsen, T. S., Blomstrand, E., & Raastad, T. (2013). Acute low-load resistance exercise with and without blood flow restriction increased protein signalling and number of satellite cells in human skeletal muscle. *European journal of applied physiology*, 113, 2953-2965.
- Whisenant, M. J., Panton, L. B., East, W. B., & Broeder, C. E. (2003). Validation of submaximal prediction equations for the 1 repetition maximum bench press test on a group of collegiate football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(2), 221-227.
- Whyte, E. F., Heneghan, B., Feely, K., Moran, K. A., & O'Connor, S. (2021). The effect of hip extension and Nordic hamstring exercise protocols on hamstring strength: a randomized controlled trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(10), 2682-2689.
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., & Naimo, M. A. (2013). Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3068-3075.
- Wouters, E., Bassett, F. H., Hardaker JR, W. T., & Garrett JR, W. E. (1992). An algorithm for arthroscopy in the over-50 age group. *The American journal of sports medicine*, 20(2), 141-145.
- Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2523-2529.
- Yarar, B., & Malas, M. A. (2020). Femur Kollodiazifer Açısı ve Femur Başı Horizontal Ofseti Açısından Anatomik ve Proksimal Femur Eksenine Göre Yapılan Ölçümlerin Karşılaştırılması. *Kafkas Journal of Medical Sciences*, 10(2), 91-97.
- Yasuda, T., Abe, T., Sato, Y., Midorikawa, T., CF, K., Inoue, K., ... & Ishii, N. (2005). Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *International journal of KAATSU training research*, 1(2), 65-70.
- Yasuda, T., Fujita, T., Miyagi, Y., Kubota, Y., Sato, Y., Nakajima, T., ... & Abe, T. (2006). Electromyographic responses of arm and chest muscle during bench press exercise with and without KAATSU. *International Journal of KAATSU Training Research*, 2(1), 15-18.

- Yasuda, T., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2012). Effects of blood flow restricted low-intensity concentric or eccentric training on muscle size and strength. *Plos one*, 7(12), e52843.
- Yasuda, T., Meguro, M., Sato, Y., & Nakajima, T. (2017). Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey in 2016. *International Journal of KAATSU Training Research*, 13(1), 1-9.
- Yıldırım, Z. (2007). Artroskopik menisektomi sonuçlarının vücut ağırlığı ile bağıntısı. *Uzmanlık Tezi, Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi*.
- Yılmaz, Ö. T., Yakut, Y., Uygur, F., & Uluğ, N. (2011). Tampa Kinezyofobi Ölçeği'nin Türkçe versiyonu ve test-tekrar test güvenirliği. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 22(1), 44-9.
- Yim, J. H., Seon, J. K., Song, E. K., Choi, J. I., Kim, M. C., Lee, K. B., & Seo, H. Y. (2013). A comparative study of meniscectomy and nonoperative treatment for degenerative horizontal tears of the medial meniscus. *The American journal of sports medicine*, 41(7), 1565-1570.
- Yoo, J. H., Lee, J. H., & Chang, C. B. (2015). Pure varus injury to the knee joint. *Clinics in Orthopedic Surgery*, 7(2), 269-274.
- Yoshioka, Y., Siu, D. W., Scudamore, R. A., & Cooke, T. D. V. (1989). Tibial anatomy and functional axes. *Journal of orthopaedic research*, 7(1), 132-137.

EKLER

Ek 1. Sosyodemografik Bilgi Formu

Tarih ... / /

Ad- Soyad:

Yaş:

Cinsiyet:

Boy (cm):

Kilo (kg):

Vücut Kitle İndeksi (VKi):

Telefon Numarası:

E- Posta Adresi:

Medeni Durum:

Eğitim Seviyesi:

Meslek:

Sigara Kullanımı (Evet/ Hayır):

Alkol Kullanımı (Evet/ Hayır):

Daha önce menisküs yaralanması yaşadınız mı? (Evet/Hayır):

Ameliyat öncesinde ağrı ne kadar sürdü? (1 aydan kısa/ 1-3 ay/ 3-6 ay/6 aydan uzun):

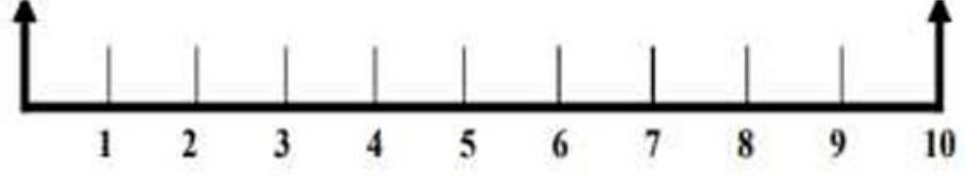
Daha önce diz ile ilgili bir ameliyat geçirdiniz mi? (Evet-Açıklayın-/Hayır):

Ağrı durumu (Vizüel Analog Skalası):

Kinezyofobi durumu (Tampa Kinezyofobi Ölçeği):

Ek 2. Vizüel Analog Skala (VAS)

Diz bölgesinde hissettiğiniz ağrının şiddetini 0' dan (ağrı yok) 10'a (dayanılmaz ağrı) kadar işaretleyiniz.



Ek 3. Tampa Kinezyofobi Ölçeği (TKÖ)

Ek. Tampa Kinezyofobi Ölçeği'nin Türkçe versiyonu (Toplam puan 17-68).

Lütfen, her soruda kendinize en uygun olan kutucuğu işaretleyiniz (her soruda yalnızca bir kutucuğu işaretleyiniz). Teşekkür ederiz.

	Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kabuliyorum	Tamamen kabuliyorum
1. Egzersiz yaparsam kendi kendimi sakatlarım diye kaygılanıyorum.	☐	☐	☐	☐
2. Ağrıyla baş etmeye çalışacak olsam, ağrım artar.	☐	☐	☐	☐
3. Ağrımdan dolayı vücudum bana tehlikeli derecede yanlış giden bir şeyler olduğunu söylüyor.	☐	☐	☐	☐
4. Egzersiz yaparsam sanki ağrım hafifleyecekmiş gibi geliyor.	☐	☐	☐	☐
5. İnsanlar benim tıbbi sorunlarımı yeterince ciddiye almıyorlar.	☐	☐	☐	☐
6. Başıma gelen bu olay nedeni ile vücudum hayat boyu risk altında olacak.	☐	☐	☐	☐
7. Ağrının olması her zaman, vücudumu sakatladığım/bir problemim olduğu anlamına gelir.	☐	☐	☐	☐
8. Sırf bazı şeylerin ağrımı artırıyor olması, onların tehlikeli oldukları anlamına gelmez.	☐	☐	☐	☐
9. Kendimi kazara sakatlamaktan korkuyorum.	☐	☐	☐	☐
10. Ağrının artmasını engellemenin en basit ve güvenli yolu gereksiz hareketler yapmaktan kaçınmaktır.	☐	☐	☐	☐
11. Vücudumda tehlike arz eden bir şey olmasaydı, bu kadar çok ağrı hissetmezdim.	☐	☐	☐	☐
12. Ağrıma rağmen, fiziksel olarak aktif olsaydım, durumum daha iyi olurdu.	☐	☐	☐	☐
13. Ağrı, kendimi sakatlamamam için egzersiz ne zaman bırakmam gerektiği konusunda bana sinyal verir.	☐	☐	☐	☐
14. Benim durumumda olan birinin, fiziksel olarak aktif olması pek güvenli değildir.	☐	☐	☐	☐
15. Normal insanların yaptığı her şeyi yapamam, çünkü çok kolay sakatlanırım.	☐	☐	☐	☐
16. Bazı şeyler çok fazla ağrıya neden olsa bile, bunların gerçekte tehlikeli olduklarını düşünmem.	☐	☐	☐	☐
17. Hiç kimse ağrı hissederken egzersiz yapmak zorunda olmamalı.	☐	☐	☐	☐