

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI



DİZ OSTEOARTRİTLİ HASTALARDA NON-İMMERSİVE
SANAL GERÇEKLİK EGZERSİZLERİNİN DİZ ÇEVRESİ
KAS UYARILABİLİRLİĞİ VE DENGE ÜZERİNE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

MEHMET SÖNMEZ

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Şebnem AVCI

BOLU, KASIM - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Mehmet SÖNMEZ tarafından hazırlanan “**DİZ OSTEOARTRİTLİ HASTALARDA NON-İMMERSİVE SANAL GERÇEKLİK EGZERSİZLERİNİN DİZ ÇEVRESİ KAS UYARILABİLİRLİĞİ VE DENGİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak oy birliği kabul edilmiştir. 8/11/2023

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Şebnem AVCI
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Seyit ÇITAKER
Gazi Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Nuriye ÖZENGİN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Neriman NARİN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Musa EYMİR
Erzurum Teknik Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

Bu çalışma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 2022/159 sayısı ile etik izin alınmıştır.

.....
MEHMET SÖNMEZ

ÖZET

DİZ OSTEOARTRİTLİ HASTALARDA NON-İMMERSİVE SANAL GERÇEKLİK EGZERSİZLERİNİN DİZ ÇEVRESİ KAS UYARILABİLİRLİĞİ VE DENGE ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

MEHMET SÖNMEZ

**BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ.DR. ŞEBNEM AVCI)

BOLU, KASIM - 2023

XVIII+141

Bu çalışmanın amacı non-immersive sanal gerçeklik uygulamasının diz osteoartritli hastalarda diz çevresi kas uyarılabilirliği, denge, propriyosepsiyon, fiziksel fonksiyon düzeyi, günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık seviyeleri, kas enduransı ve hasta memnuniyeti üzerine etkisini incelemektir. Bu amaçla 40 katılımcı tabakalandırılmış randomizasyonla çalışma (n:20) ve sham-kontrol (n:20) gruplarına dağıtılmıştır. Çalışma grubu 3 hafta boyunca, haftada 5 gün, günde 45 dakika geleneksel fizyoterapi ve günde 30 dakika non-immersive sanal gerçeklik temelli diz eklemi egzersizleri, sham-kontrol grubu ise aynı sürede geleneksel fizyoterapi ve günde 30 dakika sham-sanal gerçeklik uygulaması aldı. Ölçümler başlangıç ve 3. hafta sonunda alındı. Değerlendirmeler, demografik veriler için demografik bilgi formu, kas uyarılabilirliği için yüzeysel elektromiyografi, statik denge için Tetrax postürografi cihazı, dinamik denge için zamanlı kalk ve yürü testi, propriyosepsiyon için Protractor and Angle Gauge uygulaması, fiziksel fonksiyon değerlendirmesi için WOMAC, günlük yaşam aktiviteleri bağımsızlık seviyesi için Katz İndeks, kassal endurans için 30 saniye kalk-otur testi ve tedavi memnuniyeti için 10 santimetrelik görsel analog skala kullanılarak gerçekleştirildi. Bulgular kas uyarılabilirliği, denge, propriyosepsiyon, endurans, ağrı yoğunluğu ve fonksiyonel yetersizlik parametrelerinde çalışma grubu lehine istatistiksel anlamlı farklılık olduğunu gösterdi ($p<0,05$). Non-immersive sanal gerçeklik uygulamaları diz osteoartritli hastalarda kas uyarılabilirliğini, statik ve dinamik dengeyi, propriyosepsiyonu, kassal enduransı, fiziksel fonksiyon kalitesini ve tedavi memnuniyet düzeyini geliştirmek ve ağrı seviyesini azaltmak için tercih edilmesi gereken bir yaklaşımdır.

ANAHTAR KELİMELER: Sanal Gerçeklik, Diz Osteoartriti, Rehabilitasyon, Denge, Kas Uyarılabilirliği

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF NON-IMMERSIVE VIRTUAL REALITY EXERCISES ON MUSCLE EXCITABILITY AROUND THE KNEE AND BALANCE IN PATIENTS WITH KNEE OSTEOARTHRITIS

PHD THESIS

MEHMET SONMEZ

BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

PHYSICAL THERAPY AND REHABILITATION DEPARTMENT

SUPERVISOR: ASSOC. PROF.DR. ŞEBNEM AVCI

BOLU, NOVEMBER 2023

XVIII+141

The aim of this study is to examine the effect of non-immersive virtual reality application on muscle excitability around the knee, balance, proprioception, physical function level, independence levels in daily living activities, muscle endurance and patient satisfaction in patients with knee osteoarthritis. For this purpose, 40 participants were distributed to study (n:20) and sham-control (n:20) groups by stratified randomization. The study group received 45 minutes of traditional physiotherapy and 30 minutes of non-immersive virtual reality-based knee joint exercises a day for 3 weeks, 5 days a week, while the sham-control group received traditional physiotherapy and sham-virtual reality application for 30 minutes a day for the same period. Measurements were taken at baseline and at the end of the 3rd week. Demographic information form was used for demographic data, superficial electromyography was used for muscle excitability, Tetrax posturography device was used for static balance, timed up and go test was used for dynamic balance, Protractor and Angle Gauge application was used for proprioception, Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) was used for physical function evaluation, Katz Index was used for independence level of activities of daily living, 30-second stand to sit test was used for muscular endurance, and 10-centimeter visual analogue scale was used for treatment satisfaction. The findings showed that there was a statistically significant difference in muscle excitability, balance, proprioception, endurance, pain intensity and functional disability parameters in favor of the study group ($p<0.05$). Non-immersive virtual reality applications are effective approaches for increasing muscle excitability, static and dynamic balance, muscle endurance, proprioception, treatment satisfaction and reducing pain intensity in knee osteoarthritis.

KEYWORDS: Virtual Reality, Knee Osteoarthritis, Rehabilitation, Balance, Muscle Excitability

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
TABLO LİSTESİ	xiii
FOTOĞRAF LİSTESİ	xv
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xvi
TEŞEKKÜR	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Diz Eklemine Anatomik Yapısı	4
2.2 Diz Eklemine Oluşturan Kemikler	4
2.2.1 Femur.....	4
2.2.2 Tibia.....	5
2.2.3 Patella	6
2.3 Diz Eklemine Bulunan Menisküsler	6
2.4 Diz Eklemine Bulunan Kıkırdak Yapılar	8
2.5 Diz Eklemine Yer Alan Bursa Yapıları	8
2.6 Diz Eklemine Kat Eden Kaslar	9
2.6.1 Diz Eklemine Anterior Yüzünde Yer Alan Kaslar.....	9
2.6.2 Diz Eklemine Posterior Yüzünde Yer Alan Kaslar.....	11
2.6.3 Diz Eklemine Lateral Yüzünde Yer Alan Kaslar.....	12
2.7 Diz Eklemine Yer Alan Bağlar.....	13
2.7.1 Diz Eklemine Bulunan Kollateral Bağlar (Ligamentler).....	13
2.7.2 Diz Eklemine Çapraz Bağları.....	13
2.7.3 Diz Eklemine Mekanoreseptörleri	14
2.8 Diz Eklemine Kinezyolojisi	15

2.9 Osteoartrit	17
2.9.1 Osteoartritin Farklı Tipleri.....	18
2.9.2 Prevalans ve İnsidansı	19
2.9.3 Patogenez.....	20
2.9.4 Osteoartrit Tanı Kriterleri.....	22
2.9.5 Osteoartrit Risk Faktörleri	23
2.9.5.1 Yaş	23
2.9.5.2 Cinsiyet	23
2.9.5.3 Genetik Faktörler	23
2.9.5.4 Obezite	24
2.9.5.5 Eklem Bozuklukları ve Travmalar	24
2.9.5.6 Osteoporoz	24
2.9.5.7 Kemik Mineral Yoğunluğu	25
2.9.5.8 Mesleki Zorlanmalar	25
2.9.5.9 Sportif Faaliyetler.....	25
2.9.5.10 Kas Zayıflığı ve Propriyosepsiyon Bozukluğu	25
2.9.5.11 Hipermobilité	26
2.9.5.12 Diğer Hastalıklar	26
2.10 Diz Osteoartriti	26
2.10.1 Diz OA Tanı Kriterleri	27
2.10.2 Diz OA Klinik Bulguları	29
2.10.3 Diz OA Fiziksel Değerlendirmesi.....	30
2.10.4 Değerlendirme Ölçüm Gereçleri	30
2.10.5 Diz OA Tedavi Yöntemleri.....	33
2.10.5.1 Diz OA Tedavisinde Farmakolojik Uygulamalar	35
2.10.5.2 Diz OA Tedavisinde Kullanılan Farmakolojik Olmayan Yaklaşımlar	35
2.10.5.2.1 Kilo Kontrolü.....	36
2.10.5.2.2 Öz Yönetim ve Öz Yeterlilik Eğitimi	36
2.10.5.2.3 Ortotik Uygulamalar	37
2.10.5.2.4 Fiziksel modaliteler.....	37
2.10.5.2.5 Egzersiz.....	41
2.10.5.3 Diz OA Tedavisinde Cerrahi Yaklaşım	46
2.11 Diz OA Tedavisinde Sanal Gerçeklik Uygulaması	46

2.11.1	Sanal Gerçeklik Rehabilitasyon Uygulamasının Tarihçesi.....	46
2.11.2	Sanal Gerçeklik Rehabilitasyon Uygulamasının Sınıflandırılması.....	46
2.11.3	Sanal Gerçeklik Rehabilitasyon Uygulamasının Kullanıldığı Hastalık Grupları	48
2.11.4	Sanal Gerçeklik Uygulamasının Diz OA Tedavisinde Kullanıldığı Çalışmalar	50
3.	GEREÇ VE YÖNTEM	55
3.1	Bireyler	55
3.2	Çalışmanın Deney ve Sham-kontrol Gruplarına Ait Özet Bilgiler.....	56
3.3	Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri	57
3.4	Çalışmadan Dışlama Kriterleri	57
3.5	Etik İzinler	58
3.6	Ölçüm Gereçleri ve Yöntemi.....	58
3.6.1	Değerlendirme Ölçüm Tarihleri:	58
3.6.2	Ölçüm gereçleri:	58
3.6.2.1	Demografik Veriler	58
3.6.2.2	Kas ve Motor Nöron Havuzu Uyarılabilirliği	58
3.6.2.3	Denge değerlendirmesi:	60
3.6.2.4	Kassal Endurans	65
3.6.2.5	Diz Eklemi Propriyosepsiyonu	66
3.6.2.6	Ağrı Yoğunluğu ve Fiziksel Fonksiyon Değerlendirmesi	68
3.6.2.7	Günlük Yaşam Aktivitelerinde Bağımsızlık Düzeyi Değerlendirmesi	68
3.6.2.8	Tedavi memnuniyeti değerlendirme.....	69
3.7	Tedavi Uygulamasının Karakteristikleri.....	69
3.7.1	Sham-kontrol Grubu	70
3.7.2	Non-immersive sanal gerçeklik grubu.....	73
3.8	İstatistiksel Analiz	74
4.	BULGULAR	75
4.1	Tanımlayıcı İstatistikler	75
4.2	Grup İçi Değişim Analizleri	78
4.2.1	Statik Denge Değerlendirmesi.....	78
4.2.2	Kas ve Motor Ünite Havuzu Uyarılabilirliği Değerlendirilmesi	86
4.2.3	Dinamik Denge Değerlendirmesi	88

4.2.4 Propriyosepsiyon Değerlendirmesi.....	88
4.2.5 Ağrı Yoğunluğu ve Fonksiyonel Yetersizlik Değerlendirmesi	88
4.2.6 Günlük Yaşam Aktivitelerinde Bağımsızlık Seviyesi Değerlendirilmesi	89
4.2.7 Kassal Endurans Değerlendirmesi.....	89
4.3 Gruplar Arası Değişim Analizleri.....	90
4.3.1 Statik Dengedeki Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırılması	90
4.3.2 Kas ve Motor Ünite Havuzu Uyarılabilirlik Değerlendirmesi	94
4.3.3 Dinamik Dengenin Gruplar Arası Karşılaştırılması	95
4.3.4 Ağrı Yoğunluğu ve Fonksiyonel Yetersizlik Konusundaki Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırılması.....	95
4.3.5 Diz Eklemi Propriyosepsiyon Değerlerinde Oluşan Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırması	96
4.3.6 Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Seviyesindeki Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırılması.....	96
4.3.7 Kassal Endurans Değerlerindeki Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırılması.....	97
4.3.8 Tedavi Memnuniyet Düzeyi	97
5. TARTIŞMA	98
5.1 Bulguların Analizi ve Yorumlanması.....	98
5.1.1 Statik Dengeye İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması	99
5.1.2 Kas ve Motor Ünite Havuzu Uyarılabilirliğine İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması	102
5.1.3 Dinamik Dengeye İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması ...	106
5.1.4 Ağrı Yoğunluğu ve Fiziksel Fonksiyon Yetersizliğine İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması	107
5.1.5 Propriyosepsiyona İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması...	109
5.1.6 GYA Bağımsızlık Seviyesine İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması.....	110
5.1.7 Kassal Enduransa İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması	112
5.1.8 Hastaların Tedavi Memnuniyetlerine İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması.....	112
5.2 Limitasyonlar	113
5.3 Çalışmanın Güçlü Yanları	113

5.4 Araştırmanın Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bilim Dalına Katkıları	114
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	115
6.1 Sonuçlar	115
6.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler	115
7. KAYNAKLAR.....	117
8. EKLER.....	134
8.1 EK 1: Erzurum Atatürk Üniversitesi Hastanesinden Alınan Kurum İzin Belgesi	134
8.2 EK 2: Bilgilendirilmiş Onam Formu	135
8.3 EK 3: Hasta Değerlendirme Formu	137



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Çalışmanın Birey Akış Diagramı	56
Şekil 4.1. Cinsiyet Dağılımı.....	75
Şekil 4.2. Gruplara göre cinsiyet dağılımı	76
Şekil 4.3. Salınım frekanslarına göre denge durumu (çalışma grubundan bir örnek)	79
Şekil 4.4. Düşme riski değerlendirmesi (çalışma grubundan bir örnek)	80
Şekil 4.5. Salınım frekanslarına göre denge durumu (sham-kontrol grubundan bir örnek)	81
Şekil 4.6. Düşme riski değerlendirmesi (sham-kontrol grubundan bir örnek) .	81

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Diz OA tanı kriterleri	28
Tablo 2.2. Diz OA radyolojik sınıflandırma	28
Tablo 2.3. Amerikan Romatoloji Derneği 2019 Yılı Osteoartrit Tedavi Rehber Kitabı.....	34
Tablo 2.4. EULAR diz OA tedavi yöntemleri sınıflandırması.....	34
Tablo 3.1. Çalışmanın uygulama şekli	55
Tablo 4.1. Gruplarda yer alan kadın-erkek dağılımı	76
Tablo 4.2. Grupların demografik özellikleri ve gruplar arası değerlerin karşılaştırılması	76
Tablo 4.3. Mesleki durum, diz OA hastalık şiddeti, diz OA hastalığına sahip olunan toplam süre değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler	77
Tablo 4.4. Kronik hastalıklar ve kullanılan farmakolojik ajanlara ilişkin demografik veriler ve gruplar arası karşılaştırılması.....	78
Tablo 4.5. Grup içi total stabilizasyon değerlendirmesi.....	82
Tablo 4.6. Grup içi düşme riski değerlendirmesi sonuçları.....	82
Tablo 4.7. F5-F6 salınım frekanslarında dengedeki değişimin grup içi analizleri	83
Tablo 4.8. 8 farklı test pozisyonu için F5-F6 salınım frekansındaki denge değişiminin çalışma grubu grup içi analizi	84
Tablo 4.9. 8 farklı test pozisyonu için F5-F6 salınım frekansındaki denge değişiminin sham-kontrol grubu grup içi analizi	85
Tablo 4.10. Çalışma grubu FHI sonuçları	86
Tablo 4.11. Sham-kontrol grubu FHI sonuçları	86
Tablo 4.12. Maksimal istemli kontraksiyon değerlendirmesi	87
Tablo 4.13. Hmaks/Mmaks değişimi değerlendirmesi.....	87
Tablo 4.14. Grup içi dinamik denge değerlendirmesi bulguları.....	88
Tablo 4.15. Diz eklemi propriyosepsiyon değerlendirmesi	88
Tablo 4.16. Ağrı ve Fonksiyonel yetersizlik değişiminin grup içi karşılaştırılması	89
Tablo 4.17. Günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlık seviyesindeki değişimin grup içi karşılaştırılması.....	89
Tablo 4.18. Kassal enduranstaki değişimin grup içi karşılaştırılması.....	90
Tablo 4.19. Statik dengedeki değişimin gruplar arası karşılaştırılması.....	90
Tablo 4.20. F5 salınımı frekansında ortaya denge değişimlerinin gruplar arası karşılaştırılması	91
Tablo 4.21. F6 salınım frekansında dengede meydana gelen değişimlerin gruplar arası karşılaştırılması.....	92
Tablo 4.22. FHI sonuçlarının gruplar arası karşılaştırması	93
Tablo 4.23. Kas ve Motor Ünite Havuzu Uyarılabilirliğinin gruplar arası karşılaştırılması	94
Tablo 4.24. Dinamik denge değişiminin gruplar arası karşılaştırılması.....	95
Tablo 4.25. Ağrı yoğunluğu ve fonksiyonel yetersizlik değişiminin gruplar arası karşılaştırılması	95
Tablo 4.26. Çalışmayı takiben diz eklemi propriyosepsiyonunda ortaya çıkan değişimin gruplar arası karşılaştırılması	96

Tablo 4.27. Günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık seviyesindeki değişimin gruplar arası karşılaştırılması	96
Tablo 4.28. Kassal endurans değerlerindeki değişimin gruplar arası karşılaştırılması	97
Tablo 4.29. Gruplar arası tedavi memnuniyet düzeyi	97



FOTOĞRAF LİSTESİ

Fotoğraf 3.1. Elektromiyografi (EMG) uygulaması	60
Fotoğraf 3.2. Tetrax Postürografi cihazıyla statik denge değerlendirmesi	62
Fotoğraf 3.3. Zamanlı Kalk ve Yürü Testi.....	65
Fotoğraf 3.4. 30 saniye otur-kalk testi	66
Fotoğraf 3.5. Propriyosepsiyon değerlendirmesi	67
Fotoğraf 3.6. Hot pack uygulaması.....	71
Fotoğraf 3.7. TENS uygulaması	71
Fotoğraf 3.8. Diz fleksiyon/ekstansiyon egzersizi	72
Fotoğraf 3.9. Sham-sanal gerçeklik uygulaması.....	73
Fotoğraf 3.10. Non-immersive Sanal Gerçeklik Uygulaması.....	74



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

ACR : American College of Rheumatology

AÇB : Arka Çapraz Bağ

AL : Antero-lateral

ARD : Amerikan Romatoloji Derneği

AVO : Aktif Video Oyunu

CB&M : Denge ve hareketlilik ölçeği

CPM : Devamlı pasif hareket

EHA : Eklem Hareket Açıklığı

EMG : Elektromiyografi

ENMG : Elektronöromiyografi

EULAR : Avrupa Romatoloji Dernekleri İttifakı

EuroQol : Europe Quality of Life

FHI : Fourier Harmonik İndeksi

FI : Düşme İndeksi

FR : Fall risk (düşme riski)

GAS : Görsel Analog Skala

GYA : Günlük Yaşam Aktiviteleri

HB : Baş geriye, normal duruş

HF : Baş öne, normal duruş

HL : Baş sola, normal duruş

HR : Baş sağa, normal duruş

H-refleks : Hofmann refleksi

ICF : Intrakortikal kolaylaştırma

IKDC : The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form

KDD : Kısa Dalga Diatermi

KOOS : Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

M. : Musculus

MAA : Merkezi Aktivasyon Açığı

Maks : Maksimum

Min : Minimum
MVC : Maksimal İstemli Kontraksiyon
N. : Nervus
NC : Göz kapalı, normal duruş
NO : Göz açık, normal duruş
NSAI : Non-Steroid Anti-inflamatuvar
OA : Osteoartrit
OAKHQOL : OsteoArthritis of Knee Hip Quality of Life
OARSI : Uluslararası Osteoartrit Araştırma Derneği
ÖÇB : Ön Çapraz Bağ
PAG : Protractor and Angle Gauge
PC : Yastıkla göz kapalı, normal duruş
PM : Postero-medial
PO : Yastıkla göz açık, normal duruş
RKÇ : Randomize Kontrollü Çalışma
RMT : Dinlenme motor eşiği
SI : Senkronizasyon indeksi
SICI : Kısa aralıklı intrakortikal inhibisyon
ST : Stabilite İndeksi
TDA : Total Diz Artroplastisi
TENS : Transkutanöz Elektriksel Sinir Uyarımı
TKA : Total Kalça Artroplastisi
TMS : Transkraniyomagnetik stimülasyon
TUG : Zamanlı Kalk ve Yürü testi (Timed Up and Go)
US : Ultrason
VKİ : Vücut Kitle İndeksi
WDI : Ağırlık Dağılım İndeksi
WOMAC : Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmam boyunca verdiği çok değerli bilgi ve destekleri sayesinde tezimi bitirmeme yardımcı olan ve eğitim hayatıma katkı sağlayan tez danışmanım Doç. Dr. Şebnem AVCI'ya, ufkumu açan fikirleri ve tezimin gelişmesine olan desteklerinden dolayı tez izleme komitesinde yer alan Prof. Dr. Seyit ÇITAKER ve Doç. Dr. Nuriye ÖZENGİN'e, doktora çalışma hayatım boyunca verdikleri derslerle eğitimime katkı sağlayan Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon bölümü tüm öğretim üyelerine, doktora tez çalışmamı gerçekleştirdiğim Erzurum Atatürk Üniversitesi Hastanesinden başta Doç. Dr. Fatih BAYGUTALP ve Dr. Öğr. Üyesi Fatma ŞİMŞEK olmak üzere, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı tüm çalışanlarına ve Nöroloji Anabilim Dalı çalışanlarına, doktora sürem boyunca desteğini yakından hissettiğim Erzurum Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Elanur YILMAZ KARABULUTLU'ya, doktora çalışmaları sırasında yaşadığım zor anlarda desteğini gördüğüm sayın Orhun Öztürk'e, doktora hayatım boyunca hep yanımda olan eşim sevgili Sena SÖNMEZ'e, destekleri için aileme, ufkumu genişleten tüm hocalarıma, doktora çalışmama gönüllü olarak katılan tüm katılımcılara teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Diz osteoartriti diz eklem kıkırdığı, sinovyal membran ve subkondral kemiği etkileyen bir durumdur. Kondrositler olarak adlandırılan kıkırdak hücreleri, toplam hacmin %1'ini kaplar ve esas olarak kollajen II, proteoglikanlar ve glikozaminoglikanlardan oluşan hücre dışı matrisi üretir. Subkondral kemik dokusu, sinovyal membran ve kıkırdak eşit derecede önemlidir ve eklemlerin biyokimyasal ve biyomekanik dengesinden sorumludur. Diz osteoartritinde eklem aralığında daralma durumu, eklemden efüzyon, osteofitler ve sinovyal enflamasyon görülür (1). Kadınlarda görülme sıklığı erkeklerden daha fazladır ve Dünya Sağlık Örgütü'nün verdiği değerlere göre diz osteoartriti kadınlarda dördüncü, erkeklerde sekizinci en sık engellilik nedenidir (2, 3). Diz osteoartritli bireylerde ağrı, kaslarda kuvvet azalması, günlük yaşamla ilgili aktivitelerde (GYA) gerileme, eklem hareket açıklığında (EHA) daralma, propriyoseptif duyunun bozulması ve statik-dinamik dengede bozulma gibi semptomlar sıklıkla görülmektedir (4).

Diz osteoartritinin konservatif tedavisinde fizyoterapi uygulamalarından; ultrason, kısa dalga diatermi (2), kaplıca terapisi (5), konvansiyonel fizyoterapi (6), lazer ve soğuk uygulamaları (7) yer alabilir. Son 20 yıl içinde kullanım alanı genişleyerek fizyoterapi uygulamaları içinde yerini alan sanal gerçeklik temelli egzersizlerin diz osteoartriti tedavisinde kullanıldığı literatürde görülmektedir (8-11). Ayrıca eklem replasman cerrahileri sonrasında diz eklemine rehabilitasyonunda da sanal gerçeklik uygulamaları yer almaktadır (12-14).

Sanal gerçeklik farklı alt başlıklardan oluşmaktadır. Literatürde en çok iki tür sanal gerçeklik terapilerinden bahsedilmektedir; immersive ve non-immersive. Temel olarak, katılımcıların 3D gözlük gibi çeşitli cihazlar aracılığıyla sanal gerçekliğin içinde yer aldığı ve hangi ortam yaratılmak isteniyorsa onun simüle edilerek kullanıcının içindeymiş gibi hareket edebildiği immersive uygulamalar ve yalnızca bir ekran üzerinden sanal ortamın takip edildiği non-immersive uygulamalar şeklinde belirtilmektedir. Immersion veya daldırma, kullanıcının gerçek dünyada mı yoksa sanal ortamda mı olduğunu farkında olup olmadığı algısının derecesini ifade eder. Immersive sanal gerçeklik terapi sistemleri, sanal ortama tam entegrasyonu sağlar. Böylece hastaların gerçek dünya ile ilişkileri

kopar. Buna karşılık, non-immersive sanal gerçeklik terapi sistemlerinde, kullanıcı gerçek dünyayı ve sanal ortamı aynı anda algılayabilir (15-17).

Diz osteoartritinde sanal gerçeklik uygulamalarını kullanan çalışmalardan bazıları immersive (12-14) bazıları ise non-immersive sanal gerçeklik uygulamalarını kullanmıştır (8-11). Diz cerrahisi sonrası kullanılan sanal gerçeklik uygulamaları immersive sanal gerçekliğe yoğunlaşmışken, non-immersive sanal gerçeklik uygulamaları direkt diz osteoartriti rehabilitasyonuna yönelmiştir. Bahsedilen non-immersive sanal gerçeklik uygulamalarında bu uygulamanın diz osteoartritli hastalardaki ağrı, yaşam kalitesi, fonksiyonel gelişim, bağımsızlık, yürüme kabiliyeti, düşme riski ve denge parametreleri üzerinde olan etkinlikleri incelenmiştir. Ancak, sanal gerçeklik uygulaması sonrası elektromiyografi, postürografi cihazı gibi objektif ölçüm gereçleri kullanılarak diz osteoartritli bireylerde diz bölgesi çevresindeki kas uyarılabilirliğindeki ve dengedeki değişimlerin değerlendirildiği çalışmalara rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın birincil amacı non-immersive sanal gerçeklik uygulamasını takiben diz osteoartritli hastalarda diz çevresi kaslarının uyarılabilirlik seviyelerinin ve dengenin nasıl değiştiğinin objektif ölçüm yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesidir. Araştırmanın ikincil amaçları, diz osteoartritli hastalarda propriyosepsiyonun, fiziksel fonksiyon düzeyinin, günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık seviyelerinin, diz çevresi kas enduransının ve hasta memnuniyetinin non-immersive sanal gerçeklik uygulamasıyla hangi yönde değiştiğinin araştırılmasıdır.

Çalışmanın hipotezleri aşağıdaki gibidir:

1. H1: Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri diz çevresi kas uyarılabilirliği üzerinde sham-kontrol grubuna kıyasla daha etkilidir.
2. H1: Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri diz motor nöron havuzunun uyarılması üzerinde sham-kontrol grubuna kıyasla daha etkilidir.
3. H1: Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri dengenin gelişmesinde sham-kontrol grubuna kıyasla daha etkilidir.

4. H1: Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri diz eklemi propriyosepsiyonunu geliştirmede sham kontrol grubuna kıyasla daha etkilidir.
5. H1: Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri ağrı yoğunluğu ve fiziksel fonksiyon düzeyinin düzenlenmesinde sham-kontrol grubuna kıyasla daha etkilidir.
6. H1: Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık seviyesini geliştirmede sham-kontrol grubuna kıyasla daha etkilidir.
7. H1: Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri kassal enduransı geliştirmede sham-kontrol grubuna kıyasla daha etkilidir.
8. H1: Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri hasta memnuniyeti üzerinde sham-kontrol grubuna kıyasla daha etkilidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Diz Eklemının Anatomik Yapısı

Diz eklemi insan vücudunda bulunan en büyük ve en kompleks eklem yapısıdır. Tür olarak sinovyal bir eklem olan diz eklemi, eklem içindeki sürtünmeyi azaltıp kayganlığı arttırmış olan içi plazmatik bir sıvıyla dolu iki menisküs yapısı ve etrafında bağ ve kapsüllerden oluşan koruyucu yapıları içermektedir (18, 19). Diz eklemını oluşturan 3 kemik bulunmaktadır. Bu kemikler; Femur, Tibia, ve Patella kemikleridir. Bu kemikler patellofemoral ve tibiofemoral olmak üzere iki farklı eklem yüzünü meydana getirerek total diz eklemının oluşmasını sağlarlar. Tibiofemoral eklem tibianın platosu ile femurun alt ucunda yerleşmiş olan medial ve lateral kondil yapılarının birbirleri üzerine oturmasıyla oluşan bir eklem yüzüdür. Patellofemoral eklem yüzeyi ise sesamoid bir kemik olan patella ile femurun distal ucunda yer alan trochlea arasındaki eklem yüzeyidir (18). Ayrıca diz çevresinde diz eklemının inferiolateral (alt-dış taraf) kısmında kalan ve tibia ve fibula kemikleri arasında oluşmuş tibiofibular bir eklem daha bulunmaktadır; fakat bu eklem kaynaklarda diz eklemine dahil edilmemiştir (20). Bu eklem dizin fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sırasında aktif olarak yer almamakla birlikte dizin stabilitesinin korunmasında etkili bir eklem yapısı olarak nitelendirilmektedir (21).

2.2 Diz Eklemını Oluşturan Kemikler

2.2.1 Femur

Uyluk kemiği olan femur vücutta bulunan en uzun kemiktir. Femur proksimal parça, femur shaftı ve distal kısım olmak üzere üç bölümden oluşur. Femur proksimal kısmı (femur başı), kalça ile (asetabulumda) bir top ve yuva eklemi oluşturur, yuva içindeki bir bağ (ligamentum teres femoris) ve çevredeki güçlü bağlar tarafından bu eklem yerinde tutulur. Femur boynu ise, yürüme için verimli olan 125 °'lik bir açıyla shaft ve başı birbirine bağlar. Femur shaftı öne biraz dışbükeydir ve arkasında linea aspera adı verilen bir kemik sütunu ile güçlendirilmiştir. Femurun distal kısmı (alt uç) ise ortasında bir oluk (patellar oluk) ve bu oluğun her iki yanında yerleşmiş iki büyük kondil aracılığıyla diz eklemının üst yarısını oluşturur (22). Medial ve lateral kondiller, femoral yükleri daha geniş

bir yüzey alanı üzerinden alt bacağı aktarmak için biraz düzleşerek tibia ile etkileşime girer. Bu yapı, diz düzleştiğinde ve büküldüğünde femurun tibia üzerinde 3 yönlü bir dönme hareketi yapmasına ve kısıtlı bir oranda da olsa kayma hareketini gerçekleştirmesine olanak tanır (23). Epikondiller, her iki kondilin yan taraflarında bulunur ve diz eklemine destekleyen ve güçlendiren bağlar için bağlantı noktaları görevi görür. Femurun sağlam yapısı, güçlü kalça ve diz kaslarına yürüme ve diğer itme faaliyetleri için pek çok güvenli bağlanma yeri sağlar (24).

2.2.2 Tibia

Tibia (kaval kemiği), fibula'nın medialinde yerleşmiş bulunan bacağın uzun kemiğidir. Tibia üç kısımdan oluşur: proksimal, shaft ve distal. Proksimal kısım diz eklemine katılırken, distal kısım ayak bileği eklemine katkıda bulunur. Öte yandan tibial shaft, bacak kasları için birçok bağlantı noktası sunar (25).

Diz eklemine oluşturan yapılardan olan tibianın proksimal ucu interkondiler alanlarla birbirinden ayrılmış medial ve lateral olmak üzere iki platodan oluşmaktadır ve pek çok kas ve ligaman yapı için bağlantı noktası oluşturmaktadır. Bu bölgeye genel olarak tibial plato ismi de verilmektedir. Bu interkondiler yapıların ön ve arka kısmındaki fossal yapılar ön ve arka çapraz bağ için yapışma noktası oluştururlar. Bu iki bağın dizin antero-posterior yöndeki stabilizasyonu için çok önemli görevleri bulunmaktadır. Fakat dizin stabilizasyonunda femur kondillerinin medio-lateral olarak stabilize olması da önem arzettiğinden medial ve lateral platolarda yer alan yapılar da bu süreçte aktif olarak yer almaktadırlar (26).

Medial platonun üst yüzeyi silindirik veya yuvarlağımsı ve biraz konkavdır, bu nedenle femurun medial kondili bu eklem içine mükemmel şekilde oturur. Medial menisküs, bu eklem yüzeyi içinde tibia ve femur arasına sıkışık ve tibianın lateral kenarı hariç tüm kenarlara tutunmuş olarak yerleşir. Bunun yerine, lateral sınır medial interkondiler tüberküle uzanır. Öte yandan, lateral platonun üst yüzeyi, medial platonun hemen hemen aynadaki yansıması gibidir. Yuvarlak, biraz dışbükeydir ve femurun lateral kondili ile eklem yapar. Lateral menisküs, medial kenar hariç tibianın tüm kenarlarına tutunmuştur (27). Medial sınır lateral interkondiler tüberküle kadar uzanır. Proksimal ucun ön yüzeyinde tuberositas tibia bulunur. Patellar bağ için bir bağlantı yeridir ve dizin hemen altındaki bu çıkıntı kolayca tespit edebilir ve palpe edilebilir. Tüm uzun kemikler, ağırlık taşıma ve harekete yardımcı olan uzuv kemikleridir. Tibia kemiği stabilite sağlar ve alt bacak

için ağırlık taşır. Bir kişiyi harekete geçirmek için bacağa kaldıraç sağlar ve yürümeyi, koşmayı, tırmanmayı, tekme atmayı vb. kolaylaştırır. Bunun yanında gövdesinde bulunan kemik iliği çoğunlukla kırmızı kan hücrelerinin üretimine yardımcı olan kırmızı kemik iliğidir. Bir kişi yaşlandıkça kırmızı kemik iliği çoğunlukla yağdan oluşan sarı kemik iliği ile değişir (28).

2.2.3 Patella

Diz kapağı olarak da bilinen patella kemiği vücutta bulunan en büyük sesamoid kemik olma özelliğine sahiptir. Patella kemiği M. Quadriceps Femoris kasının distalinde yerleşmiş ve üzerinden bu kasın oluşturduğu patellar tendonun geçtiği ters üçgen şeklinde bir morfolojik görünüme sahiptir. Patella kemiğinin superior tarafına taban, inferior tarafına ise apeks denilmektedir. Patellanın posterior yüzeyi femur ile eklem yapar ve iki fasetten oluşur: Medial faset – femurun medial kondili ile eklem yaparken, lateral faset - femurun lateral kondili ile eklem yapar. Patellanın anterior yüzünde ise prepatellar bursa bulunur. Ortalama bir patellanın boyut veya ebatları 4-4,5 cm uzunluk, 5-5,5 cm genişlik ve 2-2,5 cm kalınlık şeklindedir (29, 30).

Patellanın iki faseti ayrıca üç çift horizontal dilimlenmiş ve arka tarafında yer alan tek bir faset dahil olmak üzere yedi yüze ayrılabilir. Patellar fasetler, patellar pozisyonun korunmasına yardımcı olmak için daha geniş yanal kenar ile içbükey, femoral yüzeyi barındırmak için ise dışbükeydir. Ayrıca, patellanın posterior eklem yüzeyinin büyük bir kısmı yedi milimetreye kadar kalınlaşabilen bir eklem kıkırdığı tabakası ile kaplıdır. Bu kalın kıkırdak, kuadriseps kası kuvvetli bir şekilde kasıldığı esnada ortaya çıkan büyük eklem reaksiyon kuvvetlerini dağıtarak hafifletmektedir (29, 31).

Patellanın birincil işlevi diz ekstansiyonu sırasındadır. Patellanın femoral kondillerin ön yüzeyinin üzerinde oturması, kuadriseps tendonunun tibia şaftını çekme açısını artırır (kaldıraç etkisi). Patella ayrıca dizin fleksiyon ve ekstansiyonda düzgün hareket etmesine izin verir ve ayrıca diz ekleminin ön yüzeyini korur (32).

2.3 Diz Ekleminde Bulunan Menisküsler

Menisküsler diz ekleminde femur ve tibia kemikleri arasında tibial platoda medial ve lateral olarak yerleşmiş şekilde bulunan yastıkçık şeklindeki yapılardır.

Bir diğerk ifadeyle, menisküsler, tibial kondiller üzerinde yerleşmiş ve femoral kondillerin dayanması için içbükey bir yüzey oluşturan hilal şeklindeki fibrokıkırdak yastıklarıdır. Tibia yüzeyinin yaklaşık 2/3'ünü kaplarlar (bu yüzey düzdür) ve histolojik olarak alınmış enine kesit görüntüsünde üçgen şeklinde görünen, dışta daha kalın ve içte daha ince olan yapılardır (33, 34).

Medial menisküs femur kondili ile medial tibial kondil arasında bulunan C şeklinde fibrokartilaj özellikte bir yapıdır. Medial menisküsün anterior ve posterior kısımları tibial platodan biraz uzak olduğu için lateral menisküsle kıyaslandığında biraz daha C şeklindedir. Medial menisküsün ön boynuz kısmı lateral menisküse transvers bağ ve patella ile doğrudan veya ön kapsüler kalınlaşmalar olan patellomeniskal bağlarla tutunur. Ön kısmı arka kısımdan çok daha dardır ve bu daha dar kısım yaralanmaya daha az eğilimlidir. Medial menisküs yaklaşık 3,5 cm uzunluğunda bir yapıdır. Medial menisküsün ön boynuzu, tibial platodan başlayarak tibianın anterior yüzüne kadar uzanır. Ön çapraz bağın ön lifleri ve medial menisküsün ön boynuzu birbirine enine kesit oluşturan bir bağ ile bağlanırlar. Arka boynuz ise eklem kapsülünün periferik uzanan kısmının posterior yüzüne sıkıca kenetlenir. Medial menisküsün orta kısmı ise derin medial bağ olarak bilinen eklem kapsülünün bir parçası aracılığıyla tibiaya sıkıca bağlanır. Medial menisküsün herhangi bir kasla doğrudan bağlantısı veya kesişim noktası bulunmamaktadır (33, 35).

Lateral menisküs neredeyse tekdüze daireseldir ve medial menisküsün aksine daha küçüktür ve çok daha hareketlidir. Ayrıca, ortalama kalınlığı 4,5 mm ve genişliği 11 mm olan ve lateral tibial platonun yaklaşık %70'ini kaplayan lateral menisküs eklem yüzeyinin oldukça büyük bir bölümünü kaplar. Lateral menisküs de medial menisküs gibi ön ve arka boynuzlara sahiptir. Lateral menisküsün ön boynuzu tibianın interkondiler eminensinin önünde, ön çapraz bağın yapışma yerinin hemen arkasında ve yanında tibiaya yapışır. Arka boynuz ise, arka çapraz bağın giriş yerleri ile medial menisküsün arka boynuzu arasında tibiaya bağlanır (33-35).

Menisküsler ayrıca içinde veya üzerinde üç farklı mekanoreseptör - Ruffini (tip I), Pacinian (tip II) ve Golgi tendon organları (tip III)- bulundurmaktadır. Bu nöral elementler, menisküs boynuzlarında (özellikle arka boynuz) daha fazla

konsantrasyonda bulunur ve sırasıyla eklem deformasyonu ve basıncı, gerilim değişiklikleri ve nöromusküler inhibisyonda önemlidir (33, 35).

Menisküslerin birincil işlevi, eklem içi uyumu artırarak yükü tibiofemoral eklem boyunca iletmek ve böylece eklem kıkırdağı üzerinde oluşan stresi azaltmaktır. Menisküs ayrıca diz eklemine şok emilimi, stabilitesi, yağlanması, beslenmesi ve propriyosepsiyonunda ikincil bir rol oynar. En kritik görevleri diz eklemi kilitli pozisyona geldiğinde kemikler arasında oluşan yükleri dağıtmak ve dizin stabilizasyonunun sağlanabilmesi hususunda dizin çapraz ve kollateral bağlarına yardımcı olmaktır. Ayrıca, her iki menisküs bacak ve uyluk kemikleri arasındaki boşluğu doldurur ve femuru yastıklayarak kaymasını ve tibiya sürtünmesini önler (33-36).

2.4 Diz Eklemine Bulunan Kıkırdak Yapılar

Eklem kıkırdağı, sağlıklı bir durumda yüzeyinde neredeyse sürtünmesiz harekete izin veren benzersiz, özel bir dokudur. Yapısı ve mekanik özellikleri, sınırlı bir onarım kapasitesine rağmen onlarca yıl tekrarlayan yükleme kuvvetlerine izin verir. Çoğu eklem kıkırdağı yaklaşık 3-4 mm kalınlığındayken, patellar eklem kıkırdağı 6 ila 8 mm kalınlığındadır. Kabaca, eklem kıkırdağı hücrelerden (kondrositler), matristen (lifler) ve hücre dışı matristen oluşur. Eklem kıkırdağının dört tabakası veya bölgesi (yüzeysel, geçişli, derin ve kalsifiye), kondrositlerin şekli ve oryantasyonu ve tip II kollajenin dağılımı ile ayırt edilir (37, 38).

Diz eklemine yer alan her üç kemiğin de birbirlerini gören yüzlerinde bu kıkırdak yapılardan yer almaktadır. Bu yapıların kaygan bir formda olması kemikler arasında ortaya çıkabilecek olası sürtünmelerin önüne geçmektedir (18).

2.5 Diz Eklemine Yer Alan Bursa Yapıları

Bursa, cilt-tendon veya tendon-kemik arasında bulunan içi sıvımsı bir madde ile dolu bir anatomik yapıdır. Temel işlevleri, birbirine temas içinde bulunan hareketli vücut yapıları arasındaki sürtünmeyi azaltmaktır. Genellikle bu yapılar diz, omuz, dirsek ve kalça gibi görece daha büyük eklemlerin çevresinde bulunurlar.

Diz eklemi ve çevresinde yaklaşık olarak 12 kadar bursa yapısı bulunmaktadır, Diz çevresindeki bursalar, patella çevresinde olanlar ve başka yerlerde oluşanlar olarak gruplandırılabilir. Patella çevresindeki bursalar arasında

prepatellar bursa, yüzeysel ve derin infrapatellar bursa ve suprapatellar bursa bulunur. Anatomik olarak patellaya yakın olmayan bursalar arasında pes anserin bursa, iliotibial bursa, tibial ve fibular kollateral bağ bursalar ve gastroknemius-semimembranosus bursa bulunur. Bu bursalardan pes anserin, prepatellar ve gastroknemius-semimembranosus bursaları klinik olarak oldukça önemli bursa yapılarıdır (39).

Pes anserin bursa, distal sartorius, grasilis ve semitendinosus tendonlarından oluşan pes anserin tendonlarını, tibial kollateral ligamanın altındaki distal kısmından ve medial tibial kondilin kemik yüzeyinden ayırır. Anserin bursiti, özellikle koşucularda aşırı kullanımdan kaynaklanır (39, 40).

Prepatellar bursa, patella ile onu örten deri altı doku arasında yer alır. Uzun süreli veya tekrarlanan diz çökme şeklindeki kronik travma, iltihaplanmaya ve hemorajik bursite yol açar (39, 40).

Gastroknemius-semimembranosus bursa, medial femoral kondil, semimembranosus tendonu ve gastroknemius'un medial başı arasında yer alır. İnflamasyonu durumunda “baker kisti” veya “popliteal kist” ortaya çıkabilir (39, 41).

2.6 Diz Eklemini Kat Eden Kaslar

Diz eklemini kat eden kaslar üç grupta incelenebilir: diz ekleminin anterior yüzünde yerleşik bulunan kaslar, diz ekleminin posterior kısmında yer alan kaslar, dizin lateralinde yer alan kaslar.

2.6.1 Diz Ekleminin Anterior Yüzünde Yer Alan Kaslar

Dizin anterior yüzünde bulunan kas grupları dört parçadan oluşan M. Quadriceps Femoris ve M. Sartorius kaslarından oluşur. M. Quadriceps Femoris kası diz ekleminin temel ekstansör kasıdır. M. Quadriceps Femoris kasının parçaları: M. Rectus Femoris, M. Vastus Medialis, M. Vastus Intermedius ve M. Vastus Lateralistir (18).

M. Rectus Femoris, M. Quadriceps Femoris kasının parçalarından kalça eklemini tek kat eden kas olan bu kas bipennat (çift başlı) bir kاستır. Pelvisin Spina İliaca Anterior Inferior ve asetabulum üzerindeki oluk noktaları bu kasın origosunun yapışma noktasıdır. Bu kas daha sonra femur boyunca uzanarak diğer üç M. Quadriceps Femoris parçasıyla birleşerek patellar tendonu oluşturur. Patellar

tendon ise patella kemiği üzerinden ilerleyerek tuberositas tibia noktasına yapışır. Diğer M. Quadriceps Femoris parçalarından farklı olarak diz ekstansiyonuna ek olarak kalça fleksiyonunda da görev alır (42).

M. Vastus Medialis, uyluğun medial kısmında yer alan bu kas M. Sartorius ve M. Rectus Femoris arasında yerleşmiştir. Femurda linea aspera ve linea intertrokanterikanın inferior medial kısmında başlangıç yapışma noktaları bulunur. Sonlanma noktası ise M. Rectus Femoris gibi patellar tendon aracılığıyla tüberositas tibiadır. Diz eklemine ekstansiyon hareketinin son bölümünde özellikle aktif olarak yer alır ve diz ekleminde femoral medial rotasyon hareketiyle diz eklemine kilitlenmesini sağlar (42).

M. Vastus Lateralis, M. Quadriceps Femorisin en büyük parçasını oluşturur. Başlangıç yapışma noktaları linea intertrokanterikanın lateral süperior kısmı, trokanter majörün anterior bölümüdür. Sonlanma noktası ise yine patellar tendon aracılığı ile tüberositas tibiadır. Diz ekstansiyonunda etkin kastır (43).

M. Vastus Intermedius, M. Rectus Femoris kasının inferiorunda bulunan bu kas femur shaftının 1/3 proksimal anterior yüzünden başlar ve patellar tendona katılarak tüberositas tibia üzerinde sonlanır. Dizin ekstansiyon hareketinde aktif olarak rol alır (42).

M. Sartorius, uzunluğu ortalama 61 santimetre olan bu kas insan vücudunun bilinen en uzun kasıdır. Femurun anterior yüzünde diagonal olarak uzanmaktadır. Başlangıç noktası pelvisin spina iliaca anterior superior (SİAS) çıkıntısıdır. Bitiş noktası ise femur medial kondilinin posterior kısmından geçerek tibianın medial yüzeyinin proksimal kısmında bulunan pes anserinus yapışma noktasıdır. Temel fonksiyonu kalça ve diz eklemlerini diagonal olarak geçerek çaprazladığından dolayı uyluğa fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyon hareketlerini yaptırmaktır. Aynı zamanda bacağına fleksiyon ve fleksiyon esnasında iç rotasyon hareketlerini de yaptırır (44).

Dizin ön yüzünde yer alan bu kaslar N. Femoralis tarafından inerve edilir. Bu kaslar ayakta durularak gerçekleştirilen tüm aktivitelerde (yürüme, zıplama, koşma vb.) etkin rol alırlar. Ayrıca diz eklemine stabilizasyonunda diz eklemine bağlarıyla birlikte oldukça önemli yapılardır (20).

2.6.2 Diz Eklemine Posterior Yüzünde Yer Alan Kaslar

Hamstring kasları olarakta bilinen bu kas grubu üç kasta oluşmaktadır. Bu kaslar M. Biceps Femoris, M. Semitendinosus ve M. Semimembranosus'tur. Ayrıca bu kaslara ek olarak diz eklemine tam posterior kısmında M. Popliteus, M. Gastrocnemius ve M. Gracilis kasları da yer almaktadır (18).

M. Biceps Femoris, tüber iskiadikum ve linea asperadan sırasıyla uzun ve kısa başları başlayan iki başlı bir kastaır. Bu iki baş belli bir noktaya kadar femur boyunca uzandıktan sonra birleşir ve kaput fibulada sonlanır. Kısa başının görevi dizi fleksiyona getirmek olan M. Biceps Femorisin uzun başı ise diz fleksiyonuna ek olarak fleksiyona gitmiş bacağın eksternal rotasyonunu sağlayarak uylukta germe hareketinin ortaya çıkmasını sağlar (45).

M. Semitendinosus, başlangıç noktası tüber iskiadikumda yer alan bu kas biceps femorisin uzun başının başlangıç noktasına komşudur. Daha sonra bu kas posteromedial olarak uzanarak pes anserinus'a katılır ve tibianın medial proksimal kısmında sonlanır. Hem pelviste hem de tibia üzerinde yapışma noktaları olduğundan diz fleksiyonu, kalça ekstansiyonu ve fleksiyondaki dizin internal rotasyon hareketini gerçekleştiren bir kastaır (46).

M. Semimembranosus, tüber iskiadikumdaki başlıyan bu kasın sonlanma veya bitiş alanları oldukça geniş bir alana yayılır. Ancak, esas sonlanma noktası tibianın medial kondilidir. Bu kas semitendinosus kasının altında yer almaktadır. Görev olarak semitendinosusla aynı şekilde çalışır (47).

M. Popliteus, popliteal fossanın tabanını oluşturan oldukça küçük bir kastaır. Tibialis posterior, fleksör digitorum longus ve fleksör hallucis longus ile birlikte derin arka bacak kaslarına aittir. Popliteus kası diz eklemine arka yüzünde uzanır. Femurun lateral kondilinden ve lateral menisküsün arka boynuzundan kaynaklanır ve proksimal tibiya'ya yapışır. Popliteus kası, tamamen ekstansiyonda kilitlenmiş dizin fleksiyonunu başlatarak yürüyüş paterninde çok önemli bir rol oynar. Bu nedenle popliteus dizin kilidini açan anahtar olarak anılır. Ek olarak, popliteus dizin posterior bölgesinin temel stabilizatör kasıdır (48).

M. Gastrocnemius, dorsal bacakta yer alan büyük bir kastaır. Posterior bacak kaslarının en yüzeysel olanıdır ve baldır bölgesinin büyük kısmını oluşturur. Soleus kası ile bağlantılı olarak, triceps surae olarak adlandırılan bileşik, üç başlı bir kas

grubunun bir bileşenidir. Yürüme, koşma ve zıplama gibi birçok temel aktivitede birlikte hareket ederler. Gastrokinemiusun lateral başı femurun lateral kondilinin posterolateral yönünden, medial başı ise medial femoral kondilin posterior yüzeyi ve femur shaftının popliteal yüzeyinden başlar ve kalkaneal tendon (aşıl) yoluyla kalkaneusun arka yüzeyinde sonlanır. Çift eklem kat eden bir kas olduğundan ayak bileği plantar fleksiyonu ve diz eklemi fleksiyonunda önemli rol alır. Ayrıca, ayaklar yerde sabitken distal sonlanma noktası sabit, proksimal bağlantı noktası ise hareketli olduğundan diz ekleminin kilitlenmesine yardımcı olabildiği gösterilmiştir (49).

M. Gracilis, uyluğun medial bölümünde bulunan uzun ve ince bir kastır. Addüktör longus, addüktör brevis, addüktör magnus ve pektineus kasları ile birlikte addüktör kas grubunun bir parçasını oluşturur. Gracilis, diğer addüktör kaslar üzerinde uzanan en yüzeysel kalça addüktörüdür. Aynı zamanda en zayıf üyedir, ancak iki eklemi (kalça ve diz) çaprazlayan ve üzerinde hareket eden tek kalça addüktörüdür. Ayrıca, sartorius ve semitendinosusla beraber pes anserinus oluşturur (50). Pubisin ön gövdesi, alt pubik ramus, iskiyal ramustan başlar ve proksimal tibianın medial yüzeyinde (pes anserinus aracılığıyla) sonlanır. Gracilis'in en önemli işlevi hamstring kaslarının dizi esnetmesine yardımcı olmak ve yürüme sırasında ayak yere sağlam basıldığında bacağı medial rotasyon yaptırmaktır. Alt ekstremitte sabitlendiğinde, gracilis kası, bir dayanak noktası görevi gören tibia çevresinde femur ve pelvisi yanal olarak döndürür. Bu hareket gövdeyi dengelemek için önemlidir (18).

2.6.3 Diz Ekleminin Lateral Yüzünde Yer Alan Kaslar

M. Tensor Fascia Latae, anterior iliak çıkıntının lateral kısmından başlar ve distalde lifleri tüm uyluk kaslarını çevreleyen derin bir fasya olan fasya lataya bağlanır. Bu bağ dokusu bandı, diz eklemi üzerinde lateral olarak uzanır ve tibianın lateral kondilinde ve lateral patellar retinakulumda sonlanır (51).

Tensör fasya lataanın temel görevi iliotibial bandın doğru miktardaki gerilimini sürdürmektir. Femur shaftı pelvisle buluştuğunda, yukarıdan gelen açılı bir basınç femura yüksek bir bükülme gerilimi uygular. Hem kalça abdükörleri hem de tensör fasya lata karşı taraftaki basınca karşı koyar ve kemiği stabilize etmeye yardımcı olur (gerginlik bandı etkisi). Ayrıca bu kas kasıldığında kalça fleksiyonu, kalça abduksiyonu ve kalça internal rotasyonunu sağlar (52).

2.7 Diz Eklemine Yer Alan Bağlar

Diz eklemine yer alan iki tür bağ dokusu bulunmaktadır. Bunlar: kollateral bağlar ve çapraz bağlardır (53).

2.7.1 Diz Eklemine Bulunan Kollateral Bağlar (Ligamentler)

Dizin medial ve lateral yanlarında bulunan bu bağlar medial ve lateral kollateral ligament olarak da bilinir (53).

Medial kollateral ligament, diz eklemine en fazla yaralanma olayı görülen ligamenttir. Dizin medial tarafında iki parçadan oluşan bir bağ yapısıdır. Bu iki parça: yüzeysel parça ve daha derin kısımda yer alan kapsüler yapıdaki derin medial kollateral bağdır. Derin medial kollateral ligament femurun medial kondilinden başlayarak tibianın medial intertberklne yapısıır. Yüzeysel medial kollateral ligament ise medial femur kondilinden tibianın medial kondiline uzanır, ancak pes anserinus civarında dorsal kısımdan eklem medialine doğru uzanan bir uzantı aracılığıyla posterior eklem kapsülüyle birleşerek posterior oblik ligamenti de meydana getirir. Temel görevi dizi valgus stresine karşı korumak ve dizin antero-mediale aşırı rotasyonuna engel olmaktır (54).

Lateral kollateral ligament, fibular bağ olarak da bilinen lateral kollateral bağ, diz eklemine temel stabilizatrlerinden biri olarak işlev görür. Femurun lateral epikondilinden köken alan ve fibula başında sonlanan lateral kollateral bağın birincil amacı, aşırı varus stresini ve dizin posterior-lateral rotasyonunu önlemektir (55).

2.7.2 Diz Eklemine apraz Bağları

Diz eklemine iki çapraz bağı vardır. Bu bağlar n ağraz bağ ve arka ağraz bağdır. Bu isimler tibia üzerindeki yapısıma noktalarına göre verilmiştir.

n apraz bağ (B), yoğun bağ dokularından oluşmuş bant benzeri bir yapı gösterir. Femoral yapısıma noktası, dikey olarak yerleştirilmiş bir yarım daire şeklinde bir görünüme sahiptir. Femur yapısıma noktası varsayılanın aksine interkondiler çentiğin çatısında değil, lateral femoral kondilin medial yüzeyinin posterior kısmında yer alır. B femur orta hattının lateralindedir ve bükülü diz eklemine anterior görünümünde çentiğin lateral yüzünün süperior %66'sını kaplar. Kemik bağlantı noktasının boyutu 11 ila 24 mm arasında değişmektedir ve femoral bağlantısından tibiaya anterior, medial ve distal olarak uzanır. Uzunluğu 22 ila 41

mm (ortalama 32 mm) ve genişliği 7 ila 12 mm arasında değişmektedir. ÖÇB lifleri, tibial bağlantılarına yaklaştıkça genişlerler ve medial tibial spinin anterior ve lateralinde yer alan bir fossaya tutunurlar. Bu fossa, antero-posterior yönde yaklaşık 11 mm genişliğindedir (8–12 mm aralığında). Bağlantısının yakınında, ÖÇB, transvers intermenisküs bağının altına anterior olarak değişken miktarda lif gönderir ve bazı uzantılar, lateral menisküsün ön veya arka boynuzuna karışabilir. Tibial bağlantı, femoral bağlantıdan biraz daha geniş ve daha güçlüdür (56). ÖÇB'nin temel görevi tibianın aşırı ileri hareketini önleyerek veya diz rotasyonel hareketlerini sınırlayarak diz eklemi stabilize etmektir (57).

Arka çapraz bağ (AÇB), diz eklemi en büyük ve en güçlü intraartiküler bağıdır ve 2 fonksiyonel demetten oluşur: daha büyük anterolateral demet (AL) ve daha küçük posteromedial (PM) demet. AÇB'nin femoral bağlantısının genişliği tibial bağlantısının neredeyse iki katıdır ve 112 ile 118 milimetre kare (mm^2) arasında değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca, AL tibial bağlantı merkezi posterior medial menisküs kökünün beyaz renk liflerinin 6,1 mm posteriorunda yer alır. PM femoral bağlantı alanı 60 mm^2 ile 90 mm^2 büyüklüğündedir ve medial ark noktasından 11,1 mm ve eklem kıkırdağı kenarının arka noktasından 10,8 mm uzaklıkta bulunur. PM tibial bağlantı merkezi posterior tibianın şampanya kadehi noktasının 4,4 mm önünde ve medial tibial plato eklem yüzeyinin medial oluğunun 3,1 mm lateralinde yer alır. Fonksiyonel olarak AÇB, tüm fleksiyon açılarında posterior tibial translasyon için birincil kısıtlayıcıdır. Ayrıca, 90° 'nin ötesinde internal rotasyon için birincil kısıtlayıcı ve 90° fleksiyonun ötesinde eksternal tibial rotasyon için yardımcı bir kısıtlayıcı olarak görev alır. AÇB demetleri birbirine resiprokal olarak çalışırlar. PM diz ekstansiyona giderken gerilirken AL demet gevşer, diz fleksiyonunda ise tam tersi bir durum söz konusudur (58).

2.7.3 Diz Eklemi Mekanoreseptörleri

Bağlar, eklem hareketleri sırasında ortaya çıkan kuvvetlere karşı dirençleri ile statik eklem stabilitesinde ve bir ekleme etki eden sıkıştırıcı ve yönlü kas kuvvetlerinin propriyoseptif kontrolü ile dinamik stabilitede rol oynarlar. Bağlar ve tendonlar tamamen statik yapılar değildir ayrıca propriyosepsiyon ve dinamik nöromusküler stabiliteye de katılırlar. Eklemlerden ve uzuvlardan gelen propriyoseptif girdiler, bağların, kasların ve tendonların mekanoreseptörlerinden kaynaklanır (59-61).

Diz eklemi, çevredeki bağlar, tendonlar ve kaslar tarafından desteklenen geniş bir hareket yelpazesine sahiptir. Bu çevreleyen yapılardan gelen propriyoseptif girdiler diz stabilitesi için önemlidir. Dizde bozulmuş propriyoseptif doğruluğun, radyografik diz osteoartritinin başlaması ve ilerlemesi ile ilgili bir sürecin sonucunu olabileceği de öne sürülmüştür (59, 61, 62).

Diz ekleminde bulunan AÇB, ÖÇB, menisküsler ve kapsüller yapılar bu mekanoreseptörleri içeren yapılardır. Serbest sinir sonlanmaları dizde en sık görülen mekanoreseptör tipi iken, Ruffini cisimcikleri ve Golgi tendon organı mekanoreseptörler onu takip etmektedir. Mekanoreseptörler medial yapılardan ziyade birincil olarak çapraz bağlarda ve lateral yapılarda yerleşmiştir. Bunların çoğu da kemik yapışma noktaları yakınında bulunur. Bağların kemik yapışma noktalarına yakın konumlanan mekanoreseptörler, gerilimdeki küçük değişikliklere tepkileri hızlı bir şekilde iletebilir, çünkü bu bağlar, bağlanma bölgelerine yakın bölgelerde gerilmeye karşı daha dirençlidir (59).

Ruffini cisimcikleri, yavaş uyum sağlarlar ve düşük mekanik eşiklere sahiptirler, eklem pozisyonunun ve kinestezinin kontrolünde işlev görürler. Eksenel ve çekme yüklerine karşı hassastırlar ve eklemi çevreleyen kasları kontrol ederek eklem sertliğini düzenlemede rol oynarlar (59, 63).

Golgi tendon organı, aşırı eklem hareket aralığını algılar ve genellikle büyük eklemlerde bulunur. En çok çapraz bağlarda, özellikle AÇB'de yer alır. Aşırı hiperfleksiyon ve hiperekstansiyon, eklemi daha fazla yaralanmadan korumak için çapraz bağlarda bulunan golgi tendon organını tetikleyebilir (59, 64).

Serbest sinir sonlanmaları, eklemlerin nosiseptif sistemi olarak görev yapar: normal koşullar altında aktif değildirler, ancak eklem kimyasal veya mekanik deformasyona maruz kaldığında aktif hale gelirler. Ayak bileği eklemi, dirsek eklemi ve diz kapsülündeki baskın mekanoreseptörlerdir. Tercihen kan damarlarına yakın bir yerde bulunurlar ve vazomotor kontrolde işlev görürler. Ayrıca, sinoviyada ağrı reseptörleri olarak işlev görürler (59).

2.8 Diz Ekleminin Kinezyolojisi

Diz eklemi insan vücudunda yer alan boyut olarak en büyük eklemdir. Eklem tipi olarak menteşe tipi bir eklem olmasına rağmen işlev açısından dizin hareketi, yuvarlanma ve kaymanın bir kombinasyonunu içeren çok merkezlidir. Diz

eklemi hareketlerinin karmaşık yapısı, statik stabilite (kemik uyumu, bağlar, menisküs, kıkırdak, kapsül ve kapsül bağları) ve aktif stabilite (kas kuvvet ve çekim açıları) arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır. Femur ve tibia kemiklerinin eklem yüzeyleri arasında bir boşluk olduğundan, dizin statik stabilitesi temel olarak kemiksel uyumdan daha ziyade yumuşak dokuların sağladığı kısıtlayıcı etkiyle sağlanır (65).

Diz eklemi temel olarak 120-135 derecelik fleksiyon hareketine izin verirken normalde ekstansiyon açısı 0 derecedir. Fakat bazı insanlarda bu eklemdaki bağların yapısal olarak laksitesi daha fazla olduğundan -10 dereceye kadar diz hiperekstansiyonu da görülebilir (genu recurvatum). Bunun yanında diz ekleminde çok kısıtlı miktarda rotasyonel hareket de gözlenmektedir. Diz fleksiyona giderken 90 dereceye kadar tibianın rotasyonel hareketleri izlenebilir (45 dereceye kadar eksternal, 30 dereceye kadar internal rotasyon), fakat 90 derecelik fleksiyondan sonra yumuşak doku rotasyonel hareketlerin ortaya çıkmasını engeller (66, 67).

Vida yuva (kilitleme) mekanizması: Ağırlık taşımayan pozisyonda dizin son 20 derecelik ekstansiyonu sırasında, tibia dışa doğru döner ve ekstansiyona kilitlenir. Bu hareket, femoral kondiller arasındaki asimetri tarafından üretildiği açıklanan vida yuva mekanizması olarak adlandırılır. Medial femoral kondil yaklaşık 1,7 cm daha uzun olduğundan ve eklem yüzeyi lateral kondilden daha öne doğru uzandığından, tibia diz terminal ekstansiyonu sırasında dışa doğru döner. Kuadriseps kasının yanal çekmesi ve ÖÇB'nin pasif gerilimi de bu mekanizmaya katkıda bulunur. Kilit açma mekanizması ise popliteus kası tarafından sağlanır. Popliteus kası, tibiayı içten döndürerek (ağırlık taşımayan) diz ekleminin kilidini açar (65, 68).

Patellofemoral eklem patellar eklem yüzeyi ile femoral troklear oluk arasındaki eklemlenme ile oluşan uyumsuz eklemlerden biridir. Ancak, bu eklemin diz ekleminin sağlıklı çalışması açısından çok önemli bir görevi vardır. Patella, ekstansör mekanizma sırasında dizin anlık hareket merkezine olan moment kolu mesafesini artırarak kasnak etkisini geliştirir. Ek olarak patella, kuadrisepsin dört kasından gelen farklı çekiş yönünü merkezileştirir ve toplam kuvvetleri patella tendonuna iletir. Patella olmaksızın kuadriseps uzar ve tam ekstansiyon sırasında etkili bir şekilde kısalamazdı. Böyle bir senaryoda ise kuadriseps moment oluşturmak için daha fazla kuvvet üretmek zorunda kalırdı (65, 68).

Kuadriseps (Q) açısı, kuadriseps femoris kasının ve patellar tendonun birleşik çekmesi için vektörler arasında oluşan açıdır. Q açısı, spina iliaka anterior süperiordan patella merkezine ve patella merkezinden anterior tibial tüberositasın ortasına kadar uzanan bir çizgi ile tanımlanır. 10 derecelik Q açısı, kuadrisepsin çekilmesi için en verimli çizgiyi sağlar. Bu nedenle Q açısı 10 dereceden büyük olan kişilerde kuadriseps kuvvet oluşturma kapasitesi azalabilir. 15-20 dereceden büyük Q açısının ise anormal ekstansör mekanizma ile kuadrisepsin lateral çekmesi arttığı için alt ekstremitte yaralanmaları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (65, 68).

2.9 Osteoartrit

Genellikle yaşlılık döneminde bulunan insanlarda ortaya çıkan eklem kıkırdak yapılarında tahribat oluşturarak erozyon, osteofit, subkondral skleroz gibi durumlara neden olan ve dünya üzerinde en sık görülen rahatsızlıktır (69) . Uluslararası Osteoartrit Araştırma Derneği (OARSI) ise bu rahatsızlığı şöyle tanımlamıştır: özellikle mobilitesi yüksek eklemlerde ortaya çıkan mikro veya makro travmaları takiben bağışıklık sisteminin maladaptif cevabıyla ekstrasellüler matriks harabiyeti ve hücresel baskı sonuçlarıyla karakterize olan bir rahatsızlıktır (70).

Osteoartritin (OA) prevalansı giderek artmaktadır. Eklem hastalıklarının en sık görülen bu tipinin görülme sıklığındaki artışa paralel olarak sağlık sistemi üzerinde oluşturacağı baskının da giderek yükseleceği tahmin edilmektedir. Osteoartritin bu etkisinin tüm dünyada özellikle de gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde artış gösteren obezitenin katkısıyla çok daha vahim sonuçlara ulaşma ihtimali yadsınamaz bir gerçek olarak ortada durmaktadır (71).

OA'nın tanımlanması iki şekilde olmaktadır; radyografik yöntem veya semptomatik analiz. Radyografik yöntemde osteofit oluşumu, eklem aralığının daralması gibi bazı direkt bulguların olması tanımlama yapmak için gereklidir. Semptomatik analizde ise radyografi aracılığıyla OA tanısı konulmuş bir vakada ağrı, eklem tutukluğu gibi tanı kriterlerinin bulunması gerekmektedir (69).

OA metabolik sendrom, kardiyovasküler hastalık ve diyabet gibi birçok kronik komorbidite ile ilişkilendirilmektedir. Abdominal obezite, hipertansiyon, dislipidemiler ve insülin direnci gibi bu komorbiditelerle ilişkili faktörlerin OA'nın başlamasına ve ilerlemesine katkıda bulunduğu öne sürülmektedir. Ek olarak,

OA'nın klinik semptomlarının komorbiditeleri olan kişilerde daha erken ve daha şiddetli ortaya çıktığına dair artan kanıtlar da bulunmaktadır (72).

OA çoğunlukla daha yoğun yük taşıyan eklemler olmak üzere birçok vücut ekleminde görülebilir. OA'nın farklı tipleri bulunmaktadır (73).

2.9.1 Osteoartritin Farklı Tipleri

Osteoartrit genellikle köken olarak birincil veya ikincil olarak sınıflandırılır. Birincil OA'nın etiyolojisi büyük ölçüde bilinmemektedir ancak sistemik ve lokal faktörlerin birlikte etkileşimine dayanan çok faktörlü bir etiyoloji olasılığı yüksektir.

Sekonder OA'nın etiyolojisi, eklemlere akut veya kronik travma, obezite, tekrarlayan kullanım, kas disfonksiyonu, inflamatuvar artropatiler (romatoid artrit gibi), eklemlerde kalsiyum birikintileri gibi tanımlanabilir nedenlere bağlı dejeneratif gelişmelerle ilgilidir (71).

Sekonder OA etyolojik kökenine bağlı olarak dört farklı fenotipe sınıflandırılmıştır: Osteoporotik OA, Biyomekaniksel OA, Metabolik OA ve İnflamatuvar OA. Hastanın tedavi edilmeden önce bu klinik fenotiplerden hangisine daha yakın olduğunun bilinmesi tedavi programının belirlenmesi açısından önem arz etmektedir (74).

Osteoporotik OA, özellikle kadınlarda görülen bu tür, yeterli östrojen hormonunun üretilmemesi veya menopoz sonrası over fonksiyonundaki kaybın sonucu olarak ortaya çıkan sekonder OA tipidir. Post-menopozal kadınlarda OA görülme sıklığının yüksek olmasının temel nedeni bu tip sekonder OA'dır. Östrojen hormonundaki dramatik azalış subkondral yapılarda ciddi harabiyete neden olarak OA'nın ortaya çıkmasına neden olur (74).

Biyomekaniksel OA, vücut ağırlığı, dış kaynaklı travmalar gibi mekanik bir strese bağlı olarak ortaya çıkan sekonder OA fenotipidir. Diz eklemine aşırı yüklenme oluşturan durumlara bağlı olarak ortaya çıkan bu fenotipte, mediale çeken moment diz eklemının medial kısmında ciddi dejenaratif durumlara neden olarak OA'ya neden olabilmektedir. Aynı şekilde bir travma sonrası menisküs hasarı, kollateral ligament hasarı olan bireylerde OA oluşma riski de artmaktadır. Benzer şekilde obezitenin artmış vücut ağırlığına sebep olması nedeniyle biyomekaniksel OA'nın temel nedenlerinden biri olduğu bilinmektedir. Uzun süre

takip gerçekleştirilen bir çalışma obez bireylerle tibia kemiğinin kırıldak volümü arasında ters yönlü bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Ancak bu tip OA sahibi bir kişinin ilaç tedavisi olmadan egzersiz aracılığıyla iyileşme potansiyeli yüksektir; çünkü egzersizle eklem kırıldak volümü arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır (74).

Metabolik OA, adipoz doku üzerinden sistemik dolaşıma suda ve yağda çözünebilir bazı mediatörlerin salındığı ve bu dokunun artık sadece bir depolayıcı yapı olmadığı aynı zamanda bir endokrin sistem yapısı gibi de davrandığı ortaya çıkmıştır. Adipoz dokudan üretilen ve salınan bu mediatörlerin bazıları OA açısından kritiktir. Adiponektin, leptin ve visfatin gibi bazı adipokinlerin büyük miktarda yük taşıyan eklemler üzerinde, glikoz ve adiposit metabolizması üzerinde, immünolojik enflamasyon yanıtların yeniden dizaynında etkili mediatörler olduğu keşfedilmiştir. Ek olarak, leptin ve visfatin mediatörlerinin OA olan eklemlerde mevcut olduğu bulunmuştur (75). Canlı doku hücrelerinde yapılan bazı çalışmalarda, bu mediatörlerin mekanik stres oluşturma ve proinflatuar sitokinlerle benzerlik gösteren kondrosit aktivasyonuna neden olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle kan serumunda bulunan adiponektin seviyelerinin metabolik OA'nın tespitinde kullanımının mümkün olabileceği öne sürülmektedir (74).

İnflatuar OA, eklem içi sinovyal dokunun inflamatuar reaksiyona girmesi sonucu ortaya çıkan sekonder OA fenotipidir. Sinovyal doku inflamatuar süreç sonucunda fibrotik bir yapı oluşturarak eklem arası boşlukta bir daralmaya neden olmaktadır ve OA'nın radyografik bulgularından biri ortaya çıkmaktadır (74).

2.9.2 Prevalans ve İnsidansı

Dünya Sağlık Örgütü Romatizmal Hastalıklar Bilimsel Grubu, 60 yaş ve üzerindeki dünya nüfusunun %10'unun OA'ya atfedilebilecek önemli klinik problemlere sahip olduğunu belirtmektedir. Aynı bilimsel grup, insidans ve prevalansın yaşla birlikte artmasından dolayı, daha uzun yaşam beklentisinin gelecekte OA'nın prevalans ve insidansını daha da arttıracaklarını düşünmektedir (76).

OA en fazla yaşlı popülasyonda görülen bir eklem rahatsızlığı olduğundan yapılan epidemiyolojik çalışmalarda çoğunlukla bu grup hedef alınmıştır. Yapılan

epidemiyolojik çalışmalarda 65 yaş ve üzeri popülasyonda %10-30 arasında dizi etkileyen OA bulunduğu gösterilmiştir (69). Yine aynı yaş grubunu içeren bir başka çalışmada ise Amerika Birleşik Devletlerinde kalça, el veya diz OA sahibi hasta sayısı 1995 yılında 21 milyon iken 2015 yılına gelindiğinde 27 milyona ulaşmıştır (77).

60 yaş ve üzerindeki kadınların yaklaşık %13'ünde ve erkeklerin %10'unda semptomatik diz OA'sı vardır. Semptomatik diz OA'sından etkilenen insanların oranları, nüfusun yaşlanması ve genel popülasyondaki obezite veya aşırı kilo oranı nedeniyle artmaya devam etmektedir. Yapılan 1 yıl takipli bir çalışmada 55 yaş ve üzeri insanların %25'inde yılda en az bir kez diz ağrısı görülmekte ve bu insanların 1/6'sı pratisyenlere başvurmak zorunda kalmaktadır (78).

Türkiye'de yapılan bir çalışmada 50 yaş ve üzeri popülasyonda OA görülme sıklığı %8.4 olarak hesaplanırken, bu oranın %5,3 diz, %1,1 el ve %1,9'u hem diz hem el OA'sına sahip olarak hesaplanmıştır (79). Ülkemizde yapılan bir diğer prevelans çalışmasında 50 yaş ve üzeri popülasyonda semptom gösteren diz OA görülme sıklığı genelde %14,8, kadınlarda %22,5, erkeklerde ise %8 olarak belirlenmiştir (69).

Bu değerler, OA'nın prevalansının Türkiye'nin yanı sıra dünya genelinde de kadınlarda erkeklere oranla çok daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, bu problem ABD, Kanada, Avustralya gibi ülkelerde sağlık harcamaları içinde %1-2,5 pay ile oldukça önemli bir yer kaplamaktadır (80). Türkiye sağlık sistemi içerisinde ise OA %2,9'luk pay ile en fazla yük oluşturan 7. hastalık olarak tespit edilmiştir (81).

2.9.3 Patogenez

Eskiden eklem kartilaj yapısıyla sınırlı olduğu düşünülen OA'nın eklem kartilaj yapısının yıkımı, onun alt katmanında bulunan subkondral kemik yapısının değişimi ve sinovyal yapının kronik inflamasyonu dahil olmak üzere tüm eklemi negatif olarak etkilediği görülmüştür. Sağlıklı bir sinovyal eklemden alt katmanda yer alan subkondral kemik, temel olarak eklem binaı ağır yükleri dağıtma, eklemi oluşturan kemikler arasında bulunan temas stresini en aza indirme ve eklemden sürtünmeye bağlı tahribatı azaltma özelliğine sahip hiyalin yapıdaki kartilaj tarafından korunur. Normal fizyolojik mekanizmalar eklem yapısını koruma

görevini gerçekleştirirken başarısız olduğunda, eklem yapısı eski sağlamlık ve kararlılığını kaybeder. Eklem kartilajının tahribi, eklemi eklem binen ağır yüklerin dağıtımını hususunda daha az yetenekli, mekanik strese karşı daha hassas ve eklem boşluğu içindeki sürtünmeyi önlemede daha yetersiz hale getirir. Eklemdeki bu geri dönüşümsüz farklılıklar, eklem boşluğunu daraltarak iki veya daha fazla karşılıklı bulunan kemiksel yüzeylerin direkt temasına neden olur. Eklem kartilaj yapısının kaybıyla eklem içinde osteofit adı verilen yeni kemik çıkıntıları meydana gelir ve eklem boşluğuna sitokinler ve metalloproteinazların hücumuna neden olan kronik bir inflamatuvar süreç meydana gelir (71).

OA'nın patogenezinde sitokinler, travmatik mekanik stress çok önemli rol oynar. Bu süreç eklem kartilajında seri bir şekilde bir tahribat süreci başlatır ve bu durum zincirleme bir reaksiyonla devam eder. Bu süreç sonunda eklemde morfolojik, metabolik ve biyokimyasal değişiklikler ortaya çıkar (71).

Morfolojik değişikliklerin ilk aşaması eklem kartilajında devamlılığın bozulması, kartilaj yüzeyinde oluşan ve giderek belirginleşen çatlak görüntüsüdür. Bu süreci kartilajda oluşan çatlakların genişleyip derinleşmesi, artiküler kartilaj yüzeydeki düzenli görüntünün giderek bozulması, eklem kartilaj yapısında ortaya çıkan ülserleşme ve altta yer alan sunkondral kemik yapının ortaya çıkması izler. Bu durumu takiben, kemik yapıda tahribat ve osteofit denilen kemik çıkıntılarının oluşmaya başlaması izlenir. Daha sonra vücut tarafından osteofitlerin üzeri hyalin kartilaj (Tip 1 kollajen) ve fibrokartilaj yapıyla kapatılır (69).

Biyokimyasal değişiklikler osteomatriks yapıda gittikçe artan su içeriğiyle başlar (bu oran eklem içindeki su miktarının %50'den daha fazla artışına kadar varabilir). Daha sonra fibrilasyon adı verilen süreç boyunca eklem kartilajında yer alan kollajenlerde liflenmenin meydana gelmesi sonrası aralarındaki bağın gevşemesi ile matriks yapıda dayanıklılığın azalması durumu izlenir. OA'nın etkisi arttıkça da kondrosit yapılarında aşınma artar ve matriksin yapısını daha fazla bozar. Böylelikle metabolik değişiklikler görülmeye başlar (69).

Metabolik değişiklikler matrikste miktarı giderek artan metalloproteaz ve sitokin etkisiyle ortaya çıkar. Bu yapıların artan yoğunluğu kartilajdaki rejenerasyon sürecini bozmakta ve eklem yapısında metabolik değişikliklere neden olmaktadır. Kollagenaz, jelatinaz ve stromelizin gibi metalloproteazların

kollajenlerin üçlü sarmal şeklinde değişikliklere neden olarak kartilaj dejenerasyonuna neden olduğunu bilinmektedir. İnterlökin (1IL-1), sitokinler içinde kartilaj dejenerasyonuna neden olduğu düşünülen en önemli sitokin kabul edilmektedir. Bu sitokin yapının etkisiyle kartilajın onarımı sırasında hyalinden ziyade fibröz bir yapıya dönüşmektedir. Bu nedenle eklem dayanıklılığı azalmakta ve hassasiyeti artmaktadır. Aynı şekilde IL-6 da eklem kıkırdığının dejenerasyon ve rejenerasyonunda işlev görmekte, fibröz oluşuma katkı sağlamaktadır. Yine yapılan çalışmalarda OA şiddeti arttıkça eklem içinde insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1) miktarının arttığı ve IGF-1 ile osteofit oluşumu arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu gösterilmiştir (69).

2.9.4 Osteoartrit Tanı Kriterleri

American College of Rheumatology (ACR) tarafından geliştirilen ve OARSI tarafından yayımlanan tanı kriterleri; eklem ağrısı, röntgende osteofitler veya kemik çıkıntılarının varlığı, ayrıca bir dizi ilişkili semptomu içerir. Bu ilişkili semptomlar, etkilenmiş eklemde 30 dakikanın üstünde süren katılık, fiziki muayenede krepitasyon (kıtırtı veya çıtırtı sesleri), noktasal olarak bulunan hassasiyet, eklem genelinde izlenebilen genişleme veya şekil farklılıkları ve radyografik incelemede görülebilen eklem aralığı daralma durumlarını içerir. Radyografik OA teşhisi olan her hastada klinik semptomların olmayabileceği ve geçerli klinik semptomları olan her hastada da radyografik OA teşhis kanıtı olmayabileceğinden dolayı hastalarda klinik semptomlar ile radyografik kanıtlar arasında sık bir şekilde tutarlılık olmadığı görülmektedir (69, 71, 82, 83).

OA ile alakalı en sık görülen semptomlar, etkilenen eklemlerde şişlik, ağrı, krepitasyon ve sertliktir ayrıca sıklıkla eklem fonksiyonunda bozulma veya hareket kabiliyetinde kısıtlılık görülmektedir. Diz OA sahibi bireylerde özellikle merdiven inişlerinde diz eklemine kilitleme durumu veya instabilite izlenir (71, 82).

Şişlik—Eklemde görülen şişme veya efüzyon genellikle akut dönemlerde ortaya çıkar, ancak bu durumun yeni oluşmuş bir travmanın sonucu olma olasılığı ekarte edilmelidir. Eklem şişliği diyabet, hipotiroidizm vb. sistemik hastalıklarla da görülebilmektedir. Enflamasyon sinyalleri sıcaklık, kızarıklık ve hassasiyet veya ateş mevcut ise inflamatuvar veya sistemik bir problemde de şüphelenilmelidir (69, 71, 83).

Ağrı— bu semptom unilateral veya simetrik bilateral olabilir ve özellikle ağrılık kaldırma benzeri aktiviteleri takiben daha da ciddileşebilir. Dinlenmeye geçince çoğunlukla hafifler. Ağrı, etkilenen eklemi etrafını çevreleyerek ve değişen yoğunluk oranlarında sinsi bir şekilde ortaya aniden çıkabilmektedir. İlerlemiş OA vakalarında ise ağrı sürekliliği, normal fonksiyonları yerine getirmede zorlanma ve gece uykusunun ağrı şiddeti ile bölünmesi gibi durumlar ortaya çıkabilir. Diz OA'sı genellikle diz ve diz altında bazı durumlarda uyluk bölgesinde de yansıyan ağrı olarak takip edilebilir (69, 71, 83).

Krepitasyon—aktif veya pasif hareket açıklığı içinde eklem boşluğunda duyulabilen ve palpasyonla hissedilebilen hışırtı, çıtırtı veya gıcırtı sesidir. Ağrı, krepitasyon varlığına eşlik edebilir. Eklem kartilaj dejenerasyonu arttıkça gelişir ve karşılıklı yerleşen kemik yüzeylerinin sürtünmesine kadar ilerleyebilir (69, 71, 83).

Sertlik—OA'lı bireyler genellikle, özellikle sabah ilk uyandıklarında veya bir süre hareketsiz kalışı takiben (jelleşme fenomeni) eklemlerinde oluşan sertlik hissini bildirirler. Bu semptom sıklıkla 20 ila 30 dakika içinde kendiliğinden veya etkilenen eklem hareketi ile düzelir (69, 71, 83).

2.9.5 Osteoartrit Risk Faktörleri

2.9.5.1 Yaş

OA oluşumu için en güçlü risk faktörüdür. Yaş ilerledikçe oluşan fizyolojik değişiklikler OA oluşumunu hızlandırmaktadır. 75 yaş üzeri yaş grubunda yer alan popülasyonda %80 oranında etkilenim görülür (69, 83, 84).

2.9.5.2 Cinsiyet

Kadınlarda OA görülme sıklığı erkeklerle kıyaslandığında iki kat daha fazladır. Bunun temel nedeninin östrojen hormonu olduğu düşünülmektedir. Östrojenin proteoglikan sentezinde arttırıcı yönde düzenleyici etkisi olduğuna dair kanıtlar vardır. Östrojenin üretimindeki azalmanın OA oluşumunda etkili olduğu belirtilmektedir. Buna dair bir çalışma östrojen replasman tedavisinin OA insidansını azaltabileceğini göstermektedir (69, 71, 85).

2.9.5.3 Genetik Faktörler

OA'nın bazı tipleri ve semptomlarının oluşumunda genetik etkenlerin etkili olabileceği araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Kadınlarda kalça OA ile

frizzled-related protein 3 (FRZP) geni arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde primer jeneralize OA ile genetik faktörler arasında bağlantı bulunduğu da literatürde belirtilmiştir. Özellikle OA ile ortaya çıkabilen Heberden nodülünün kadınlarda dominant, erkeklerde ise resesif bir gen ile taşındığı ve bu yüzden kadınlarda daha baskın olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir. OA yatkınlık gösteren insanlarda 7 kromozomal bölgenin aktif olduğu bulunmuştur. İkizler ve aileler üzerinde yapılan çalışmalarda ise OA oluşumunda genetik katkının %50-65 arasında olduğu bulunmuştur (69, 71, 86).

2.9.5.4 Obezite

Değiştirilebilir risk faktörleri arasında yer alan aşırı kilo ve obezite muhtemel olarak eklemlere binen yükün artması ve/veya sistemik bazı değişiklikler üzerinden OA'nın hem gelişimi hem de progresyonu için önemli risk faktörlerinden kabul edilmektedir. Ağırlık taşıyan eklemlerde obezitenin neden olduğu reaktif stresteki artış dejeneratif süreci hızlandırmaya katkıda bulunan birincil faktördür. Obez kişilerde diz eklemünde varus deformitesinin fazla olduğu ve buna bağlı olarak diz eklem medial kompartmanında reaktif bir stress oluşumu meydana gelerek dejeneratif aktiviteyi arttırdığı işaret edilmiştir (69, 87, 88).

Obezitenin OA oluşumu üzerindeki etkisinin bir başka nedeni yağın proinflatuar etkisidir. İnflamasyon genel olarak lokal bir süreç olabilse de, bazı durumlarda sistemik bir etki oluşturarak OA tarzı dejeneratif problemlerle bağlantılı olabilir. Bunun nedeni, kıkırdak, kemik ve eklem diğer dokularında bulunan hücrelerde adipositlerin yapıları önemli bir düzenleyici olmasıdır (69, 89).

2.9.5.5 Eklem Bozuklukları ve Travmalar

Mekanik bir travma sonrası özellikle diz ve kalça OA durumu sıklıkla görülebilmektedir. Benzer şekilde eklemlerde dejenerasyona neden olan bazı hastalıklar (gelişimsel kalça displazisi, Perthes hastalığı, eklem epifiz problemleri vs.) OA durumunun ortaya çıkmasına sebep olabilir (71, 90).

2.9.5.6 Osteoporoz

Osteoporozu takip eden kemik mineral yoğunluğundaki değişim, özellikle obez kadınlarda OA ile ilişkili olarak gösterilmektedir. Yine osteoporoz için hormon replasman tedavisi gören bireylerde OA oluşumunun hızlanabildiği de literatürde belirtilmiştir (69, 91, 92).

2.9.5.7 Kemik Mineral Yoğunluğu

Yüksek kemik mineral yoğunluğunun da osteoartrit ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, bu her zaman net değildir ve ilişkiler farklı popülasyonlarda, ortak bölgelerde değişir ve buna D vitamini durumu gibi diğer faktörler aracılık edebilir. Kemik mineral yoğunluğu artışının radyografik diz osteoartritin ilerleme riskini azalttığını ancak diz OA riskinin artmasıyla ilişkili olduğu çalışmalarda belirtilmektedir (71, 93, 94).

2.9.5.8 Mesleki Zorlanmalar

Yüksek dozda eklem aktivitesi/stresi olan meslekler etiyolojik olarak OA oluşumu ile ilişkililerdir. Çok sık aynı hareketin tekrarını gerektiren, aşırı yük taşıyan aktiviteleri içeren meslekler de bu hastalık gelişimiyle alakalıdır. Aşırı el, diz, kalça kullanımı gerektiren fiziksel mesleklerin (tarım ve hayvancılık işleri, ağır sanayi işleri) diz, kalça ve el osteoartriti için risk faktörleri olabileceği bilinmektedir (69, 95, 96). Düşük eğitim düzeyi kaynaklı düşük sosyo-ekonomik durum (mavi yakalı faaliyetleri) daha üst seviye osteoartrit prevalansı ile bağlantılıdır (95, 97).

2.9.5.9 Sportif Faaliyetler

Fiziksel aktivite eklem sağlığı, kas kuvveti ve vücut ağırlığı kontrolü dahil olmak üzere bir dizi sağlık açısından faydalı etki sağlar. Boş zaman fiziksel aktivitelerinin OA'dan koruduğu, öte yandan, aşırı ve yüksek doz fiziksel aktivitenin ise OA riskini arttırdığı görülmektedir. Bu durum muhtemelen sportif aktivite kaynaklı yaralanma riskinin daha yüksek olmasıyla ilişkilendirilebilir (98). Örneğin, düzenli olarak devam eden ve dize binen yükü arttıran sportif katılım öyküsü diz OA için bir risk faktörü iken, el eklemine mekanik stres altına alan sportif aktivite öyküsünün el OA gelişimiyle ilişkili olduğu keşfedilmiştir (69). Yapılan çalışmalarda boks ile karpometakarpal OA, bisiklet ile patellofemoral OA, güreş ile diz, dirsek ve servikal vertebra OA, futbol ile diz ve ayak bileği OA ilişkisi bulunmuştur (98).

2.9.5.10 Kas Zayıflığı ve Propriyosepsiyon Bozukluğu

Kuadriseps kası zayıflaması diz OA'lı hastalarda sıklıkla görülmektedir ve bunun temel nedeninin ağrıdan kaçınmak olduğu düşünülmektedir. Öte yandan kuadriseps zayıflığının OA oluşumu öncesinde de sıklıkla olduğu yani OA için bir risk faktörü olduğu da bilinmektedir (99). Bunun nedeni olarak kuadriseps

kasındaki zayıflamanın diz ekleminde çekme açısını ve Q açısını etkilemesi ve medial kompartmanda mekanik stresi arttırması gösterilmektedir (71).

Propriosepsiyonun sağlıklı olması mekanoreseptör denilen yapıların düzgün bir şekilde çalışmasıyla mümkün olabilmektedir. Charcot hastalığı gibi mekanoreseptörleri etkileyen durumlarda OA oluşumunun da izlenebileceği, dolayısıyla mekanoreseptörlerin dejenerasyonunun OA için risk faktörü olduğu belirtilmektedir (62, 100).

2.9.5.11 Hipermobilité

Kalıtsal bazı hastalıklarda jeneralize eklem laksitesi meydana gelebildiği ve bu durumun OA ile ilişkisi olabileceği işaret edilmiştir (69, 101).

2.9.5.12 Diğer Hastalıklar

Diabetes mellitus, hipertansiyon gibi hastalıkların obezite bağlantısı dışında doğrudan OA ile ilişkili hastalıklar olduğu gösterilmiştir. Örneğin, diabetes mellitus sonucu ortaya çıkan nöropati ve kan akışı bozuklukları eklemleri etkileyerek sekonder OA oluşumuna neden olabilmektedir (69, 102).

2.10 Diz Osteoartriti

Diz OA, ABD'de %33,6'lık (12,4 milyon) bir yaygınlık ile 65 yaş ve üzerindeki çoğu yetişkini etkilemektedir. Kadınlarda prevalans (%42,1) erkek cinsiyetten (%31,2) daha yüksektir. Radyografik diz OA'sı olan kadınların semptomlara sahip olma olasılığı erkeklerden daha fazladır. Afro-Amerikalılar genellikle beyazlardan daha sık diz ve kalça semptomları gösterirler. Diz OA'sı, diğer OA türleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir prevalans oranına sahiptir. İyi anlaşılamamış pek çok mekanizma olmasına rağmen, yaşlı kadınlarda OA prevalansının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (103).

Diz OA insidansı hem yaşla hem de daha uzun yaşam süresi ve özellikle obez kadınlarda olmak üzere popülasyonun ortalama ağırlığının artmasıyla da artar. Diz OA'sı yaşla yakından ilişkilidir, çünkü OA'nın radyografik kanıtları çoğu insanda 65 yaşına kadar sıklıkla ve 75 yaşından büyük kişilerin %75'inden fazlasında görülür. Semptomatik diz OA'sından etkilenen insan sayısının, nüfusun yaşlanması ve obezite nedeniyle daha da artması muhtemeldir (104).

Diz OA, diz ekleminin 3 kompartmanını da (medial, lateral ve patellofemoral eklem) etkileyebilen, genellikle 10 ila 15 yılda yavaş yavaş gelişen

ve günlük yaşam aktivitelerini etkileyen bir hastalıktır. Ancak en fazla medial tibiofemoral kısmı etkilemesi söz konusudur (103). Bu yüzden diz OA'lı hastalarda ağrı hissiyatı en fazla diz ekleminin medial kısmında hissedilmektedir. Bunun nedeni olarak patellanın diz ekleminin hareketleri sırasında yaptığı kayma hareketlerinin medial kompartmana binen yükü arttırarak varus deformitesine sebep olması gösterilmekle birlikte bazı durumlarda pes anserinusta ortaya çıkan inflamatuvar reaksiyonlar da bunun nedeni olabilmektedir (99). Daha önce belirtildiği üzere diz OA'sı M. Quadriceps Femoris kasında zayıflamaya neden olmaktadır ancak addüktör grup kaslarda varus deformitesini kompanse etmek için ekstra bir çalışma ortaya çıkmakta ve bu durum bu kas grubunu güçlendirebilmektedir. Bu durum pes anserinus inflamatuvar cevabının nedeni olarak düşünülmektedir (105).

Diz OA sınıflandırması da genel OA gibi gerçekleşmektedir; primer (idiyopatik) ve sekonder (post-travmatik) diz OA'sı. Dizin primer OA'sı genellikle lokalizedir, ancak diz OA'sı üç veya daha fazla eklem bölgesini içeriyorsa genelleştirilebilir. Diz OA'sı, tutulan ana eklem anatomik tutulumuna göre de sınıflandırılabilir. Primer OA tanısı koymadan önce altta yatan sekonder bozukluklar düşünülmeli ve dışlanmalıdır. Sekonder OA genellikle travmatik bir durum sonucu ortaya çıkar, fakat genel olarak tüm semptomatik diz OA'sının %12'sini oluşturur (104).

2.10.1 Diz OA Tanı Kriterleri

OA vücutta oldukça geniş bölgeleri etkileyebildiğinden diz OA tanısı konulabilmesi için bazı kriterlerin bulunması gerekmektedir. Amerikan Romatoloji Derneği (ARD) diz OA tanısı konulabilmesi için klinik ve radyolojik/klinik bazı kriterleri tanımlamıştır. Bu derneğe göre radyolojik bulguların varlığına ek olarak klinik bazı semptomların da görülmesi gerekmektedir (104).

ARD'ye göre diz OA tanı kriterleri tablodaki gibidir.

Tablo 2.1. Diz OA tanı kriterleri

Amerikan Romatoloji Derneği Klinik Tanı Kriterleri
1. Bir önceki ayın çoğunluk gününde diz eklemünde ağrı 2. Aktif eklem hareketini gerçekleştirirken ortaya çıkan krepitasyon 3. 30 dakika ve daha az süren sabah sertliği veya tutukluğu 4. 38 yaş ve üzeri olma 5. Muayene sırasında palpe edilebilen diz eklemi kemik genişlemesi durumu Bu maddelerden 1, 2, 3, 4 veya 1, 4, 5 veya 1, 2, 5 şartlarını sağlayanlara diz OA tanısı konulur.
Amerikan Romatoloji Derneği Radyolojik ve Klinik Tanı Kriterleri
1. Bir önceki ayın çoğunluk gününde diz eklemünde ağrı 2. Eklem kenar bölgelerinde radyolojik olarak görüntülenebilen osteofit yapılar 3. OA durumunda artış gösteren tipik sinovyal sıvı varlığı 4. 40 yaş ve üzeri olmak 5. 30 dakika ve altında süren sabah tutukluğu veya sertliği 6. Diz eklemine aktif hareketinde sırasında ortaya çıkan krepitasyon Bu maddelerden 1,2 veya 1,4,5,6 veya 1,3,5,6 durumunda diz OA tanısı konur.

Uysal ve Başaran (2009;3) (104)'dan uyarlanmıştır.

Diz OA radyolojik değerlendirmesi pek çok değerlendirme ölçeği kullanılarak yapılabilmektedir (Kellgren-Lawrence skalası, Croft indeks, ARD kriterlendirmesi gibi). Ancak, son 50 yıldır bunlar içinde en sık Kellgren-Lawrence sınıflandırması kullanılmaktadır. Bu skala 1957 yılında ortaya çıkmıştır ve bazı küçük düzenlemeleri takiben günümüzdeki halini almıştır. 0-4 arası 5 evreden oluşan bu skala diz OA tanılanması yapılırken radyolojik bulguların değerlendirmesini doğru yapmak açısından önemli bir yön gösterici ve standart oluşturucu görevi görmektedir (106). Kellgren-Lawrence sınıflandırması tablodaki gibi yapılmaktadır.

Tablo 2.2. Diz OA radyolojik sınıflandırma

Kellgren-Lawrence Radyolojik Görüntüleme Sınıflandırması	
Evre	Bulgular
Evre 0:	Normal
Evre 1:	Şüpheli; Eklem aralığı normal, şüpheli osteofitler
Evre 2:	Hafif; Eklem aralığında olası daralma, belirgin osteofit
Evre 3:	Orta; Orta seviye çok sayıda osteofit, eklem aralığında yarı yarıya daralma, skleroz görüntüsü ve kemik uçta olası deformite
Evre 4:	Şiddetli; Büyük osteofitler, eklem aralığında ciddi daralma, çok belirgin skleroz ve kemik uç noktalarında kesin deformasyon

Culvenor ve ark. (2015) (107)'den uyarlanmıştır.

2.10.2 Diz OA Klinik Bulguları

Kellgren-Lawrence skalasına göre evrelendirilen diz OA'sı ayrıca bazı belirgin klinik bulgulara da sahiptir. Klinik muayene sırasında görülebilen bu bulgular aşağıdaki gibidir.

Ağrı, diz OA'sında temel klinik semptomudur. Diz OA sahibi insanların yaklaşık olarak %52'si diz çevresinde ağrı olduğunu belirtir. Bu ağrı genellikle acı verici, künt bir ağrı olarak belirtilse de bazı vakalarda yayılan zonklayıcı tarz olarak da belirtilmiştir. Bu durum muhtemel şekilde OA'nın seviyesiyle alakalı bir durumdur. Ağrı eğer egzersizi takiben artıyor ve sızlayıcı tarzdaysa subkondral dejenerasyon kaynaklı, takılma hissiyatı da oluşturan aktif hareketi takiben ani başlangıçlıysa menisküs kaynaklı, eklem kenar kısımlarında hissediliyorsa periostal bir ağrı olabilir. Ağrının lokalizasyonu ise vakaların %34'ünde medial kompartman olarak belirtilmiştir (105).

Eklem Tutukluğu ya da Sertliği, sabah yataktan kalkarken ya da bir süre oturmayı takiben ayağa kalkıldığında genellikle 30 dakikadan az süren yürümeyi zorlaştıran bir sertlik hissidir. Aktif hareketle birlikte giderek sertlik gevşemeye başlar (108).

Duyarlılıkta Artış, diz eklemine oluşturan pek çok yapıda (bağlar, kapsül vs.) hassasiyet artar. Özellikle diz çevresinde yerleşik bursa yapılarında palpasyonla bile artan bir hassasiyet görülmektedir (105).

Şişlik (Sinovyal Efüzyon), sinovit ve artan osteofit sayısının inflamatuvar süreci daha da körükleyerek tüm diz eklemine artan bir efüzyona neden olması sonucu diz eklemi oldukça şişer ve genişler. Bu şişlik giderek kronikleşir ve çoğunlukla gece ağrısının oluşumunu tetikler (109).

Krepitasyon (Gıcırıtı-Çıtırıtı), eklem hareket ettiği sırada duyulabilen veya palpasyonla hissedilebilen eklem kemik yüzeyleri arasındaki kayma ve yuvarlanma hareketlerinden kaynaklı gıcırıtı şeklindeki seslerdir. Eklem hasarının önemli bir göstergesi olarak kabul edilir (103).

Kas zayıflaması ve atrofik değişiklikler, diz OA hastalarında ortaya çıkan en erken semptomlardan biri kas zayıflığı veya atrofidir. Genel olarak, diz OA'lı hastalarda kuadriseps kasının atrofisi, kütlelerinde, gücünde, işlevinde ve koordinasyonunda bir azalma olarak karakterize edilir. Önceki klinik çalışmalar,

kasların ve eklemlerin işlevsel olarak birbirine bağlı olduğunu ve kasların eklemlerin aktif olarak hareket etmesine, eklem stabilitesini korumasına ve mekanik şokları emmesine neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca kuadriseps kası diz eklemının stres dengesinin korunmasında önemli bir bileşendir. Kas kütlesi ve gücündeki azalma, eklemleri yorgunluğa yatkın hale getirir ve böylece kıkırdağın besin tedarikini de etkiler (110). Kuadriseps kasındaki bu zayıflamanın nedeni olarak ağrı sebebi kullanmama korkusu olabileceği düşünülmektedir (71).

Deformasyon ve İnstabilite, diz OA probleminin ileri aşamalarında eklem kartilajı ve kemik yapıların harabiyeti sonucu diz ekleminde deformiteler görülmeye başlar. Bu deformasyonlar diz eklemi bağlarına yapışma noktası olarak görev aldığından ayrıca bu bağlarda laksite artışı ve özellikle varus olmak üzere birçok stabilizasyon problemine neden olabilmektedir. Ayrıca deformite sonucu bozulan propriyosepsiyonun da instabiliteye katkısı yadsınamaz (111-113).

Eklem hareket açıklığında daralma, diz OA'sının ilerlemiş tiplerinde eklem aralığında ciddi daralmalar meydana gelir, bunu eklem kapsülündeki kalınlaşma takip ettiği zaman diz eklemının hareket ettirilmesi çok zor olmaya başlar. Özellikle dizin fleksiyona getirilmesini gerektiren çömelme gibi hareketlerin gerçekleştirilebilmesi mümkün olmamaya başlar. Ayrıca genellikle hastalar bu dizi koruma amaçlı diğer diz ve bacağına daha fazla yüklenerek diğer dize binen mekanik yükün artmasına sebep olur (103).

2.10.3 Diz OA Fiziksel Değerlendirmesi

Diğer pek çok hastalıkta olduğu gibi diz OA'da fiziksel değerlendirme yapılırken ayrıntıları içeren bir hasta anamnezi alınması önem arz etmektedir. Bu anamnez hastanın yaşı, cinsiyeti, vücut kitle indeksi, varsa kullandığı ilaçlar, ağrı seviyesi, başka bir hastalığı olup olmadığı, tedavi görüp görmediği, sabah sertliği yaşayıp yaşamadığı gibi sorulara cevap vermelidir. Ayrıca OA için geliştirilmiş olan pek çok ölçek veya ölçüm gereci vardır, bu ölçekler kullanılarak da bir değerlendirme yapılması hastalığın seyrini tahmin edebilmek açısından faydalı olacaktır (69).

2.10.4 Değerlendirme Ölçüm Gereçleri

Diz OA değerlendirmesinde kullanılan farklı amaçlarla geliştirilmiş birçok ölçek bulunmaktadır.

WOMAC (*Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*), kalça ve diz OA değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. 3 alt başlıkta 24 maddeden oluşur ve kendi kendine uygulanan bir anket tipinde düzenlenmiştir.

Ağrı başlığı yürürken, merdiven çıkarken, yatakta, otururken veya uzanırken ve dik dururken sahip olunan ağrıyı değerlendiren 5 maddeden oluşur.

Sertlik ve tutulma başlığı ilk uyandıktan sonra ve günün ilerleyen saatlerinde görülebilen sertliği değerlendiren 2 maddeden oluşur.

Fiziksel işlev başlığı ise merdiven kullanma, otururken kalkma, ayakta durma, eğilme, yürüme, arabaya binme/inme, alışveriş yapma, çorap giyme/çıkarma, yataktan kalkma, yatakta yatma, arabaya binme/çıkma, banyo yapma, oturma, tuvalete binip inme, ağır ev işleri, hafif ev işleri şeklinde olan 17 maddelik değerlendirme başlığıdır (114).

Toplam 24 madde içerir. Maddelerin puanlanması Likert skalasına göre yapılır. Likert skalasında 0'dan 4'e kadar puan verilerek ağrı ve zorlanma derecesi belirtilir (0=Yok, 1=hafif, 2=Orta şiddetli, 3=şiddetli, 4=çok şiddetli). Yüksek puan fiziksel yetersizliğin arttığını gösterir (114).

WOMAC İndeksi, 1982'de West Ontario ve McMaster Üniversitelerinde geliştirilmiştir. WOMAC 65'ten fazla dilde mevcuttur. Türkçe geçerliliği Tüzün ve ark. (2005) tarafından yapılmıştır (114).

Bu ölçekle ölçülmesi amaçlanan yetenekler ise günlük yaşam aktiviteleri, fonksiyonel hareketlilik, yürüme, genel sağlık, yaşam kalitesi öğeleridir.

KOOS (*Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*), Diz İncinme ve OA Sonuç Skoru 1990'lılarda hastaların dizleri ve ilgili sorunları hakkındaki görüşlerini değerlendirmek için bir ölçüm gereci olarak geliştirilmiştir. KOOS 5 alt başlık ve 42 sorudan oluşur. Ağrı, diğer semptomlar, günlük yaşam aktiviteleri sırasında işlevsellik, spor ve rekreasyonel aktiviteler sırasında işlevsellik ve dizle ilgili yaşam kalitesi (QOL). Soruları cevaplarırken dikkate alınması gereken zaman dilimi bir önceki haftadır. Standart cevap seçenekleri verilir ve her soruya likert tipinde 0 ila 4 arasında bir puan verilir. Toplam 100 puan üzerinden hesaplanır. 100 puan semptom olmadığını, 0 puan ise çok ciddi semptomları olduğunu gösterir (115).

OAKHQOL (OsteoArthritis of Knee Hip Quality of Life), Diz-Kalça Osteoartrit Yaşam Kalitesi Ölçeği 43 soru ve 5 alt başlıktan oluşan bir ölçektir. Fiziksel aktiviteler başlığı toplam 16 soru, ağrı başlığı 4 soru, zihinsel sağlık başlığı 13 soru, sosyal destek başlığı 4 soru, sosyal işlevsellik başlığı ise 3 sorudan oluşur. Ayrıca bu alt başlıklara ek olarak 3 bağımsız soru daha bulunmaktadır. Her soru 0-10 puan arasında puanlanır ve 10 puan çok iyi, 0 puan çok kötü anlamına gelir (116).

Lequesne Algofunctional ölçeği, diz OA hastalarında kullanılan 10 soru içeren bir ankettir. Ağrı veya rahatsızlık ile ilgili beş soru, yürünen maksimum mesafe ile ilgili olan bir soru ve günlük yaşam aktiviteleri ile ilgili dört soru anketin içeriğini oluşturur. Anket 0 ila 24 arasında puanlanır. Düşük puanlar, diz OA kaynaklı daha az fonksiyonel bozulma olduğuna işaret eder (117).

EuroQol (Europe Quality of Life), yaşam kalitesini değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş, hızlı uygulanabilir bir ölçüm gerecidir. Diz osteoartritlilerde yaşam kalitesini değerlendirirken sıklıkla kullanılır (118). Kendine bakım, mobilite, anksiyete ve depresyon, fiziksel aktivite ve ağrı olmak üzere toplam 5 başlıktan meydana gelir. Her soru 1-5 puan arasında puanlanır. En yüksek skor 100 puandır. Skor yükseldikçe yaşam kalitesinin arttığı belirtilmektedir (118).

Aggregated Locomotor Function Test (Birleştirilmiş Lokomotor Fonksiyon Testi), bu test, zamanlı yürüme, basamak ve transferler kullanılarak gözlemlenen hareket fonksiyonunun basit bir ölçümüdür. Yaklaşık 10 dakikalık bir süreyi alır. Geçerlilik ve güvenilirliği yapılmıştır (119).

The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form (IKDC), hastalara genel bir fonksiyon puanı sağlayan subjektif bir ölçektir. Anket semptomlar, spor aktivitesi ve diz fonksiyonu alt başlıkları olarak üç kategoriye ayrılır. Semptomlar alt skalası, dizde bulunan sertlik, ağrı, şişlik ve çöküntü gibi durumları değerlendirmek için kullanılırken, sportif aktivite alt skalası sandalyeden kalkmak, merdiven inip çıkmak, zıplamak, çömelmek gibi aktiviteleri içerir. Diz fonksiyonu alt skalası ise katılımcıya tek ve basit bir soru sorar “dizleri şu anda nasıl ve yaralanmadan önce nasıldı” şeklinde (120).

Puanlama, tek tek öğelerin toplanması ve ardından ilk toplamın 0 ila 100 arasında değişen bir sayıya dönüştürülmesiyle gerçekleştirilir. Daha yüksek puan

daha iyi bir fonksiyonel düzeyi işaret eder. Genel olarak, IKDC, kullanımı kolay ve tamamlanması fazla zaman almayan kolay anlaşılır bir ölçüm gerecidir (120).

2.10.5 Diz OA Tedavi Yöntemleri

Diz OA tedavisinde hastalığın şiddetine göre tedavi seçenekleri değişmektedir. Radyolojik ve klinik değerlendirmeleri takiben problemin seviyesi belirlenir ve buna yönelik olarak tedavi programları ortaya konur. Tedavi planlanırken temel amaçlar hastalığın progresyonun engellenmesi, fonksiyonel kapasitenin olabildiğince korunması, görülen klinik semptomların kontrol altına alınması, hastalığın seyri hakkında hastanın eğitilmesi şeklinde olmalıdır.

Diz OA tedavisinde kullanılan tedavi yöntemleri EULAR (Avrupa Romatoloji Dernekleri İttifakı) tarafından (en fazla kabul gören sınıflandırma) genel olarak 4 başlık altında toplanmıştır; Cerrahi, Farmakolojik, Non-farmakolojik ve İntra-artiküler tedavi yöntemleri (121). Bu sınıflandırma sadece diz değil tüm OA tipleri içinde literatürde bulunan en kapsamlı sınıflandırmadır. Daha yeni sınıflandırmalar yapılmış olsa dahi bu sınıflandırmanın üstüne çıkma konusunda yetkinlikleri tartışmaya açıktır.

2020 yılında Kolanski ve ark. tarafından yazılmış bir derlemede kalça, el ve diz OA tedavisinde kullanılabilecek parametreler sıralanmış ve bir tablo olarak ortaya konmuştur (122). Bu çalışmada baz alınan makalelerin kanıt seviyelerine göre tedavi yöntemlerinin güçlü tavsiye ve durumsal olarak tavsiye edilebileceği şeklinde yapılmış olan sınıflandırma, çalışmayı önemli bir kaynak durumuna getirmiştir. Aynı zamanda bu çalışma Amerikan Romatoloji Derneği tarafından desteklenen bir çalışmadır ve sonuçları ilgili dernek tarafından da doğruluğu yüksek kabul edilen çalışmalar içinde yer almaktadır. Yapılan bu derleme çalışması daha sonra bir rehber kitap olarak adlandırılmıştır. Bu rehber kitap şeklinde hazırlanmış olan literatür derlemesi diz OA için kullanılabilecek tedavi yöntemlerini aşağıdaki tabloda gösterildiği şekilde sıralamıştır (122) (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Amerikan Romatoloji Derneği 2019 Yılı Osteoartrit Tedavi Rehber Kitabı

DİZ OA Tedavi Yöntemleri	Farmakolojik Tedavi Yöntemleri	Non-farmakolojik ve Alternatif Tedavi Yöntemleri
Güçlü bir şekilde tavsiye edilenler	Oral NSAID Topical NSAIDs 1-A steroids	Egzersiz Öz yönetim ve öz yeterlilik programları Kilo kaybı Tai-chi Tibiofemoral breys
Durumsal olarak tavsiye edilebilecekler	Acetamiophen Tramadol Duloxetine Topical capsaicin	Sıcak-soğuk ajanlar Bilişsel davranışçı terapi Akupunktur Denge egzersizleri Kinezyolojik bantlama Patellofemoral breys Yoga

Kolansinski ve ark. (2020) makalesinden uyarlanmıştır (122).

2003 yılında EULAR tarafından rehber kitap olarak da kabul edilen ve Jordan ve ark. (2003) tarafından yapılan diz osteoartriti tedavisi için kullanılabilecek tedavilerin Cerrahi, Farmakolojik, Non-farmakolojik ve İntra-artiküler tedavi yöntemleri şeklinde sınıflandırılması ise aşağıdaki tabloda gösterildiği şekildedir (121) (Tablo 2.4).

Tablo 2.4. EULAR diz OA tedavi yöntemleri sınıflandırması

Farmakolojik Tedavi Yöntemleri	Non-farmakolojik Tedavi Yöntemleri	İntra-artiküler Tedaviler	Cerrahi
NSAI (Non-steroid Anti-inflamatuar) Psikotrop ilaçlar Opioid analjezikler Parasetamol Semptomaya yönelik yavaş etki gösteren ilaçlar Seks hormonları	Egzersiz Eğitim TENS (Transkutanöz Elektriksel Sinir Uyarımı) Termoajanlar (Sıcak-soğuk) Lazer Çeşitli bitkisel ilaçlar Balneoterapi Ortez ve tabanlıklar uygulamaları Akupunktur İletişim ve takip uygulamaları	Hyaluronik asit İrrigasyon Kortikosteroid ilaçlar	Total ve kısmi diz replasmanları Artroskopi Osteotomik cerrahiler

Uysal ve Başaran (2009) makalesinden uyarlanmıştır (104).

2.10.5.1 Diz OA Tedavisinde Farmakolojik Uygulamalar

NSAI (Non-Steroid Anti-inflamatuvar) ve Opioidler, hem NSAI'ler hem de opioidler, uygun kullanımları konusunda zıt görüşlere yol açan ve hiç de önemsiz olmayan yan etki riskleri barındırabilen ilaçlardır. Amerikan Romatoloji Koleji ve European League Against Rheumatism, birincil analjezik ajanlar olarak NSAI'lerin veya opioidlerin kullanılmasını koşullu olarak tavsiye eder ve güçlü opioidlerin yalnızca önceki tüm tedaviler başarısız olduğunda kullanılmasını önerir. Uluslararası Osteoartrit Araştırma Derneği, herhangi bir opioid reçetesinin hala diz OA tedavisinde faydalarının belirsiz olduğunu belirterek daha dikkatli bir tutum sergiler. Tavsiyelerinde farklılık gösterse de, profesyonel topluluklar, özellikle güçlü opioidler olmak üzere birçok analjeziğin etkinliği ve yan etkileri hakkında uzun vadeli verilerin yetersizliğini sürekli olarak vurgulamaktadır (123).

Parasetamol ve Psikotrop ilaçlar, Parasetamol ağrı ve ateş için hem reçetesiz hem de reçeteye en çok kullanılan ilaçlardan biridir. Güçlü analjezik ve antipiretik etkiler içeren ve hiç veya çok az anti-inflamatuvar aktivitenin yanı sıra minör gastrointestinal, renal ve vasküler yan etkileri içeren benzersiz bir klinik farmakolojik profile sahiptir. Uzun bir süredir parasetamol, ağrı yönetimi kılavuzlarında birinci basamak ilaç olarak önerilmektedir. Dolayısıyla diz OA tedavisinde farmakolojik bir yaklaşım olarak tercih edilmektedir. Ancak son yıllarda analjezik etkinliğinin önceden düşünülenenden daha düşük olabileceğini gösteren bazı raporlar da ortaya konmuştur (124).

Ağrı ve hassasiyetin merkezi nedenlerinin giderilebilmesi için psikotrop ilaçların yardımcı olabileceği belirtilmiştir. Bir serotonin ve norepinefrin geri alım inhibitörü antidepressanı olan duloksetin, OA kaynaklı olarak hangi eklem bölgesi daha fazla etkilenmiş hastalar olduğu net bir şekilde belirtilmemiş olsa da, uluslararası OA kılavuzları tarafından OA'lı bazı kişiler için şartlı olarak önerilmiştir. Ayrıca amitriptilin adlı psikotropik ilacın diz OA'lı hastalarda ağrıyı gidermek konusunda başarılı sonuçlar verdiği de gösterilmiştir (125).

2.10.5.2 Diz OA Tedavisinde Kullanılan Farmakolojik Olmayan

Yaklaşımlar

Diz OA tedavisinde kullanılan farmakolojik olmayan yaklaşımlar çoğunlukla yan etkiye neden olmaması ve etkili sonuçlar sağladığı için sıklıkla tercih edilen yaklaşımlardır. Kolansinski ve ark. (2020) tarafından yapılan

araştırmalar sonucunda bu yaklaşımlardan bazıları gl bir şekilde tavsiye edilirken (Egzersiz, z yönetim ve öz yeterlilik programları, Kilo kaybı, Tai-chi, Tibiofemoral breys), bazıları ise duruma bağlı olarak (Sıcak-soğuk ajanlar, Bilişsel davranışçı terapi, Akupunktur, Denge egzersizleri, Kinezyolojik bantlama, Patellofemoral breys, Yoga) tavsiye edilmektedir (122).

Uluslararası Osteoartrit Araştırma Derneği (OARSI) (2014) değerlendirme raporuna göre farmokolojik olmayan bir tedavi yöntemi olan fizyoterapi ve rehabilitasyon diz OA tedavi planlamasında öncelik verilmesi gereken yöntemlerdendir (126). Fizyoterapi ve rehabilitasyon bir çatı tanımlayıcı olduğundan pek çok alt başlık içerir. Bunlardan bazıları: kilo kontrolü, öz yönetim ve öz yeterlilik eğitimi, çeşitli egzersizler (kuvvetlendirme, germe, denge, aerobik, tai-chi, su içi egzersizler vs.), fiziksel modaliteler (termoajanlar, TENS, Ultrasound (US), Lazer vs.), ortotik uygulamalar (ortezleme, breys vs.) ve sanal gerçeklik egzersizleridir (126).

2.10.5.2.1 Kilo Kontrolü

Diz OA'nin yönetimi için mevcut tüm uluslararası kılavuzlar, egzersiz ve aşır kilolu veya obez hastalar için kilo kaybı dahil olmak üzere 2 temel unsurla bireyselleştirilmiş, multimodal bir yaklaşımı özetlemektedir (127). Yapılan bir kohort çalışmada kadınlarda ortalama 5,1 kg kaybetmenin diz OA riskini %50 azalttığı gösterilmiştir (128). Ek olarak kilo kaybı sağlanmadan diz OA'lı bireylerde yürüyüş problemlerini gidermenin mümkün olmayacağı belirtilmiştir. Obez yetişkinler, yürüyüş sırasında normal kilolu yetişkinlere kıyasla yere doğru daha fazla kuvvet uygular. Obezite kötüleştikçe adımlarını kısaltarak bu yükleri en aza indirmeye çalışırlar. Bununla birlikte, vücut ağırlığını azaltmadan yürüyüş mekaniğini ayarlamak, obezitenin alt ekstremiteler üzerindeki zararlı etkilerini ortadan kaldırmaz (129).

2.10.5.2.2 z Yönetim ve z Yeterlilik Eğitimi

Uluslararası Ağrı alışmaları Derneği'ne (IASP) göre, kronik hastalıkların ağrı semptomları yönetilebilir ancak tedavi edilemez. Bu nedenle, hastalığın güvenli, etkili ve düşük maliyetli tedavilerle yönetilmesi zorunludur. Kronik bir eklem hastalığı olan osteoartrit, hastaların günlük alışkanlıkları, davranışları ve yaşam tarzları ile ilişkilidir. Kendi kendine yönetim, osteoartrit tedavisi de dahil

olmak üzere kronik hastalıkların tedavisi için etkili bir strateji olarak kabul edilir. Öz-yönetim, hastaların hastalıkları, semptomları ve tedavileri, ayrıca yaşam tarzını ve hastalıkların neden olduğu zihinsel ve fiziksel değişiklikleri yönetme becerisini ifade eder (130). 82 yaşlı diz OA'lı hastayla yapılan bir randomize kontrollü çalışmada (RKÇ) 6 aylık öz yönetim grup çalışması sonucunda ağrı seviyesi rutin diz OA bakım tedavisi alanlara göre çok daha fazla azalmıştır (131). 50-75 yaş aralığında diz OA'lı bireylerle yapılan bir başka RKÇ çalışmada ise spa terapisine ek olarak uygulama grubuna eklenen 5 seanslık öz yönetim eğitim programının fiziksel aktivite seviyelerini kontrol grubuna kıyasla %30 daha fazla arttırdığını göstermiştir.

2.10.5.2.3 Ortotik Uygulamalar

Diz OA ağrıya ve fonksiyonda azalmaya neden olan, engellere sebep olan bir hastalıktır. Bu sorunu yönetmek için dizlik ve lateral kama tabanlılık gibi ortezerler kullanılır. Bununla birlikte, hangi tür müdahalenin daha etkili olduğu konusunda hala tartışmalar vardır. Bir sistematik derleme tabanlı meta-analiz çalışmasında breys ve lateral kama uygulamalarının her ikisinin de ağrı seviyesi ve fonksiyonellik üzerinde önemli gelişmeler sağladığı fakat birbirlerine karşı bir üstünlükleri olmadığı işaret edilmiştir (132). Cerrahi dışındaki birçok tedaviyi alıp sonuç alamayan 10 diz OA'lı hastanın daha önce breys tedavisi almamış 15 hastayla karşılaştırıldığı bir çalışmada breys tedavisi alan grupta bazı yürüyüş parametrelerinin diğer gruba kıyasla %48 daha fazla iyileşme gösterdiği belirtilmiştir (133).

2.10.5.2.4 Fiziksel modaliteler

Diz OA tedavisinde kullanılan fiziksel modaliteler birçok yaklaşımı içerir. Bu uygulamalar sıcak-soğuk (termoterapi) ajanlar, terapötik US, TENS, Kısa Dalga Diatermi (KDD) modaliteleridir.

➤ Termoterapi

Deri yüzeyindeki sıcaklık artışının, diz OA'lı bireylerde ağrı algısına ait eşik noktada bir artışa, kas dokuda izlenen spazm davranışında azalmaya, serbest sinir sonlanmalarında etki oluşturarak hissedilen rahatsızlık hissiyatında düşüşe neden olduğu literatürde bildirilmiştir. Soğuk uygulamanın ise kan damarlarında

vazokonstrüksiyona, sinir iletim hızında yavaşlama ve inflamasyonda gerilemeye yol açarak ağrıya azalmaya neden olduğu gösterilmiştir (134).

2019 yılında Karadağ ve ark. tarafından yayımlanan bir RKÇ'de sıcak uygulamanın diz OA'lı hastalarda rutin bakım tedavisine göre ağrı seviyesi ve hastalık şiddetinin azaltılmasında çok daha başarılı sonuçlar verdiği, hatta diz OA'lı hastalarda sadece sıcak uygulama yapmanın egzersiz kadar etkili sonuçlar verebileceği işaret edilmiştir (135). Fakat egzersize ek olarak sıcak uygulama yapmanın yalnız egzersiz veya yalnız sıcak uygulamaya kıyasla daha başarılı olduğu da bu çalışmada belirtilmiştir (135).

Abd elFatah ve ark. (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise diz OA'lı hastalarda soğuk uygulamanın ağrı seviyesinde minimal bir azalmaya neden olduğu, yaşam kalitesinde ise anlamlı bir gelişme sağlayamadığı belirtilmiştir, ayrıca zıt banyo uygulamasının soğuk uygulamaya göre diz OA tedavisinde tercih edilmesinin daha başarılı sonuçlar ortaya koyabileceği gösterilmiştir (136).

Shehata ve Fareed (2013) tarafından diz OA'lı hastalarda sıcak, soğuk ve zıt banyo uygulamalarının etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada sıcak, soğuk ve zıt banyonun hepsinin ağrı seviyesi ve hastalık şiddet seviyesinde iyileşme sağladığı fakat en iyi sonuçların zıt banyoda görüldüğü ifade edilmiştir (137).

Sonuç olarak sıcak ve soğuk uygulamaların diz OA fizyoterapisi için de etkinliği gösterilmiş, ancak zıt banyo uygulamasının daha fazla tercih edilebilir olabileceği de literatürde işaret edilmiştir.

➤ Terapötik Ultrason

Terapötik US uygulamasının temel amacı diz OA'lı hastalarda gelişen fonksiyonel kayıpların ve ağrının azaltılmasına yardımcı olmaktır. US uygulaması kristal yapıları bir prob sayesinde elektriksel akımın ses dalgalarına dönüştürülüp deri altı dokulara iletilmesi prensibine dayanır. İki tip uygulaması mevcuttur; sürekli ve kesikli US (138).

Son yıllarda, ultrason da dahil olmak üzere farmakolojik olmayan tedavilere artan ilgi söz konusudur (139). 2016 yılında 1991'den 2014'e kadar 10 RKÇ ile yayımlanan yeni bir sistematik inceleme, ultrasonun osteoartrit ile ilişkili ağrıyı hafifletmek ve fiziksel fonksiyonları iyileştirmek için güvenli bir fizyoterapi

yöntemi olduğunu göstermiştir (140). Diğer tedavilerin aksine, terapötik ultrason sadece OA hasta semptomlarını hafifletmekle kalmaz, aynı zamanda potansiyel kıkırdak iyileştirme etkisi de sağlar. Temel çalışmalar, terapötik ultrasonun kollajen oluşumunu desteklediğini, kıkırdak onarımını indüklediğini ve inflamatuvar yanıtları düzenlediğini göstermiştir (139). Ancak terapötik US uygulamasının diz OA'lı bireylerde ekstra bir katkısının olmadığını gösteren önemli çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin, 60 diz OA'lı hasta ile gerçekleştirilen ve hastaların kesikli, sürekli ve sham-US tedaviye ek olarak ev egzersiz program aldıkları gruplara dağıtıldığı bir RKÇ sonucunda tüm gruplarda ağrı, hastalık şiddeti ve fonksiyonel kapasitenin geliştiği ve grupların birbirlerine karşı bir üstünlüğü olmadığı bulunmuştur. Bu RKÇ diz OA'lı hastalarda fizyoterapi açısından egzersizin ek yöntem gerektirmeyecek kadar etkili olabileceğini belirtmiştir (141). 42 bilateral diz OA'lı hastayla gerçekleştirilen bir diğer RKÇ'de ise katılımcılar terapötik US+geleneksel fizyoterapi ve sham US+geleneksel fizyoterapi gruplarına dağıtılmış ve sonuçlar her iki grupta da hastaların hemen hemen eşit düzeyde iyileşme gösterdiğini ve terapötik US uygulamasını diz OA'lı hastalarda iyileşme üzerine ekstra bir katkısının olmadığını göstermiştir. Bu çalışma da egzersiz içeren geleneksel fizyoterapinin diz OA fizyoterapisi için oldukça verimli olabileceğini göstermiştir (142).

Sonuç olarak terapötik US uygulamasının diz OA fizyoterapi uygulamaları içinde çok etkili bir ajan olup olmadığı hala tartışmalıdır.

➤ Transkutanöz Elektriksel Sinir Uyarımı (TENS)

Diz OA'lı hasta grubunda çoğunlukla ağrı şiddetini azaltmak ve ağrıya bağlı kaybedilebilen fonksiyonelliğin geri kazanılması amacıyla kullanılan, elektriksel stimülasyon yoluyla gerçekleştirilen bir fizyoterapi modalitesidir (143). Bu uygulama deri üzerine yerleştirilen ve invaziv olmayan yüzeysel elektotlara iletilen bir elektriksel akımın fizyolojik etkileri yoluyla gerçekleştirilir (144). En iyi bilinen etki mekanizması Melzack ve Wall'a (1965) ait kapı kontrol teorisi olarak bilinen fizyolojik süreçtir. Bu mekanizmada derinin elektriksel stimülasyonla uyarılması sonucunda kalın çaplı afferent taşıyıcılar medulla spinaliste yer alan Substantia Gelatinosa'yı aktive eder. Daha önce ince çaplı afferent nöronlardan gelen ağrılı uyaranlar nedeniyle aktif bir şekilde ileti transferi yapan T hücreleri Substantia Gelatinosa'nın inhibe edici etkisiyle ağrılı uyaranın üst dorsal yollara geçişini

kapatır, bu sayede hissedilen ağrı sonlanmaya veya azalmaya başlar (145). Bir diğer etki mekanizması ise opioid sistemle alakalı fizyolojik süreçtir. Bu mekanizma ise serebrospinal sıvıya salgılanan opioid enzimlerin etkisiyle oluşan spinal seviyede ağrı inhibisyonu ile meydana gelir (146).

TENS uygulamasının diz OA'lı hastalarda etkisinin değerlendirildiği çalışmaları derleyen 2016 yılında yayımlanmış bir sistematik derleme ve meta-analiz çalışması bu tedavi modalitesinin ağrıyı azaltma konusunda oldukça etkili olduğunu göstermiştir (143). 2022 yılında yapılan bir başka sistematik derleme ve meta analiz çalışması ise ağrıyı azaltmanın yanında TENS uygulamasının disfonksiyonu azaltma ve yürüyüş kabiliyetini geliştirme hususunda diz OA'lı hastalarda oldukça başarılı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Ancak, sabah katılığı konusunda ise TENS'in faydalı sonuçlar göstermediği yine aynı derlemede dile getirilmiştir (147).

Literatürde TENS'in diz OA tedavisinde en fazla kullanılan türünün 40-100 Hz frekansında ve 50-100 msn geçiş süreli konvensiyonel TENS olduğu, ve uygulama süresinin günde bir veya iki kez olmak üzere 30-60 dakika olduğu belirtilmiştir (148). Aynı zamanda TENS uygulamasının ağrıyı azaltmak amacıyla kullanılacaksa deri direnç seviyesinin görece daha düşük seviyelerde kaldığı alanlarda uygulanmasının, fonksiyonellik hedefleniyorsa daha geniş alanlarda da kullanılabileceği belirtilmiştir (149).

Sonuç olarak TENS uygulamasının diz OA'lı hastalarda ağrı, yürüyüş kabiliyeti ve disfonksiyonu iyileştirme konusunda başarılı bir uygulama olduğu literatürde belirtilmiştir.

➤ Kısa Dalga Diatermi

Kısa dalga diatermi (KDD), diz OA semptomlarını tedavi etmek için fizyoterapistler tarafından geleneksel olarak kullanılan en eski fizyoterapi modalitelerinden biridir. KDD genellikle, sürekli veya kesikli modda uygulanan 27,12 MHz'de elektromanyetik radyasyon kullanır. İrlanda'da 41 hastanenin fizyoterapi servislerinde yapılan bir ankette, sürekli ve kesikli KDD'nin sırasıyla %34,8 ve %73,9 akut OA ve %97,8 ve %59,4 kronik OA tedavisinde tercih edildiği belirtilmiştir. Sürekli KDD'nin ana fizyolojik etkilerinin, vazodilatasyona, ağrı eşliğinin yükselmesine, kas spazmında azalmaya, hücresel aktivitenin hızlanmasına

ve yumuşak doku uzayabilirliğinin artmasına neden olabilen doku sıcaklığındaki indüklenmiş bir artışla ilişkili olduğu genel olarak kabul edilmektedir (150).

30 diz OA'lı hastayla gerçekleştirilen bir RKÇ'de KDD ve US uygulamalarının karşılaştırılması yapılmıştır. Her iki gruba eşit sayıda olacak şekilde randomize edilen hastalar 15 seanslık KDD+izometrik kuadriseps egzersizi ve US+izometrik kuadriseps egzersizi almışlardır. Her iki grupta da ağrıda iyileşme ve fonksiyonellikte gelişme keşfedilmiş, ancak iki tedavi yönteminin birbirine karşı bir üstünlüğü bulunamamıştır (151). Bir diğer çalışmada KDD uygulamasının diz OA hastalarında izokinetik egzersizlere ek olarak uygulanmasının fark oluşturup oluşturmadığı incelenmiştir. Bu çalışmanın bulguları diz OA'lı hastalarda izokinetik egzersiz programına ek olarak KDD kullanımının ağrı, özürlülük, yürüme mesafesi, kas kuvveti, yaşam kalitesi ve depresyon açısından daha anlamlı bir etkisi olmadığını göstermiştir (152). Diz OA'lı hastalarda yapılan bir diğer çalışmada ise devamlı ve kesikli KDD'nin etkileri karşılaştırılmıştır. Bulgular sürekli ve kesikli KDD uygulamalarının ağrı ve hastalık şiddetini iyileştirme açısından birbirlerine bir üstünlükleri bulunmadığına işaret etmiştir (153).

Sonuç olarak diz OA tedavisinde KDD uygulamasının terapötik US gibi iyileştirici etkisi bulunmasına rağmen egzersiz kadar başarılı sonuçlar göstermediği görülmektedir. Ayrıca KDD'nin farklı tiplerinin birbirlerine karşı diz OA semptomlarını iyileştirme hususunda bir üstünlüğü bulunmamaktadır.

2.10.5.2.5 Egzersiz

Diz OA tedavisine ilişkin yayımlanan tüm rehber kitaplarda egzersiz en önde gelen farmakolojik olmayan tedavi modalitelerinden birisi olarak gösterilir; hatta 2020 yılında yayımlanan son kılavuz egzersizi en güçlü şekilde tavsiye edilen tedavi yöntemleri içine yerleştirmiştir (122).

Doğru egzersiz türleri diz OA hastalarında eklemlere zarar vermeden sağlığı ve zindeliği iyileştirebilir. Bir tedavi programı ile birlikte egzersiz diz OA'lı hastalarda ağrıyı azaltabilir, yaşam kalitesini artırabilir, eklem çevresindeki kasları güçlendirebilir, kemik kuvvetinin korunmasına yardımcı olabilir, enerjiyi artırabilir, iyi uyumayı kolaylaştırabilir, ağırlığı kontrol etmeye, dengeyi iyileştirmeye ve ruh halini iyileştirmeye yardımcı olabilir (154).

Egzersizin etki mekanizmasının bazı fizyolojik süreçlere dayandığı düşünülmektedir. Egzersiz eğitimi kas kesit alanını artırabilir, kas lifi yoğunluğunu azaltabilir, nihai yük desteğini artırabilir, tendon yapısını değiştirebilir, kas-iskelet atrofisini geciktirebilir, eklemi stabilize edebilir, iltihabı önleyebilir, MMP-2 aktivitesini azaltabilir. Ayrıca sinoviyal hücre disfonksiyonunu kurtarır ve kıkırdak dejenerasyonunu ve osteoartritli eklemin subkondral kemik kaybını önler (155).

Farelerde yapılan çalışmalarda, aerobik egzersizin IL-1 β , kaspaz-3 ve MMP-13'teki ekspresyonu azalttığı ve model farelerde diz OA'nin neden olduğu kıkırdak dejenerasyonunu önlediği, dirençli eğitimin bir sıçan osteoartrit modelinde kuadriseps tendonundaki MMP-2 aktivitesini azalttığı, koşu bantları ve tekerlek egzersizlerinin IL-1 β , IL-6 ve TNF- α seviyelerini düşürdüğü ve diz OA'lı model farelerde inflamasyonu önlemek için JNK/NF-KB sinyalini düzenlediği gösterilmiştir. Orta derecede fiziksel egzersizin, erken evre OA'lı sıçanlarda tip B sinoviyal hücre disfonksiyonunu önlediği ve hastalığın ilerlemesini geciktirdiği gösterilmiştir (156-159).

Literatürde diz OA'lı hastalarda pek çok farklı türde egzersiz uygulamalarının kullanıldığı görülebilmektedir. Bu egzersizlerden bazıları germe, güçlendirme, tai-chi, denge ve propriyosepsiyon, aerobik egzersizler olarak sıralanabilir (160-164).

➤ Germe egzersizleri

Diz OA'lı hastalarda esnekliği azalan yumuşak doku ve kas doku nedeniyle normal eklem hareket açıklığında ciddi kayıplar olduğundan germe egzersizleri bu hastalık grubunda sıklıkla tavsiye edilmektedir (165). Germe egzersizlerinin şiddet ve hız durumuna göre intrafüzal kas lifleri, kas içiği veya golgi tendon organını etkileyerek ani veya daha uzun süre devam edebilen gevşeme sağlayabildiği çalışmalarda belirtilmiştir (166).

2022 yılında yayımlanmış olan bir sistematik derleme ve metaanaliz çalışması, germe egzersizlerinin özellikle tek başına kullanıldığında diz OA'lı bireylerde ağrı yönetiminde faydalı olduğunu, ancak hem germe egzersizlerini hem de diğer egzersizleri içeren programların birlikte kullanılması durumunda, işlevi iyileştirebileceğini fakat ağrıda klinik olarak etkili bir azalma sağlamadığını belirtmiştir (167)

➤ Güçlendirme egzersizleri

2017 yılında yayımlanan bir derlemede diz OA tedavisinde güçlendirme egzersizlerinin çeşitli amaçlarla kullanıldığı A, B ve C seviyesinde 26 kaliteli çalışma derlenmiştir. Belirlenen bu 26 yüksek kaliteli çalışma, diğer tür terapötik egzersizlerle birlikte veya bunlar olmaksızın çeşitli kuvvetlendirme egzersiz programlarının genellikle altı aylık bir süre içinde diz osteoartriti tedavisini iyileştirmek için etkili olduğunu göstermiştir. Güçlendirme egzersiz programları, ağrı giderme (dört A Derecesi, on B Derecesi, iki C Derecesi+), fiziksel işlev (dört A Derecesi, sekiz B Derecesi) ve yaşam kalitesinde (üç Derece B) önemli bir gelişme göstermiştir. Diğer egzersiz türleriyle (koordinasyon, denge, fonksiyonel) birlikte güçlendirme egzersizleri, ağrı gidermede (üç A Derecesi, 11 Derece B, sekiz Derece C), fiziksel fonksiyonda (iki Derece A, dört Derece B, üç Derece C) ve yaşam kalitesinde (bir Derece A, bir Derece C) olumlu gelişmelere neden olmuştur (168).

2021 yılında gerçekleştirilen bir RKÇ’de kuvvetlendirme egzersizleri ev programı olarak verilmiş ve 6 aylık bir süre boyunca bu uygulamanın diz OA’lı hastalar tarafından yapılması belli aralıklarla yollanan otomatik mesajlarla sağlanmıştır. Bu çalışmada kontrol grubu ise güçlendirme egzersizleriyle ilgili bilgilerin yer aldığı bir web sitesini ziyaret etmiştir. Bu çalışmada bulgular, müdahale grubunun kontrol grubuna kıyasla genel diz ağrısı ve fiziksel fonksiyonda daha fazla iyileşme gösterdiğini ifade etmiştir. Ayrıca, ağrı ve işlevde müdahaleyi destekleyen klinik olarak önemli minimal iyileşmeyi aşan katılımcıların oranında farklılıklar olduğuna dair kanıtlar bulunmuştur. Tüm ikincil sonuçlar için gruplar arası farklılıkların analizi yaşam kalitesi, sportif ve günlük fonksiyonlar için gerekli kapasite, ortalama hastalık seviyesi skoru parametreleri için müdahale grubunun etkinliğine yönelik destekler gösterilmiştir. Ayrıca bu çalışma, terapist-denetimsiz, erişimi ücretsiz dijital müdahale aracılığıyla önerilen diz OA tedavisine yönelik güçlendirme egzersizi uygulamasının, hem hasta erişimini kolaylaştırmak hem de klinisyenleri popülasyon genelinde diz OA’sı olan kişiler için egzersiz yönetimi sağlama konusunda desteklemek için etkili bir seçenek olabileceği hususunda önemli bulgular olduğunu göstermiştir (169).

Sonuç olarak güçlendirme egzersizlerinin diz OA tedavisinde efektif bir uygulama olduğu literatürde işaret edilmiştir.

➤ Tai-Chi egzersizleri

Tai-Chi Çin kökenli bir egzersiz şekli olup gövde ve ekstremitelerin diagonal ve dairesel hareketleri belli bir ritim ve çok hızlı olmayacak şekilde diyafram solunumunun kombinasyonu ile beraber gerçekleştirmesi temeline dayanır (170). Literatürde Tai-Chi egzersizlerinin diz OA rehabilitasyonunda kullanıldığı pek çok çalışma bulunmaktadır.

Bir çalışmada Tai-Chi egzersizlerinin yaşlı diz OA'lı hastalarda postüral stabilizasyon ve kontrol konusunda önemli gelişmeler sağladığı ve bu amaçlarla fizyoterapi ve rehabilitasyon protokollerine eklenebileceği işaret edilmiştir (171). Bir diğer çalışmada ise 24 haftalık Tai-Chi egzersizinin, diz OA'lı hastaların ayak bileği ve diz propriyosepsiyonunu geliştirebileceği belirtilmiştir (172). Bir diğer çalışma ise Tai-Chi egzersizlerinin etkinliğini standart fizyoterapi ile kıyaslamıştır ve Tai-Chi egzersizleri 12 hafta, standart fizyoterapi 6 hafta uygulanmış olmasına rağmen hastalık şiddeti, fonksiyonel seviye ve genel yaşam kalitesi açısından her iki grup arasında anlamlı bir farklılığa işaret etmemiştir (162).

Sonuç olarak diz OA'lı hastalarda Tai-Chi egzersizlerinin kullanımı olumlu sonuçlar göstermiş olsa da, hem uygulamanın özel teknik ve bilgi gerektirmesi hem de standart fizyoterapiye göre bir üstünlüğünün olmaması diz OA tedavisi açısından geri planda kalmasına neden olmuştur.

➤ Denge ve propriyosepsiyon egzersizleri

Dengenin korunmasında hem merkezi hem de spinal seviyede meydana gelen süreçler aktif rol almaktadır. Bunun yanı sıra görsel ve işitsel uyarılar, proprioseptif girdiler de dengenin korunabilmesi için önemli eksternal kaynaklardır. Denge tanım olarak vücut ağırlık merkezinin orta hatta tutulabilmesi şeklindedir. Diz OA'lı hastalarda mekanoreseptörlerin etkilendiği bilindiğinden denge ve propriyosepsiyon egzersizleri önem arz etmektedir (100).

2023 yılında gerçekleştirilen bir RKÇ denge ve propriyosepsiyon egzersizlerinin diz OA'lı hastalarda dinamik denge ve ağırlık kontrolü üzerinde etkili sonuçlar verdiğini göstermiştir (163). 2019 yılında yayımlanan bir sistematik

derleme ve meta-analiz ise proprioseptif eğitimin diz OA'sı olan hastalarda ağrının giderilmesi ve fonksiyonel günlük aktivitenin tamamlanması hususunda etkili bir yöntem olduğunu ve rehabilitasyon programlarına dahil edilebileceğini göstermiştir. Öte yandan aynı çalışma, proprioseptif eğitimden sonra katılık hissiyatı ve diğer hareketlilik ölçümlerinde ise anlamlı sonuçlar bulunamadığını, ancak katılık hissiyatı ve ek fiziksel işlev alanlarını iyileştirmeyi hedefleyen çalışmalar için değiştirilmiş proprioseptif eğitim programlarına ihtiyaç olacağını belirtmiştir (173).

Sonuç olarak denge ve proprioseptif egzersizlerin diz OA tedavisinde etkinliğine ilişkin başka araştırmalara da ihtiyaç olduğu literatürden anlaşılabilmektedir.

➤ Aerobik egzersizler

Ağrıyı azaltmak, fiziksel seviyeyi geliştirmek, pulmoner ve kardiyak kapasiteyi iyileştirmek gibi amaçlarla uygulanan yürüyüş, trekking, bisiklet, yüzme vb. şekillerde gerçekleştirilen, oksijenlenmeyi arttırdığı bilinen, özel teknik gereksinimi olmayan bir egzersiz türüdür (174). Diz osteoartritli bireylerin zayıf fiziksel zindeliğe sahip olduğu bilinmektedir ve osteoartrit gibi kronik hastalığı olan bireyler için düzenli aerobik egzersizin (haftada 150 dakika) teşvik edilmesi de şiddetle tavsiye edilmektedir. Özellikle günlük aktiviteleri gerçekleştirmek için önemli olan pulmoner ve fonksiyonel kapasiteleri geliştirmek için aerobik egzersizlerin faydalı olacağı dile getirilmektedir (164).

Aerobik egzersizlerin diz OA'lı bireylerde etkisinin incelendiği çalışmaları derleyen bir çalışma A, B ve C seviyelerinde olan 5 kaliteli araştırmayı dahil etmiştir. Dahil edilen beş yüksek kaliteli çalışma, çeşitli aerobik antrenman egzersizlerinin 12 haftalık bir süre içinde diz osteoartritini iyileştirmede genellikle etkili olduğunu göstermiştir. Bir aerobik egzersiz programının, ağrı giderme (Derece B), fiziksel fonksiyon (Derece B) ve yaşam kalitesinde (Derece C) önemli gelişmeler gösterebildiği bu çalışmada belirtilmiştir. Güçlendirme egzersizleri ile birlikte aerobik egzersizin ise ağrının giderilmesi (3 Derece A) ve fiziksel fonksiyonun geliştirilmesi (2 Derece A, 2 Derece B) için önemli sonuçlar gösterdiği belirtilmiştir (164).

Sonuç olarak aerobik egzersizin diz OA'lı hastalarda bazı parametreler için kazanımlar meydana getirebildiği literatürde işaret edilmiştir.

2.10.5.3 Diz OA Tedavisinde Cerrahi Yaklaşım

Diz OA tedavisinde geleneksel yöntemlerle semptomlarda iyileşme görülmemesi ve/veya fonksiyonelliğin çok kısıtlandığı durumlarda düşünülmesi gereken yöntem cerrahidir. Cerrahi olarak total ve kısmi diz replasmanları, artroskopik ve osteotomik cerrahi gibi yöntemler sıklıkla tercih edilmektedir (175).

Bu cerrahiler yapılma amacı, dejenerasyonun seviyesi, maliyet-etkinlik gibi parametrelere göre belirlenen ihtiyaç doğrultusunda hastalara uygulanır. Bu yöntemlerden artroskopi aynı zamanda tanısal bir enstrüman olarak da kullanılmaktadır. Bu cerrahi yöntemlerdeki farklılıklar orijinal diz dokusunun olabildiğince korunabilmesi gerekçesiyle ortaya çıkmaktadır. Eğer OA tüm diz eklemine içeriyorsa, ismi geçen cerrahilerden en son aşama olanı total diz replasmanı cerrahisi tercih edilir. Daha az etkilenmiş diz eklemlerinde ise kısmi replasman, osteotomi ve artroskopi müdahaleleri tercih edilmektedir (176).

2.11 Diz OA Tedavisinde Sanal Gerçeklik Uygulaması

2.11.1 Sanal Gerçeklik Rehabilitasyon Uygulamasının Tarihçesi

Sanal gerçeklik uygulamasının ticari olarak ilk ortaya çıkışı 1980'li yıllara kadara uzanmaktadır. Ancak, sanal gerçeklik uygulamasının rehabilitasyon amaçlı ilk kullanımıyla ilgili yazılı olan ilk kaynak Max North'un 1994 yılında yapmış olduğu doktora tez çalışmasından yayımlanmış olan bir yayındır. Bu yayın "Sanal Çevre ve Psikolojik Bozukluklar" adıyla yayımlanmıştır. Daha sonra 1996 yılında bir kitap olan "Virtual Reality Therapy: an Innovative Paradigm" yayımlanmıştır (177).

Günümüzde sanal gerçeklik sağlık alanında anatomi eğitimi, çeşitli tiplerde invaziv uygulama, çeşitli türlerde tanılama cihazı ve rehabilitasyon ekipmanı olarak sıklıkla tercih edilmektedir (178).

2.11.2 Sanal Gerçeklik Rehabilitasyon Uygulamasının

Sınıflandırılması

Sanal gerçeklik, kullanıcının bir insan-makine arayüzü aracılığıyla simüle edilmiş ortamdaki belirli öğelerle etkileşime girmesini sağlayan, gerçek bir ortamın bilgisayar tarafından oluşturulan bir taklididir. Sanal gerçeklik kullanıldığında,

sanal ortamlar ve nesneler kullanıcıya görsel bilgilerin yanı sıra işitsel, dokunsal, koku alma ve hareket gibi görsel bilgiler de sağlar. Yaygın cihazlardan hareket yakalama sistemlerine sahip daha karmaşık cihazlara ve hatta dokunsal geri bildirim sağlayan ve kullanıcılara sanki gerçek nesneleri manipüle ediyormuş gibi hissettiren dokunsal cihazlara kadar, sanal ortamla etkileşim için çok çeşitli arayüzler vardır. Üretilen sanal gerçeklik ortamının türü, kullanılan ekipmana ve yazılıma bağlı olacaktır (15).

Sanal ortamlar, kullanıcının immersion derecesi açısından farklılık gösterebilir. Immersion terimi, kullanıcının kendisini gerçek dünyadan çok sanal ortamda ne ölçüde algıladığını ifade eder ve hem yazılımın hem de donanımın tasarımıyla ilgilidir. Bu konseptte dayanarak, sanal gerçeklik sistemleri ve cihazları 2 kategoride sınıflandırılabilir:

İmmersive sanal gerçeklik sistemleri, kullanıcıyı tamamen sanal ortama entegre eder. Kullanıcı, tipik olarak gerçek dünyanın algılanmasını engelleyen bir cihaz aracılığıyla yalnızca bilgisayar tarafından oluşturulan görüntüleri görür. Şu anda en yaygın kullanılan sürükleyici sistemler Glasstrom, IREX, Oculus ve PlayStation EyeMotion'dur.

Non-immersive sanal gerçeklik sistemleri, kullanıcının hem gerçek dünyayı hem de sanal ortamın bir bölümünü algıladığı sistemlerdir. Bu sistemler ile kullanıcı sanal ortamın içine tamamen girmez. Şu anda en yaygın kullanılan sürükleyici olmayan sistemler Virtual Teacher, Microsoft Kinect Xbox, Cyberglobe, Virtual Reality Motion, ve Nintendo-Wii'dir (15).

Exergaming kavramı da sanal gerçeklik uygulamaları içinde karşılaşılan bir terimdir. İngilizce “exercise” ve “gaming” terimlerinin kısaltılıp birleştirilmesinden elde edilir ve video oyunları aracılığıyla egzersiz yapılması anlamında kullanılır (179). Microsoft Kinect Xbox 360 bu amaçla kullanılabilen ticari oyun konsollarından birisidir. Burada vücudun hareketlerini algılayan bir sensör aracılığıyla kullanıcı ekrandaki avatari yönlendirebilmektedir ve böylelikle oyunlar egzersiz amacıyla kullanılmaktadır (180). Microsoft Kinect Adventures ve Microsoft Kinect Sports oyun paketleri rehabilitasyonda en sık tercih edilen egzersiz amaçlı oyun paketlerindendir (181).

2.11.3 Sanal Gerçeklik Rehabilitasyon Uygulamasının Kullanıldığı Hastalık Grupları

Sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulaması hastalık grupları içinde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Psikolojik rahatsızlıklarda, nörolojik rahatsızlıklarda, ortopedik hastalıklarda, geriatrik bireylerin rehabilitasyonunda ve sağlığı tehdit eden çeşitli kronik durumlarda (obezite, ağrı, kinezyofobi vs.) sıklıkla tercih edilen bir rehabilitasyon uygulaması olmuştur (181-185).

2018 yılında yayımlanan bir meta-analizde sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının anksiyete ve depresyon gibi psikolojik rahatsızlıklarda kullanıldığı çalışmalar derlenmiştir. Bu çalışmada, sanal gerçeklik tabanlı tedavilerin anksiyete ve depresyon için son meta-analiz istatistikî değerlendirmesine göre kontrol tedavilerine kıyasla daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, sanal gerçeklikle geliştirilmiş diğer müdahalelerin kontrol koşullarına kıyasla orta ila büyük derecede etkilere sahip olduğunu, ancak bu etkilerin muhtemelen çalışmaların tasarımı ve uygulanmasındaki çeşitli faktörlerden de etkilenmiş olabileceği de belirtilmiştir. Ek olarak, bu sonuçların klinisyenler ve hastalar için mevcut olan başka bir etkili seçenek olarak, sanal gerçeklik eklenerek güçlendirilmiş müdahalelerin tedavi süreçlerine katılabileceğine dair kanıtları olduğu öne sürülmüştür (186).

2019 yılında yayımlanan bir derleme çalışmasında immersive sanal gerçeklik uygulamasının nörolojik hastalıklarda kullanıldığı çalışmalarda sistematik bir inceleme yapılmıştır. Bu araştırma, demans, inme, omurilik yaralanmaları, Parkinson ve multipl skleroz gibi belirli nörolojik durumlarda sanal gerçeklik kullanımını inceleyen çalışmaları derlemiştir. Çalışmaların çoğu, sanal gerçeklik uygulamasının nörolojik bozuklukların tedavisinde uygulanabilir ve etkili bir araç olduğunu düşündüren olumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Ek olarak, bu sistematik literatür incelemesinin bulguları, düşük maliyetli, immersive sanal gerçeklik teknolojilerinin sağlık hizmetlerinde ve ev tabanlı ortamlarda pratik uygulamalar ve kullanımlarla klinik rehabilitasyon için etkili olabileceğini de göstermiştir. Bu derlemede sonuç olarak, sanal gerçeklik ve etkileşimli cihazların belirli nörolojik hastalıklara müdahale için bütünsel, taşınabilir, erişilebilir ve kullanılabilir sistemler olarak ortaya çıktığı ve gelecekte en son teknolojiye sahip

bu uygulamaların daha da geliştirilmesiyle hastanın refahı üzerinde önemli bir etki yaratması beklendiği belirtilmiştir (187).

2019 yılında yayımlanmış olan bir başka derleme çalışmasında da sanal gerçeklik uygulamasının nörolojik hastalıklarda sadece bir tedavi modalitesi olmadığı ve aynı zamanda tanı koyma ve değerlendirme gibi amaçlarla da kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada, sanal gerçeklik çözümlerinin en büyük avantajının hastaları günlük durumlarda değerlendirme olasılığını yükseltmesi olduğu belirtilmiştir. Örnek olarak, spesifik görevlerin gerçekleştirilmesi (sözel, uyum gerektiren, uzaysal görevler gibi) ve heterojen bilişsel bozukluklardan olan tam bellek yitimi gibi durumlar sırasında ölçüm yaparak değerlendirmeye olanak verebileceği belirtilmiştir (188).

Sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının ortopedik problemlerde kullanımı nörolojik ve psikolojik problemlere kıyasla daha kısıtlıdır. Ancak, yine de birçok çalışmada kullanıldığı görülebilmektedir. 2019 yılında yapılan bir derleme çalışmasında sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının ortopedik sorunların tedavisinde kullanıldığı 19 araştırma yer almıştır. Bu derlemede, fibromiyalji, total kalça artroplastisi, kas problemleri, romatoid artrit, ön çapraz bağ cerrahileri sonrası, ayak bileği burkulmaları, diz OA (2 çalışmada) ve kronik bel ve boyun ağrılarında sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulaması gerçekleştirilen çalışmalar yer almıştır. Sonuçlar, sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının etkinliğinin kanıt düzeyinin kronik boyun ağrısı ve omuz sıkışma sendromunda umut verici seviyede olduğunu, sanal gerçeklik egzersizlerinin birlikte uygulandığında romatoid artrit, diz OA, ayak bileği instabilitesi ve ön çapraz rekonstrüksiyonunda olumlu etkilere sahip olduğunu ama kanıt düzeyinin daha düşük olduğunu, fibromiyalji ve sırt ağrısının yanı sıra diz artroplastisinden sonraki etkinliğinin ise egzersizle karşılaştırıldığında kanıt seviyesinin yetersiz olduğunu göstermiştir (189).

Sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının yaşlı popülasyonda kullanıldığı çalışmaları derleyen bir çalışma, mevcut kanıtların yaşlı yetişkinlerde bilişsel bozulma için bir tarama ve eğitim aracı olarak sanal gerçeklik kullanımını desteklediğini belirtmiştir. Ayrıca sanal gerçeklik tabanlı görevleri yapmanın bazı kağıt tabanlı biliş değerlendirmeleriyle karşılaştırılabilir geçerlilik gösterdiğini ancak teşhis özgüllüğünü iyileştirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu

göstermiştir (184). Bunun yanında, yaşlı popülasyonda sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının fiziksel fonksiyonlar (postür, denge, eklem hareket genişliği, yürüyüş kabiliyeti) üzerinde olumlu etkileri olduğunu belirten bir çalışma da bulunmaktadır (190).

Sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının sağlığı tehdit eden obezite, ağrı, kinezyofobi gibi durumlarda kullanıldığı literatürde yer alan çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin, ağrı kaynaklı olarak kinezyofobi görülen bireylerde sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasıyla iyileşme görüldüğü literatürde gösterilmiştir (191). Obezite problemine sahip bireylerde sanal gerçeklik uygulamasıyla davranış değişikliklerine neden olarak yeme alışkanlıklarının değiştirilebildiği ve vücut kitle indeksinin azaltılması hususunda standart yöntemlere göre daha başarılı olunduğu yine bir çalışmada gösterilmiştir (192). Sanal gerçekliğin ağrı yönetimi konusundaki etkinliği ise hala tartışma konusu olmayı sürdürmektedir. Opioidlerin analjezik etkisini tetikleyebileceğini iddia eden çalışmalar olmakla beraber, etkisi olmadığını gösteren çalışmalar da yer almaktadır (193, 194).

2.11.4 Sanal Gerçeklik Uygulamasının Diz OA Tedavisinde Kullanıldığı Çalışmalar

2020 yılında kalça ve diz OA'lı bireylerde sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulaması yapılan çalışmaları derleyen bir meta-analiz araştırmada toplam 10 çalışma kaydedilmiştir. Bu çalışmaların %80'i total veya parsiyel kalça ve diz artroplastisi geçiren hastalar üzerinde gerçekleştirilmiş, ancak cerrahi müdahale geçirmemiş OA'lı hastalarda yapılmış sadece iki çalışma bulunmaktaydı. Bu derleme 2010-2020 yılları arasında yayımlanmış olan kaliteli çalışmaları baz alan bir araştırmadır ve cerrahi geçirmemiş OA'lı bireylerde sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının gerçekleştirildiği yalnızca iki çalışma olması ilgi çekicidir. Çalışma genel olarak sanal gerçekliğe dayalı müdahalelerin standart fizik tedaviden daha etkili olduğuna dair kesin raporlar olmadığını, ayrıca, total kalça artroplastisi (TKA) sonrası hastalarla ilgili kanıtların çok az olduğunu, ağrı yönetimi, postüral ve propriyosepsiyon eğitimi açısından sanal gerçekliğe dayalı müdahalelerin umut verici olsa dahi etkinliğinin belirsiz olduğunu ve bu kanıtların klinik kılavuzlar oluşturmak için yeterli olmayıp daha yüksek kaliteli çalışmalara ihtiyaç olduğunu ifade etmiştir (195).

66 total diz artroplastisi (TDA) geçirmiş diz OA'lı hasta üzerinde yapılan bir RKÇ'de çalışma grubu cerrahiye takiben 2. günden başlayacak şekilde günde 3 sefer 30 dakika bot oyunu oynarken, kontrol grubu konvansiyonel fizyoterapi uygulamasına maruz bırakılmıştır. Ölçümler cerrahi öncesi ve sonrası alınmıştır. Kontrol ve deney grupları arasında ameliyat öncesi WOMAC indeksi, HSS (Hosiptal for Special Surgery) skoru ve diz EHA'sında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). TDA'dan sonra sırasıyla 1, 3 ve 6. ayda WOMAC indeksleri deney grubunda kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük ve HSS skorları anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). TDA'dan 1 gün sonra ağrı için GAS skalasında iki grup arasında anlamlı fark bulunmamışken ($p>0,05$), TDA sonrası 3., 5. ve 7. günlerde GAS skalaları deney grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Diz EHA'ları TDA'dan 3, 7 ve 14 gün sonra deney grubunda kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek ($p<0,05$) bulunmuştur. Deney grubunda diz EHA'sının 60° ve 90° 'ye ulaşması $2,45\pm0,71$ ve $13,48\pm2,48$ gün sürmüş, kontrol grubunda ise $3,09\pm0,77$ ve $15,24\pm2,82$ gün sürmüş ve anlamlı derecede düşük ($p<0,05$) (196) olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasının cerrahi geçirmiş diz OA'lı hastalarda anlamlı sonuçlar gösterdiğine işaret etmiştir.

2020 yılında yayımlanan bir başka RKÇ yine TDA sonrası sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulamasını içermiştir. 85 katılımcının yer aldığı bu çalışmada katılımcılar rastgele olarak sanal gerçeklik ($n=44$) ve geleneksel terapi ($n=41$) gruplarına atanmış, ancak son ölçümde sanal gerçeklik grubunda 35, geleneksel terapi grubunda ise 39 katılımcı kalmıştır. Sanal gerçeklik grubu cerrahi sonrası 3 veya 4 günden itibaren 10 günlük, günde 60 dakika sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulaması+ geleneksel terapi, diğer grup ise günde 60 dakika sadece geleneksel tedavi (merdiven, izokinetik diz egzersizi, süreli yürüyüşler) almıştır. Sonuçlar göstermiştir ki sanal gerçeklik tabanlı veya geleneksel rehabilitasyon, gruplar arasında ($p=,266$) veya diğer tüm sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı bir ağrı azalması göstermezken, genel propriyosepsiyonda ($p=,002$) sanal gerçeklik tabanlı rehabilitasyon grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme mevcuttur. Bunun anlamı, sanal gerçeklik tabanlı rehabilitasyon, ağrı kesici, ilaç kullanımı ve diğer fonksiyonel sonuçlar açısından geleneksel rehabilitasyondan üstün değildir.

ancak TDA olan hastalar için genel propriyosepsiyonu daha iyi geliştirdiği görülmektedir (197).

2023 yılında yayımlanan bir RKÇ ise 73 diz OA'lı hasta (35 deney, 38 kontrol grubu) üzerinde immersive sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulaması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar bu çalışmada fonksiyonellik, denge ve ağrı açısından tedavi öncesi, tedavi sonrası (3. hafta) ve takip eden 4. hafta değerlendirilmiştir. Sonuçlar, deney grubunun GAS ve WOMAC puanlarının 3. ve 7. haftalarda kontrol grubuna göre daha düşük, deney grubunun Lysholm fonksiyonel diz skorunun 3. ve 7. haftalarda kontrol grubuna göre daha yüksek, 6 Dakika Yürüme Testi açısından gruplar arasında fark olmadığı ve 7. haftada deney grubunun Berg Denge Skalası puanının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu göstermiştir (198).

Unilateral OA'lı 60 hastayla yapılan bir çalışmada katılımcılar 3 gruba rastgele dağıtılmış, ilk grup non-immersive sanal gerçeklik+konvensiyonel fizyoterapi, ikinci grup sensorimotor uygulama+konvensiyonel fizyoterapi, üçüncü grup ise sadece konvensiyonel fizyoterapi uygulaması almıştır. Katılımcılar ağrı, propriyosepsiyon, fonksiyonellik ve yaşam kalitesi yönünden tedavi öncesi, 4. hafta ve tedavi sonrası (8. hafta) anketler kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, ağrı, eklem propriyosepsiyonu, fonksiyonel yetersizlik ve yaşam kalitesi açısından 8 haftalık dönemde 3 grup arasında grup 1 lehine istatistiksel olarak anlamlı ($p \leq 0,05$) bir fark, grup-1 grup-2 ve grup-3 ile karşılaştırıldığında tüm parametrelerde daha anlamlı iyileşme olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, geleneksel eğitim egzersizlerine sanal gerçeklik eğitiminin eklenmesi ağrıyı ve propriyosepsiyonu iyileştirerek OA hastalarının fonksiyonel düzeyini ve yaşam kalitesini geliştirebilmiştir. Ancak bu çalışmada kaydedilen OA'lı hastaların hangi eklemlerinin daha fazla etkilenmiş olduğu net bir şekilde belirtilmemiştir. Dolayısıyla çalışmada diz OA'lı hastaların mı ağırlıklı olduğu net değildir (199).

2022 yılında yayımlanmış olan bir diğer sistematik derleme ve meta-analiz çalışması total diz cerrahisi sonrası sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulaması gerçekleştirilmiş 7 çalışmayı derlemiştir. Sonuç olarak, sanal gerçeklik tabanlı rehabilitasyonun geleneksel rehabilitasyona kıyasla TDA'yı takiben görülen ağrı ve işlevi iyileştirdiği ancak postür kontrolü geliştirmede yeterli olmadığı, ayrıca

sanal gerçeklik tabanlı rehabilitasyonun avantajını kanıtlamak için daha yüksek kaliteli RKÇ'lere ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (200).

2020 yılında yayımlanan bir RKÇ'de 80 diz OA'lı hasta aktif video oyunu (AVO) (exergaming) ve geleneksel terapi gruplarına rastgele dağıtılmıştır. Aktif video oyunu grubu 4 hafta boyunca haftada 3 gün 20 dakika hot pack, 20 dakika TENS ve 20 dakika aktif video oyunu oynarken, geleneksel terapi grubu sadece 20 dakika hot pack ve 20 dakika TENS uygulamasına tabi tutulmuştur. Hastalar denge, WOMAC skoru, dinamik denge, ağrı ve çalışma yeterlilikleri açısından değerlendirilmiş ve gruplar arası kıyaslama yapılmıştır. Terapötik egzersizler ve AVO oynamak, diz OA'sı olan hastaların ağrısını benzer şekilde iyileştirirken; bununla birlikte, AVO oynamak dinamik dengeyi, fiziksel fonksiyonel performansı ve fiziksel sağlığı terapötik egzersizlerden daha fazla geliştirmiştir (201).

2022 yılında yayımlanan bir diğer RKÇ'de ise 60 katılımcı sanal gerçeklik rehabilitasyon uygulaması ve konvensiyonel fizyoterapi gruplarına rastgele olarak dağıtılmıştır. Her iki grup 6 hafta boyunca haftada 5 gün tedavi edilmiş, sanal gerçeklik grubuna konvensiyonel fizyoterapiye ek olarak 20 dakika sanal gerçeklik rehabilitasyonu uygulanmıştır. Ancak bu çalışmada kullanılan sanal gerçeklik cihazı aynı zamanda eklem pozisyon hissi ve EHA değerlerini ölçmek için kullanılan bir cihazdır ve bu yönüyle diğer sanal gerçeklik rehabilitasyon ekipmanlarından farklıdır. Çalışmada katılımcılar Biodex cihazıyla izometrik ve konsentrik kas kuvveti yönünden, GAS ile ağrı açısından, gonyometre ile propriyosepsiyon açısından ve PEDALO ile postüral stabilite yönünden değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, konvensiyonel fizyoterapi programlarının eşlik eden egzersiz oyunlarının, diz OA'lı hastalarda tek başına konvensiyonel fizyoterapi programına kıyasla ağrı, EHA, postüral stabilite, propriyoseptif keskinlik ve fonksiyonel durumda daha olumlu gelişmeler sağladığı keşfedilmiştir. Ancak, bu çalışmada kullanılan sanal gerçeklik cihazı EHA ve eklem pozisyon hissi değerlendirmesinde kullanılabiliyor diye belirtilmiş olmasına rağmen çalışmada herhangi bir sonuç değerlendirmesinde kullanılmamıştır (202).

Sonuç olarak, incelendiğinde diz OA'lı hastalarda sanal gerçeklik kullanımı genellikle cerrahi operasyonları takiben gerçekleştirilmiş ve birden çok meta-analiz çalışmasında değerlendirilmiştir. Ancak cerrahi geçirmemiş diz OA'lı hastalarda

kullanımıyla ilgili kaynak yeterince bulunmamaktadır. Az sayıda çalışma bu gruba odaklanmıştır.

Bu çalışma aracılığıyla non-immersive sanal gerçeklik egzersizlerinin diz OA'lı hastalarda kas ve motor ünite havuzu uyarılabilirlikleri üzerine olan etkinliğinin objektif bir değerlendirmeyle ele alınmasıyla fizyolojik temeli anlaşılabilir; denge gelişimine olan etkisi objektif bir şekilde değerlendirilebilecektir. Böylece sanal gerçekliğin motive edici özelliğine ek olarak fizyolojik etki mekanizmalarına ilişkin önemli verilere ulaşılabilecektir.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Bireyler

Bu araştırmanın veri toplama kısmı Erzurum Atatürk Üniversitesi Eğitim ve Araştırma hastanesinde ve Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon uzman hekimi tarafından diz osteoartriti teşhisi konulmuş kadın ve erkek gönüllü bireyler üzerinde yürütüldü. Katılımcılar, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon uzman hekimi tarafından fizyoterapiye yönlendirilen hastalardı ve çalışma sham-kontrol gruplu randomize kontrollü bir araştırma olarak planlandı.

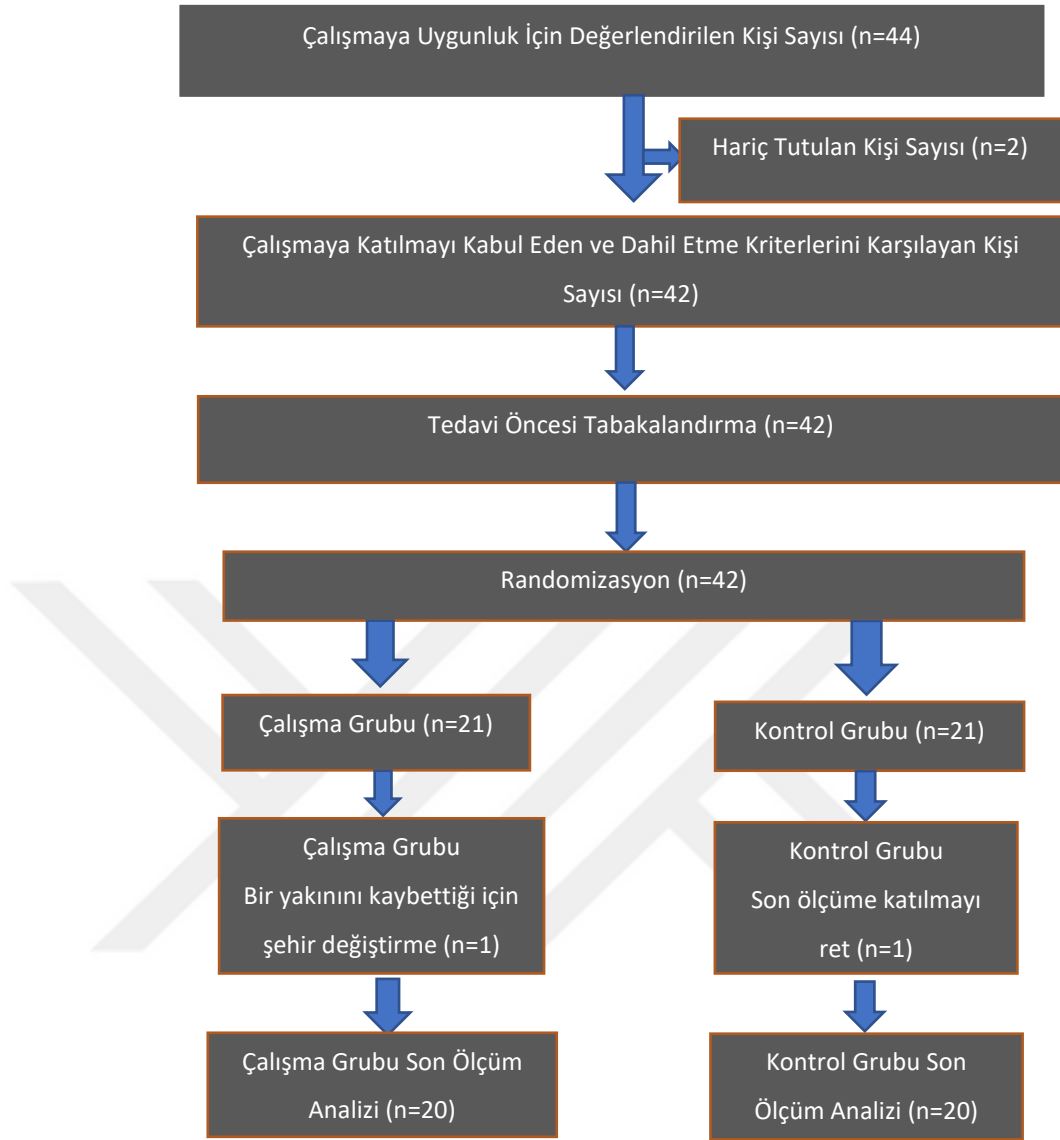
Tablo 3.1. Çalışmanın uygulama şekli

Gruplar	Ön Ölçüm	Son Ölçüm
Çalışma Grubu (n=20)	Tedavi Öncesi	3. hafta sonunda
Sham-Kontrol Grubu (n=20)	Tedavi Öncesi	3. hafta sonunda

Araştırmanın örneklem büyüklüğü GPower 3.1 programı kullanılarak Jin ve ark. (2018) çalışmasında yer alan WOMAC ölçüm gereci sonuçları baz alınarak 0,05 tip 1 hata payı ve %95 güç sağlayarak 1,18 etki büyüklüğüne ulaşılabilmesi için her grupta en az 17’şer kişi bulunmak üzere toplam 34 katılımcıya ulaşılması gerektiği şeklinde hesaplandı (196). Çalışma boyunca katılımcı kayıpları olma ihtimaline karşı her grupta toplam 20’şer katılımcı olacak şekilde diz OA’lı hasta kabulü gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada çalışma ve sham-kontrol grubu olmak üzere iki grup yer aldı. Katılımcılar, cinsiyet ve Kellgren-Lawrence Radyolojik sınıflandırmasına göre belirlenmiş olan diz osteoartrit şiddeti baz alınıp tabakalandırılma yapıldıktan sonra gruplara rastgele olarak dağıtıldı. Tabakalandırılma sistemine göre grupları belirlenen hastaların randomizasyon öncesi oluşturulan gruplara yerleştirilmesi tamamlanınca sırasıyla bir çalışma bir sham-kontrol grubuna gönderilecek şekilde randomizasyonu gerçekleştirildi. Randomizasyon gerçekleştirildikten sonra çalışma grubu 20 diz OA’lı hasta ve sham-kontrol grubu 20 diz OA’lı hastadan oluştu.

Şekil 3.1 çalışmaya ait anlatılan süreçlerin nasıl ilerlediğini birey akış diyagramı şeklinde göstermektedir.



Şekil 3.1. Çalışmanın Birey Akış Diagramı

3.2 Çalışmanın Deney ve Sham-kontrol Gruplarına Ait Özet Bilgiler

Çalışma grubu 3 hafta boyunca, haftada 5 gün, günde 45 dakika geleneksel fizyoterapi aldı ve buna ek olarak günde 30 dakika non-immersive sanal gerçeklik temelli diz eklemi egzersizleri yaptı.

Sham-kontrol grubu ise 3 hafta boyunca, haftada 5 gün, günde 45 dakika geleneksel fizyoterapi ve 30 dakika sham-sanal gerçeklik uygulaması aldı (Özlü ve ark., 2023 çalışmasından uyarlanmıştır) (198).

Geleneksel fizyoterapi programı hot pack (20 dakika), TENS (20 dakika), ve sandalyede oturma pozisyonunda, eller karşı omuzlarda kenetli olacak şekilde sağ ve sol için 1 set /10 tekrar diz fleksiyon/ekstansiyon egzersizinden oluştu.

Non-immersive sanal gerçeklik uygulamasında ise Microsoft Kinect Xbox 360 Adventures oyunları hafif düzey egzersiz seviyesinde fizyoterapist gözetiminde uygulandı. Katılımcı ayakta durma pozisyonunda akıntılı bir nehir üzerinde giden bir bot içinde ayakta durduğu ve engelleri zıplayarak, çömelerek ve sağa-sola adım alarak aşması gerektiği bir oyunu oynadı (RIVER RUSH-Curvy Creek oyunu).

Sham uygulaması olarak katılımcılar ekran karşısında bir sandalyede oturarak gövdeleri bir kemer yardımıyla sabitlenmiş bir durumda iken karşıdan gelen ve rastgele yönlerde doğru gönderilen topları üst ekstremitelerini kullanarak engellemeye çalıştıkları bir oyunu (Rally Ball Oyunu) fizyoterapist gözetiminde gerçekleştirdi (203).

Bireyler aşağıda sıralanan kriterlere göre çalışmaya dahil edildi veya dışlandı.

3.3 Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

- 18 yaşın üzerinde olanlar
- Kellgren ve Lawrence radyolojik evrelendirme skoru 1-3 arasında olanlar
- Bilateral diz OA'lı hastalar
- > 15 m bağımsız yürüyebilecek seviyede olanlar
- Çalışmaya katılmayı kabul edenler

3.4 Çalışmadan Dışlama Kriterleri

- Herhangi bir bulaşıcı enfeksiyon, otoimmün hastalık veya kırık ile birlikte diz osteoartriti olanlar
- Malignite, baş dönmesi, vertigo veya inme gibi duruş ve dengeyi etkileyecek bir öykü veya altta yatan nörolojik ve vestibüler bir hastalık geçmişi olanlar
- Herhangi bir diz operasyonu geçirenler
- Diz OA için enjeksiyon tedavisi görüyor olanlar (dahil etme ve dışlama kriterleri belirlenirken Lin, Lee ve Hsieh (2020)'in çalışması baz alınmıştır) (201).

3.5 Etik İzinler

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 28.06.2022 tarihli ve 2022/159 no'lu kararla etik izinler alınmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği sağlık merkezinden resmi onay yazısı alınmıştır (Ek 1'de yer almaktadır). Çalışma aynı zamanda "Helsinki Deklarasyonuna" uygun olarak yürütülmüş ve katılımcılara uygulamalar başlamadan önce çalışmanın süresi, uygulanacak prosedür, olası yan etkiler hakkında bilgi verilerek "bilgilendirilmiş gönüllü olur formu" imzalatılmıştır (Ek 2'de yer almaktadır).

3.6 Ölçüm Gereçleri ve Yöntemi

3.6.1 Değerlendirme Ölçüm Tarihleri:

Ölçümler tedavi programından hemen önce ve tedavinin bittiği 3. hafta sonunda gerçekleştirildi.

3.6.2 Ölçüm gereçleri:

Demografik veriler Demografik Bilgi Formu, kas uyarılabilirliği yüzeysel Elektromiyografi (EMG) ve statik denge ise Tetrax postürografi cihazı ile değerlendirildi. Eklem propriyosepsiyon hissi değerlendirmesi Protractor and Angle Gauge (Toolkit, Korea) uygulaması ile gerçekleştirildi. Fiziksel fonksiyon ve ağrı yoğunluğu değerlendirmesi Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) ile, bağımsızlık düzeyi Katz Günlük Yaşam Aktiviteleri Bağımsızlık İndeksi ile, kassal endurans 30 saniye kalk-otur testi ile dinamik denge Zamanlı Kalk ve Yürü testi ile, katılımcıların aldıkları tedaviyle ilgili memnuniyet düzeyleri 10 santimetrelilik Görsel Analog Skala (GAS) ile değerlendirildi.

3.6.2.1 Demografik Veriler

Demografik veri toplama formu kullanılarak gerçekleştirildi. Bu form içinde katılımcıların yaş, cinsiyet, boy, kilo, vücut kütle indeksi (VKİ), meslek, diz osteoartrit seviyesi, kullandığı ilaçlar, önceden aldığı diz tedavileri, geçirdiği hastalık ve ameliyat öyküsü sorgulandı. Ayrıca, bu form WOMAC ve KATZ indeksleri sonuçlarını da içeriyordu. (Ek 3'te yer almaktadır).

3.6.2.2 Kas ve Motor Nöron Havuzu Uyarılabilirliği

Bu çalışmada kas ve motor nöron havuzu uyarılabilirliği değerlendirme ölçümleri yüzeysel elektromiyografi cihazı yardımıyla Nöroloji uzman hekimi tarafından gerçekleştirildi.

EMG ya da diğ er adıyla ENMG (elektronöromiyografi); elektro (elektriksel), nöro (sinir), miyo (kas) ve grafi (yazı) terimlerinin kısa yazılışıyla ifade edilmektedir. Elektromiyografi, kasların doğıal elektriksel aktivitesini ölçmek için kullanılan bir testtir. EMG aracılığıyla değıerlendirilen hastalığın kas veya sinir sistemi kaynaklı olduğıu belirlenebilir. EMG işlemi sırasında özel bir cihaz ve elektrotlar aracılığıyla kas ve sinirlerden gelen uyarılar dijital ortama veri halinde aktarılmaktadır. Dijital ortamdaki veriler nörologlar tarafından yorumlanmakta ve herhangi bir anormallik durumunun olup olmadığıı değıerlendirilmektedir.

EMG, elektrotların cilde yapıştırıldığıı yüzey EMG'si ve iğıne elektrotun kas içine girdiğıı iğıne EMG'si olarak iki uygulama şeklinde ayrılmaktadır. EMG uygulamasının diz osteoartritli bireylerde g venilirliğıı Hubley-Kozey ve ark. (2013) tarafından gerçekleştirilmiştir (204). Yapılan bir çalışmada diz osteoartritli bireylerde rektus femoris kası için minimal  l lebilir değıişim (smallest detectable change) oranı %82 olarak  l lm  t r (205). Araştırmamızda yüzey EMG  l m  kuadriseps femoris kası için yapıldı.

Tüm hastalarda kas aktivitesi ölümleri için aynı EMG cihazı (Natus Keypoint Dantec G4, Denmark) kullanıldı.  l mler yapılırken hasta sırt kısmı 45 derece kadar kaldırılmış bir sedyede sırtüstü uzanacak şekilde pozisyonlandı.  ekim esnasında kendinden yapışkanlı dairesel yüzey elektrotları (NCS NM-31 electrode, Japan) kullanıldı. Yüzey elektrotlarından biri rektus femoris kasının patellar tendona yakın kısmına diğ er elektrot bunun 2 cm üzerine ve toprak elektrot da diğ er iki elektrottan en az 2 cm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirildi. Hastadan rektus femoris kasını izometrik olarak maksimal düzeyde 10 saniye süre ile kasmaı istendi ve her diz için üç ölüm gerçekleştirildi. En iyi sonuç kaydedildi. Rektus femoris kasının elektriksel aktivitesi mikrovolt cinsinden kaydedildi. Ayrıca H-refleksi değıerlendirmesi her iki bacak için gerçekleştirildi. H refleksi tendon refleksinin bir analogudur. H refleksi medyan sinir uyarımına cevaben fleksör karpi radialis kasından, tibial sinir uyarımına cevaben soleus kasından kaydedilir. H refleksi duysal ve motor bileşenleri olan monosinaptik bir reflekstir. H refleksi kaydedilirken verilen uyarının şiddeti arttırılırsa H refleksinin genliğıı büyür, belirli bir şiddetin üzerinde motor aksonlar da uyarılmaya ba lar ve ekranda erken latanslı motor yanıt (M) belirir. Uyarının  iddeti arttırılmaya devam ederse M yanıtı büyür, H refleksi giderek küçülür. Çalışmamızda H refleksi hasta yüzüstü yatar pozisyonda

iken soleus kasından kayıtları. Elektrotlardan biri soleus kası distal kısmına, diğer elektrot bunun 2 cm üzerine ve toprak elektrot da her iki elektrottan en az 2 cm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilerek diz altından uyarı verildi. Verilen uyarı sonrası H refleksinin en yüksek olduğu değer Hmax olarak mikrovolt cinsinden kaydedildi. Uyarının şiddeti artırılarak H refleksinin en küçük M yanıtının en büyük olduğu noktada Mmax yanıtı mikrovolt cinsinden kaydedildi. Bunu takiben Hmax/Mmax kullanılarak analizler yapıldı ve motor ünite havuzunun uyarılabilirliği değerlendirildi. H refleksini oluşturan yolların herhangi birinin hasarında H refleksi yanıtları bozulur veya alınamaz. Örneğin S1 kök basısında soleus kası H refleks yanıtı kaybolur veya düşük amplitüdlü ve geç latanslı olarak kaydedilir. Bu ölçüm gereğine ait sonuçlar tablo olarak kayda alınmıştır. (Ek 3'te yer almaktadır).



Fotoğraf 3.1. Elektromiyografi (EMG) uygulaması

3.6.2.3 Denge değerlendirmesi:

Statik ve dinamik denge için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Statik denge değerlendirilmesi Tetrax Postürografi cihazıyla gerçekleştirilirken, dinamik denge değerlendirmesi ise Zamanlı Kalk ve Yürü testi ile gerçekleştirildi.

➤ Statik denge değerlendirmesi

Statik dengenin değerlendirilmesi Tetrax® postürografi cihazı (Sunlight Medical Ltd. İsrail) aracılığıyla gerçekleştirildi. Tetrax postürografi cihazı statik

denge nin ölçülmesinde sıklıkla kullanılan bilgisayarlı bir postürografi ölçüm cihazıdır. Gözler açık ve kapalı olmak üzere toplam 8 farklı ölçüm yapılır. Topuk ve ayak tabanı basınç farklılıkları, senkronizasyon gibi parametreleri değerlendirir. Tetrax'ın kuvvet plakası dört ayrı plakadan oluşur ve her bir kuvvet plakası, ön ve arka ayakların dikey basıncını ölçer. Ön ayak kuvvet levhaları (sol kuvvet levhası: B, sağ kuvvet levhası: D) 12×19 cm'lik dikdörtgenlerdir ve arka ayak kuvvet levhaları (sol kuvvet levhası: A, sağ kuvvet levhası: C) 12×12 cm'lik karelerdir. Kişi üzerinde durduğunda her bir kuvvet plakasının basınç yükü ile elde edilen veriler büyütülür ve filtre edilerek bilgisayara aktarılır ve Tetrax yazılım programı tarafından analiz edilir. Kişiler ayakkabılarını çıkarır, ayaklarını plakalara yerleştirir ve rahat bir pozisyonda ayakta dik dururlar. Test için sekiz farklı duruş değerlendirilir ve her bir duruş 32 saniye boyunca ölçülür.

İlk duruş (NO): baş dik göz açık pozisyonda kişi platform üzerinde karşıya bakar, temel pozisyon olup referans olarak kullanılabilir.

Görme etkisini sınırlamak için baş dik göz kapalı (NC) duruşu: Somatik duyunun veya vestibüler organın etkisi vurgulanır.

Daha sonra, aşağıdaki sırayla dört farklı duruş test edilir:

Baş sağa (HR): baş 45° sağa döndürülür.

Baş sola (HL): baş 45° sola döndürülür. Sağ ve sola baş dönüşleri arasındaki farklı skorlar bir sıkıntının işareti olabilir.

Baş geriye (HB): başı 30° geriye yatırarak ve tavana bakacak şekilde gerçekleştirilir.

Öne doğru (HF): başı 30° öne eğerek ve yere bakacak şekilde ölçümler tamamlanır. Bu pozisyonlar, vestibüler aparat veya lomber veya servikal vertebra ile ilgili problem durumlarında postüral sapmalara karşı hassastır.

Son olarak, cihazın zeminine mavi köpük-kauçuk yastık yerleştirilir ve gözü açık (PO) ve gözü kapalı (PC) olacak şekilde ölçüm yapılır.

PO duruşundaki köpük-kauçuk yastık somatik duyunun müdahalesini sınırlar ve görme yeteneğinin dengeyi korumadaki etkisini vurgular. Bu nedenle, bu duruştaki stabilitenin azalması, genellikle görmede bir anormallik anlamına gelir.

PC duruşu hem görsel hem de somatik duyuların girişini sınırlar, böylece vestibüler organa baskı uygular. PC duruşundaki stabilite azalması, vestibüler organla ilgili bir sorunu gösterir.

Aşağıdaki Fotoğraf-3.2 statik denge değerlendirmesini göstermektedir.



Fotoğraf 3.2. Tetrax Postürografi cihazıyla statik denge değerlendirmesi

Postüral değişken faktörler için stabilite indeksi (ST), Fourier Harmonik indeksi (FHI), ağırlık dağılım indeksi (WDI) ve senkronizasyon indeksi (SI) ölçülür (206). Bu cihazın kırılğan yaşlılarda test-yeniden test güvenilirliği kanıtlanmıştır (207).

(1) Stabilite indeksi (ST): ST, genel postüral salınımın derecesini gösteren bir değişkendir, Dolayısıyla genel stabiliteyi ve postürdeki değişiklikleri kontrol etme ve telafi etme yeteneğini test eder. İndeks puanı ne kadar yüksekse duruş o kadar dengesizdir. Bu indekste standart sapma değerleri göz önüne alınır ve $-1,5+1,5$ Hz arası standart sapma normal salınım kabul edilir ve statik dengenin iyi durumda olduğuna işaret eder. Öte yandan bu standart sapma değeri arttıkça

dengede bozulma meydana geldiği düşünülür ve bu yüzden diğer indeksler üzerinden nedeni araştırılır.

(2) Ağırlık dağılım indeksi (WDI): WDI, normal indeks 4 ila 6 olmak üzere dört kuvvet plakasına dağıtılan ağırlık seviyesini yansıtır. Dört kuvvet plakasının her birine konulan normal ağırlık yüzdesi %25'tir. Yüksek bir yüzde, ağırlık dağılımının fizyolojik %25'ten daha radikal bir şekilde değiştiği patolojik bir duruma işaret eder.

(3) Fourier indeksi: Fourier indeksi, instabiliteye neden olan her lezyon için farklı bir frekans gösteren Fourier dönüşümü yoluyla postüral salınım yoğunluğunun bir regresyon analizidir. Fourier dönüşümü aşağıdaki gibi gerçekleşir:

0,01-3 Hz arasındaki frekans farklılıklarındaki salınım şiddetlerini belli aralıklar üzerinden analiz eder. Frekans için daha yüksek bir indeks, daha büyük bir istikrarsızlığı gösterir.

0,01-0,1 düşük frekans görsel fonksiyon bozukluğu,

0,1-0,5 Hz'lik düşük-orta frekanstaki (F2-4) dalgalanma genellikle vestibüler organda bir anormallik, kas-iskelet sistemi yorgunluğu veya sarhoşluk anlamına gelir ve yüksek bir indekse sahiptir.

0,5-1 Hz'lik orta-yüksek frekanstaki (F5-6) dalgalanma, öznenin omurga ve alt ekstremitelerinin motor fonksiyonlarındaki düşüşe bağlı olarak somatik duyuusal yanıtta bir bozukluğu olduğunda yüksek bir indeks gösterir, ayrıca propriyoseptif kayıp durumlarında da yüksek indeks gösterir.

1 Hz'den daha yüksek ve 3 Hz'e kadar olan bir yüksek frekanstaki (F7-8) dalgalanma, merkezi sinir sistemi anormalliği nedeniyle bir postüral dengesizlik meydana geldiğinde yüksek bir indeks gösterir (206).

Ayrıca her frekansın ayrı bir aralığı bulunmaktadır:

F1:0,01-0,1 Hz

F2:0,1-0,25 Hz

F3:0,25-0,35 Hz

F4:0,35-0,50 Hz

F5:0,50-0,75 Hz

F6:0,75-1 Hz

F7:1-3 Hz

F8:3 Hz ve üzeri (208).

Fourier dönüşümü yapılmış salınım değerleri 8 pozisyonun her biri için bir grafik haline getirilir ve böylece matematiksel bir derece regresyonu yapılmış olur.

(4) Senkronizasyon indeksi (SI): A, B, C ve D'nin dört kuvvet plakasının vücut titreşimlerinden ölçülen salınım dalgalarından ikisini karşılaştırarak, altı kombinasyon (AB, CD, BD, AC, BC, AD) türetilir. Değerler -1.000 ila 1.000 arasındadır. Normal bir öznenin mutlak değeri 700 veya daha fazladır. Daha düşük bir mutlak değer ise ayakların ince duruş kontrol etme yeteneğinde bir düşüş anlamına gelir (206).

Bu çalışmada Tetrax postürografi cihazıyla yapılan ölçümler sessiz ve özel olarak ayrılmış bir odada uzman fizyoterapist tarafından gerçekleştirildi ve çalışmanın amacına bağlı olarak genel stabilite indeksi skoru, düşme riski değerlendirme puanı (FI) ve F5-F6 frekanslarında meydana gelen salınımların fourier dönüşüme göre belirlenmiş skorları, ayrıca Fourier Harmonik İndeks (FHI) skorları değerlendirildi. Düşme riski değerlendirme puanı düşme riskiyle denge arasındaki yüksek bağımlılık nedeniyle değerlendirme kapsamına alındı (209). Bu ölçüm gereğine ait sonuçlar tablo olarak kayda alınmıştır. (Ek 3'te yer almaktadır).

➤ ***Dinamik Denge Değerlendirmesi***

Dinamik dengenin değerlendirilmesi için Zamanlı Kalk ve Yürü testi (TUG) kullanıldı. Bu test için bir standart sandalye, bir kronometre (Samsung J7, South Korea) ve en az 3 metrelik bir hole ihtiyaç duyulur. Katılımcı komutla sandalyeden kalkıp 3 metre ileride işaretlenmiş noktadan geri dönerek sandalyeye oturur ve süre kaydedilir. Hastaya bir deneme yaptırıldıktan sonra iki kez daha parkur tamamlatılır ve 2. ve 3. ölçümün ortalaması kaydedilir. Eğer bu süre 12 saniyeden fazla ise dinamik denge bozukluğundan söz edilir. Diz osteoartritli bireylerde geçerlilik ve güvenilirliği Alghadir ve ark. (2015) tarafından yapılmıştır. TUG testinin 1-3 seviye diz osteoartritli bireylerde hesaplanmış minimal ölçülebilir değişim (minimal

detectable change) süresi aynı ölçümcü için 1,10 sn, iki farklı ölçümcü için ise 1,14 sn olarak belirlenmiştir (210).

Zamanlı kalk ve yürü testi çalışmanın yapıldığı Atatürk Eğitim ve Araştırma Hastanesi fizyoterapi uygulama salonundaki uzun bir salonda gerçekleştirildi. Aşağıdaki Fotoğraf- 3.3 zamanlı kalk ve yürü testinin yapıldığı alanı göstermektedir.



Fotoğraf 3.3. Zamanlı Kalk ve Yürü Testi

Bu ölçüm gereğine ait sonuçlar sayısal olarak kayıt altına alınmıştır. (Ek 3'te yer almaktadır).

3.6.2.4 Kassal Endurans

Kassal endurans 30 saniye kalk-otur testi (30 seconds chair test) kullanılarak değerlendirildi. Bu test katılımcının oturup kalkma enduransını ve bacak dayanıklılığını değerlendiren bir testtir. 30 saniye boyunca 43 cm yüksekliğinde standart ve sabit bir sandalye üzerinde yapılan oturup kalkma sayısı kaydedilir. Test sırasında hasta sandalyeye dik bir şekilde ayak tabanı tamamen yerde olacak ve kolları gövdesinde çapraz yapacak şekilde oturur ve kalkar. Bu testte oturma ve

kalkma hareketlerinin tamamlanması testin güvenilirliği açısından çok önemlidir. Eğer oturup kalkma sayısı 30 saniye içinde 10'dan az ise endurans yetersiz kabul edilir (211). Diz osteoartritli bireylerde geçerlilik ve güvenilirliği Holm ve ark. (2021) tarafından yapılmıştır (212). Diz replasman tedavisi olanlarda minimal ölçülebilir değişim (minimal detectable change) oranı 1,64 kez otur kalk olarak hesaplandı (213).

Bu çalışmada 30 saniye kalk-otur testi egzersizlerin uygulandığı salonda hastaların rahatsız olmayacağı şekilde sessiz ve uygun bir ortamda gerçekleştirildi. Hastalara ilk olarak sandalyede nasıl oturacakları oturup kalkarken gövdelerinde kollarını çapraz yapmaları gerektiği ve herhangi bir destek almamaları gerektiği hususunda bilgilendirme yapıldı. Fotoğraf-3.4 30 saniye kalk-otur testinin gerçekleştiriliş şeklini göstermektedir.



Fotoğraf 3.4. 30 saniye otur-kalk testi

Bu ölçüm gereğine ait sonuçlar sayısal olarak kayıt altına alınmıştır. (Ek 3'te yer almaktadır).

3.6.2.5 Diz Eklemi Propriyosepsiyonu

Propriyosepsiyon eklemin bulunduğu pozisyonun veya açının hissiyatına sahip olması olarak tanımlanmaktadır. Bu yüzden propriyosepsiyon değerlendirmesi yapabilmek için reproduksiyon testi diye bilinen bir uygulamanın gerçekleştirilmesi gerekir. Reprodüksiyon testi diz eklemi için oturma pozisyonunda eklemin aktif veya pasif olarak 30 veya 60 derece ekstansiyon pozisyonuna getirilmesi ya da yüzüstü yatış pozisyonunda eklemin 30 veya 60

derece fleksiyona getirilmesi ile gerçekleştirilir (214, 215). Eklem belirlenmiş açılardan birine getirildiği sırada hastanın gözleri kapalıdır. Eklem istenen açıya getirilince hastadan bu pozisyonu aklında tutması istenir ve eklem başlangıç pozisyonuna geri getirilir. Daha sonra hastadan gözleri kapalı haldeyken aynı açıya eklemi getirmesi istenir (215).

Bu çalışmada propriyosepsiyon değerlendirilmesi yapılırken hastadan yerden 80 cm yüksekliğindeki bir sedyeye oturup diz altı popliteal bölgesi sedyeye değecek şekilde diz eklemi fleksiyonda bacakları yataktan sarkmış bir şekilde oturması istendi. Hasta gözlerini kapadı ve diz eklemi 30 derece ekstansiyona gelene kadar fizyoterapist tarafından aktif bir şekilde hareket ettirildi. Daha sonra hastaya bu pozisyonu aklında tutması söylendi ve bacak başlangıç pozisyonuna geri getirildi. Bunu takiben hastadan aynı açıya gözleri kapalıyken dizlerini getirmesi istendi ve hasta getirdiğini ifade ettiğinde getirdiği açı Protractor and Angle Gauge (Toolkit, Korea) ücretsiz cep telefonu uygulaması aracılığıyla kaydedildi. Bu işlem her iki diz için 3 kez tekrarlandı ve ortalama açısal farklar kayıt altına alındı.

Protractor and Angle Gauge (Toolkit, Korea) bir uygulama aracılığıyla eklemlerde işaretleme yapılarak açısal değişikliklerin hassas bir şekilde ölçülerek değerlendirme yapıldığı bir ücretsiz telefon uygulamasıdır. Bu tarz cep telefonu uygulamalarının diz OA bireylerde geçerli ve güvenilir olduğu daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (13, 216).



Fotoğraf 3.5. Propriyosepsiyon değerlendirmesi

Bu ölçüm gereğine ait sonuçlar tablo olarak kayıt altına alınmıştır. (Ek 3'te yer almaktadır).

3.6.2.6 Ağrı Yoğunluğu ve Fiziksel Fonksiyon Değerlendirmesi

Bu çalışmada fiziksel fonksiyon değerlendirmesi için Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC) kullanıldı. Kalça ve/veya diz osteoartritinde bu durumlarla ilişkili dizabiliteyi değerlendiren bir ölçektir. Ağrı, tutukluk ve fiziksel fonksiyon olmak üzere üç kısımdan oluşur (sırasıyla 5, 2 ve 17 soru). Toplam 24 madde içerir. Maddelerin puanlanması Likert skalasına göre yapılır. Likert skalasında 0'dan 4'e kadar puan verilerek ağrı ve zorlanma derecesi belirtilir (0=yok, 1= hafif, 2=orta şiddetli, 3=şiddetli, 4=çok şiddetli). Türkçe geçerliliği Tüzün ve ark. (2005) tarafından yapılmıştır (114). WOMAC için alt ekstremitte osteoartritli bireylerde belirlenmiş en az klinik anlamlılık farkı (minimal clinical importance difference) skoru 1,33 puandır (217).

Ağrı ve eklem sertliği alt başlıkları için kişilerin son 24 saat içindeki durumlarını göz önüne almaları gerekmektedir. Fiziksel fonksiyon alt başlığı için son 24 saat içinde günlük yaşam aktivitelerinde yaşadıkları zorlanmaları dikkate alarak cevaplamaları istenir. WOMAC ağrı başlığı için toplam 20 puan toplanabilmekte olup WOMAC ağrı skorunu belirlemek için bu değer 0,5 ile çarpılır. Eklem sertliği bölümünden maksimum ham 8 puan alınabilmekte olup, hesaplanan değer 1,25 ile çarpılarak WOMAC sertlik skoru hesaplanır. Fiziksel fonksiyonlar bölümü için ise toplam alınabilir ham puan 68 olup, bulunan değer 0,147 ile çarpılarak WOMAC fiziksel fonksiyonlar skoru elde edilir. Toplam WOMAC puanı ise WOMAC sertlik+WOMACağrı+WOMACfiziksel fonksiyon şeklinde hesaplanır (218, 219).

Çalışmamız sırasında WOMAC formu hastalara elden verilmiş ve elle doldurmaları istenmiştir. Her anket ortalama 10 dakika sürmüştür. Anket WOMAC puanlaması yukarıdaki açıklamalara göre hesaplandı. (Ek 3'te yer almaktadır).

3.6.2.7 Günlük Yaşam Aktivitelerinde Bağımsızlık Düzeyi Değerlendirmesi

Bu çalışmada bağımsızlık düzeyinin değerlendirilmesi KATZ günlük yaşam aktiviteleri bağımsızlık indeksi aracılığıyla değerlendirildi. Katılımcıların banyo yapma, giyinme, tuvalet yapma, transfer, kontinans ve beslenme başlıklı 6 farklı

alanda bağımsızlık seviyelerini belirler. 0 ila 6 puan arasında puanlanır. Her soru 0 bağımlı ya da 1 bağımsız anlamına gelecek şekilde puanlanır. Bir puan, alt başlıklarla bağımsızlık, denetim, yönlendirme veya kişisel yardım olmaması anlamındadır. Bir katılımcının günlük aktivitelerinde alt başlıklar için süpervizyona, yönlendirmeye, kişisel asistana veya tam bakıma bağımlı olduğunu belirtmek için sıfır puan verilir. Toplam puan sıfır (hasta çok bağımlı) ile altı (hasta tamamen bağımsız) arasında değişir. Katz Günlük Yaşam Aktivitesi'nde toplam 2 veya daha düşük puan ciddi fonksiyonel bozukluğu, 4 orta derecede bozulmayı ve 6 puan GYA'da tam fonksiyonel bağımsızlığı gösterir. Türkçe geçerliliği Arık ve ark. (2015) tarafından yapılmıştır (220). KATZ Günlük yaşam aktiviteleri bağımsızlık indeksi minimal önemli farklılık skoru 0,47 puan olarak belirlenmiştir (221).

KATZ indeksi, ölçümlerin gerçekleştirildiği odada hastalara elden verilerek hastalar tarafından doldurulması sağlandı. (Ek 3'te yer almaktadır).

3.6.2.8 Tedavi memnuniyeti değerlendirmesi

Tedavinin bittiği 3. hafta sonunda hastalara 10 cm'lik görsel analog skala (GAS) üzerinde işaretleme yaptırılarak gerçekleştirildi. Sadece çalışma bitiminde değerlendirilmiş olup tedavi öncesi ölçüm yapılmamıştır.

Bu ölçek 10 cm uzunluğunda yatay çizilen bir çizgi üzerinde katılımcının herhangi bir noktayı rastgele işaretledikten sonra, işaretli noktanın bir cetvel yardımıyla mesafesinin ölçülmesiyle bulunur. Çizgide en sol hiç memnun kalmadım, en sağ nokta ise tedaviden çok memnun kaldım şeklinde işaretlendi. Katılımcılar bu iki nokta üzeri veya arasında herhangi bir noktayı işaretlerler. (Ek 3'te yer almaktadır). Bu iki nokta arasında başka bir numaralandırma veya bilgilendirme yazısı bulunabileceği gibi, olmaması da tercih edilebilir (222). Bu ölçek için minimal ölçülebilir değişim (minimal detectable change) değeri 0,7-1,1 cm olarak belirlenmiştir (223).

3.7 Tedavi Uygulamasının Karakteristikleri

Bu çalışma sham-kontrollü randomize bir çalışmadır. Çalışmada randomizasyon tabakalandırılmış randomizasyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi. Bunun için hastalar cinsiyet ve diz OA şiddet seviyesine göre tabakalandırıldı ve geliş sıralarına göre bir sanal gerçeklik grubuna bir sham-

kontrol grubuna olacak şekilde rastgele dağıtıldı. Hastaların hastalık şiddet seviyesi bir Fiziatrist tarafından Kellgren-Lawrence radyolojik sınıflandırmasına göre belirlendi ve 1-3 seviyesinde olanlar uygulamayı gerçekleştirecek olan fizyoterapiste yönlendirildi. Randomizasyonu gerçekleştirilen her iki gruptaki bireylerin ilk değerlendirilmeleri aynı fizyoterapist ve nörolog tarafından gerçekleştirildi. Çalışmada yüzeysel EMG nörolog, diğer ölçümler fizyoterapist tarafından gerçekleştirildi. Ölçümler rastgele olarak yapıldı ve böylece katılımcıların yapılan değerlendirme yöntemlerine aşinalık geliştirmelerinin önüne geçildi. Katılımcılara ölçümler arasında ihtiyaca bağlı olarak dinlenme araları verildi. Katılımcılar geleneksel fizyoterapiye ek olarak, sham-kontrol grubundakiler sham-sanal gerçeklik uygulaması, sanal gerçeklik grubundakiler gerçek non-immersive sanal gerçeklik uygulaması olarak tedavi programını tamamladılar. Her iki grupta yer alan katılımcılardan hiçbiri tedavi süreci boyunca birbiriyle karşılaşmadı. Hiçbir katılımcı bir diğerinin aldığı tedaviyi görmedi. Tüm rehabilitasyon uygulamaları fizyoterapist tarafından uygulandı.

3.7.1 Sham-kontrol Grubu

Bu gruptaki katılımcılar önce geleneksel fizyoterapi (45 dk), takiben 30 dakika sham-sanal gerçeklik uygulamasına tabi tutuldular.

Geleneksel fizyoterapi programı hot pack (20 dakika), Chattanooga kombine elektroterapi cihazı aracılığıyla TENS (20 dakika) ve sandalyede oturma pozisyonunda, eller karşı omuzlarda kenetli olacak şekilde sağ ve sol için 1 set /10 tekrar diz fleksiyon/ekstansiyon egzersizlerinden (5 dakika) oluştu. Hot pack uygulaması hydrocollator, Chattanooga marka hot pack'ler aracılığıyla hastanın tolerans durumuna göre 2 kat havlu içinde uygulandı (224). TENS uygulaması 100 Hz frekans, 100 mikrosaniye pulse (atım) geçiş süresi ve hastanın tolerans seviyesine göre 20-35mA akım şiddeti olacak şekilde ayarlandı (144). Tüm uygulamalar fizyoterapist tarafından ya da gözetiminde gerçekleştirildi. Fotoğraf-3.6, fotoğraf-3.7 ve fotoğraf-3.8 geleneksel fizyoterapi uygulamalarını göstermektedir.



Fotoğraf 3.6. Hot pack uygulaması



Fotoğraf 3.7. TENS uygulaması



Fotoğraf 3.8. Diz fleksiyon/ekstansiyon egzersizi

Sham-sanal gerçeklik uygulamasında ise katılımcılar ekran karşısında bir sandalyede oturarak gövdeleri bir kemer yardımıyla sabitlenmiş bir durumda iken karşıdan gelen ve rastgele yönlere doğru gönderilen topları üst ekstremitelerini kullanarak engellemeye çalıştıkları bir oyunu (Rally Ball Oyunu) fizyoterapist gözetiminde gerçekleştirdi. Bu uygulama toplam 30 dakika sürdü (10 dk uygulama 5 dk dinlenme ve 10 dakika uygulama 5 dakika dinlenme süresince takip şeklinde uygulandı). Katılımcılar aşırı yorulduklarını beyan ettiklerinde ilk dinlenme süresi uzatılıp son dinlenme süre takibinde kısaltma uygulandı böylelikle tedavi uygulama süresi her hastada dengelendi. Fotoğraf-3.9 sham-sanal gerçeklik uygulamasını göstermektedir.



Fotoğraf 3.9. Sham-sanal gerçeklik uygulaması

3.7.2 Non-immersive sanal gerçeklik grubu

Bu grup da sham-kontrol grubu gibi önce 45 dakikalık geleneksel fizyoterapi programıyla tedavi edildi ve daha sonra non-immersive sanal gerçeklik terapisi aldı.

Non-immersive sanal gerçeklik uygulaması ise hastalar Microsoft Kinect Xbox'ın karşısında ayakta dururken 30 dakika boyunca 10 dakika oyun 5 dakika dinlenme 10 dakika oyun ve 5 dakika dinlenme sırasında takip şeklinde uygulandı. Hastalar fizyoterapist gözetiminde akıntılı bir nehir üzerinde giden bir bot içinde ayakta durduğu ve engelleri zıplayarak, çömelerek ve sağa-sola adım alarak aşması gerektiği bir oyunu oynadı (RİVER RUSH-Curvy Creek oyunu). Bu oyun bacakların diz seviyesinde sağa-sola valgus ve varus hareketlerini, dizin fleksiyon ve ekstansiyonunu, zıplamayı, çömelmeyi ve gövdenin sağa ve sola lateral fleksiyonunu gerektiren komplike bir oyundu. Bu oyun zorluk derecesine göre 3 seviyeden oluşuyordu ve bu çalışmada hastaların sağlığı hususunda bir tehlike meydana getirmemek için daha kolay uygulayabilecekleri Seviye 1 Curvy Creek oyunu tercih edildi. Fotoğraf-3.10 non-immersive sanal gerçeklik uygulamasını göstermektedir.



Fotoğraf 3.10. Non-immersive Sanal Gerçeklik Uygulaması

3.8 İstatistiksel Analiz

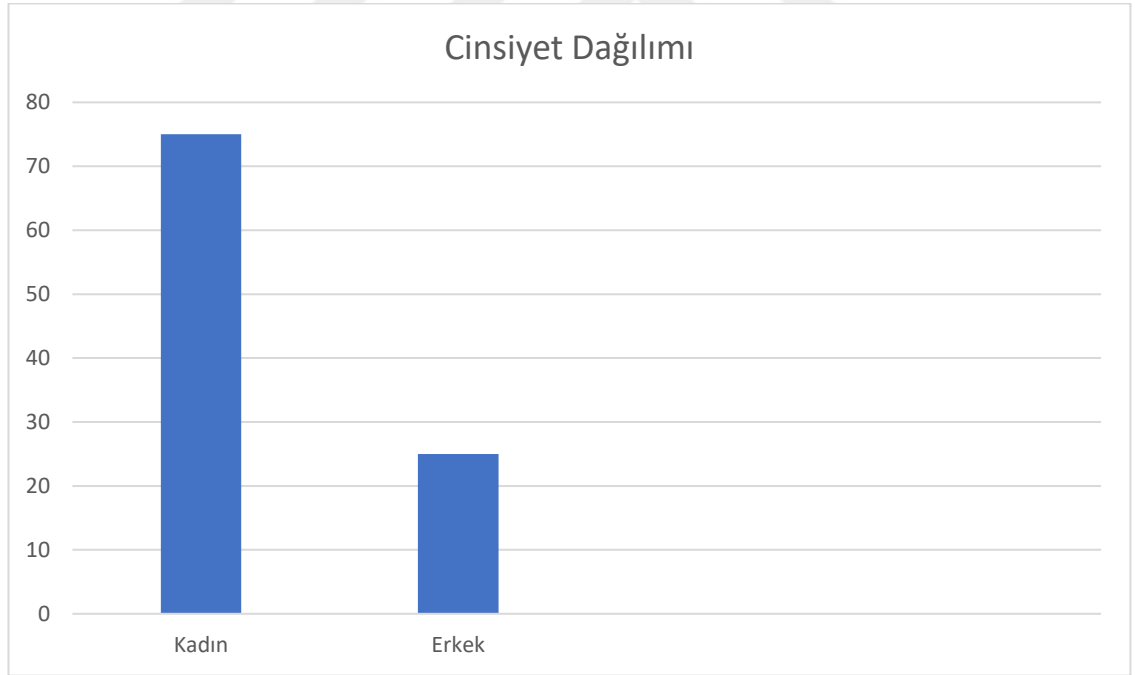
Çalışmanın verilerinin istatistiksel analizi SPSS 24.00 (IBM, USA) kullanılarak gerçekleştirildi. Çalışmadaki verilerin dağılımı ShapiroWilk's test istatistiği, çarpıklık ve basıklık değerleri, histogram, q-q grafiği ile değerlendirildi ve verilerin normal dağılım göstermediği ortaya çıktı. Demografik verilerin kıyaslanması Chi-square (χ^2) analizi kullanılarak yapıldı. Veriler normal dağılım göstermediğinden dolayı grup içi ön ve son ölçüm arasındaki fark kıyaslamalarında Wilcoxon-sign testi kullanılırken, gruplar arası kıyaslamalarda Mann-Whitney U testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi iki yönlü olarak $p < 0,05$ değeri için istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Bu kısımda öncelikle tanımlayıcı istatistikler, daha sonra ise ölçüm gereçlerine ilişkin grup içi ve gruplar arası değişimlerin analizinin sonuçları verildi.

4.1 Tanımlayıcı İstatistikler

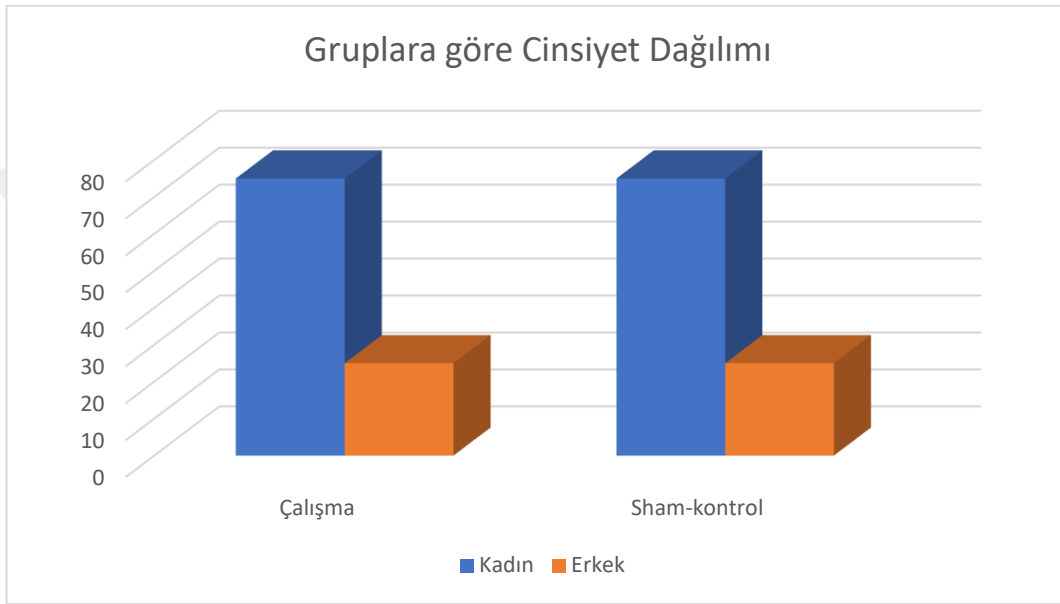
Çalışmanın dahil edilme kriterlerini karşılayan toplam 42 katılımcı çalışmaya dahil edildi ve çalışma ve sham-kontrol gruplarına rastgele olacak şekilde dağıtıldı. Ancak katılımcılardan biri bir yakını kaybettiğinden, bir diğer katılımcı ise bazı kişisel sağlık sorunlarını neden göstererek çalışmadan ayrıldı. Toplamda 40 katılımcı her iki gruba 20 kişi olacak şekilde tabakalandırılmış randomizasyon yöntemi kullanılarak rastgele olarak dağıtıldı. Katılımcılardan 30'u kadın (%75), 10'u ise erkek (%25) katılımcıydı (Tablo 4.1). Şekil 4.1 katılımcıların cinsiyetlerinin birbirine oranını, Şekil 4.2 ise cinsiyetleri baz alarak gruplara dağılımlarını göstermektedir.



Şekil 4.1. Cinsiyet Dağılımı

Tablo 4.1. Gruplarda yer alan kadın-erkek dağılımı

Cinsiyet	Kadın	Erkek	Toplam
Çalışma Grubu	15 (%75)	5 (%25)	20 (%50)
Sham-Kontrol Grubu	15 (%75)	5 (%25)	20 (%50)
Toplam	30 (%75)	10 (%25)	40 (%100)



Şekil 4.2. Gruplara göre cinsiyet dağılımı

Grupların yaş, boy, kilo ve vücut kitle indeksi (VKİ) gibi bazı demografik verileri ve grupların istatistiksel olarak karşılaştırılması sonucu ortaya çıkan veriler Tablo 4.2’de gösterildi. Tablo 4.2 incelendiğinde bahsi geçen parametreler açısından istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmadığı görülmektedir ($p>0,05$).

Tablo 4.2. Grupların demografik özellikleri ve gruplar arası değerlerin karşılaştırılması

Değişkenler	GRUPLAR				Asymp. Sig. P*
	Çalışma (n:20)		Sham-kontrol(n:20)		
	Medyan (min-max)	X±SS	Medyan (min-max)	X±SS	
Yaş (yıl)	62(45-77)	60,05±8,26	64(50-78)	63,95±8,78	0,577
Boy (cm)	158(150-186)	161±9,35	158(151-187)	162,85±10,71	0,386
Kilo (kg)	80,5(60-125)	82±18,13	77(56-105)	77,20±13,04	0,189
VKİ (kg/m²)	31,90 (20,76-41,76)	31,63±5,01	27,73 (22,40-45,17)	29,37±6,12	0,096

P*: Mann-Whitney U X±SS: Ortalama±Standart sapma

Mesleki durum, diz OA hastalık şiddeti, diz OA hastalığına sahip olunan toplam süre değişkenlerine ait bazı veriler Tablo 4.3, grupların istatistiksel karşılaştırmasına ilişkin bulgular ise yine Tablo 4.3'te gösterildi. Tablo 4.3 incelendiğinde ki-kare analizi yoluyla yapılan incelemede üç parametre için de gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir ($p>0,05$).

Tablo 4.3. Mesleki durum, diz OA hastalık şiddeti, diz OA hastalığına sahip olunan toplam süre değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler		Gruplar		Toplam	P*
		Çalışma (n/%)	Kontrol (n/%)		
Meslek	Çalışmıyor	12 (60)	14 (70)	26	0,803
	Çalışıyor	4 (20)	3 (15)	7	
	Emekli	4 (20)	3 (15)	7	
	Toplam	20 (100)	20 (100)	40	
DizOAşağıSeviye	Grade 1	1 (5)	1 (5)	2	0,619
	Grade 2	10 (50)	7 (35)	17	
	Grade 3	9 (45)	12 (60)	21	
	Toplam	20 (100)	20 (100)	40	
DİZOAsolSeviye	Grade 1	1 (5)	1(5)	2	0,619
	Grade 2	12 (60)	9 (45)	21	
	Grade 3	7 (35)	10 (50)	17	
	Toplam	20 (100)	20 (100)	40	
Toplam hastalık süresi	0-1 yıl	5 (25)	6 (30)	11	0,817
	1-4 yıl	5 (25)	6 (30)	11	
	+4 yıl	10 (50)	8 (40)	18	
	Toplam	20 (100)	20 (100)	40	

*Ki-kare analizi sonuçları

Kronik hastalıklar ve kullanılan farmakolojik ajanlar değişkenlerine ilişkin veriler ve gruplar arası istatistiksel karşılaştırmalara ilişkin bulgular Tablo 4.4 üzerinde gösterildi. Tablo 4.4 detaylı incelendiğinde çalışma ve sham-kontrol grupları arasında kronik hastalıklar ve kullanılan farmakolojik ajanlar açısından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir ($p>0,05$).

Tablo 4.4. Kronik hastalıklar ve kullanılan farmakolojik ajanlara ilişkin demografik veriler ve gruplar arası karşılaştırılması

Değişkenler		Gruplar		P*
		Çalışma (n/%)	Kontrol(n/%)	
Kronik hast.	Metabolik	10 (50)	6 (30)	0,200
	Pulmoner	2 (10)	0 (0)	
	Metabolik+pulmoner	4 (20)	7 (35)	
	Yok	4 (20)	7 (35)	
	Toplam	20 (100)	20 (100)	
Farmakoloji	Var	14 (70)	13 (65)	0,736
	Yok	6 (30)	7 (35)	
	Toplam	20 (100)	20 (100)	

*Ki-kare analizi sonuçları

4.2 Grup İçi Değişim Analizleri

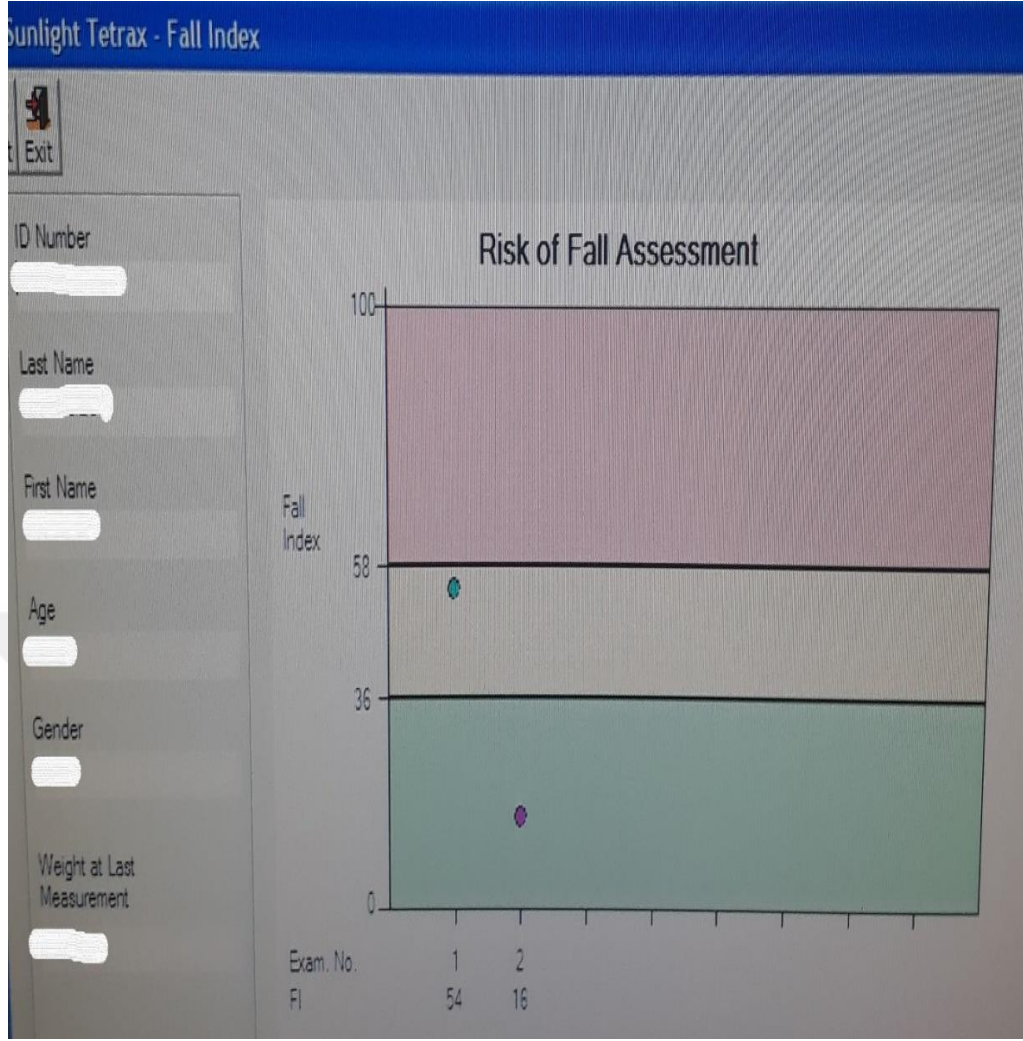
4.2.1 Statik Denge Değerlendirmesi

Tetrax postürografi cihazı üzerinde salınım kaynaklı denge bozulmaları Şekil 4.3’de gösterildiği gibi farklı renklerde boyanmış daireler şeklinde tanımlanır. Bu dairelere bakılarak alçak veya yüksek frekanslardaki salınımların hangisinde daha fazla denge bozulması olduğu anlaşılabilmektedir. Ayrıca bu gösterim sayesinde denge bozulmasının kaynağı da tahmin edilebilmektedir. Örneğin F5-F6 salınım frekansı katılımcının omurga ve alt ekstremitelerindeki motor fonksiyonlarındaki düşüşe bağlı olarak somatik duysal yanıtta bir bozukluğu olduğunda yüksek bir indeks gösterir, ayrıca propriyoseptif kayıp durumlarında da yüksek indeks gösterir. Bu araştırmada çalışma grubunda yer alan bir kişide F5-F6 salınım frekansında koyu rankle gösterilen ciddi statik denge bozukluğu olan bir tablo Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Bu tabloda daha koyu boyanmış her daire statik dengede meydana gelen bozulmaları işaret etmektedir. Daha açık boyanmış daireler normale daha yakın denge durumunu belirtir. İkinci ölçümde azalmış olan koyu renk daire sayısı çalışma grubunda yer alan bu bireyin uygulanan tedavi programından olumlu sonuçlar aldığını göstermektedir.

Examination No. :1		Examination No. 2							
	NO	NC	PO	PC	HR	HL	HB	HF	
ST	●	○	○	○	○	○	○	○	
F1	□	□	□	□	□	□	□	□	
F2-F4	■	□	■	□	□	■	■	■	
F5-F6	■	□	□	□	□	□	□	□	
F7-F8	■	□	□	□	□	□	□	□	
W.D.	□□	□□	□□	□□	□□	□□	□□	□□	
W.D.	○	○	○	○	○	○	○	○	
SYN L/R	□□	□□	□□	□□	□□	□□	□□	□□	
SYN TOES HEEL	□□	□□	□□	□□	□□	□□	□□	□□	

Şekil 4.3. Salınım frekanslarına göre denge durumu (çalışma grubundan bir örnek)

Çalışma grubunda yer alan bu kişiye ait denge problemi kaynaklı düşme riskini gösteren indeks ise Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Düşme riski değerlendirmesi olarak gösterilen bu grafikte ise yeşil alan (0-36 puan) en az düşme riskini, sarı alan (37-58) orta seviye düşme riskini, pembe alan (59-100) ise yüksek düşme riskini işaret etmektedir. Bu kişide düşme riski orta seviyeden (%54), en düşük seviyeye gerilemiştir (%16).



Şekil 4.4. Düşme riski değerlendirmesi (çalışma grubundan bir örnek)

Çalışmada kontrol grubunda yer alan bir bireyde salınım frekanslarındaki değişime bağlı denge değerlendirmesini gösteren grafikte ise, F5-F6 salınım frekansında gelişme olmadığını hatta daha kötü bir hal aldığını gösteren Şekil 4.5 aşağıdaki gibidir. Ayrıca grafiğe bakılarak sham-kontrol grubunda yer alan bu kişinin merkezi sinir sistemi kaynaklı bir denge sorununun olabileceği çıkarımı da yapılabilir.

Examination No. :1		Examination No. :2						
	NO	NC	PO	PC	HR	HL	HB	HF
ST	●	●	○	○	○	○	○	○
F1	□	□	□	□	□	□	□	□
F2-F4	■	■	■	■	■	■	■	■
F5-F6	■	■	■	■	■	■	■	■
F7-F8	■	■	■	■	■	■	■	■
W.D.	* □ □ □	* □ □ □	* □ □ □	* □ □ □	* □ □ □	* □ □ □	* □ □ □	* □ □ □
W.D.	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □
WDI	○	○	○	○	○	○	○	○
SYN L/R	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □
SYN L/R	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □
SYN TOES HEEL	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □
SYN TOES HEEL	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □	□ □ □ □

Legend

SS Values

-1.0 to 1.5

1.5 to 3

3 to 6

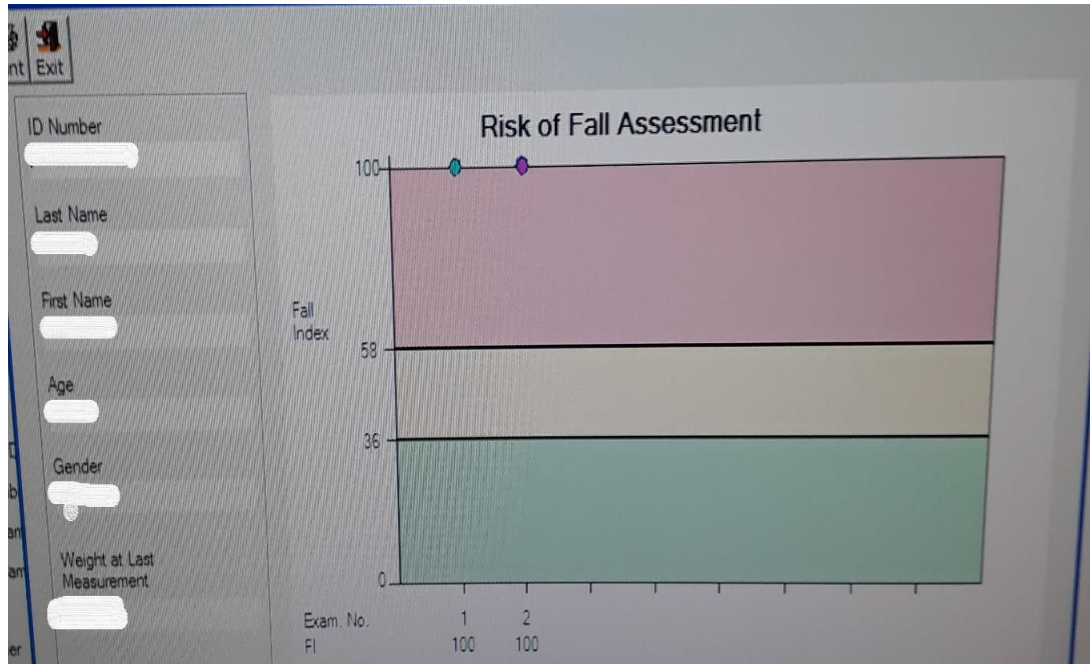
6 to

<- -1

*

Şekil 4.5. Salınım frekanslarına göre denge durumu (sham-kontrol grubundan bir örnek)

Şekil 4.6 incelendiğinde kontrol grubundaki bu bireyde düşme riskine ait grafikte de bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Bu bireyde yüksek düşme riski devam etmektedir.



Şekil 4.6. Düşme riski değerlendirmesi (sham-kontrol grubundan bir örnek)

Tetrax postürografi cihazı grafikler dışında sonuçları objektif gösterilebilmesi amacıyla tüm salınım frekansları için sayısal değerleri de gösterebilmektedir. Tetrax postürografi cihazı yardımıyla gerçekleştirilen bu değerlendirmede ST (Total stabilite) indeksi kullanılarak her grup için tedavi öncesi ve tedavi sonrası kıyaslamalar yapıldı. Wilcoxon-sign non-parametrik testi yardımıyla gerçekleştirilen istatistiki analiz sonuçlarına göre çalışma grubunun istatistiki olarak anlamlı gelişme gösterdiği keşfedilirken ($p<0,05$), kontrol grubunda tedavi öncesi ve sonrası ölçümlerde istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$). Tablo 4.5 bu verilerin nasıl dağıldığını göstermektedir.

Tablo 4.5. Grup içi total stabilizasyon değerlendirmesi

Gruplar	Değişken	Medyan(min-max)	X±SS	Z	Asymp. Sig. P*
Çalışma Grubu (n=20)	Tetrax ST ön	27,18(20,0-53,75)	29,27± 9,20	-3,921	<0,001
	Tetrax ST son	20,12(12,37-45,62)	21,70±7,56		
Sham-Kontrol Grubu (n=20)	Tetrax ST ön	25,47(10,62-43,75)	28,55±9,85	-0,483	,629
	Tetrax ST son	27,81(14,50-45)	28,76±9,38		

P*:Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

Tetrax postürografi cihazıyla düşme riski (FR) değerlendirmesi kullanılarak yapılan grup içi kıyaslamalarda çalışma grubunda düşme riskinin çalışma sonunda istatistiki olarak anlamlı derecede azaldığı ($p<0,05$), öte yandan sham-kontrol grubunda bu durumun tam aksine ön ve son değerlendirmeler arasında istatistiki düzeyde bir farklılık oluşmadığı görüldü ($p>0,05$). Sonuçlar Tablo 4.6’da gösterildi.

Tablo 4.6. Grup içi düşme riski değerlendirmesi sonuçları

Gruplar	Değişken	Medyan(min-max)	X±SS	Z	Asymp. Sig. P*
Çalışma Grubu (n=20)	Tetrax FR ön	74(30-100)	75,90±21,07	-3,604	<0,001
	Tetrax FR son	45(2-96)	47,20±26,26		
ShamKontrol Grubu (n=20)	Tetrax FR ön	86(8-100)	75,50±28,30	0.347	,729
	Tetrax FR son	88(22-100)	75,10±29,05		

P*:Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

Tetrax postürografi cihazı aynı zamanda farklı salınım frekanslarında oluşabilecek denge bozulmalarını da değerlendirerek dangedeki bozulmanın nedenini keşfetmek açısından önemli sayısal veriler sağlayabilmektedir. Bu çalışmanın araştırma konusuna ortopedik ve propriyoseptif sorunlardan

kaynaklanan denge kayıplarının araştırılması hususu daha yakın olduğundan bu konuya ilişkin frekans aralığı olan F5-F6 frekans aralığı baz alınmıştır. Tedavi öncesi ve sonrasında F5 ve F6 frekans aralığında ortaya çıkan salınımların ortalama ön ve son skorları kaydedilmiştir ve bunun yanında her iki frekans için de sekiz ölçüm pozisyonunun her biri için ortaya çıkan salınım değerleri ayrı ayrı kaydedilmiştir. Çalışma grubunda F5 ve F6 salınım frekanslarının her ikisinde de grup içi analizde ön ve son ölçümler arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık görünse de ($p<0,05$), sham-kontrol grubunda F5 ve F6 salınım frekanslarının ortalamalarının her ikisi için de istatistiki olarak anlamlı bir gelişme göstermedi ($p>0,05$) (Tablo 4.7). Bunun yanında 8 ölçüm pozisyonunun grup içi kıyaslamalarında F5 salınım frekansında çalışma grubunda göz açık pozisyon (NO), somatik duyunun elimine edildiği yastık üzerinde göz açık pozisyon (PO), başın sağa (HR), sola (HL), öne (HF) ve arkaya (HB) hareket ettirildiği tüm pozisyonlar için denge bozulmasının azaltılması hususunda istatistiki olarak anlamlı gelişmeler elde edildi ($p<0,05$). Fakat göz kapatılarak vestibüler sisteme binen yük arttırılınca F5 salınım frekansı göz kapalı (NC) ve yastık ayak altında göz kapalı (PC) pozisyonları için denge bozulmalarındaki iyileşme daha düşük seviyede kaldı ($p>0,05$). Öte yandan F5 salınım frekansında sham-kontrol grubu için yalnızca göz açık yastık üzerinde pozisyonda istatistiki olarak anlamlı bir gelişim görüldü ($p<0,05$). F6 salınım frekansında ise çalışma ve sham-kontrol grupları arasında gelişim farkı daha bariz ortaya çıkmıştı. Çalışma grubunda göz kapalı pozisyon (NC) dışında tüm pozisyonlarda denge istatistiki olarak anlamlı derecede gelişirken ($p<0,05$), sham-kontrol grubunda hiçbir pozisyonda istatistiki düzeyde anlamlı bir gelişme açığa çıkmadı ($p>0,05$). Bahsi geçen bu veriler Tablo 4.8 ve 4.9’da detaylı olarak gösterildi.

Tablo 4.7. F5-F6 salınım frekanslarında dangedeki değişimin grup içi analizleri

Gruplar	Değişken	Medyan (min-max)	X±SS	Z	Asymp. p*	Sig.
Çalışma	F5ön	5,40(4,06-10,12)	6,05±1,81	-3,921	<0,001	
	F5son	3,78(2,43-9,06)	4,26±1,55			
Sham-kontrol	F5ön	6,00(3,12-10)	6,01±1,97	-3,384	,087	
	F5son	6,02(2,62-11,37)	6,55±2,58			
Çalışma	F6ön	4,24(2,87-8,43)	4,51±1,60	-1,711	<0,001	
	F6son	2,90(1,62-6,06)	3,11±1,03			
Sham-kontrol	F6ön	4,03(1,87-6,75)	4,21±1,31	-0,579	,563	
	F6son	3,87(2,50-7,75)	4,29±1,51			

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

Tablo 4.8. 8 farklı test pozisyonu için F5-F6 salınım frekansındaki denge değişiminin çalışma grubu grup içi analizi

Gruplar	Değişken	Medyan (min-max)	X±SS	Z	Asymp. Sig. P*
Çalışma	F5NOön	5(3-27,50)	6,78±5,19	-3,3	,001
	F5NOson	3,75(2-10)	3,95±1,95		
Çalışma	F5NCön	5,62(2-10)	5,81±2,38	-0,599	,549
	F5NCson	5(3-27,50)	6,48±5,59		
Çalışma	F5POön	4,25(2,5-24)	5,67±4,72	-2,89	,004
	F5POson	3(2-10)	3,52±,88		
Çalışma	F5PCön	5,50(3-8,5)	5,70±1,63	-1,49	,135
	F5PCson	4,75(2-9)	4,91±1,64		
Çalışma	F5HRön	5,50(4-10)	6,26±1,96	-3,37	,001
	F5HRson	4,37(2-9)	4,38±1,98		
Çalışma	F5HLön	7,25(3-10)	6,23±2,21	-3,23	,001
	F5HLson	4,25(1,50-8)	4,15±2,02		
Çalışma	F5HBön	5,25(3,5-22)	6,75±4,48	-3,00	,003
	F5HBson	3,5(1,5-7,5)	3,76±1,57		
Çalışma	F5HFön	5(3,5-12)	5,85±2,03	-3,66	<0,001
	F5HFson	3(1,5-7,5)	3,33±1,39		
Çalışma	F6NOön	3,75(2-25)	5,07±4,94	-3,153	,002
	F6NOson	2,50(2-8,50)	2,95±1,54		
Çalışma	F6NCön	3,75(1,5-13)	4,43±2,72	-0,437	,662
	F6NCson	4(1,50-20)	4,77±4,03		
Çalışma	F6POön	3(2-11)	3,45±2,12	-2,929	,003
	F6POson	2(1,5-6,5)	2,32±1,15		
Çalışma	F6PCön	4,25(2,5-9)	4,56±1,71	-1,997	,046
	F6PCson	3(1,5-9)	3,71±1,67		
Çalışma	F6HRön	4(2,75-8)	4,57±1,66	-3,69	<0,001
	F6HRson	2,5(1-7)	3,01±1,42		
Çalışma	F6HLön	4,5(2-12)	4,67±2,15	-3,372	,001
	F6HLson	2,75(1,5-6,5)	3,30±1,58		
Çalışma	F6HBön	4(2-15)	5,25±3,27	-3,468	,001
	F6HBson	2(1,25-5)	2,51±0,97		
Çalışma	F6HFön	4(1,75-8)	4,30±1,53	-3,579	<0,001
	F6HFson	2(1-6,50)	2,61±1,22		

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

Tablo 4.9. 8 farklı test pozisyonu için F5-F6 salınım frekansındaki denge değişiminin sham-kontrol grubu grup içi analizi

Gruplar	Değişken	Medyan (min-max)	X±SS	Z	Asymp. Sig. P*
Sham-Kontrol	F5NOön	5,37(2-15)	5,86±2,92	-1,098	,272
	F5NOson	4,89(2-9)	5,20±2,19		
Sham-Kontrol	F5NCön	5,25(2-12)	6,08±2,61	-0,521	,602
	F5NCson	5,50(3-13)	6,61±3,13		
Sham-Kontrol	F5POön	4,81(2-10)	4,89±2,10	-2,01	,044
	F5POson	6(2,5-10)	5,93±2,03		
Sham-Kontrol	F5PCön	6(2,5-13)	6,48±3,05	-0,131	,896
	F5PCson	6(2-15)	6,78±3,61		
Sham-Kontrol	F5HRön	5(2,75-12)	5,68±2,82	-1,373	,170
	F5HRson	6,50(1-13)	6,77±2,97		
Sham-Kontrol	F5HLön	6(3,5-15)	6,81±3,31	-0,743	,458
	F5HLson	5,50(2,17)	6,38±3,43		
Sham-Kontrol	F5HBön	5,25(2-12)	6,23±3,11	-0,262	,793
	F5HBson	5,25(2-15)	6,28±3,31		
Sham-Kontrol	F5HFön	6,5(2-11)	6,23±2,84	-0,524	,600
	F5HFson	5,62(2-15)	6,49±3,44		
Sham-Kontrol	F6NOön	4(1,50-10)	4,08±1,97	-0,406	,685
	F6NOson	3(2-22)	4,52±4,53		
Sham-Kontrol	F6NCön	4(1,50-8,50)	4,38±2,02	-0,327	,744
	F6NCson	3,75(2-10)	4,26±2,23		
Sham-Kontrol	F6POön	3,25(1-6)	3,35±1,36	-1,177	,239
	F6POson	4(2-8)	3,84±1,48		
Sham-Kontrol	F6PCön	4,87(1,75-9)	4,74±2,01	-0,546	,585
	F6PCson	4(2-9)	4,48±2,26		
Sham-Kontrol	F6HRön	4(2,50-7)	4,30±1,45	-1,431	,153
	F6HRson	4,50(1,50-10)	4,84±2,05		
Sham-Kontrol	F6HLön	3,75(2-13)	4,64±2,60	-0,037	,970
	F6HLson	4,25(2-12,50)	4,57±2,34		
Sham-Kontrol	F6HBön	3,50(1,50-8,25)	4,06±1,88	-0,655	,512
	F6HBson	4(2-8)	4,11±1,76		
Sham-Kontrol	F6HFön	4(1-10)	4±2,11	-0,364	,716
	F6HFson	3,25(2-12,50)	4,06±2,43		

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

Her iki grubun Fourier Harmonik İndekslerinin (FHI) ön ve son ölçümlerine kıyaslamak için Wilcoxon-sign testiyle analiz yapıldı ve sonuçlar tablo 4.10 ve 4.11’de gösterildi.

Tablo 4.10. Çalışma grubu FHI sonuçları

Gruplar	Değişken	Medyan (min-max)	X±SS	Z	Asymp. Sig. P*
Çalışma	FHINOön	0,84(0,30-0,99)	0,80±0,16	-2,91	,004
	FHINOson	0,96(0,79-0,99)	0,93±0,60		
Çalışma	FHINCön	0,88(0,45-0,97)	0,83±0,12	0,065	,948
	FHINCson	0,88(0,63-0,97)	0,85±0,07		
Çalışma	FHIPOön	0,78(0,44-0,98)	0,75±0,14	-2,919	,004
	FHIPOson	0,91(0,61-0,99)	0,89±0,09		
Çalışma	FHIPCön	0,87(0,32-0,97)	0,73±0,24	-0,392	,695
	FHIPCson	0,85(0,37-0,98)	0,79±0,16		
Çalışma	FHIHRön	0,90(0,23-1,00)	0,80±0,22	-,29	,197
	FHIHRson	0,92(0,46-0,98)	0,89±0,11		
Çalışma	FHIHLön	0,89(0,45-0,98)	0,81±0,17	-1,60	,108
	FHIHLson	0,90(0,66-0,98)	0,88±0,09		
Çalışma	FHIHBön	0,90(0,24-0,97)	0,81±0,19	0,060	,952
	FHIHBson	0,92(0,39-0,98)	0,83±0,18		
Çalışma	FHIHFön	0,88(0,43-0,98)	0,84±0,14	-1,046	,295
	FHIHFson	0,93(0,57-0,99)	0,88±0,11		

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

Tablo 4.11. Sham-kontrol grubu FHI sonuçları

Gruplar	Değişken	Medyan (min-max)	X±SS	Z	Asymp. Sig. P*
Sham-Kontrol	FHINOön	0,87(0,34-0,99)	0,81±0,16	-0,327	,744
	FHINOson	0,92(0,39-0,99)	0,83±0,18		
Sham-Kontrol	FHINCön	0,79(0,39-0,96)	0,74±0,16	-0,916	,360
	FHINCson	0,88(0,36-0,99)	0,79±0,18		
Sham-Kontrol	FHIPOön	0,85(0,26-0,98)	0,79±0,18	-0,953	,341
	FHIPOson	0,85(0,65-0,98)	0,84±0,08		
Sham-Kontrol	FHIPCön	0,88(0,37-0,97)	0,80±0,17	-0,654	,513
	FHIPCson	0,82(0,49-0,96)	0,77±0,16		
Sham-Kontrol	FHIHRön	0,88(0,51-1,00)	0,84±0,13	-0,523	,601
	FHIHRson	0,92(0,57-0,99)	0,87±0,10		
Sham-Kontrol	FHIHLön	0,89(0,56-0,98)	0,85±0,12	-0,093	,926
	FHIHLson	0,86(0,67-0,99)	0,85±0,09		
Sham-Kontrol	FHIHBön	0,59(0,36-0,98)	0,76±0,18	-2,746	,013
	FHIHBson	0,92(0,68-0,99)	0,90±0,08		
Sham-Kontrol	FHIHFön	0,87(0,44-0,99)	0,81±0,17	-0,318	,751
	FHIHFson	0,89(0,39-0,99)	0,85±0,15		

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

4.2.2 Kas ve Motor Ünite Havuzu Uyarılabilirliği Değerlendirilmesi

Katılımcıların kas ve motor ünite havuzu uyarılabilirlik ölçümleri için aynı EMG cihazı (Natus Keypoint Dantec G4, Denmark) kullanıldı. Her iki grupta da sağ ve sol bacak için ayrı ayrı ölçüm gerçekleştirildi. Kas uyarılabilirliği M. Quadriceps Femoris kasının rectus femoris parçasının patellar tendona yakın kısmından maksimal kontraksiyon seviyesi kaydedilerek ve motor ünite havuzu uyarılabilirliği ise H-refleksinin (uyarılabilir motor ünite sayısıyla alakalı değer) M latans refleks değerine olan oranı kullanılarak değerlendirildi.

Bulgular, sağ bacak için maksimal istemli kontraksiyon (MVC) seviyesinde hem çalışma hem de sham-kontrol grubunda ön ve son ölçümler arasında istatistiki olarak anlamlı gelişme olduğuna işaret etti. Sol bacak için ise ön ve son ölçümler arasında sadece çalışma grubunda maksimal kontraksiyon seviyesi açısından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunduğunu gösterdi. Tablo 4.12 maksimal kontraksiyon açısından ön ve son ölçümler arasında ortaya çıkan değişimleri göstermektedir.

Tablo 4.12. Maksimal istemli kontraksiyon değerlendirmesi

Gruplar	Değişken	Medyan (min-maks)	X±SS	Z	Asymp. Sig. p*
Çalışma	MVC sağ ön	170(137-437)	194,45±77,86	-3,92	<0,001
	MVC sağ son	240(165-624)	299,30±131,21		
Çalışma	MVC sol ön	169,5(136-309)	185,85±46,53	-3,771	<0,001
	MVC sol son	230(173-419)	277,55±125,96		
Sham-kontrol	MVC sağ ön	214,50(152-510)	258,90±102,39	-2,912	,004
	MVC sağ son	195,50(139-431)	220,10±73,52		
Sham-kontrol	MVC sol ön	227,50(166-692)	257,15±117,56	-0,709	,478
	MVC sol son	204,50(155-419)	227,20±70,40		

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

H-refleks/ M motor dalga (Hmaks/Mmaks) oranı değerlendirilmesi ise her iki grup için de sağ bacakta ön ve son ölçümler arasında anlamlı bir farklılık göstermezken sol bacak ön ve son ölçüm değerleri arasında her iki grup için de istatistiki olarak anlamlı bir farklılık oluştuğunu gösterdi. Bu ölçümde H-refleksinin açığa çıkmasını takiben uyarı şiddetinin artırılmasıyla erken latans motor yanıt ortaya çıkınca gerekli oranlama yapıldı. Sonuçlar Tablo 4.13 üzerinde gösterildi.

Tablo 4.13. Hmaks/Mmaks değişimi değerlendirmesi

Gruplar	Değişken	Medyan (min-maks)	X±SS	Z	Asymp. Sig. p*
Çalışma	Hmaks/Mmaks sağ ön	0,15(0,03-0,77)	0,25±0,23	-1,047	0,295
	Hmaks/Mmaks sağ son	0,12(0,6-21,7)	0,19±0,18		
Çalışma	Hmaks/Mmaks sol ön	0,11(0,004-0,57)	0,18±0,17	-1,935	0,044
	Hmaks/Mmaks sol son	0,10(0,01-0,45)	0,13±0,11		
Sham-kontrol	Hmaks/Mmaks sağ ön	0,07(.01-1.13)	0,21±0,32	-1,138	,255
	Hmaks/Mmaks sağ son	0,07(0.01-0.92)	0,16±0,22		
Sham-kontrol	Hmaks/Mmaks sol ön	0,19(0,01-1,77)	0,29±0,39	-2,770	,006
	Hmaks/Mmaks sol son	0,09(0,01-0,50)	0,14±0,14		

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

4.2.3 Dinamik Denge Değerlendirmesi

Çalışmada katılımcıların dinamik denge değerlendirilmesi Zamanlı Kalk ve Yürü testi (TUG) kullanılarak gerçekleştirildi. Bulgular, çalışma grubu için ön ve son test sonrasında istatistiki olarak anlamlı gelişme gösterdi ($p<0,05$). Ancak, kontrol grubunda istatistiki olarak anlamlı bir değişiklik keşfedilemedi ($p>0,05$). Veriler Tablo 4.14 üzerinde verildi.

Tablo 4.14. Grup içi dinamik denge değerlendirilmesi bulguları

Gruplar	Değişken	Medyan (Min-Maks)	X±SS	Z	Asymp. p*	Sig.
Çalışma	TUG ön	12,63(7,62-19,76)	12,86±3,12	-3,920	<0,001	
	TUG son	7,57(6,29-13,75)	8,09±1,98			
Sham-Kontrol	TUG ön	11,93(6,27-46,00)	14,08±8,61	-0,933	,351	
	TUG son	10,63(6,80-44,00)	14,13±9,20			

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma TUG: Zamanlı Kalk ve Yürü testi

4.2.4 Propriyosepsiyon Değerlendirmesi

Çalışmada propriyosepsiyon değerlendirilmesi Protractor and Angle Gauge (PAG) adlı cep telefonu uygulaması kullanılarak diz ekleminin kinestetik incelemesi yapılarak gerçekleştirildi. Her iki diz için ayrı ayrı değerlendirme yapıldı. Bulgular her iki diz için de çalışma grubunda istatistiki olarak anlamlı değişiklikler olduğunu gösterirken ($p<0,05$), sham-kontrol grubunda her iki diz için de istatistiki olarak anlamlı bir gelişme olmadığını gösterdi ($p>0,05$). Tablo 4.15 diz eklemi propriyosepsiyonundaki değişimi göstermektedir.

Tablo 4.15. Diz eklemi propriyosepsiyon değerlendirilmesi

Gruplar	Değişken	Medyan (min-maks)	X±SS	Z	Asymp. p*	Sig.
Çalışma	PAG sağ ön	5,5(0-15,0)	6,25±4,11	-2,887	,004	
	PAG sağ son	2,0(0-18)	3,00±3,98			
Çalışma	PAG sol ön	6,0(0-21)	6,55±4,88	-3,526	<0,001	
	PAG sol son	2,0(0-6)	2,30±1,78			
Sham-kontrol	PAG sağ ön	6,50(0-23)	7,00±5,77	-1,236	,217	
	PAG sağ son	5(0-22)	5,75±5,56			
Sham-kontrol	PAG sol ön	4(0-28)	6,80±6,97	-0,624	,533	
	PAG sol son	5(1-27)	7±6,64			

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

4.2.5 Ağrı Yoğunluğu ve Fonksiyonel Yetersizlik Değerlendirmesi

Katılımcıların ağrı yoğunluğu ve toplam hastalık şiddeti seviyeleri WOMAC ölçüm gereci kullanılarak değerlendirildi ve bulgular her iki grupta da

ağrı seviyesi ve fonksiyonel yetersizliğin gerilemesi açısından istatistiki olarak anlamlı bir iyileşme gösterdi ($p<0,05$). Tablo 4.16 hastalık şiddetindeki değişimi göstermektedir.

Tablo 4.16. Ağrı ve Fonksiyonel yetersizlik değişiminin grup içi karşılaştırılması

Gruplar	Değişken	Medyan (min-max)	X±SS	Z	Asymp. P	Sig.
Çalışma	WOMAC-Ağrı ön	7,50(4-10)	7,12±1,66	-3,29	,001	
	WOMAC-Ağrı son	3(0-14)	3,85±2,93			
	WOMAC Toplam ön	21,43(6,49-26,49)	19,52±5,83	-3,92	<0,001	
	WOMAC Toplam son	6,77(0,29-19,05)	8,97±5,56			
Sham-Kontrol	WOMAC-Ağrı ön	7,50(3,50-9)	7,25±1,44	-3,83	<0,001	
	WOMAC-Ağrı son	4,25(2,50-8)	4,97±1,86			
	WOMAC Toplam ön	20,83(9,21-27,67)	20,18±4,56	-3,924	<0,001	
	WOMAC Toplam son	14,12(6,80-22,99)	14,62±4,55			

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

4.2.6 Günlük Yaşam Aktivitelerinde Bağımsızlık Seviyesi Değerlendirilmesi

Katılımcıların günlük yaşam aktivitelerinde (GYA) bağımsızlık seviyelerinin değerlendirilmesi KATZ indeksi kullanılarak gerçekleştirildi. Bulgular her iki grupta da ön ve son ölçümler arasında istatistiki olarak anlamlı gelişmeler olduğunu gösterdi ($p<0,05$). Tablo 4.17 günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık seviyesi değişimini göstermektedir.

Tablo 4.17. Günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlık seviyesindeki değişimin grup içi karşılaştırılması

Gruplar	Değişken	Medyan (min-max)	X±SS	Z	Asymp. P*	Sig.
Çalışma	KATZ ön	5(3-6)	4,75±1,01	-3,272	,001	
	KATZ son	6(4-6)	5,70±0,57			
Sham-kontrol	KATZ ön	5(3-6)	5,20±0,83	-2,07	,038	
	KATZ son	6(4-6)	5,55±0,60			

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

4.2.7 Kassal Endurans Değerlendirmesi

Katılımcılar kassal endurans açısından 30 saniyelik kalk-otur testi kullanılarak değerlendirildi. Yapılan değerlendirme sonucunda çalışma ve sham-kontrol grubunun her ikisi için de ön ve son testler arasında istatistiki olarak anlamlı

farklılık olduğu bulundu ($p<0,05$). Tablo 4.18 kassal enduransdaki değişimleri göstermektedir.

Tablo 4.18. Kassal enduranstaki değişimin grup içi karşılaştırılması

Gruplar	Değişken	Medyan (min-max)	X±SS	Z	Asymp. P*	Sig.
Çalışma	Endurans ön	10(7-28)	10,85±4,68	-3,931	<0,001	
	Endurans son	13,5(8-32)	15,90±6,48			
Sham-kontrol	Endurans ön	9(3-14)	8,75±2,46	-2,128	,033	
	Endurans son	11(5-17)	10,60±2,81			

P*: Wilcoxon-sign test X±SS: Ortalama±Standart sapma

4.3 Gruplar Arası Değişim Analizleri

4.3.1 Statik Dengedeki Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırılması

Tetrax postürografi cihazı kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler sonucunda düşme riski indeksi, total stabilite indeksi, F5 ve F6 salınım frekanslarında oluşan denge indeksi sonuçlarının hepsi için çalışma grubu lehine istatistiki olarak anlamlı bir farklılık görüldü. Tablo 4.19 bahsi geçen parametreler için oluşan değişimleri yansıtmaktadır.

Tablo 4.19. Statik dengedeki değişimin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Median (IOR 25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
Tetrax FR ön	Çalışma (n:20)	74 (60-98)	19,78	395,50	,691
	Sham-kontrol (n:20)	86 (53-100)	21,23	424,50	
Tetrax FR son	Çalışma (n:20)	45(28,50-72,50)	14,95	299,00	,003
	Sham-kontrol (n:20)	88(45-100)	26,05	521,00	
Tetrax ST ön	Çalışma (n:20)	27,18 (22,80-32,37)	20,80	416,00	,871
	Sham-kontrol (n:20)	25,47(21,55-38,81)	20,20	404,00	
Tetrax ST son	Çalışma (n:20)	20,12 (16,50-25,75)	16,05	321,00	,016
	Sham-kontrol (n:20)	27,81(22,46-37,03)	24,95	499,00	
Tetrax F5 ön	Çalışma (n:20)	5,40(4,63-7,05)	20,55	411,00	,978
	Sham-kontrol (n:20)	6,00(4,40-7,09)	20,45	409,00	
Tetrax F5 son	Çalışma (n:20)	3,78(3,31-5,03)	15,13	302,50	,004
	Sham-kontrol (n:20)	6,02(4,60-8,23)	25,88	517,50	
Tetrax F6 ön	Çalışma (n:20)	4,24(3,31-4,91)	20,70	414,00	,914
	Sham-kontrol (n:20)	4,03(3,31-5,24)	20,30	406,00	
Tetrax F6 son	Çalışma (n:20)	2,90(2,21-3,71)	15,78	315,50	,011
	Sham-kontrol (n:20)	3,87(3,04-5,20)	25,23	504,50	

P*: Mann-Whitney U test

Bu verilere ek olarak farklı salınım frekansı ve farklı ölçüm pozisyonlarında oluşan denge değişimlerinin gruplar arası kıyaslanması Mann-Whitney U testi kullanılarak gerçekleştirildi. Tablo 4.20 ve Tablo 4.21 sırasıyla F5 ve F6 salınım frekanslarında farklı ölçüm pozisyonlarında ortaya çıkan denge durumundaki değişimlerin gruplar arası kıyaslamalarını göstermektedir.

Tablo 4.20. F5 salınımı frekansında ortaya denge değişimlerinin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Medyan (IOR25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
F5 NO ön	Çalışma (n=20)	5,00(4,50-7,75)	21,03	420,50	,775
	Sham-kontrol (n=20)	5,37(4,00-7,00)	19,98	390,50	
F5 NO son	Çalışma (n=20)	3,75(2,50-4,00)	16,70	334,00	,040
	Sham-kontrol (n=20)	4,89(3,18-7,50)	24,30	486,00	
F5 NC ön	Çalışma (n=20)	5,62(4,12-7,75)	20,13	402,50	,839
	Sham-kontrol (n=20)	5,25(4,12-8,25)	20,88	417,50	
F5 NC son	Çalışma (n=20)	5,00(3,50-6,00)	18,80	376,00	,369
	Sham-kontrol (n=20)	5,50(4,00-9,50)	22,20	444,00	
F5 PO ön	Çalışma (n=20)	4,25(3,25-5,75)	20,40	408,00	,968
	Sham-kontrol (n=20)	4,81(3,00-6,00)	20,60	412,00	
F5 PO son	Çalışma (n=20)	3,00(2,50-3,93)	13,93	278,50	<0,001
	Sham-kontrol (n=20)	6,00(4,25-7,00)	27,08	541,50	
F5 PC ön	Çalışma (n=20)	5,50(4,25-7,00)	19,48	389,50	,576
	Sham-kontrol (n=20)	6,00(5,00-7,75)	21,53	430,50	
F5 PC son	Çalışma (n=20)	4,75(4,00-6,00)	17,35	347,00	,087
	Sham-kontrol (n=20)	6,00(4,25-9,50)	23,65	473,00	
F5 HR ön	Çalışma (n=20)	5,50(4,50-8,00)	22,98	459,50	,178
	Sham-kontrol (n=20)	5,00(3,11-7,75)	18,03	360,50	
F5 HR son	Çalışma (n=20)	4,37(2,50-5,87)	15,58	311,50	,008
	Sham-kontrol (n=20)	6,50(4,82-8,75)	25,43	508,50	
F5 HL ön	Çalışma (n=20)	7,25(4,00-8,00)	20,15	403,00	,850
	Sham-kontrol (n=20)	6,00(4,62-8,50)	20,85	417,00	
F5 HL son	Çalışma (n=20)	4,25(2,00-5,37)	16,10	322,00	,017
	Sham-kontrol (n=20)	5,50(4,12-8,00)	24,90	498,00	
F5 HB ön	Çalışma (n=20)	5,25(3,81-7,87)	20,63	412,50	,946
	Sham-kontrol (n=20)	5,25(4,00-8,75)	20,38	407,50	
F5 HB son	Çalışma (n=20)	3,50(2,50-5,18)	15,85	317,00	,012
	Sham-kontrol (n=20)	5,25(4,00-8,75)	25,15	503,00	
F5 HF ön	Çalışma (n=20)	5,00(4,00-7,00)	19,70	394,00	,663
	Sham-kontrol (n=20)	6,50(3,73-8,00)	21,30	426,00	
F5 HF son	Çalışma (n=20)	3,00(2,52-4,00)	14,23	284,50	,001
	Sham-kontrol (n=20)	5,62(3,67-8,75)	26,78	535,50	

P*:Mann-Whitney U test IOR:Inter-quartile range(25-75)

Tablo 4.20 gözün kapalı olduğu iki pozisyon dışında (NC, PC) tüm ölçüm pozisyonlarında çalışma grubunun sham-kontrol grubuna kıyasla statik denge düzenlenmesi hususunda daha başarılı sonuçlar gösterdiğini işaret etmiştir. F5 salınım frekansı daha çok kas-iskelet sistemi ve propriyosepsiyon kaynaklı denge bozulmalarını işaret ettiğinden, bu konudaki iyileşme çalışma grubunda uygulanan yöntemin daha başarılı olabileceğini göstermektedir. Sadece gözlerin kapatılıp vestibüler sistemin etkisinin elimine edilmesiyle statik denge hususunda çalışma grubunda uygulanan tekniğin başarı seviyesi biraz daha geriliyordu.

Tablo 4.21. F6 salınım frekansında dengede meydana gelen değişimlerin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Medyan (IQR25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
F6 NO ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	3,75(3,00-4,87) 4,00(2,50-5,37)	21,08 19,93	421,50 398,50	,754
F6 NO son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	2,50(2,00-3,00) 3,00(2,23-4,00)	17,25 23,75	345,00 475,00	,071
F6 NC ön	Çalışma(n=20) Sham-kontrol (n=20)	3,75(2,62-5,87) 4,00(2,81-6,00)	19,95 21,05	399,00 421,00	,765
F6 NC son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	4,00(2,12-5,87) 3,75(2,65-5,00)	20,53 20,48	410,50 409,50	,989
F6 PO ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	3,00(2,00-3,93) 3,25(2,25-4,00)	19,38 21,63	387,50 432,50	,539
F6 PO son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	2,00(1,62-2,43) 4,00(2,62-5,00)	13,88 27,13	277,50 542,50	<0,001
F6 PC ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	4,25(3,06-5,75) 4,87(3,00-6,00)	20,10 20,90	402,00 418,00	,828
F6 PC son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	3,00(2,62-4,37) 4,00(2,81-6,50)	18,78 22,23	375,50 444,50	,347
F6 HR ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	4,00(3,12-6,00) 4,00(3,00-5,87)	21,48 19,53	429,50 390,50	,595
F6 HR son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	2,50(2,00-4,00) 4,50(3,14-6,00)	14,75 26,25	295,00 525,00	,002
F6 HL ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	4,50(3,00-5,37) 3,75(3,06-5,37)	21,28 19,73	425,50 394,50	,673
F6 HL son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	2,75(2,00-4,68) 4,25(3,00-5,00)	16,58 24,43	331,50 488,50	,033
F6 HB ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	4,00(3,00-7,75) 3,50(2,52-5,75)	22,53 18,48	450,50 369,50	,270
F6 HB son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	2,00(2,00-3,00) 4,00(2,31-5,00)	14,45 26,55	289,00 531,00	,001
F6 HF ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	4,00(3,18-5,00) 4,00(2,59-4,87)	22,43 18,58	448,50 371,50	,293
F6 HF son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	2,00(2,00-3,00) 3,25(2,37-5,37)	15,80 25,20	316,00 504,00	,009

P*:Mann-Whitney U test

Tablo 4.21, göz açık (NO), göz kapalı (NC) ve ayak tabanı yastık olup göz kapalı (PC) pozisyonları dışında kalan tüm ölçüm pozisyonları için F6 salınım frekansında çalışma ve sham-kontrol grupları arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar F5 frekansı gibi F6 salınım frekansında da vestibüler sistem devre dışı bırakılmadığı sürece çalışma grubunda kontrol grubuna kıyasla statik denge açısından çok daha iyi sonuçlara ulaşılabildiğini gösterdi. Ayrıca çalışmada Fourier harmonik indeks (FHI) sonuçları da Mann-Whitney U testi kullanılarak gruplar arası kıyaslandı. Tablo 4.22 FHI sonuçlarının gruplar arası karşılaştırmasını göstermektedir.

Tablo 4.22. FHI sonuçlarının gruplar arası karşılaştırması

Değişken	Gruplar	Medyan (IQR25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. (2-tailed) Sig. P*
FHI NO ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,84(0,71-0,92) 0,87(0,70-0,93)	19,63 21,38	392,50 427,50	,640
FHI NO son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,96(0,87-0,97) 0,92(0,73-0,95)	24,88 16,13	497,50 322,50	,017
FHI NC ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,88(0,78-0,93) 0,79(0,59-0,85)	23,90 17,10	478,00 342,00	,065
FHI NC son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,88(0,81-0,91) 0,88(0,65-0,94)	20,53 20,48	410,50 409,50	,989
FHI PO ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,78(0,65-0,86) 0,85(0,67-0,96)	18,20 20,80	364,00 456,00	,213
FHI PO son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,91(0,86-0,96) 0,85(0,80-0,90)	24,13 16,88	482,50 337,50	,049
FHI PC ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,87(0,47-0,93) 0,88(0,73-0,92)	20,03 20,98	400,50 419,50	,797
FHI PC son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,85(0,74-0,91) 0,82(0,59-0,94)	20,50 20,50	410,00 410,00	1,000
FHI HR ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,90(0,70-0,93) 0,88(0,76-0,95)	20,35 20,65	407,00 413,00	,935
FHI HR son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,92(0,89-0,95) 0,92(0,79-0,93)	22,35 18,65	447,00 373,00	,316
FHI HL ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,89(0,66-0,95) 0,89(0,80-0,94)	20,15 20,85	403,00 417,00	,850
FHI HL son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,90(0,87-0,95) 0,86(0,78-0,93)	22,50 18,50	450,00 370,00	,278
FHI HB ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,90(0,69-0,95) 0,59(0,86-0,90)	22,53 18,48	450,50 369,50	,272
FHI HB son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,92(0,75-0,96) 0,92(0,86-0,96)	19,08 21,93	381,50 438,50	,440
FHI HF ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,88(0,77-0,95) 0,87(0,74-0,94)	21,15 19,85	423,00 397,00	,725
FHI HF son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,93(0,79-0,96) 0,89(0,83-0,96)	21,40 19,60	428,00 392,00	,625

P*: Mann-Whitney U test

Tablo 4.22, FHI skorlarının göz açık (NO) ve ayak tabanında yastıkla göz açık (PO) pozisyonlarında iki grup arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık bulunduğunu ($p<0,05$), ancak diğer ölçüm pozisyonlarında iki grup arasında istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunmadığını göstermektedir ($p>0,05$).

4.3.2 Kas ve Motor Ünite Havuzu Uyarılabilirlik Değerlendirmesi

Yapılan incelemede kas uyarılabilirliğini değerlendirmek için kullanılan maksimal istemli kontraksiyon parametresi için sağ bacakta çalışma grubu lehine istatistiki olarak anlamlı gelişme gösterilmişken ($p<0,05$), aynı durum sol bacak için gösterilemedi ($p>0,05$). Öte yandan motor ünite havuzu uyarılabilirliğini değerlendiren Hmaks/Mmaks oranı için her iki alt ekstremité için de son değerlendirmede gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$). Tablo 4.23 gruplar arasındaki kas ve motor ünite havuzu uyarılabilirliğine ilişkin son verilerin analiz sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4.23. Kas ve Motor Ünite Havuzu Uyarılabilirliğinin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Medyan (IQR25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) p*
MVC sağ ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	170(152-189) 214,50(175,50-338)	15,65 25,35	313,00 507,00	,009
MVC sağ son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	240(210,50-354,25) 195,50(167-244,25)	24,73 16,28	494,50 325,50	,022
MVC sol ön	Çalışma(n=20) Sham-kontrol (n=20)	169,50(156-211,25) 227,50(181,25-263,25)	14,65 26,35	293,00 527,00	,002
MVC sol son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	230(190-283) 204,50(172-255,50)	23,18 17,83	463,50 356,50	,148
Hmaks/Mmaks sağ ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,15(0,06-0,44) 0,07(0,03-0,26)	23,15 17,85	463,00 357,00	,151
Hmaks/Mmaks sağ son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,12(0,03-0,33) 0,07(0,03-0,21)	21,95 19,05	439,00 381,00	,432
Hmaks/Mmaks sol ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	0,11(0,05-0,25) 0,19(0,05-0,39)	19,38 21,63	387,50 432,50	,542
Hmaks/Mmaks sol son	Çalışma (n:20) Sham-kontrol (n:20)	0,10(0,05-0,19) 0,09(0,04-0,19)	20,58 20,43	411,50 408,50	,968

P*:Mann-Whitney U testi

4.3.3 Dinamik Dengenin Gruplar Arası Karşılaştırılması

Bulgular çalışma sonunda çalışma ve sham-kontrol grupları arasında çalışma grubu lehine istatistiki olarak anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 4.24 gruplar arası dinamik denge değerlendirme bulgularının karşılaştırmasını yansıtmaktadır.

Tablo 4.24. Dinamik denge değişiminin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Medyan (IQR25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
TUG ön	Çalışma (n=20)	12,63(10,20-13,78)	20,98	419,50	,797
	Sham-kontrol (n=20)	11,93(10,01-17,55)	20,03	400,50	
TUG son	Çalışma (n=20)	7,57(6,53-8,21)	14,58	291,50	,001
	Sham-kontrol (n=20)	10,63(8,03-18,04)	26,43	528,50	

P*:Mann-Whitney U testi TUG:Zamanlı kalk ve yürü testi

4.3.4 Ağrı Yoğunluğu ve Fonksiyonel Yetersizlik Konusundaki Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırılması

Bulgular çalışma sonunda çalışma ve sham-kontrol gruplarındaki ağrı yoğunluğu ve fonksiyonel yetersizlik seviyesindeki değişimin çalışma grubu lehine istatistiki olarak anlamlı derecede fark oluşturduğunu gösterdi. Tablo 4.25 gruplar arası hastalık şiddetindeki değişimin karşılaştırılmasını yansıtmaktadır. Tabloda görülebileceği gibi WOMAC kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma grubunda ağrı seviyesi ve diz OA hastalık şiddeti sham-kontrol grubuna göre çok daha iyi bir derecede düşüş göstermişti.

Tablo 4.25. Ağrı yoğunluğu ve fonksiyonel yetersizlik değişiminin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Medyan (IQR25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
WOMAC-ağrı ön	Çalışma (n=20)	7,50(5,50-8,50)	20,08	401,50	,817
	Sham-kontrol (n=20)	7,50(6,62-8,37)	20,93	418,50	
WOMAC-ağrı son	Çalışma (n=20)	3,00(2,50-4,87)	16,50	330,00	,029
	Sham-kontrol (n=20)	4,25(3,50-7,00)	24,50	490	
WOMAC Toplam ön	Çalışma (n=20)	21,43(17,13-24,25)	20,55	411,00	,989
	Sham-kontrol (n=20)	20,83(18,88-21,91)	20,45	409,00	
WOMAC Toplam son	Çalışma (n=20)	6,77(4,41-14,50)	14,85	297,00	,002
	Sham-kontrol (n=20)	14,12(10,81-18,11)	26,15	523,00	

P*:Mann-Whitney U testi

4.3.5 Diz Eklemi Propriyosepsiyon Değerlerinde Oluşan

Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırması

Her iki grup için de sağ ve sol bacaklar için ayrı ayrı yapılan değerlendirmeler sonucunda, her iki bacakta da çalışma sonrası propriyosepsiyondaki gelişme çalışma grubunda sham-kontrol grubuna kıyasla istatistiki olarak daha yüksek düzeydeydi ($p<0,05$). Tablo 4.26 çalışmayı takiben diz eklemi propriyosepsiyonunda ortaya çıkan değişimin gruplar arası karşılaştırılmasını yansıtmaktadır.

Tablo 4.26. Çalışmayı takiben diz eklemi propriyosepsiyonunda ortaya çıkan değişimin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Medyan (IQR25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
PAGauge sağ ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	5,50(3,00-9,00) 6,50(2,25-8,75)	20,13 20,88	402,50 417,50	,841
PAGauge sağ son	Çalışma(n=20) Sham-kontrol (n=20)	2,00(1,00-3,75) 5,00(1,25-6,75)	16,68 24,33	333,50 486,50	,038
PAGauge sol ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	6,00(4,00-8,50) 4,00(2,00-8,75)	21,33 19,68	15,18 25,83	,659
PAGauge sol son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	2,00(1,00-3,00) 5,00(2,00-10,25)	15,18 25,83	303,50 516,50	,003

P*: Mann-Whitney U test, PAG:Protractor and Angle Gauge

4.3.6 Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Seviyesindeki

Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırılması

Bulgular günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık seviyesinde iki grup arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermediğini ortaya koydu. Tablo 4.27 günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık seviyesindeki değişimin gruplar arası karşılaştırılmasını yansıtmaktadır.

Tablo 4.27. Günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık seviyesindeki değişimin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Medyan(IQR 25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
KATZ ön	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	5,00(4,00-6,00) 5,00(5,00-6,00)	17,93 23,08	358,50 461,50	,165
KATZ son	Çalışma (n=20) Sham-kontrol (n=20)	6,00(5,25-6,00) 6,00(5,00-6,00)	21,93 19,08	438,50 381,50	,445

P*:Mann-Whitney U testi

4.3.7 Kassal Endurans Değerlerindeki Değişimin Gruplar Arası Karşılaştırılması

Bulgular kassal endurans seviyesinin gruplar arası karşılaştırılmasında çalışma grubu lehine istatistiki olarak anlamlı seviyede farklılık oluştuğunu gösterdi. Bunun anlamı çalışma grubunda kasların dayanıklılık düzeyleri sham-kontrol grubuna kıyasla çok daha yüksek bir düzeye ulaşmıştı. Tablo 4.28 kassal enduranstaki değişimin çalışma ve sham-kontrol grupları açısından karşılaştırılmasına ilişkin verileri göstermektedir.

Tablo 4.28. Kassal endurans değerlerindeki değişimin gruplar arası karşılaştırılması

Değişken	Gruplar	Medyan (IQR25-75)	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
Endurans ön	Çalışma (n=20)	10,00(8,25-11,00)	23,25	465,00	,142
	Sham-kontrol (n=20)	9,00(7,25-10,00)	17,75	355,00	
Endurans son	Çalışma (n=20)	13,50(12,25-16,00)	26,63	532,50	,001
	Sham-kontrol (n=20)	11,00(9,00-12,00)	14,38	287,50	

P*: Mann-Whitney U testi

4.3.8 Tedavi Memnuniyet Düzeyi

GAS kullanılarak yapılan gruplar arası kıyaslamalarda tedavi memnuniyeti bakımından istatistiki olarak çalışma grubu lehine fark bulundu. Mann-Whitney U testi ile gerçekleştirilen analiz sonuçları Tablo 4.29 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 4.29. Gruplar arası tedavi memnuniyet düzeyi

Değişken	Gruplar	Medyan (min-max)	X±SS	Ortalama sıra	Sıralamaların Toplamı	Asymp. Sig. (2-tailed) P*
Tedavi Memnuniyeti Düzeyi	Çalışma (n=20)	10(7-10)	9,70±0,73	26,80	536,00	<0,001
	Sham-kontrol (n=20)	8(4-10)	7,95±1,76	14,20	284,00	

5. TARTIŞMA

5.1 Bulguların Analizi ve Yorumlanması

Diz OA'lı hastalar üzerinde non-immersive sanal gerçeklik egzersizlerinin etkisinin incelendiği bu çalışma sham-kontrol gruplu randomize kontrollü bir çalışma olarak planlandı ve primer olarak kas ve motor nöron havuzu uyarılabilirliği ve denge üzerinde olan değişimi değerlendirmeyi amaçladı. Hipotezler ise non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin kas uyarılabilirliğini, motor nöron havuzu uyarılabilirliğini, dengeyi, propriyosepsiyonu, fonksiyonel yetersizliği, GYA'da bağımsızlığı, kassal enduransı sham-kontrol grubuna kıyasla daha fazla geliştireceği ve hastaların tedaviden memnuniyet düzeylerinin de daha yüksek olacağı yönündeydi. Bulgular sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin kas uyarılabilirliği üzerinde sham kontrol grubuna kıyasla etkilidir, denge gelişmesi üzerinde sham kontrol grubuna kıyasla etkilidir, propriyosepsiyonun gelişmesi üzerinde sham kontrol grubuna kıyasla etkilidir, fiziksel fonksiyon düzeyi üzerinde sham kontrol grubuna kıyasla etkilidir, kassal enduransın gelişmesi üzerinde sham kontrol grubuna kıyasla etkilidir ve hastaların tedaviden memnuniyetleri üzerinde sham kontrol grubuna kıyasla etkilidir hipotezlerimizi güçlü bir şekilde desteklerken, GYA'daki bağımsızlık seviyesini ve motor ünite havuzu uyarılabilirliğini geliştirmede sham kontrol grubuna kıyasla etkilidir hipotezlerimizi ise desteklememektedir.

Çalışma bir üniversite hastanesinde gerçekleştirildiğinden ve hastalar genel olarak konvensiyonel fizyoterapi almak üzere hastaneye müracaat ettiğinden hedef uygulamalarımız konvensiyonel fizyoterapi uygulamalarına ek olarak düzenlendi. Araştırmamızın içeriği, çalışma grubu konvensiyonel fizyoterapi+non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri uygularken, kontrol grubu konvensiyonel fizyoterapi+sham sanal gerçeklik egzersizi uygulayacak şekilde oluşturuldu. Çalışmamızda sham-kontrol grubunu kullanmaktaki temel amacımız, çalışma grubundaki sanal gerçeklik egzersizlerinin eğlenceli ve motive edici olmasının katılımcıların programa olan sadakatini arttıracak ve böylece başarının doğal olarak artacağı fikrini ekarte etmektir (225). Çünkü kullandığımız ölçüm teknikleriyle bu yöntemin ciddi bir fizyolojik temelini olabileceğinin de gösterilmesini hedeflemekteydik. EMG ve Tetrax ölçümlerimizin de bunu gerçekleştirebilmemiz için önemli veriler sağladığı söylenebilirdi. Bu noktada sanal

gerçeklik temelli diz egzersizlerinin tedaviye katılıma olan artan motivasyonun etkisiyle daha başarılı sonuçlar verdiği fikri çalışma grubundaki gelişimin ölçüm parametrelerinin çoğu için sham-kontrol grubuna kıyasla çok daha başarılı olduğu göz önüne alındığında amacımıza ulaştığımızı düşünmekteyiz.

Literatürde sanal gerçeklik egzersizlerinin diz OA'lı hastalarda etkinliğini inceleyen çalışmalarda pek çok farklı uygulama süresi tercih edilmiştir. 5 gün boyunca günde 60 dakika uygulama yapan çalışmalar olduğu gibi, haftada 3 gün, günde 30 dakika, 8 hafta boyunca uygulama yapan çalışmalar da bulunmaktadır. 2020 yılında yayımlanan bir derlemede bu alanda iyi tanımlanmış bir araştırma protokolüne ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (195). Literatürde standart bir tedavi uygulama süresine rastlanmamıştır. Bu nedenle araştırmamızda 2023 yılında yayınlanmış olan ve metodolojik açıdan iyi planlanmış bir çalışma olan Özlü ve ark.'nın araştırması baz alınarak 3 hafta boyunca haftada 5 gün günde 30 dakika konvensiyonel fizyoterapiye ek olarak sanal gerçeklik uygulamasının yapılması tercih edilmiştir (198).

5.1.1 Statik Dengeye İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması

Diz OA'lı hastaların tendon, kas, kartilaj yapılar, meniskal dokular ve ligament yapılarında meydana gelen dejenerasyonların dengenin bozulmasında çok etkili olabileceği literatürde belirtilmiştir (226). Bizim çalışmamızdaki denge başlangıç değerleri de bu iddiayı doğrulayabilecek niteliktedir.

Bu çalışmada denge değerlendirmesi statik ve dinamik denge için ayrı ayrı ölçüm gereçleri kullanılarak yapılmıştır. Bunun nedeni kullanılan Tetrax interaktif denge cihazı gibi postürografi cihazlarının statik dengeyi, zamanlı kalk ve yürü testi (TUG) gibi klinik testlerinin ise dinamik dengeyi ölçme konusunda daha sıklıkla kullanılmalarıdır (227, 228). Hem klinik hem postürografik cihazların kullanılmasının çalışmamızın güçlü yönlerinden olduğunu düşünmekteyiz.

Literatür incelendiğinde statik dengenin değerlendirilmesinde kullanılan birçok platform olduğu görülebilir (229, 230). Tetrax postürografi cihazı da bu platformlardan biridir (231). Tetrax temel olarak sabit bir platform üzerinde yerleştirilmiş olan ayak tabanlarının farklı pozisyonlarda yere uyguladığı basıncı ölçerek ayak tabanında hangi bölgeye daha fazla yük verildiğinin tespitini sağlayan ve öne, arkaya, sağa, sola doğru oluşabilecek salınımları keşfetmeyi amaçlayan bir

cihazdır. 8 farklı pozisyon kullanıldığından ve ayak tabanı altına yastık konulmasıyla somatosensöryel uyarıyı, gözlerin kapatılmasıyla da vestibüler etkiyi elimine etme olanağı verdiğinden son derece değerli bir ölçüm gerecidir (232). Literatür incelendiğinde zeminin algılanmasını sağlayan somatosensöryel duyunun denge bozulmaları ve düşme riski ile ciddi bağlantılı olduğu görülebilecektir (233). Bunun yanında, görme duyusunun denge üzerinde ne kadar etkili olabileceği Romberg testi gibi testlerle gösterilmiştir (234). Aynı zamanda Tetrax cihazının salınımların yönünü gösterme kabiliyeti olası denge bozulmalarının yönelimini işaret ettiğinden egzersiz sırasında hastaların güvenliğini daha rahat sağlamayı kolaylaştıracaktır. Biz de tüm bu özelliklerinden dolayı çalışmamızda statik denge ölçümü için Tetrax postürografi cihazını tercih ettik.

Statik dengenin değerlendirilmesi için Tetrax Düşme İndeksi (FI), Total Stabilité İndeksi (ST), propriyosepsiyon ve kas-iskelet sistemi kaynaklı sorunları gösterdiği için F5-F6 salınım indeksleri ve tüm ölçümlerin bir regresyon grafiğini veren Fourier Harmonik İndeks (FHI) verileri kullanıldı. Literatürde de çalışmanın amacına göre değişmekle birlikte Tetrax ile denge değerlendirmeleri gerçekleştirilirken bu indekslerin sıklıkla tercih edildiği görülebilmektedir (231, 235, 236).

Bulgularımız FI, ST, F5 ve F6 ölçümlerinin tümünde grup içi ve gruplar arası analizlerde non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin diz OA'lı hastalarda dengenin geliştirilmesi hususunda çok daha başarılı sonuçlar verdiğini göstermekteydi. Ayrıca sham-kontrol grubunda ön-son ölçümlerin karşılaştırılmasında da anlamlı bir gelişme elde edilememiştir. Bu durum sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin konvensiyonel fizyoterapiye kıyasla da statik dengenin gelişiminde çok daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlayabileceği şeklinde yorumlanabilir. 2023 yılında yayımlanmış bir çalışmada non-immersive sanal gerçeklik egzersizlerinin total diz replasman cerrahisi geçirmiş diz OA'lı hastalarda statik dengeyi geliştirmede geleneksel denge egzersizlerine kıyasla çok daha başarılı olduğu gösterilmiştir (237). Çalışmamızın sonuçları önceki çalışmaların sonuçlarıyla benzerdir.

Bu gelişmenin sağlanmasının altında yatan birkaç mekanizma olduğunu düşünmekteyiz. Bunlar; sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin postüral kontrolü ve düzeltme reaksiyonlarını geliştirmesi, işitsel ve görsel uyaranlar

aracılığıyla vestibüler sistemi daha fazla uyarması, düzelmiş propriyoseptif girdi sağlaması ve ayrıca artmış uyarılmış motor ünite sayısı fizyolojik mekanizmalarıdır. Daha önce yapılmış birkaç çalışmada benzer sonuçlar gösterilmektedir (238-240). Ayrıca, dengenin (statik) çalışma grubunda sham-kontrol grubuna kıyasla daha başarılı bir şekilde gelişim göstermesinin sham-kontrol grubunda uygulanan metotun oturarak çalışmayı gerektirip, ölçüm gereğinde statik denge değerlendirmesinde daha çok ayakta durmayı gerektiren yaklaşımla paralellik göstermemesi de bir diğer faktör olabilir.

Çalışmamızda ayrıca F5, F6 salınım frekansları ve FHI için 8 farklı ölçüm pozisyonunda ön ve son ölçümler arasında oluşan farklar ve ayrıca gruplar arası değişimlerin karşılaştırılması da gerçekleştirildi. Bulgular F5 ve F6 salınım frekanslarında (birlikte değerlendirildiğinde) grup içi analizlerde çalışma grubunda göz açık (NO), göz kapalı (NC), yastıkla göz açık (PO), yastıkla göz kapalı (PC), baş sağa (HR), baş sola (HL), baş arkaya (HB) ve baş öne (HF) pozisyonlarının tümünde ön-son ölçümler arasında anlamlı gelişme bulunurken, sham-kontrol grubunda sadece PO pozisyonu için anlamlı bir farklılık görüldü. Ayrıca F5 ve F6 salınım frekanslarının değişimine ilişkin gruplar arası kıyaslamada da NO, PO, HR, HL, HB ve HF pozisyonları için çalışma grubu lehine anlamlı farklılık bulundu. Ancak NC, PC pozisyonları için anlamlı farklılık elde edilmedi. Bu durum vestibüler sistemin dengeye olan etkisinin elimine edilmesinin çalışma grubundaki başarı durumunu düşürebileceğini göstermektedir. Fakat başın geriye gittiği HB pozisyonunda vestibuloservikal etkilenim olabilecek olmasına rağmen çalışma grubu lehine farklılık olması vestibüler sistemdeki değişimin anlam düzeyiyle ilgili tartışmaya açık sonuçlar ortaya koymaktadır. Bunu gidermek için gelecek çalışmalar F2, F3, F4 salınım frekanslarındaki denge değişimlerine odaklanabilir. Bu durum 2023 yılında yayımlanmış bir çalışmada da benzer şekilde bulunmuştur. Diz OA'lı hastalarda non-immersive sanal gerçeklik uygulaması göz kapalı pozisyonlar hariç tüm ölçüm pozisyonlarında geleneksel denge egzersizlerinden daha efektiftir (237). Bu durum, önceki literatür çalışmalarıyla birlikte bu çalışmanın bulgularının da göz kapalı pozisyonlarda denge geliştirilmesi hususunda sanal gerçeklik egzersizlerinin diğer konvensiyonel egzersizler kadar efektif olabileceğini ancak onlardan daha iyi sonuçlar vermediğini gösterir.

Bunun yanında FHI ölçümlerinde grup içi analizlerde çalışma grubunda sadece PO, sham-kontrol grubunda ise sadece HB pozisyonunda anlamlı farklılık görüldü. Gruplar arası analizde ise NO ve PO pozisyonlarında çalışma grubu lehine anlamlı farklılık gerçekleşti. Bu durum FHI analizi sonucu göz açık ve somatosensör duyunun etkisinin kaldırıldığı ayak tabanına yastık konulan göz açık pozisyon için Tablo 4.10 ve Tablo 4.11 incelendiğinde ortalama fark değerlerinin her iki ölçüm pozisyonunda da çalışma grubunda çok daha iyi geliştiğini göstermektedir. NO ve PO pozisyonları dışında kalan ölçüm pozisyonlarında anlamlı farklılık olmaması ise seçilen hasta grubunun Kellgren-Lawrence sınıflandırmasına göre ağırlıklı olarak orta seviye diz OA'lı bireylerden oluşuyor olması olabilir. Çünkü hasta grubu ağırlıklı olarak hafif diz OA seviyesinde olan çalışmaların FHI indeks skorlarının daha başarılı olabileceği literatürde gösterilmiştir. 2011 yılında yapılan bir çalışmada orta ila şiddetli OA'sı olan hastaların, hafif OA'sı olan hastalara göre tüm pozisyonlarda önemli ölçüde daha başarısız stabilite indeks skorlarına sahip olduğunu göstermişti. Ayrıca, FHI'da da orta ila şiddetli diz OA'sı olan hastaların hafif OA'sı olan hastalara göre daha başarısız skorlara sahip olduğunu göstermişti (206). Bunun nedeni olarak orta ila şiddetli diz OA'sı olan hastaların, hafif hastalığı olanlara göre denge kontrolünde daha fazla sıkıntı yaşıyor olmalarını düşünmekteyiz (206).

5.1.2 Kas ve Motor Ünite Havuzu Uyarılabilirliğine İlişkin

Bulguların Analizi ve Yorumlanması

Kuadriseps kasının istemli aktivasyonundaki eksiklikler diz OA'nın bir karakteristiğidir ve aynı zamanda hastalığın ayırt edici özelliği olan kuadriseps zayıflığına da katkıda bulunur. Bu merkezi aktivasyon açığının (MAA) altında yatan mekanizmalar bilinmemektedir ancak spinal mekanizmaların da söz konusu olabileceği düşünülmektedir (241, 242). Ayrıca diz OA'lı bireylerde azalmış nöral aktivasyon, merkezi sinir sistemi duyarlılığı, azalmış kuadriseps kas içiği yanıtı ve artmış triseps surae kas aktivitesi ile ilişkili motor eksiklikler var olduğu da literatürde belirtilmiştir (243). 2014 yılında Kittelson ve ark. tarafından 17 diz OA'lı ve 20 sağlıklı katılımcıyla gerçekleştirilen bir çalışmada katılımcılar yüzeysel EMG ve transkraniyomagnetik stimülasyon (TMS) kullanılarak motor uyarılma potansiyeli, dinlenme motor eşiği (RMT), kısa aralıklı intrakortikal inhibisyon (SICI) ve intrakortikal kolaylaştırma (ICF) değerleri açısından analiz edildi.

Bulgular, diz OA'sı olan hastalar ile sağlıklı kontroller arasında RMT, SICI veya ICF ölçümleri için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığını gösterdi. Diz OA'sı olan hastalarda, ağrı ile RMT arasında ve ayrıca ağrı ile ICF arasında gözlemlenen önemli ilişkiler vardı ancak MAA ile kortikospinal veya intrakortikal eksitabilite ölçümleri arasında hiçbir ilişki gözlenmemiştir. Bu veriler, birincil motor korteks içindeki kortikospinal veya intrakortikal yolların MAA mekanizmalarında doğrudan yer almadığını düşündürmektedir (241).

Bu sham-kontrollü çalışmada kas uyarılabilirliğinin değerlendirilmesi yüzeysel EMG kullanılarak kuadriseps kasının izometrik bir şekilde kasılarak oluşturduğu maksimal kontraksiyonun genlik değerinin ölçülmesiyle ve Hoffmann reflex (H-refleks) değerinin M dalgası (Mmaks) ortaya çıkana kadar alınan kaydıyla ise motor ünite havuzunun uyarılabilirliği değerlendirildi. Hmaks/Mmaks değeri oranı ilgili kasta refleks cevabı takiben ortaya çıkan ilk kasılma anını yani kasın ilk uyarılabilirliğindeki değişimin objektif değerlendirilmesi olanağını sağladı (244). Bulgular non-immersive sanal gerçeklik egzersizlerinin diz OA'lı hastalarda kuadriseps kasında maksimal kontraksiyon seviyesinin artması hususunda çok verimli bir yöntem olabileceğini gösterdi. Çünkü, çalışma öncesi ve sonrası ölçümler kıyaslandığında maksimal izometrik kuadriseps kasılması sonrası ortaya çıkan genlik değeri her iki bacak için de çalışma grubumuzda istatistiki olarak anlamlı değişim göstermişti (Sağ MVC değişim 194uv'den 299uv'ye, sol MVC değişim 185.85uv'den 277.55uv'ye). Öte yandan sham-kontrol grubunda her iki bacak için de MVC değişimleri negatif yöndeydi hatta sağ bacakta gerileme istatistiki olarak anlamlı seviyedeydi. Ayrıca gruplar arası kıyaslamada sağ bacak için MVC değişimi sham-kontrol grubuyla kıyaslandığında çalışma grubunda istatistiki olarak çok daha anlamlıydı. Bu yüzden, geleneksel fizyoterapinin etkisi tedavi programından dışlansa dahi diz OA'lı bireylerde yalnızca non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin kuadriseps kasının istemli kontrolünde çok önemli katkılar sağlayabileceğini düşünmekteyiz. Ancak sol bacak kıyaslamasında aynı durum söz konusu değildi. Bunun muhtemel nedeni olarak sol bacak için MVC değerlendirmesinde ön ölçüm sırasında her iki grup arasında anlamlı bir fark oluşunu düşünmekteyiz. 2017 yılında Abbasi ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada tamamen aynı tedavi yöntemi kullanılmamış olsa da benzer bir metodoloji kullanılmıştı ve tüm vücut vibrasyon uygulamasının diz OA'lı

hastalarda maksimal kontraksiyon üzerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Ancak, bizim çalışmamızın aksine bu çalışmada maksimal istemli kontraksiyon sonuçları anlamlı gelişme göstermedi (245). Bu durum diz OA'lı bireylerde kuadriseps kasının uyarılabilirliğinin ve istemli kontrolünün geliştirilmesine olan ihtiyacın literatürde pek çok farklı yöntem denenerek giderilmeye çalışıldığının bir kanıtı olarak değerlendirilebilir. Bir diğer çalışmada ise MVC seviyesinin cerrahi geçiren diz OA'lı hastalarda olması gereken düzeyin %60'ına kadar gerilediği ve kas aktivasyonun elde edilebilmesi için biofeedback sağlayabilecek egzersiz yöntemleriyle tedavi edilmesi gerektiği belirtilmiştir (246). Non-immersive sanal gerçeklik uygulamasının biofeedback sağlayıcı özelliği (247) göz önüne alındığında bu araştırma bizim çalışmamızı fikren desteklemektedir. Diz OA'lı bireylerde maksimal istemli kontraksiyon seviyesinin değerlendirildiği bir diğer çalışmada ise 8 haftalık ev egzersiz programının MVC değerleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır (248). Bu çalışma bizim ana hipotezlerimizden olan ve sadece geleneksel fizyoterapi egzersiz yöntemlerinin diz OA'lı bireylerde kas uyarılabilirliği üzerine olan etkisinin yetersiz olduğu fikrini desteklemektedir.

Çalışmamızda motor ünite havuzunun uyarılma seviyesinin belirlenmesinde Hmax/Mmax motor uyarılma dalga oranı kullanılarak spinal kaynaklı bir gelişimin olup olmadığı durumunun belirlenmesi metodu da kullanıldı. Bulgular, hem çalışma hem de sham-kontrol gruplarında ilk ve son ölçüm karşılaştırmaları sonrasında sol diz için spinal seviyelerdeki uyarıcı etkiden kaynaklanan istatistiki olarak anlamlı seviyede gelişme olduğunu işaret etti. Ancak gruplar arası kıyaslamada anlamlı bir farklılık bulunmamaktaydı. Bu durum olumlu sonuçların geleneksel fizyoterapinin etkisi mi yoksa uyguladığımız non-immersive sanal gerçeklik uygulamasının etkisi mi olduğu hususunda net cevap verememeye yol açtı. Ancak 2015 yılında yayımlanmış olan bir çalışma bu durumdan çıkış için bir yol gösterici olabilir. Bu çalışmada, fiziksel egzersizin akut etkisi olarak H-refleks ve merkezi motor iletim seviyesindeki değişim değerlendirilmiştir. Buna göre sadece kassal aktiviteye odaklanan treadmill egzersizi H-refleks konusunda herhangi bir olumlu değişikliğe neden olamayıp hatta gerilemeye neden olmuşken, multimodal denge ve yetenek gerektiren el egzersizi grubunda H-refleksinde anlamlı derecede gelişme görülmüştü (249). Çalışmamızdaki sham-kontrol grubunda uygulanan yöntemin sanal gerçekliğin sadece el ve kol hareketleriyle

yönetimine odaklandığını düşününce çalışma ve sham-kontrol grupları arasında anlamlı bir farklılık çıkmamasının nedeni bu durumla bağlantılı olabilir. Ancak bu iddiayı doğrulayabilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü pek çok çalışma egzersizin spinal seviyelerden kaynaklı uyarıcı etkiyi genişlettiğini işaret etmektedir (250-252). Hmaks/Mmaks değerinde gruplar arasında farklılık olmamasının bir diğer nedeni sham-kontrol grubundaki bireylerin çalışma boyunca ayaklarının yere temas ediyor şekilde oturur pozisyonda olması ve düşme ile ilgili bir his oluşmaması olabilir. Çünkü 2022 yılında Grospretre ve ark. tarafından gerçekleştirilen bir sanal gerçeklik çalışmasında düşme hissiyatı veren bir pozisyondaki katılımcılardan anlık olarak ölçülen Hmaks/Mmaks oranı, düşme riski daha az olan pozisyonlara göre daha düşük olarak tespit edilmiştir (253). Bu nedenle, bizim çalışmamızda çalışma grubunda olan ve ayakta egzersiz yapıyor olan yaşları da genelde genç olmayan diz OA'lı hastalar bir miktar düşme korkusu yaşamış olabilir ve belki de bu yüzden Hmaks/Mmaks oranları daha düşük çıkmış olabilir. Ancak çalışma grubundaki hastalarımızın düşmeye yönelik anksiyete seviyelerini değerlendirmemiş olmamız bu iddiamızı ispatlamamızı mümkün kılmamaktadır ve bu durum çalışmamızın bir limitasyonu olarak değerlendirilebilir.

Çalışmamızda yalnızca H-refleksindeki değişim yerine daha güncel bir yaklaşım olan Hmaks/Mmaks değerini tercih etmemizin temel nedeni son yıllarda bu reflekse yönelik değerlendirmelerin bu yöne kaymayı tercih etmiş olmasıdır (254, 255). Hatta bu yöntemin standart hale getirilmesi bile önerilmiştir (256). Bu yöntemin spinal ve periferik değişimi birlikte göstererek kazanım veya olası kayıpların en doğru nedenini işaret ettiği düşünülmektedir. Bulgularımızda Hmaks/Mmaks oranındaki değişimler Tablo 4.13'de gösterildiği gibi genelde düşüş eğilimi göstermekteydi ve bu düşüşün nedeninin Hmaks azalışından ziyade Mmaks'taki artış kaynaklı olduğunu yani periferik seviyedeki gelişimden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ancak sadece H-refleksi değerlendirebilecek çalışmalar spinal seviyelerdeki değişimi daha net gösterebilir. Ancak yeni yaklaşımın aksine değişimin tek bir yönüne odaklandığından sonuçlar gelişim ve gerilemeyi göstermek açısından eksik kalabilir.

Genel olarak bakıldığında yüzeysel EMG yöntemi kullanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda non-immersive sanal gerçeklik egzersizlerinin kuadriseps femoris kasında çalışma öncesine kıyasla ve sham-kontrol grubuna

kıyasla ateşlenen motor ünite sayısında (MVC) anlamlı kazanımlara neden olduğu görülmüştür. Ancak spinal seviyelerden kaynaklanan uyarıcı etki üzerine geleneksel fizyoterapi uygulamalarından daha önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

5.1.3 Dinamik Dengeye İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması

Diz OA'lı bireylerde sıklıkla görülebilen mekanoreseptör kaynaklı ve kassal problemler dinamik dengenin değerlendirilmesine olan ihtiyacı önemli ölçüde arttırmaktadır (3, 59). Çünkü hareket sırasında meydana gelebilen denge bozulmaları düşmelere neden olarak hem insan sağlığına hem de sosyal güvenlik sistemine ciddi yükler getirebilmektedir (257). Diz OA'lı hastalarda -hastalığın prognozuna bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte- düşme riski yüksek gruplardan olduğu için denge konusunda iyi değerlendirilmesi ve eğitilmesi gereken bir popülasyondur (258). Bu yüzden dengeyi geliştirmeye yönelik olarak literatürde ciddi tedavi yaklaşımları üretilmiştir ve bunlardan biri de sanal gerçeklik temelli denge çalışmalarıdır (196, 259-262).

2023 yılında yapılan bir çalışmada Berg denge skalası kullanılarak diz OA'lı hastaların sanal gerçeklik egzersiz tedavisi sonrası denge durumunda oluşan değişim kontrol edilmiştir. Bulgular sanal gerçeklik egzersizlerinin dengeyi geliştirme konusunda geleneksel terapi yöntemlerine göre daha başarılı olduğunu göstermiştir (198). 2022 yılında yapılan bir diğer çalışmada da total diz replasman cerrahisi olmuş diz OA'lı hastalarda sanal gerçekliğin denge üzerine olan etkisi zamanlı kalk ve yürü testi (TUG) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bulgular sanal gerçeklik egzersizlerinin konvensiyonel fizyoterapiye karşı dinamik dengeyi geliştirme konusunda herhangi bir üstünlüğü olmadığını göstermiştir. Ancak bu çalışmada kontrol grubu konvensiyonel fizyoterapiye ek olarak propriyosepsiyon egzersizleri alırken deney grubunda aynı prosedür uygulanmamıştır. Bu durum çalışmanın iç geçerliliğini etkileyebileceğinden sonuçların güvenilirliği sorgulanmalıdır (263). 2018 yılında gerçekleştirilmiş olan bir çalışmada ise denge değerlendirmesi topluluk içi denge ve hareketlilik ölçeği (CB&M) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulgular, sanal gerçeklik egzersizlerinin geleneksel terapi yöntemlerine kıyasla dengeyi geliştirme konusunda daha başarılı olduğunu göstermiştir (264). 2020 yılında yapılan bir başka çalışma total diz replasman

cerrahisi geçirmiş 36 diz OA'lı hasta üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bulgular, sanal gerçeklik egzersizleri+devamlı pasif hareket (CPM)+egzersiz tedavisi alan çalışma grubunun CPM+egzersiz tedavisi alan kontrol grubuna kıyasla denge parametresinde çok daha anlamlı sonuçlar gösterdiğini ortaya koymuştur (265). Bu durum daha önce güvenilirliğinin sorgulanması gerektiğini belirttiğimiz total diz replasmanlı hastalarda yapılan çalışmanın da sonuçlarıyla örtüşmemektedir. Bu nedenle sanal gerçeklik egzersizlerinin denge gelişimi için total diz replasmanı geçirmiş diz OA'lı bireylerde de kullanılıp kullanılamayacağına ilişkin yeni bulgulara ihtiyaç vardır. 2022 yılında yayımlanan başka bir makalede sanal gerçeklik egzersizi+geleneksel fizyoterapi yapan grupta postüral stabilite gelişimi sadece geleneksel fizyoterapi alan gruba kıyasla çok daha başarılı olduğunu işaret etmiştir (202). Benzer şekilde bizim çalışmamızda da TUG kullanılarak yapılan değerlendirmelerde dinamik denge non-immersive sanal gerçeklik alan çalışma grubunda sham-kontrol grubuna kıyasla çok daha yüksek bir gelişme gösterdi. Bu nedenle, literatürde yer alan çalışmalar ve bizim çalışmamız, diz OA'lı hastalarda dinamik denge açısından sanal gerçeklik egzersizlerinin geleneksel fizyoterapi yöntemlerine kıyasla çok daha başarılı sonuçlar sağladığını göstermiştir.

Ayrıca yukarıda verilen örneklerden anlaşılabileceği gibi literatürde yer alan ve iç geçerlilik açısından başarılı kabul edilebilecek çalışmaların çoğunluğu bizim çalışmamız gibi dinamik denge değerlendirmesinde sıklıkla klinik testleri tercih etmişti ve bu yüzden biz de çalışmamızda TUG kullanmayı tercih ettik.

5.1.4 Ağrı Yoğunluğu ve Fiziksel Fonksiyon Yetersizliğine İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması

WOMAC anket formu diz OA'lı bireylerde fonksiyonel dizabilite durumunu değerlendirmek için en sık kullanılan ölçüm gereçlerindendir. Bunun nedeni muhtemelen kullanımının kolay olması ve kişisel olarak doldurulabileceği için her ortamda kolayca kullanılabilmesidir. WOMAC ayrıca pek çok dile uyarlanmış ve ulaşılabilirliği yüksek, serbest kullanıma açık bir anket olduğundan sıklıkla OA hastalarının fonksiyonel yetersizlik seviyelerini değerlendirmek için tercih edilmektedir (266). Bizim çalışmamızda da bu gerekçelerle fonksiyonel yetersizliği değerlendirmek için WOMAC tercih edilmiştir.

Çalışmamızda katılımcıların ağrı seviyeleri WOMAC-ağrı alt başlığı kullanılarak değerlendirildi. Bulgularımız grup içi analizlerde hem çalışma hem de

sham-kontrol grubunda diz ağrı seviyelerinin istatistiki olarak anlamlı seviyede azaldığını ve gruplar arası karşılaştırmada ise diz ağrılarındaki azalmanın çalışma grubunda sham-kontrol grubuna göre istatistiki olarak çok daha anlamlı bir seviyede olduğunu gösterdi. 2022 yılında yapılan bir çalışmada da diz ağrı seviyesinin değerlendirmesi WOMAC-ağrı alt başlığıyla gerçekleştirildi ve bizim çalışmamızla aynı yönde sonuçlar gösterdi (202). Ağrıdaki bu iyileşmenin temel nedeni olarak artmış MVC skorlarının olduğunu düşünmekteyiz. Çünkü kas uyarılabilirliğindeki gelişme ateşlenmiş kas içiği miktarında gelişmeye neden olarak hareket kabiliyetini artırır. Artmış hareket ise ağrı seviyesinde azalmaya neden olur (267). Ek olarak, diz OA'lı hastalarda ağrı seviyesinin yüksek olmasının nedenlerinden birisinin diz eklemi mobilite kaybı olduğu ve ayrıca hastaların hareket ettirmeyi azaltan korumacı yaklaşımı olduğu literatürde belirtilmiştir (105). Bu nedenle artmış hareket kabiliyeti nedeniyle ağrı seviyesinin azalmış olması muhtemel bir nedendir.

Diz OA'lı hastalarda sanal gerçeklik uygulamasının WOMAC ölçüm gerecini kullanarak fonksiyonel yetersizlik üzerine olan etkisini inceleyen bir çalışma sanal gerçeklik egzersizlerinin sensorimotor rehabilitasyon ve geleneksel fizyoterapiye kıyasla fonksiyonel yetersizliği giderme konusunda çok daha başarılı bir yöntem olduğunu göstermişti (199). 2023 yılında yayımlanan bir başka çalışmada da fonksiyonel yetersizlik değerlendirmesi için WOMAC tercih edilmişti ve sanal gerçeklik egzersizlerinin fonksiyonel yetersizliği giderme konusunda koruyucu rehabilitasyon uygulamalarına kıyasla çok daha başarılı sonuçlar gösterdiği belirtilmişti (198). 2018 yılında gerçekleştirilen bir diğer çalışmada da WOMAC kullanılarak sanal gerçeklik egzersizlerinin fonksiyonel yetersizlik üzerine olan etkisi değerlendirilmişti. Bulgular sanal gerçeklik egzersizlerinin fonksiyonel yetersizliği giderme hususunda geleneksel terapi yöntemlerinden daha başarılı olduğunu göstermişti (264). 2020 yılında yapılan bir başka çalışmada ise aktif video oyunu oynamanın WOMAC kullanılarak diz OA'lı hastaların fonksiyonel yetersizliği üzerinde olan etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada ise sanal gerçeklik temelli aktif video oyunu oynamanın geleneksel terapi yöntemlerine kıyasla diz OA'lı bireylerde fonksiyonel yetersizliği giderme hususunda ek bir etkisi olmadığı gösterilmiştir. Bu çalışma katılımcı sayısı açısından bu alandaki en geniş katılımlı çalışmalardan biriydi (Deney n:40, Kontrol n:40), bu yüzden

tartışılan diğer araştırmalardan sonuçlarının ayrışması ciddi derecede dikkat çekiciydi. Ancak bu çalışmanın önemli bir limitasyonu bulunduğu yazarlarca belirtilmişti. Yazarlara göre kullandıkları sanal gerçeklik ekipmanı üzerine çıkılması gereken bir boarddan oluşuyordu ve katılımcılar hareketi ekrandaki avatara iletmek için bu board üzerindeki kısıtlı bir alanda hareket etmek zorundaydılar. Bu durum sonuçlarını negatif olarak etkilemiş olabilir. Ayrıca, aynı yazarlar gelecek çalışmalarda böyle bir board kullanmayan ve plasebo uygulaması da içeren bir çalışmanın faydalı olabileceğini belirtmişlerdi (201). Bu noktada bizim çalışmamız bu alanda bahsedilen ve kapatılması önerilen tüm açıkları net bir şekilde kapatabilecek bir metodolojiye sahipti. Bizim çalışmamızda 15 seanslık non-immersive sanal gerçeklik uygulamasının hem ön-son ölçüm kıyaslamasında hem de sham-kontrol grubuyla kıyaslandığında diz OA'lı bireylerde fonksiyonel yetersizliği giderme konusunda çok daha başarılı olduğu ortaya konmuştur. Bizim çalışmamızın da desteklediği gibi çalışmaların büyük çoğunluğu sanal gerçeklik egzersizlerinin diz OA'lı bireylerde fonksiyonel yetersizliği giderme konusunda başarılı olduğunu göstermektedir. Ayrıca yaptığımız post-hoc analiz sonucunda ulaştığımız katılımcı sayısının %5 hata payı için %96 güç sağladığı düşünüldüğünde non-immersive sanal gerçeklik uygulamasının diz OA'lı bireylerde fonksiyonel yetersizliği giderme hususunda rahatlıkla tavsiye edilebilecek bir uygulama olduğu söylenebilir.

5.1.5 Propriyosepsiyona İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması

Propriyosepsiyon, eklem stabilitesi, vücut postürü ve vücudun genel olarak uzaydaki pozisyonunun farkındalığını sağlayan duyumdur şeklinde tanımlanabilir. Diz OA'lı bireylerde propriyosepsiyon duyusunda gerileme çok muhtemel bir sonuç olarak öne çıkmaktadır. Bu durumun neden olabileceğine ilişkin birkaç teori bulunmakla birlikte, en büyük ihtimal mekanoreseptörlerde meydana gelen dejenerasyon süreci ve diz ekstansör kas kuvvetinde yaşanan gerilemedir (268). Literatür incelendiğinde diz OA'lı bireylerde eklem dejenerasyonu sonucu ortaya çıkan propriyoseptif kayıpların çeşitli tedavi ajanları kullanılarak rehabilite edilebileceği gösterilmektedir (269-271). Bunlardan biri de sanal gerçeklik egzersiz uygulamasıdır (13).

2019 yılında yayımlanan bir makale diz OA'lı hastalar üzerinde immersive sanal gerçeklik uygulamasının global propriyosepsiyonu geliştirmek konusunda geleneksel rehabilitasyon uygulamalarına kıyasla çok daha başarılı sonuçlar gösterdiğini ifade etmektedir (197). 2016 yılında gerçekleştirilen bir diğer çalışma ise diz OA'lı hastalarda konvensiyonel rehabilitasyon uygulamasına ek olarak uygulanan non-immersive sanal gerçeklik uygulamasının sensorimotor terapi ve sadece konvensiyonel rehabilitasyona göre propriyosepsiyonu daha iyi düzenlediğini belirtmiştir (199). 2017 yılında yayınlanmış bir başka çalışmada da önceki çalışmaların bulgularını doğrulamış ve sanal gerçeklik egzersizlerinin diz OA'lı hastalarda diz ekleminde propriyosepsiyonu önemli derecede geliştirdiğini göstermiştir (268). Bizim bulgularımız da önceki çalışmaları destekledi ve non-immersive sanal gerçekliğin sham-kontrol grubuna göre propriyosepsiyonu daha iyi geliştirdiğini gösterdi. Bizim çalışmamızda sanal gerçekliğin propriyosepsiyonu sham-kontrol grubuna göre daha fazla geliştirmesini EMG sonuçlarımızın da gösterdiği artan MVC seviyesine bağlıyoruz. Çünkü artmış uyarılmış kas içiği sayısının diz ekstansör kasının kasılabilirliğini geliştirerek diz eklemindeki bağlara binen yükü azalttığını düşünmekteyiz. Propriyosepsiyonla çok bağlantılı olan mekanoresptörlerin de bu bağlarda ve kas içiğinde daha yoğun bulunmasından ötürü azalan dejenerasyonun propriyoseptif girdiyi arttırdığı kanaatindeyiz. Bu iddiamız aynı zamanda daha önce Segal ve ark. (2010) tarafından da dile getirilmiştir (272). Ancak daha önceki çalışmalarda iddia edildiği üzere sanal gerçekliğin işitsel ve görsel uyaranları sık kullanarak tekrarlı hareketleri yapmamızı sağlayıp kognitif becerileri arttırdığı ve böylelikle motor kontrolün artışına neden olarak propriyosepsiyonu geliştirdiği fikrini ne yazık ki ispatlayamadık (202). Çünkü Hmaks/Mmaks oranındaki değişim spinal seviyelerden gelen uyarıcı etkinin sanal gerçeklik grubunda sham-kontrol grubuna kıyasla daha yüksek etkisi olduğuna dair bir bilgi sağlamamıştı.

5.1.6 GYA Bağımsızlık Seviyesine İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması

Diz OA'lı bireylerde eklem dejenerasyonuna bağlı olarak ortaya çıkan eklem sertliği veya katılığının bu bireylerde mobilitayı olumsuz etkilediğinden GYA'da bağımsızlık seviyelerinde gerileme olması sıklıkla görülmektedir (273). Bu nedenle literatürde pek çok çalışmada, uygulanan tekniğin GYA'da bağımsızlık

üzerine olan etkisinin sonuçlarını değerlendirme ihtiyacı duyulmuştur. Çünkü yaşam kalitesi ve GYA'da bağımsızlık arasında doğrusal bir ilişki olduğu literatürde belirtilmektedir (273, 274).

2020 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada sanal gerçeklik temelli egzersizlerin fonksiyonel bağımsızlık üzerine olan etkisi de incelenmiştir. Bu çalışmada bağımsızlık düzeyi değerlendirmesi için Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği (FIM) tercih edilmişti. Bulgular sanal gerçeklik temelli egzersizlerin geleneksel egzersizlere bir üstünlüğü olmadığını ve GYA'da bağımsızlık seviyesini geleneksel rehabilitasyonla karşılaştırıldığında anlamlı derecede geliştirmediğini işaret etti (197). 2023 yılında yayımlanan bir başka çalışma ise immersive sanal gerçeklik temelli egzersizlerin geleneksel rehabilitasyon yaklaşımına göre fonksiyonelliği artırma konusunda daha başarılı sonuçlar verdiğini gösterdi (198). 2022 yılında yayımlanan bir başka çalışmada ise non-immersive sanal gerçeklik temelli egzersizlerin geleneksel rehabilitasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında GYA'da bağımsızlık seviyesini geliştirme hususunda önemli bir farklılık oluşturmadığını göstermişti (263). Bizim çalışmamızda da GYA'da bağımsızlık düzeyi grup içi analizlerde her iki grupta da anlamlı gelişme gösterirken, çalışma ve sham-kontrol gruplarının kıyaslanmasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktaydı. Bu durum non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerin diz OA'lı bireylerde GYA'da bağımsızlık seviyelerini geleneksel rehabilitasyon yaklaşımlarından daha iyi geliştirmediğini gösterdi. Fakat yukarıda belirtilen örnek çalışmada (198) immersive sanal gerçeklik temelli egzersizlerin GYA'da bağımsızlık konusunda da anlamlı farklılıklar sağlayabileceği gösterilmişti. Bunun muhtemel nedeni immersive sanal gerçeklik egzersizlerinin lokomotor yeterliliği kortikal seviyede düzenleyici etkisiyle alakalı olabilir çünkü immersive sanal gerçeklikteki var olan sensöryel geri besleme özelliğinin hipokampal beyin alanında ateşleyici etkisi olduğunu bu sayede geçmiş hareket becerisinin daha kolay hatırlanmasına zemin hazırladığı bazı çalışmalarda gösterilmiştir (265, 275).

Bir diğer önemli nokta ise azalmış olan ağrı seviyesine rağmen GYA bağımsızlık seviyesinin çalışma grubunda sham-kontrol grubuna oranla istatistik olarak anlamlı seviyede gelişim göstermemesiydi. Bu durumun nedeninin ölçüm gereci değerlendirme parametrelerinin yeterli derinliği sağlamayaması olabilir. Ancak bu görüşün ispatı için KATZ indeksi GYA'daki bağımsızlık seviyelerini

değerlendiren başka ölçüm gereçleriyle karşılaştıran çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

5.1.7 Kassal Enduransa İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması

Diz OA'lı hastalarda kas kuvvetlerinde meydana gelen gerilemenin kassal aktiviteye dayalı enduransı da olumsuz olarak etkilediği literatürde gösterilmiştir. Bu durum bu hastalarda mukavemet kaybına neden olarak yaşam kalitesini de olumsuz olarak etkileyebilmektedir (276). Bu yüzden rehabilite edilmesi önem arz etmektedir. Literatürde bu alanda yapılmış birçok klinik çalışma olmakla birlikte (277-279), sanal gerçeklik temelli egzersizlerin etkisinin değerlendirildiği çok az sayıda klinik çalışma bulunmaktadır (11).

Sanal gerçeklik temelli egzersizlerin diz OA'lı hastalarda kassal endurans üzerinde olan etkinliğini inceleyen bir klinik çalışmada sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin konvensiyonel rehabilitasyondan daha başarılı olmadığı gösterilmiştir (11). Öte yandan bizim çalışmamızda kassal endurans 30 saniye kalk ve otur testi kullanılarak değerlendirildi ve bulgular sanal gerçeklik temelli diz egzersizleri sham-kontrol grupla kıyaslandığında kassal enduransı geliştirme konusunda çok daha başarılı sonuçlar elde edilebildiğini gösterdi. Bulgularımız grup içi analizlerde her iki grupta da anlamlı farklılık göstermişti ve bu durum geleneksel fizyoterapi uygulamalarının da kassal enduransı geliştirebileceğini işaret etmiş olsa da non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin geleneksel rehabilitasyon yaklaşımından daha başarılı olduğunu göstermişti. Önceki araştırmadan farklı sonuç bulmamızın muhtemel nedeninin hasta popülasyonundaki hastalık şiddet seviyesiyle alakalı olduğu kanatindeyiz. Çünkü endurans değerlendirmesi yapan çalışma, cerrahi gerektirecek düzeyde şiddete sahip hasta profiline sahipti (11), öte yandan bizim çalışmamızda hasta popülasyonunda hastalık şiddeti cerrahi gerektirecek seviyede hasta bulunmamaktaydı.

5.1.8 Hastaların Tedavi Memnuniyetlerine İlişkin Bulguların Analizi ve Yorumlanması

Çalışmamızda son bir değerlendirme gereci olarak görsel analog skala (GAS) kullanılmıştı ve hastaların tedavi memnuniyet düzeyleri değerlendirilmişti. Bulgularımız katılımcıların çalışma grubunda aldıkları tedaviden memnuniyet

düzeylerinin sham-kontrol grubuna kıyasla çok daha yüksek ve anlamlı olduğunu gösterdi. Öte yandan 2021 yılında Blasco ve ark. tarafından gerçekleştirilen bir sistematik derlemede toplanmış 6 çalışma sanal gerçeklik temelli egzersizlerin hastaların memnuniyet düzeyini iyileştirme konusunda konvensiyonel egzersizlere kıyasla daha başarılı olmadığını göstermişti. Ancak bu çalışmada değerlendirilen katılımcılar total diz replasman cerrahisi sonucu tedaviye alınan hastalardı ve muhtemelen farklılık bu durumdan kaynaklanıyordu (280).

5.2 Limitasyonlar

1. Çalışmada katılımcıların anksiyete seviyelerini değerlendirmedik için ayakta uygulama yapan çalışma grubumuzda düşmeye yönelik bir endişe olup olmadığını tespit edemedik.
2. Katılımcı hastalara belirlediğimiz tedavi süresi sonrası ve program dışında ulaşım kaynaklı nedenlerle ulaşmamızın mümkün olamaması nedeniyle uyguladığımız tedavi programının uzun süreli etkisini incelemek için takip ölçümünü gerçekleştiremedik.
3. Daha fazla erkek hastaya ulaşmak hastaneye olan müracaat sayısındaki yetersizlik nedeniyle mümkün olamadı.

5.3 Çalışmanın Güçlü Yanları

1. Sham-kontrol gruplu randomize kontrollü bir çalışma olarak dizayn edilmesi çalışmanın metodolojik açıdan gücünü arttırmıştır.
2. Kullanılan primer ölçüm gereçleri özellik olarak objektif ölçüm yapılmasını sağlayabilecek kalitededir.
3. Literatürde de sıklıkla kullanılan ikincil ölçüm gereçlerinin kullanılması çalışmanın güçlü bir diğer yanıdır.
4. Kullanılmış olan tabakalandırılmış randomizasyon yöntemi sayesinde gruplar arasında ortaya çıkması muhtemel heterojenitenin önüne geçilmiştir.
5. Veri toplama ve veri analizi aşamalarında alanında uzman araştırmacıların yer alması olası taraflılık durumlarının önüne geçmiştir.
6. Çalışmamızda körleme prosedürü, ölçümleri yapan nörolog için gerçekleştirilmiştir.
7. Tercih edilen uygulama süresinin literatürle olan uyumluluğu çalışmayı metodolojik olarak daha güçlü kılmıştır.

5.4 Araştırmanın Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bilim Dalına Katkıları

1. Son yıllarda alanımızda değerlendirme ve tedavi uygulamalarında teknolojik cihazların sıklıkla kullanılmasıyla birlikte biz de güncel yaklaşımlardan olan sanal gerçeklik uygulamasını kullanarak bu alandaki araştırmaların artmasına katkı sağlamış olduk.
2. Araştırmamız fizyoterapist, fiziyatrist, nörolog ortak çalışması olarak multidisipliner çalışmalara örnek niteliği taşımaktadır.
3. Araştırmamız özellikle geriatrik populusyonda sıkça karşılaşılan diz OA için alternatif tedavi yaklaşımlarının desteklenmesi açısından alana katkı sağlamıştır.



6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

1. Bu çalışmada primer olarak non-immersive sanal gerçeklik egzersizlerinin diz OA'lı bireylerde kas ve motor ünite havuzu uyarılabilirlik ve denge üzerine olan etkisi incelenmiş ve kas uyarılabilirliğinin periferik seviyede uyarılmış motor ünite sayısının artışının tespitiyle sham-kontrol grubundan daha anlamlı geliştiğini ancak spinal düzeyde etkinliğinin (motor ünite havuzu uyarılabilirliği) başarılı sonuçları olmakla birlikte geleneksel uygulamalardan daha yüksek düzeyde etkin olduğu ispatlanamamıştır. Ancak sanal gerçekliğin motive edici yanından öte fizyolojik temelini de olabileceği gösterilmiştir.
2. Non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin statik ve dinamik dengeyi sham-kontrol grubuna göre çok daha anlamlı seviyede geliştirdiği ortaya çıkmıştır. Sadece oluşan farkların regresyonu olan FHI değerleri 8 ölçüm pozisyonunun tümünde anlamlı gelişmeyi işaret edememiştir.
3. Propriyosepsiyondaki düzelmenin de çalışma grubumuzda sham-kontrol grubuna göre daha başarılı olduğu da benzer şekilde tespit edilmiştir.
4. Diz OA'lı bireylerde görülen fonksiyonel yetersizlik ve kassal enduransdaki gerileme de non-immersive sanal gerçeklik uygulamasıyla geleneksel fizyoterapiden çok daha iyi gelişmiştir. Aynı zamanda katılımcıların tedavi memnuniyetinin çalışma grubunda çok daha yüksek olduğunda keşfedilmiştir. Ancak çalışmada GYA'da ki bağımsızlık düzeyi çalışma grubu açısından sham-kontrol grubuna kıyasla daha başarılı değildir.
5. Non-immersive sanal gerçeklik temelli diz egzersizlerinin diz OA'lı bireylerde kas uyarılabilirliği, denge, propriyosepsiyon, endurans, fonksiyonel yetersizlik parametrelerini geliştirme hususunda geleneksel fizyoterapi yöntemlerine kıyasla çok daha başarılı sonuçlar gösterebileceği söylenebilir.

6.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

1. Denge değerlendirmesinde vestibüler sistemin etkinliğinin analizinin yapılması için F2, F3, F4 salınım frekanslarının da analiz edilmesi.

2. Yaş, cinsiyet, hastalık şiddeti gibi demografik verilerle denge, kas uyarılabilirliği gibi değişkenlerin diz OA'lı bireylerde ilişki analizleri gerçekleştirilebilir.
3. Statik ve dinamik dengenin propriyosepsiyonla olan ilişkisinin analizi yapılabilir.
4. Non-immersive sanal gerçeklik temelli egzersizlerin kortikospinal seviyedeki etkilerinin ispatlanmasına yönelik yeni metodolojik yaklaşımlar geliştirilebilir.
5. EMG değerlendirmesine ek olarak kortikal değerlendirme yapmayı da sağlayabilecek farklı ölçüm teknikleri kullanılarak hem spinal hem kortikal etkilerin aynı anda değerlendirmesine yönelik metodolojiler geliştirilebilir.

7. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında Vancouver atıf sistemi kullanılmıştır.)

1. Cerza F, Carni S, Carcangiu A, Di Vavo I, Schiavilla V, Pecora A, et al. Comparison between hyaluronic acid and platelet-rich plasma, intra-articular infiltration in the treatment of gonarthrosis. *The American journal of sports medicine*. 2012;40(12):2822-7.
2. Sarıfakıoğlu B, Güzelant AY, Özduran E. Gonartroz Tedavisinde kısa dalga diatermi ve ultrason tedavi etkinliğinin karşılaştırılması. *Türk Osteoporoz Dergisi*. 2014;20:16-20.
3. Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of osteoarthritis. *Clinics in geriatric medicine*. 2010;26(3):355-69.
4. Bijlsma JW, Berenbaum F, Lafeber FP. Osteoarthritis: an update with relevance for clinical practice. *The Lancet*. 2011;377(9783):2115-26.
5. Lizis P. Effect of spa physiotherapy on the range of motion and muscle strength in women with gonarthrosis. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2013;20(4).
6. Kasumovic M, Gorcevic E, Gorcevic S, Osmanovic J. Efficacy of physical therapy in the treatment of gonarthrosis in physically burdened working men. *Materia socio-medica*. 2013;25(3):203.
7. Lewandowska J, Lulińska-Kuklik E, Strączyńska A, Moska W. Evaluation of the efficacy of low level laser therapy and cryotherapy in the treatment of gonarthrosis. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*. 2016;8(2):87-95.
8. Wi S-y, Kang J-h. The effects of virtual reality interactive games on the balance ability of elderly women with knee osteoarthritis. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(3):387-93.
9. Wi SY, Kang JH, Jang JH. Clinical feasibility of exercise game for depression treatment in older women with osteoarthritis: a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(2):165-7.
10. Elshazly FAA, Gopal NS, Elnegamy TE. Comparative study on virtual reality training (VRT) over sensory motor training (SMT) in unilateral chronic osteoarthritis—A randomized control trial. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*. 2016;5(8):7-16.
11. Johar MN, Nordin NAM, Mesbah N. Effects of therapy-based virtual reality on walking endurance and quality of life of persons with knee osteoarthritis. *Jurnal Sains Kesihatan Malaysia*. 2019;17(2).
12. Chughtai M, Kelly JJ, Newman JM, Sultan AA, Khlopas A, Sodhi N, et al. The role of virtual rehabilitation in total and unicompartmental knee arthroplasty. *The journal of knee surgery*. 2019;32(01):105-10.
13. Hong S, Lee G. Effects of an immersive virtual reality environment on muscle strength, proprioception, balance, and gait of a middle-aged woman who had total knee replacement: a case report. *The American Journal of Case Reports*. 2019;20:1636.
14. Bettger JP, Green CL, Holmes DN, Chokshi A, Mather III RC, Hoch BT, et al. Effects of virtual exercise rehabilitation in-home therapy compared with traditional care after total knee arthroplasty: VERITAS, a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2020;102(2):101-9.
15. Viñas-Diz S, Sobrido-Prieto M. Virtual reality for therapeutic purposes in stroke: A systematic review. *Neurología (English Edition)*. 2016;31(4):255-77.

16. Lange BS, Requejo P, Flynn SM, Rizzo AA, Valero-Cuevas F, Baker L, et al. The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*. 2010;21(2):339-56.
17. Laver K, George S, Ratcliffe J, Crotty M. Virtual reality stroke rehabilitation—hype or hope? *Australian occupational therapy journal*. 2011;58(3):215-9.
18. Akalan T, Temelli Y. *Temel Kinezyo-mekanik*. İstanbul Tıp Kitabevleri. 2017.
19. Bozkurt C, MA A. Menisküs anatomisi. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği*. 2018.
20. Erbahçeci F, Yazicioğlu F. *Kinezyoloji ve Biyomekanik*. 2019.
21. Alves-da-Silva T, Guerra-Pinto F, Matias R, Pessoa P. Kinematics of the proximal tibiofibular joint is influenced by ligament integrity, knee and ankle mobility: an exploratory cadaver study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019;27(2):405-11.
22. Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee. *Sports medicine and arthroscopy review*. 2011;19(2):82-92.
23. Hofer JK, Gejo R, McGarry MH, Lee TQ. Effects on tibiofemoral biomechanics from kneeling. *Clinical Biomechanics*. 2011;26(6):605-11.
24. Madeti BK, Chalamalasetti SR, Pragada B. Biomechanics of knee joint—A review. *Frontiers of Mechanical Engineering*. 2015;10(2):176-86.
25. Aweid O, Osmani H, Melton J. Biomechanics of the knee. *Orthopaedics and Trauma*. 2019;33(4):224-30.
26. Goldblatt JP, Richmond JC. Anatomy and biomechanics of the knee. *Operative Techniques in Sports Medicine*. 2003;11(3):172-86.
27. McDermott ID, Masouros SD, Amis AA. Biomechanics of the menisci of the knee. *Current Orthopaedics*. 2008;22(3):193-201.
28. Cristofolini L, Angeli E, Juszczak JM, Juszczak MM. Shape and function of the diaphysis of the human tibia. *Journal of biomechanics*. 2013;46(11):1882-92.
29. Loudon JK. Biomechanics and pathomechanics of the patellofemoral joint. *International journal of sports physical therapy*. 2016;11(6):820.
30. Fox AJ, Wanivenhaus F, Rodeo SA. The basic science of the patella: structure, composition, and function. *The journal of knee surgery*. 2012;25(02):127-42.
31. LaPrade MD, Kallanbach SL, Aman ZS, Moatshe G, Storaci HW, Turnbull TL, et al. Biomechanical evaluation of the medial stabilizers of the patella. *The American Journal of Sports Medicine*. 2018;46(7):1575-82.
32. Iranpour F, Aframian A, Cobb JP. *The Patellofemoral Joint. Joint Preservation in the Adult Knee*: Springer; 2017. p. 43-53.
33. Fox AJ, Wanivenhaus F, Burge AJ, Warren RF, Rodeo SA. The human meniscus: a review of anatomy, function, injury, and advances in treatment. *Clinical Anatomy*. 2015;28(2):269-87.
34. Kim J-H, Ahn JH, Kim J-H, Wang JH. Discoid lateral meniscus: importance, diagnosis, and treatment. *Journal of Experimental Orthopaedics*. 2020;7(1):1-10.
35. Braz P, Silva W. Meniscus morphometric study in humans. *Journal of Morphological Sciences*. 2017;27(2):0-.
36. Markes AR, Hodax JD, Ma CB. Meniscus form and function. *Clinics in sports medicine*. 2020;39(1):1-12.

37. Brody LT. Knee osteoarthritis: clinical connections to articular cartilage structure and function. *Physical Therapy in Sport*. 2015;16(4):301-16.
38. Decker RS, Koyama E, Pacifici M. Articular cartilage: structural and developmental intricacies and questions. *Current osteoporosis reports*. 2015;13(6):407-14.
39. Chatra PS. Bursae around the knee joints. *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2012;22(01):27-30.
40. Cushman DM, Teramoto M, Asay A, Clements ND, McCormick ZL. Corticosteroid and local anesthetic use trends for large joint and bursa injections: results of a survey of sports medicine physicians. *PM&R*. 2021;13(9):962-8.
41. Draghi F, Corti R, Urciuoli L, Alessandrino F, Rotondo A. Knee bursitis: a sonographic evaluation. *Journal of ultrasound*. 2015;18(3):251-7.
42. Iriuchishima T, Shirakura K, Yorifuji H, Fu FH. Anatomical evaluation of the rectus femoris tendon and its related structures. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2012;132(11):1665-8.
43. Becker I, Baxter G, Woodley S. The vastus lateralis muscle: an anatomical investigation. *Clinical Anatomy*. 2010;23(5):575-85.
44. Dziedzic D, Bogacka U, Cizek B. Anatomy of sartorius muscle. *Folia morphologica*. 2014;73(3):359-62.
45. Tosovic D, Muirhead J, Brown J, Woodley S. Anatomy of the long head of biceps femoris: an ultrasound study. *Clinical Anatomy*. 2016;29(6):738-45.
46. Curtis BR, Huang BK, Pathria MN, Resnick DL, Smitaman E. Pes Anserinus: Anatomy and Pathology of Native and Harvested Tendons. *AJR American journal of roentgenology*. 2019;213(5):1107-16.
47. LaPrade RF, Morgan PM, Wentorf FA, Johansen S, Engebretsen L. The anatomy of the posterior aspect of the knee: an anatomic study. *Jbjs*. 2007;89(4):758-64.
48. Stensdotter AK, Dalén T, Holmgren C, Häger-Ross C. Knee angle and force vector-dependent variations in open and closed kinetic chain for M. popliteus activation. *Journal of Orthopaedic Research*. 2008;26(2):217-24.
49. Bordoni B, Varacallo M. Anatomy, bony pelvis and lower limb, gastrocnemius muscle. 2018.
50. Candal-Couto J, Deehan D. The accessory bands of Gracilis and Semitendinosus: an anatomical study. *The Knee*. 2003;10(4):325-8.
51. Trammell AP, Nahian A, Pilson H. Anatomy, bony pelvis and lower limb, tensor fasciae latae muscle. 2018.
52. Antonio S, Wolfgang G, Robert H, Fullerton B, Carla S. The anatomical and functional relation between gluteus maximus and fascia lata. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2013;17(4):512-7.
53. Abulhasan JF, Grey MJ. Anatomy and physiology of knee stability. *Journal of Functional Morphology and kinesiology*. 2017;2(4):34.
54. Andrews K, Lu A, Mckean L, Ebraheim N. Medial collateral ligament injuries. *Journal of orthopaedics*. 2017;14(4):550-4.
55. Grawe B, Schroeder AJ, Kakazu R, Messer MS. Lateral collateral ligament injury about the knee: anatomy, evaluation, and management. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2018;26(6):e120-e7.

56. Duthon V, Barea C, Abrassart S, Fasel J, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2006;14(3):204-13.
57. Yoo H, Marappa-Ganeshan R. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee Anterior Cruciate Ligament. *StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing*; 2020.
58. Pache S, Aman ZS, Kennedy M, Nakama GY, Moatshe G, Ziegler C, et al. Posterior cruciate ligament: current concepts review. *Archives of Bone and Joint Surgery*. 2018;6(1):8.
59. Çabuk H, Kuşku Çabuk F. Mechanoreceptors of the ligaments and tendons around the knee. *Clinical Anatomy*. 2016;29(6):789-95.
60. Banios K, Raoulis V, Fyllos A, Chytas D, Mitrousias V, Zibis A. Anterior and Posterior Cruciate Ligaments Mechanoreceptors: A Review of Basic Science. *Diagnostics*. 2022;12(2):331.
61. Macefield VG. The roles of mechanoreceptors in muscle and skin in human proprioception. *Current Opinion in Physiology*. 2021;21:48-56.
62. Çabuk H, Kuşku Çabuk F, Tekin AÇ, Dedeoğlu SS, Çakar M, Büyükkurt CD. Lower numbers of mechanoreceptors in the posterior cruciate ligament and anterior capsule of the osteoarthritic knees. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2017;25(10):3146-54.
63. de Lima DA, Helito CP, de Lima LL, Leite JAD, Cavalcante MLC. Study of the nerve endings and mechanoreceptors of the anterolateral ligament of the knee. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2019;35(10):2918-27.
64. Katonis P, Papoutsidakis A, Aligizakis A, Tzanakakis G, Kontakis G, Papagelopoulos P. Mechanoreceptors of the posterior cruciate ligament. *Journal of International Medical Research*. 2008;36(3):387-93.
65. Harput G. Kinesiology of the knee joint. *Comparative Kinesiology of the Human Body: Elsevier*; 2020. p. 393-410.
66. Akhtaruzzaman M, Khan MR, Shafie AA, Rahman MM. Knee Joint Kinesiology: A Study on Human Knee Joint Mechanics. *Foot*. 2019;6(60.6):73.5.
67. Lippert LS, Minor MAD. Laboratory manual for clinical kinesiology and anatomy: FA Davis; 2017.
68. Şener F, Erbahçeci F. Kinezyoloji ve biyomekanik. 2016.
69. Bilge A, Ulusoy Rg, Üstebay S, Öztürk Ö. Osteoartrit. *Kafkas Journal of Medical Sciences*. 2018;8(1):133-42.
70. El-Tawil S, Arendt E, Parker D. Position statement: the epidemiology, pathogenesis and risk factors of osteoarthritis of the knee. *Journal of ISAKOS*. 2016;1(4):219-28.
71. Ashford S, Williard J. Osteoarthritis: A review. *The Nurse Practitioner*. 2014;39(5):1-8.
72. Güven SC, Özdemir O, Dinçer F. Osteoartrit ve Obezite İlişkisi. *Journal of Physical Medicine & Rehabilitation Sciences/Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Bilimleri Dergisi*. 2016;19(1).
73. Sharma L. Osteoarthritis of the knee. *New England Journal of Medicine*. 2021;384(1):51-9.
74. Herrero-Beaumont G, Roman-Blas JA, Bruyère O, Cooper C, Kanis J, Maggi S, et al. Clinical settings in knee osteoarthritis: Pathophysiology guides treatment. *Maturitas*. 2017;96:54-7.
75. Sellam J, Berenbaum F. Is osteoarthritis a metabolic disease? *Joint bone spine*. 2013;80(6):568-73.

76. Pereira D, Peleteiro B, Araujo J, Branco J, Santos R, Ramos E. The effect of osteoarthritis definition on prevalence and incidence estimates: a systematic review. *Osteoarthritis and cartilage*. 2011;19(11):1270-85.
77. Plotnikoff R, Karunamuni N, Lytvyak E, Penfold C, Schopflocher D, Imayama I, et al. Osteoarthritis prevalence and modifiable factors: a population study. *BMC public health*. 2015;15(1):1-10.
78. Heidari B. Knee osteoarthritis prevalence, risk factors, pathogenesis and features: Part I. *Caspian journal of internal medicine*. 2011;2(2):205.
79. Çakır N, Pamuk ÖN, Derviş E, İmeryüz N, Uslu H, Benian Ö, et al. The prevalences of some rheumatic diseases in western Turkey: Havsa study. *Rheumatology international*. 2012;32(4):895-908.
80. Loeser RF, Collins JA, Diekman BO. Ageing and the pathogenesis of osteoarthritis. *Nature Reviews Rheumatology*. 2016;12(7):412-20.
81. Unuvar N. Türkiye hastalık yükü çalışması. 2004.
82. Sasaki E, Ota S, Chiba D, Kimura Y, Sasaki S, Yamamoto Y, et al. Early knee osteoarthritis prevalence is highest among middle-aged adult females with obesity based on new set of diagnostic criteria from a large sample cohort study in the Japanese general population. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020;28(3):984-94.
83. Alekseeva L, Taskina E, Kashevarova N. Osteoarthritis: epidemiology, classification, risk factors, and progression, clinical presentation, diagnosis, and treatment. *Modern Rheumatology Journal*. 2019;13(2):9-21.
84. O'Brien MS, McDougall JJ. Age and frailty as risk factors for the development of osteoarthritis. *Mechanisms of ageing and development*. 2019;180:21-8.
85. Tschon M, Contartese D, Pagani S, Borsari V, Fini M. Gender and sex are key determinants in osteoarthritis not only confounding variables. A systematic review of clinical data. *Journal of Clinical Medicine*. 2021;10(14):3178.
86. Ratneswaran A, Kapoor M. Osteoarthritis year in review: genetics, genomics, epigenetics. *Osteoarthritis and cartilage*. 2021;29(2):151-60.
87. Batushansky A, Zhu S, Komaravolu R, South S, Mehta-D'souza P, Griffin T. Fundamentals of OA. An initiative of Osteoarthritis and Cartilage. Obesity and metabolic factors in OA. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2022;30(4):501-15.
88. Chen L, Zheng JJY, Li G, Yuan J, Ebert JR, Li H, et al. Pathogenesis and clinical management of obesity-related knee osteoarthritis: impact of mechanical loading. *Journal of orthopaedic translation*. 2020;24:66-75.
89. Courties A, Berenbaum F, Sellam J. The phenotypic approach to osteoarthritis: a look at metabolic syndrome-associated osteoarthritis. *Joint Bone Spine*. 2019;86(6):725-30.
90. He Y, Li Z, Alexander PG, Ocasio-Nieves BD, Yocum L, Lin H, et al. Pathogenesis of osteoarthritis: risk factors, regulatory pathways in chondrocytes, and experimental models. *Biology*. 2020;9(8):194.
91. Bultink IE, Lems WF. Osteoarthritis and osteoporosis: what is the overlap? *Current rheumatology reports*. 2013;15(5):1-8.
92. Rabiei M, Kashanian S, Samavati SS, Derakhshankhah H, Jamasb S, McInnes SJ. Nanotechnology application in drug delivery to osteoarthritis (OA), rheumatoid arthritis (RA), and osteoporosis (OSP). *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2021;61:102011.
93. Hardcastle SA, Dieppe P, Gregson CL, Smith GD, Tobias JH. Osteoarthritis and bone mineral density: are strong bones bad for joints? *BoneKEY reports*. 2015;4.

94. Linde KN, Puhakka KB, Langdahl BL, Søballe K, Krog-Mikkelsen I, Madsen F, et al. Bone mineral density is lower in patients with severe knee osteoarthritis and attrition. *Calcified Tissue International*. 2017;101(6):593-601.
95. Yucesoy B, Charles LE, Baker B, Burchfiel CM. Occupational and genetic risk factors for osteoarthritis: a review. *Work*. 2015;50(2):261-73.
96. Ezzat AM, Li LC. Occupational physical loading tasks and knee osteoarthritis: a review of the evidence. *Physiotherapy Canada*. 2014;66(1):91-107.
97. Wang X, Perry TA, Arden N, Chen L, Parsons CM, Cooper C, et al. Occupational risk in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Arthritis care & research*. 2020;72(9):1213-23.
98. Vannini F, Spalding T, Andriolo L, Berruto M, Denti M, Espregueira-Mendes J, et al. Sport and early osteoarthritis: the role of sport in aetiology, progression and treatment of knee osteoarthritis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2016;24(6):1786-96.
99. Cunha JE, Barbosa GM, Castro PATdS, Luiz BLF, Silva ACA, Russo TL, et al. Knee osteoarthritis induces atrophy and neuromuscular junction remodeling in the quadriceps and tibialis anterior muscles of rats. *Scientific reports*. 2019;9(1):1-11.
100. Sayaca C, Kocabey Y, Cicek EI. Osteoarthritis and proprioception. *Proprioception in Orthopaedics, Sports Medicine and Rehabilitation: Springer*; 2018. p. 175-88.
101. Güreş G, Bozbas GT, Tuncer T, Unubol AI, Ucar UG, Memetoglu OI. Frequency of joint hypermobility in Turkish patients with knee osteoarthritis: a cross sectional multicenter study. *International Journal of Rheumatic Diseases*. 2018;21(10):1787-92.
102. Eymard F, Parsons C, Edwards M, Petit-Dop F, Reginster J-Y, Bruyère O, et al. Diabetes is a risk factor for knee osteoarthritis progression. *Osteoarthritis and cartilage*. 2015;23(6):851-9.
103. Lespasio MJ, Piuze NS, Husni ME, Muschler GF, Guarino A, Mont MA. Knee osteoarthritis: a primer. *The Permanente Journal*. 2017;21.
104. Uysal FG, Basaran S. Knee osteoarthritis/diz osteoartriti. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2009;1-8.
105. Hochberg M. Osteoarthritis year 2012 in review: clinical. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2012;20(12):1465-9.
106. Kohn MD, Sassoon AA, Fernando ND. Classifications in brief: Kellgren-Lawrence classification of osteoarthritis. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2016;474(8):1886-93.
107. Culvenor AG, Engen CN, Øiestad BE, Engebretsen L, Risberg MA. Defining the presence of radiographic knee osteoarthritis: a comparison between the Kellgren and Lawrence system and OARSI atlas criteria. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015;23(12):3532-9.
108. Van Ginckel A, Bennell KL, Campbell PK, Wrigley TV, Hunter DJ, Hinman RS. Location of knee pain in medial knee osteoarthritis: patterns and associations with self-reported clinical symptoms. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2016;24(7):1135-42.
109. Calders P, Van Ginckel A, editors. Presence of comorbidities and prognosis of clinical symptoms in knee and/or hip osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Seminars in arthritis and rheumatism*; 2018: Elsevier.
110. Xu J, She G, Gui T, Hou H, Li J, Chen Y, et al. Knee muscle atrophy is a risk factor for development of knee osteoarthritis in a rat model. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2020;22:67-72.
111. Blalock D, Miller A, Tilley M, Wang J. Joint instability and osteoarthritis. *Clinical medicine insights: arthritis and musculoskeletal disorders*. 2015;8:CMAMD. S22147.

112. Gustafson JA, Gorman S, Fitzgerald GK, Farrokhi S. Alterations in walking knee joint stiffness in individuals with knee osteoarthritis and self-reported knee instability. *Gait & posture*. 2016;43:210-5.
113. Gustafson JA, Robinson ME, Fitzgerald GK, Tashman S, Farrokhi S. Knee motion variability in patients with knee osteoarthritis: the effect of self-reported instability. *Clinical Biomechanics*. 2015;30(5):475-80.
114. Tüzün E, Eker L, Aytar A, Daşkapan A, Bayramoğlu M. Acceptability, reliability, validity and responsiveness of the Turkish version of WOMAC osteoarthritis index. *Osteoarthritis and cartilage*. 2005;13(1):28-33.
115. Skoru Dvos, Çalışması TSGVG. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score: reliability and validation of the Turkish version. *Türkiye Klinikleri J Med Sci*. 2007;27:350-6.
116. Duruöz M, Duruöz E, Uçar Ü, Topçu E. SAT0338 Adaptation and Validation of the Osteoarthritis Knee and Hip Quality of Life (Oakhqol) Questionnaire in Turkish Population. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2013;72(Suppl 3):A697-A.
117. Basaran S, Guzel R, Seydaoglu G, Guler-Uysal F. Validity, reliability, and comparison of the WOMAC osteoarthritis index and Lequesne algofunctional index in Turkish patients with hip or knee osteoarthritis. *Clinical rheumatology*. 2010;29(7):749-56.
118. Fransen M, Edmonds J. Reliability and validity of the EuroQol in patients with osteoarthritis of the knee. *Rheumatology*. 1999;38(9):807-13.
119. McCarthy C, Oldham J. The reliability, validity and responsiveness of an aggregated locomotor function (ALF) score in patients with osteoarthritis of the knee. *Rheumatology*. 2004;43(4):514-7.
120. Slobogean GP, Mulpuri K, Reilly CW. The International Knee Documentation Committee subjective evaluation form in a preadolescent population: pilot normative data. *The American Journal of Sports Medicine*. 2008;36(1):129-32.
121. Jordan K, Arden N, Doherty M, Bannwarth B, Bijlsma J, Dieppe P, et al. EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). *Annals of the rheumatic diseases*. 2003;62(12):1145-55.
122. Kolasinski SL, Neogi T, Hochberg MC, Oatis C, Guyatt G, Block J, et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation guideline for the management of osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Arthritis & Rheumatology*. 2020;72(2):220-33.
123. Smith SR, Deshpande BR, Collins JE, Katz JN, Losina E. Comparative pain reduction of oral non-steroidal anti-inflammatory drugs and opioids for knee osteoarthritis: systematic analytic review. *Osteoarthritis and cartilage*. 2016;24(6):962-72.
124. Freo U, Ruocco C, Valerio A, Scagnol I, Nisoli E. Paracetamol: a review of guideline recommendations. *Journal of clinical medicine*. 2021;10(15):3420.
125. Wluka AE, Urquhart DM, Teichtahl AJ, Hussain SM, Forbes A, Arnold C, et al. Effect of low-dose amitriptyline on reducing pain in clinical knee osteoarthritis compared to benztropine: study protocol of a randomised, double blind, placebo-controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2021;22:1-10.
126. Nguyen C, Lefèvre-Colau M-M, Poiraudau S, Rannou F. Rehabilitation (exercise and strength training) and osteoarthritis: A critical narrative review. *Annals of physical and rehabilitation medicine*. 2016;59(3):190-5.
127. Allison K, Setchell J, Egerton T, Delany C, Bennell KL. In theory, yes; in practice, uncertain: a qualitative study exploring physical Therapists' attitudes toward their roles in weight Management for People with Knee Osteoarthritis. *Physical therapy*. 2019;99(5):601-11.

128. Felson DT, Zhang Y, Anthony JM, Naimark A, Anderson JJ. Weight loss reduces the risk for symptomatic knee osteoarthritis in women: the Framingham Study. *Annals of internal medicine*. 1992;116(7):535-9.
129. Messier SP. Obesity and osteoarthritis: disease genesis and nonpharmacologic weight management. *Rheumatic disease clinics of North America*. 2008;34(3):713-29.
130. Wu Z, Zhou R, Zhu Y, Zeng Z, Ye Z, Wang Z, et al. Self-Management for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Pain Research and Management*. 2022;2022.
131. Ganji R, Pakniat A, Armat MR, Tabatabaeichehr M, Mortazavi H. The effect of self-management educational program on pain intensity in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Open access Macedonian journal of medical sciences*. 2018;6(6):1062.
132. Khosravi M, Babae T, Daryabor A, Jalali M. Effect of knee braces and insoles on clinical outcomes of individuals with medial knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Assistive Technology*. 2022;34(5):501-17.
133. Johnson AJ, Starr R, Kapadia BH, Bhav A, Mont MA. Gait and clinical improvements with a novel knee brace for knee OA. *The journal of knee surgery*. 2013;26(03):173-8.
134. Aciksoz S, Akyuz A, Tunay S. The effect of self-administered superficial local hot and cold application methods on pain, functional status and quality of life in primary knee osteoarthritis patients. *Journal of clinical nursing*. 2017;26(23-24):5179-90.
135. Karadağ S, Taşci S, Doğan N, Demir H, Kiliç Z. Application of heat and a home exercise program for pain and function levels in patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *International Journal of Nursing Practice*. 2019;25(5):e12772.
136. Abd elFatah MI, Weheida SM, Mekki MM. Effect of Cold Application Versus Contrast Hydrotherapy on Patients Knee Osteoarthritis Outcomes. *American Journal of Nursing*. 2019;8(4):145-52.
137. Shehata AE, Fareed ME. Effect of cold, warm or contrast therapy on controlling knee osteoarthritis associated problems. *International journal of medical and health sciences*. 2013;7(9):518-24.
138. Zeng C, Li H, Yang T, Deng Z-H, Yang Y, Zhang Y, et al. Effectiveness of continuous and pulsed ultrasound for the management of knee osteoarthritis: a systematic review and network meta-analysis. *Osteoarthritis and cartilage*. 2014;22(8):1090-9.
139. Wu Y, Zhu S, Lv Z, Kan S, Wu Q, Song W, et al. Effects of therapeutic ultrasound for knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*. 2019;33(12):1863-75.
140. Zhang C, Xie Y, Luo X, Ji Q, Lu C, He C, et al. Effects of therapeutic ultrasound on pain, physical functions and safety outcomes in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*. 2016;30(10):960-71.
141. Cakir S, Hepguler S, Ozturk C, Korkmaz M, Isleten B, Atamaz FC. Efficacy of therapeutic ultrasound for the management of knee osteoarthritis: a randomized, controlled, and double-blind study. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2014;93(5):405-12.
142. Ulus Y, Tander B, Akyol Y, Durmus D, Buyukakincak O, Gul U, et al. Therapeutic ultrasound versus sham ultrasound for the management of patients with knee osteoarthritis: a randomized double-blind controlled clinical study. *International journal of rheumatic diseases*. 2012;15(2):197-206.
143. Chen L-X, Zhou Z-R, Li Y-L, Ning G-Z, Li Y, Wang X-B, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with knee osteoarthritis. *The Clinical journal of pain*. 2016;32(2):146-54.

144. Vance CGT, Rakel BA, Blodgett NP, DeSantana JM, Amendola A, Zimmerman MB, et al. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain, pain sensitivity, and function in people with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Physical therapy*. 2012;92(7):898-910.
145. Melzack R, Wall PD. Pain Mechanisms: A New Theory: A gate control system modulates sensory input from the skin before it evokes pain perception and response. *Science*. 1965;150(3699):971-9.
146. Sluka KA, Deacon M, Stibal A, Strissel S, Terpstra A. Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 1999;289(2):840-6.
147. Wu Y, Zhu F, Chen W, Zhang M. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in people with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*. 2022;36(4):472-85.
148. Schiphof D, Van Den Driest J, Runhaar J. Osteoarthritis year in review 2017: rehabilitation and outcomes. *Osteoarthritis and cartilage*. 2018;26(3):326-40.
149. Kolen AF, de Nijs RN, Wagemakers FM, Meier AJ, Johnson MI. Effects of spatially targeted transcutaneous electrical nerve stimulation using an electrode array that measures skin resistance on pain and mobility in patients with osteoarthritis in the knee: a randomized controlled trial. *Pain*. 2012;153(2):373-81.
150. Laufer Y, Dar G. Effectiveness of thermal and athermal short-wave diathermy for the management of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2012;20(9):957-66.
151. Kalpakçıoğlu Ba, Çakmak B, Bahadır C. Diz osteoartritinde ultrason ve kısa dalga diatermi tedavilerinin karşılaştırılması. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*. 2006;52(4):168-73.
152. Akyol Y, Durmus D, Alayli G, Tander B, Bek Y, Canturk F, et al. Does short-wave diathermy increase the effectiveness of isokinetic exercise on pain, function, knee muscle strength, quality of life, and depression in the patients with knee osteoarthritis? A randomized controlled clinical study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46(3):325-36.
153. Ozen S, Doganci EB, Ozyuvali A, Yalcin AP. Effectiveness of continuous versus pulsed short-wave diathermy in the management of knee osteoarthritis: A randomized pilot study. *Caspian journal of internal medicine*. 2019;10(4):431.
154. Nejati P, Farzinmehr A, Moradi-Lakeh M. The effect of exercise therapy on knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*. 2015;29:186.
155. Zeng C-Y, Zhang Z-R, Tang Z-M, Hua F-Z. Benefits and mechanisms of exercise training for knee osteoarthritis. *Frontiers in physiology*. 2021;12:2267.
156. Assis L, Milares LP, Almeida T, Tim C, Magri A, Fernandes KR, et al. Aerobic exercise training and low-level laser therapy modulate inflammatory response and degenerative process in an experimental model of knee osteoarthritis in rats. *Osteoarthritis and cartilage*. 2016;24(1):169-77.
157. Vasilceac FA, de Cássia Marqueti R, de Sousa Neto IV, da Cunha Nascimento D, de Souza MC, Durigan JLQ, et al. Resistance training decreases matrix metalloproteinase-2 activity in quadriceps tendon in a rat model of osteoarthritis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2021;25(2):147-55.
158. Chen L, Lou Y, Pan Z, Cao X, Zhang L, Zhu C, et al. Treadmill and wheel exercise protect against JNK/NF- κ B induced inflammation in experimental models of knee osteoarthritis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2020;523(1):117-22.

159. Castrogiovanni P, Di Rosa M, Ravalli S, Castorina A, Guglielmino C, Imbesi R, et al. Moderate physical activity as a prevention method for knee osteoarthritis and the role of synoviocytes as biological key. *International journal of molecular sciences*. 2019;20(3):511.
160. Aoki O, Tsumura N, Kimura A, Okuyama S, Takikawa S, Hirata S. Home stretching exercise is effective for improving knee range of motion and gait in patients with knee osteoarthritis. *Journal of Physical Therapy Science*. 2009;21(2):113-9.
161. Vincent KR, Vincent HK. Resistance exercise for knee osteoarthritis. *Pm&r*. 2012;4(5):S45-S52.
162. Wang C, Schmid CH, Iversen MD, Harvey WF, Fielding RA, Driban JB, et al. Comparative effectiveness of Tai Chi versus physical therapy for knee osteoarthritis: a randomized trial. *Annals of internal medicine*. 2016;165(2):77-86.
163. Ince B, Goksel Karatepe A, Akcay S, Kaya T. The efficacy of balance and proprioception exercises in female patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled study. *Clinical Rehabilitation*. 2023;37(1):60-71.
164. Brosseau L, Taki J, Desjardins B, Thevenot O, Fransen M, Wells GA, et al. The Ottawa panel clinical practice guidelines for the management of knee osteoarthritis. Part three: aerobic exercise programs. *Clinical rehabilitation*. 2017;31(5):612-24.
165. Bennell KL, Egerton T, Martin J, Abbott JH, Metcalf B, McManus F, et al. Effect of physical therapy on pain and function in patients with hip osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Jama*. 2014;311(19):1987-97.
166. Karaduman AA, Yılmaz ÖT, Akel BS. Fizyoterapi ve rehabilitasyon: Hipokrat Yayınevi; 2016.
167. Luan L, El-Ansary D, Adams R, Wu S, Han J. Knee osteoarthritis pain and stretching exercises: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. 2022;114:16-29.
168. Brosseau L, Taki J, Desjardins B, Thevenot O, Fransen M, Wells GA, et al. The Ottawa panel clinical practice guidelines for the management of knee osteoarthritis. Part two: strengthening exercise programs. *Clinical rehabilitation*. 2017;31(5):596-611.
169. Nelligan RK, Hinman RS, Kasza J, Crofts SJ, Bennell KL. Effects of a self-directed web-based strengthening exercise and physical activity program supported by automated text messages for people with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *JAMA internal medicine*. 2021;181(6):776-85.
170. Wang YT, Huang G, Duke G, Yang Y. Tai Chi, yoga, and qigong as mind-body exercises. *Hindawi*; 2017.
171. Ghandali E, Moghadam ST, Hadian MR, Olyaei G, Jalaie S, Sajjadi E. The effect of Tai Chi exercises on postural stability and control in older patients with knee osteoarthritis. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2017;21(3):594-8.
172. Hu X, Lai Z, Wang L. Effects of Taichi exercise on knee and ankle proprioception among individuals with knee osteoarthritis. *Research in Sports Medicine*. 2020;28(2):268-78.
173. Jeong HS, Lee S-C, Jee H, Song JB, Chang HS, Lee SY. Proprioceptive training and outcomes of patients with knee osteoarthritis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of athletic training*. 2019;54(4):418-28.
174. Schulz JM, Birmingham TB, Atkinson HF, Woehrle E, Primeau CA, Lukacs MJ, et al. Are we missing the target? Are we aiming too low? What are the aerobic exercise prescriptions and their effects on markers of cardiovascular health and systemic inflammation in patients with knee osteoarthritis? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2020;54(13):771-5.

175. Bruyère O, Cooper C, Pelletier J-P, Branco J, Brandi ML, Guillemin F, et al., editors. An algorithm recommendation for the management of knee osteoarthritis in Europe and internationally: a report from a task force of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis and Osteoarthritis (ESCEO). *Seminars in arthritis and rheumatism*; 2014: Elsevier.
176. Rönn K, Reischl N, Gautier E, Jacobi M. Current surgical treatment of knee osteoarthritis. *Arthritis*. 2011;2011.
177. North MM, North SM, Coble JR. Virtual reality therapy: An innovative paradigm: Ipi Press; 1996.
178. Halton J. Virtual rehabilitation with video games: A new frontier for occupational therapy. *Occupational therapy now*. 2008;9(6):12-4.
179. Sween J, Wallington SF, Sheppard V, Taylor T, Llanos AA, Adams-Campbell LL. The role of exergaming in improving physical activity: a review. *Journal of Physical Activity and Health*. 2014;11(4):864-70.
180. Almasi S, Ahmadi H, Asadi F, Shahmoradi L, Arji G, Alizadeh M, et al. Kinect-based rehabilitation systems for stroke patients: A scoping review. *BioMed research international*. 2022;2022.
181. Kiani S, Rezaei I, Abasi S, Zakerabasali S, Yazdani A. Technical aspects of virtual augmented reality-based rehabilitation systems for musculoskeletal disorders of the lower limbs: a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2023;24(1):1-25.
182. Eijlers R, Utens EM, Staals LM, de Nijs PF, Berghmans JM, Wijnen RM, et al. Meta-analysis: systematic review and meta-analysis of virtual reality in pediatrics: effects on pain and anxiety. *Anesthesia and analgesia*. 2019;129(5):1344.
183. Lee HS, Park YJ, Park SW. The effects of virtual reality training on function in chronic stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *BioMed research international*. 2019;2019.
184. Skurla MD, Rahman AT, Salcone S, Mathias L, Shah B, Forester BP, et al. Virtual reality and mental health in older adults: A systematic review. *International Psychogeriatrics*. 2022;34(2):143-55.
185. Al-Rasheed A, Alabdulkreem E, Alduailij M, Alduailij M, Alhalabi W, Alharbi S, et al. Virtual reality in the treatment of patients with overweight and obesity: a systematic review. *Sustainability*. 2022;14(6):3324.
186. Fodor LA, Coteş CD, Cuijpers P, Szamoskozi Ş, David D, Cristea IA. The effectiveness of virtual reality based interventions for symptoms of anxiety and depression: A meta-analysis. *Scientific reports*. 2018;8(1):10323.
187. Schiza E, Matsangidou M, Neokleous K, Pattichis CS. Virtual reality applications for neurological disease: a review. *Frontiers in Robotics and AI*. 2019;6:100.
188. Słyk S, Zarzycki MZ, Kocwa-Karnaś A, Domitrz I. Virtual reality in the diagnostics and therapy of neurological diseases. *Expert Review of Medical Devices*. 2019;16(12):1035-40.
189. Gumaa M, Rehan Youssef A. Is virtual reality effective in orthopedic rehabilitation? A systematic review and meta-analysis. *Physical therapy*. 2019;99(10):1304-25.
190. Kubicki A, Bonnetblanc F, Petrement G, Mourey F. Motor-prediction improvements after virtual rehabilitation in geriatrics: frail patients reveal different learning curves for movement and postural control. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2014;44(1):109-18.
191. Chen KB, Sesto ME, Ponto K, Leonard J, Mason A, Vanderheiden G, et al. Use of virtual reality feedback for patients with chronic neck pain and kinesiophobia. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2016;25(8):1240-8.

192. Manzoni GM, Cesa GL, Bacchetta M, Castelnovo G, Conti S, Gaggioli A, et al. Virtual reality-enhanced cognitive-behavioral therapy for morbid obesity: a randomized controlled study with 1 year follow-up. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. 2016;19(2):134-40.
193. Llobera J, González-Franco M, Perez-Marcos D, Valls-Solé J, Slater M, Sanchez-Vives MV. Virtual reality for assessment of patients suffering chronic pain: a case study. *Experimental brain research*. 2013;225:105-17.
194. Dascal J, Reid M, IsHak WW, Spiegel B, Recacho J, Rosen B, et al. Virtual reality and medical inpatients: a systematic review of randomized, controlled trials. *Innovations in clinical neuroscience*. 2017;14(1-2):14.
195. Byra J, Czernicki K. The effectiveness of virtual reality rehabilitation in patients with knee and hip osteoarthritis. *Journal of clinical medicine*. 2020;9(8):2639.
196. Jin C, Feng Y, Ni Y, Shan Z. Virtual reality intervention in postoperative rehabilitation after total knee arthroplasty: a prospective and randomized controlled clinical trial. *Int J Clin Exp Med*. 2018;11(6):6119-24.
197. Gianola S, Stucovitz E, Castellini G, Mascali M, Vanni F, Tramacere I, et al. Effects of early virtual reality-based rehabilitation in patients with total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Medicine*. 2020;99(7).
198. Özlü A, Ünver G, Tuna Hİ, Menekşeoğlu AK. The Effect of a Virtual Reality-Mediated Gamified Rehabilitation Program on Pain, Disability, Function, and Balance in Knee Osteoarthritis: A Prospective Randomized Controlled Study. *Games for Health Journal*. 2023.
199. Elshazly FAA, Nambi G, Elnegamy TE. Comparative study on virtual reality training (VRT) over sensory motor training (SMT) in unilateral chronic osteoarthritis—A randomized control trial. *Int J Med Res Health Sci*. 2016;5(8):7-16.
200. Peng L, Zeng Y, Wu Y, Si H, Shen B. Virtual reality-based rehabilitation in patients following total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chinese medical journal*. 2022;135(02):153-63.
201. Lin Y-T, Lee W-C, Hsieh R-L. Active video games for knee osteoarthritis improve mobility but not WOMAC score: A randomized controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2020;63(6):458-65.
202. Mete E, Sari Z. The efficacy of exergaming in patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled clinical trial. *Physiotherapy Research International*. 2022;27(3):e1952.
203. Kim W-S, Cho S, Park SH, Lee J-Y, Kwon S, Paik N-J. A low cost kinect-based virtual rehabilitation system for inpatient rehabilitation of the upper limb in patients with subacute stroke: A randomized, double-blind, sham-controlled pilot trial. *Medicine*. 2018;97(25).
204. Hubley-Kozey CL, Robbins SM, Rutherford DJ, Stanish WD. Reliability of surface electromyographic recordings during walking in individuals with knee osteoarthritis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2013;23(2):334-41.
205. Callaghan MJ, McCarthy CJ, Oldham JA. The reliability of surface electromyography to assess quadriceps fatigue during multi joint tasks in healthy and painful knees. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2009;19(1):172-80.
206. Kim H-S, Yun DH, Yoo SD, Kim DH, Jeong YS, Yun J-S, et al. Balance control and knee osteoarthritis severity. *Annals of rehabilitation medicine*. 2011;35(5):701-9.
207. LaPorte JA, Broeder CE. Test-Retest Reliability Of The Tetrax Balance System in Frail Seniors: 1591: Board# 81: May 30 3: 30 PM-5: 00 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(5):S249.

208. Avci Ş. Yaşlı bireylerde denge eğitimi, düşme riski ve yaşam kalitesi ilişkilerinin incelenmesi.
209. Khalaj N, Abu Osman NA, Mokhtar AH, Mehdikhani M, Wan Abas WAB. Balance and risk of fall in individuals with bilateral mild and moderate knee osteoarthritis. *PloS one*. 2014;9(3):e92270.
210. Alghadir A, Anwer S, Brismée J-M. The reliability and minimal detectable change of Timed Up and Go test in individuals with grade 1–3 knee osteoarthritis. *BMC musculoskeletal disorders*. 2015;16:1-7.
211. Cicioğlu Hi, Yüksek S. 65-75 Yaş Arasındaki Sağlıklı Erkeklerin Bedensel Uygunluk Düzeylerinde Yaşlanmaya Bağlı Meydana Gelen Değişikliklerin Belirlenmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2006;11(2):19-32.
212. Holm PM, Nyberg M, Wernbom M, Schröder HM, Skou ST. Intrarater reliability and agreement of recommended performance-based tests and common muscle function tests in knee osteoarthritis. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2021;44(3):144-52.
213. Gill S, McBurney H. Reliability of performance-based measures in people awaiting joint replacement surgery of the hip or knee. *Physiotherapy Research International*. 2008;13(3):141-52.
214. Lattanzio P-J, Petrella RJ. Knee proprioception: a review of mechanisms, measurements, and implications of muscular fatigue. *Orthopedics*. 1998;21(4):463-71.
215. Batra V, Sharma VP, Batra M, Agarwal GG, Sharma V. Influence of sitting and prone lying positions on proprioceptive knee assessment score in early knee osteoarthritis. *The Malaysian journal of medical sciences: MJMS*. 2011;18(2):40.
216. Al Saadawy BO, Abdo N, Embaby E, Youssef AR. Validity and reliability of smartphones in measuring joint position sense among asymptomatic individuals and patients with knee osteoarthritis: A cross-sectional study. *The Knee*. 2021;29:313-22.
217. Angst F, Aeschlimann A, Stucki G. Smallest detectable and minimal clinically important differences of rehabilitation intervention with their implications for required sample sizes using WOMAC and SF-36 quality of life measurement instruments in patients with osteoarthritis of the lower extremities. *Arthritis Care & Research: Official Journal of the American College of Rheumatology*. 2001;45(4):384-91.
218. Roos MK, LS Lohmander, EM. WOMAC Osteoarthritis Index: Reliability, validity, and responsiveness in patients with arthroscopically assessed osteoarthritis. *Scandinavian journal of rheumatology*. 1999;28(4):210-5.
219. Bellamy N, Buchanan W. Outcome measurement in osteoarthritis clinical trials: the case for standardisation. *Clinical rheumatology*. 1984;3:293-303.
220. Arik G, Varan HD, Yavuz BB, Karabulut E, Kara O, Kilic MK, et al. Validation of Katz index of independence in activities of daily living in Turkish older adults. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2015;61(3):344-50.
221. Suijker JJ, Van Rijn M, Ter Riet G, van Charante EM, De Rooij S, Buurman BM. Minimal important change and minimal detectable change in activities of daily living in community-living older people. *The journal of nutrition, health & aging*. 2017;21:165-72.
222. Bullens PH, van Loon CJ, de Waal Malefijt MC, Laan RF, Veth RP. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: a comparison between subjective and objective outcome assessments. *The Journal of arthroplasty*. 2001;16(6):740-7.
223. Singer AJ, Jr HCT. Determination of the minimal clinically significant difference on a patient visual analog satisfaction scale. *Academic emergency medicine*. 1998;5(10):1007-11.

224. Sarsan A, Akkaya N, Özgen M, Yildiz N, Atalay NS, Ardic F. Comparing the efficacy of mature mud pack and hot pack treatments for knee osteoarthritis. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2012;25(3):193-9.
225. Gao Z, Lee JE, McDonough DJ, Albers C. Virtual reality exercise as a coping strategy for health and wellness promotion in older adults during the COVID-19 pandemic. *MDPI*; 2020. p. 1986.
226. Duman I, Taskaynatan MA, Mohur H, Tan AK. Assessment of the impact of proprioceptive exercises on balance and proprioception in patients with advanced knee osteoarthritis. *Rheumatology international*. 2012;32:3793-8.
227. Ricotti L. Static and dynamic balance in young athletes. *Journal of human sport and exercise*. 2011;6(4):616-28.
228. Pompeu JE, Romano RSL, Pompeu SMAA, Lima SMAL. Static and dynamic balance in subjects with ankylosing spondylitis: literature review. *Revista brasileira de reumatologia*. 2012;52:413-6.
229. Park S, Lee G. Full-immersion virtual reality: Adverse effects related to static balance. *Neuroscience letters*. 2020;733:134974.
230. Glave AP, Didier JJ, Weatherwax J, Browning SJ, Fiaud V. Testing postural stability: are the star excursion balance test and Biodex Balance System limits of stability tests consistent? *Gait & posture*. 2016;43:225-7.
231. Kim KH, Leem MJ, Im Yi T, Kim JS, Yoon SY. Balance ability in low back pain patients with lumbosacral radiculopathy evaluated with Tetrax: A matched case-control study. *Annals of rehabilitation medicine*. 2020;44(3):195-202.
232. Akkaya N, Doğanlar N, Çelik E, Aysşe SE, Akkaya S, Güngör HR, et al. Test-Retest Reliability Of Tetrax® Static Posturography System In Young Adults With Low Physical Activity Level. *International journal of sports physical therapy*. 2015;10(6):893.
233. Azarpaikan A, Taheri Torbati H. Effect of somatosensory and neurofeedback training on balance in older healthy adults: a preliminary investigation. *Aging clinical and experimental research*. 2018;30:745-53.
234. Gras LZ, Pohl PS, Epidy J, Godin B, Hoessle N. Use of the Sharpened Romberg as a screening for fall risk. *Topics in Geriatric Rehabilitation*. 2017;33(2):113-7.
235. Akdeniz S, Hepguler S, Öztürk C, Atamaz FC. The relation between vitamin D and postural balance according to clinical tests and tetrax posturography. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(4):1272-7.
236. Gorski LP, Silva AMd, Cusin FS, Cesaroni S, Ganança MM, Caovilla HH. Body balance at static posturography in vestibular migraine. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*. 2019;85:183-92.
237. Kaur M, Makhija M, Nariani B. Comparative effectiveness of Nintendo Wii-based balance training vs. conventional balance training after total knee arthroplasty: a pilot randomized controlled trial.
238. Cho GH, Hwangbo G, Shin HS. The effects of virtual reality-based balance training on balance of the elderly. *Journal of physical therapy science*. 2014;26(4):615-7.
239. Phu S, Vogrin S, Al Saedi A, Duque G. Balance training using virtual reality improves balance and physical performance in older adults at high risk of falls. *Clinical interventions in aging*. 2019:1567-77.
240. Kim YM, Chun MH, Yun GJ, Song YJ, Young HE. The effect of virtual reality training on unilateral spatial neglect in stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*. 2011;35(3):309-15.

241. Kittelson AJ, Thomas AC, Kluger BM, Stevens-Lapsley JE. Corticospinal and intracortical excitability of the quadriceps in patients with knee osteoarthritis. *Experimental brain research*. 2014;232:3991-9.
242. Chen Y-S, Crowley Z, Zhou S, Cartwright C. Effects of 12-week Tai Chi training on soleus H-reflex and muscle strength in older adults: a pilot study. *European journal of applied physiology*. 2012;112:2363-8.
243. Mansfield CJ, Culiver A, Briggs M, Schmitt LC, Grooms DR, Onate J. The effects of knee osteoarthritis on neural activity during a motor task: A scoping systematic review. *Gait & Posture*. 2022.
244. Riann M. Palmieri CDI, and Mark A. Hoffman. The Hoffmann Reflex: Methodologic Considerations and Applications for Use in Sports Medicine and Athletic Training Research. *J Athl Train*. 2004;39(3):268-77.
245. Abbasi E, Kahrizi S, Razi M, Faghihzadeh S. The effect of whole-body vibration training on the lower extremity muscles' electromyographic activities in patients with knee osteoarthritis. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*. 2017;31:107.
246. Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and volitional activation before and after total knee arthroplasty for osteoarthritis. *Journal of orthopaedic research*. 2003;21(5):775-9.
247. Lüddecke R, Felnhöfer A. Virtual reality biofeedback in health: a scoping review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2022;47(1):1-15.
248. Reneaud N, Gerus P, Chorin F, Zory R, Guérin O, Roux C. Effects of home based-progressive rehabilitation program on assessment of functional and pain outcomes in people with knee osteoarthritis: a pilot study. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2021;29:S10-S11.
249. Harel NY, Martinez SA, Knezevic S, Asselin PK, Spungen AM. Acute changes in soleus H-reflex facilitation and central motor conduction after targeted physical exercises. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2015;25(3):438-43.
250. Caron G, Marqueste T, Decherchi P. Restoration of post-activation depression of the H-reflex by treadmill exercise in aged rats. *Neurobiology of Aging*. 2016;42:61-8.
251. Penzer F, Duchateau J, Baudry S. Effects of short-term training combining strength and balance exercises on maximal strength and upright standing steadiness in elderly adults. *Experimental gerontology*. 2015;61:38-46.
252. Pamukoff DN, Pietrosimone B, Lewek MD, Ryan ED, Weinhold PS, Lee DR, et al. Whole-body and local muscle vibration immediately improve quadriceps function in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2016;97(7):1121-9.
253. Grosprêtre S, Eon P, Marcel-Millet P. Virtual reality does not fool the brain only: spinal excitability changes during virtually simulated falling. *Journal of Neurophysiology*. 2023;129(2):368-79.
254. Alkjaer T, Raffalt PC, Dalsgaard H, Simonsen EB, Petersen NC, Bliddal H, et al. Gait variability and motor control in people with knee osteoarthritis. *Gait & posture*. 2015;42(4):479-84.
255. Lecocq M, Linares J-M, Chaves-Jacob J, Coyle T, Roffino S, Eyraud M, et al. Total knee arthroplasty with a Ti6Al4V/PEEK prosthesis on an osteoarthritis rat model: behavioral and neurophysiological analysis. *Scientific Reports*. 2020;10(1):1-15.
256. Brinkworth RSA, Tuncer M, Tucker KJ, Jaberzadeh S, Türker K. Standardization of H-reflex analyses. *Journal of neuroscience methods*. 2007;162(1-2):1-7.

257. Sach TH, Logan PA, Coupland CA, Gladman JR, Sahota O, Stoner-Hobbs V, et al. Community falls prevention for people who call an emergency ambulance after a fall: an economic evaluation alongside a randomised controlled trial. *Age and ageing*. 2012;41(5):635-41.
258. Manlapaz DG, Sole G, Jayakaran P, Chapple CM. Risk factors for falls in adults with knee osteoarthritis: a systematic review. *Pm&r*. 2019;11(7):745-57.
259. Braghin RdMB, Libardi EC, Junqueira C, Nogueira-Barbosa MH, de Abreu DCC. Exercise on balance and function for knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2018;22(1):76-82.
260. Liao C-D, Lin L-F, Huang Y-C, Huang S-W, Chou L-C, Liou T-H. Functional outcomes of outpatient balance training following total knee replacement in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2015;29(9):855-67.
261. Ezadpanah A, Moazami M, Khoshraftar Yazdi N. Effect of a period of therapeutic exercise and detraining after that on balance in the women with knee osteoarthritis. *Journal of Modern Rehabilitation*. 2016;9(5):101-9.
262. Al-Khlaifat L, Herrington LC, Tyson SF, Hammond A, Jones RK. The effectiveness of an exercise programme on dynamic balance in patients with medial knee osteoarthritis: A pilot study. *The Knee*. 2016;23(5):849-56.
263. Pournajaf S, Goffredo M, Pellicciari L, Piscitelli D, Criscuolo S, Le Pera D, et al. Effect of balance training using virtual reality-based serious games in individuals with total knee replacement: A randomized controlled trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2022;65(6):101609.
264. Demiriz SY, Baki A. Effect of game based exercise programs on pain, functional mobility and balance in patients with knee osteoarthritis: Randomized controlled study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2018;61:e480-e1.
265. Yoon S, Son H. Effects of full immersion virtual reality training on balance and knee function in total knee replacement patients: a randomized controlled study. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*. 2020;20(09):2040007.
266. Walker LC, Clement ND, Deehan DJ. Predicting the outcome of total knee arthroplasty using the WOMAC score: a review of the literature. *The journal of knee surgery*. 2019;32(08):736-41.
267. Rice DA, McNair PJ, Lewis GN. Mechanisms of quadriceps muscle weakness in knee joint osteoarthritis: the effects of prolonged vibration on torque and muscle activation in osteoarthritic and healthy control subjects. *Arthritis research & therapy*. 2011;13(5):1-10.
268. Sadeghi H, Hakim MN, Hamid TA, Amri SB, Razeghi M, Farazdaghi M, et al. The effect of exergaming on knee proprioception in older men: A randomized controlled trial. *Archives of gerontology and geriatrics*. 2017;69:144-50.
269. Xue Y-Y, Shi J-N, Zhang K, Zhang H-H, Yan S-H. The effects of total knee arthroplasty on knee proprioception of patients with knee osteoarthritis: a meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2022;17(1):1-10.
270. Lai Z, Zhang Y, Lee S, Wang L. Effects of strength exercise on the knee and ankle proprioception of individuals with knee osteoarthritis. *Research in sports medicine*. 2018;26(2):138-46.
271. Cho H-y, Kim E-H, Kim J, Yoon YW. Kinesio taping improves pain, range of motion, and proprioception in older patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2015;94(3):192-200.
272. Segal NA, Glass NA, Felson DT, Hurley M, Yang M, Nevitt M, et al. The effect of quadriceps strength and proprioception on risk for knee osteoarthritis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2010;42(11):2081.

273. Araujo ILA, Castro MC, Daltro C, Matos MA. Quality of life and functional independence in patients with osteoarthritis of the knee. *Knee surgery & related research*. 2016;28(3):219.
274. Vitaloni M, Botto-van Bemden A, Sciortino Contreras RM, Scotton D, Bibas M, Quintero M, et al. Global management of patients with knee osteoarthritis begins with quality of life assessment: a systematic review. *BMC musculoskeletal disorders*. 2019;20(1):1-12.
275. You SH, Jang SH, Kim Y-H, Hallett M, Ahn SH, Kwon Y-H, et al. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. *Stroke*. 2005;36(6):1166-71.
276. Saeed Alshahrani M, Reddy RS, Asiri F, Tedla JS, Alshahrani A, Kandakurti PK, et al. Correlation and comparison of quadriceps endurance and knee joint position sense in individuals with and without unilateral knee osteoarthritis. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2022;23(1):444.
277. Dias JM, Cisneros L, Dias R, Fritsch C, Gomes W, Pereira L, et al. Hydrotherapy improves pain and function in older women with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Brazilian journal of physical therapy*. 2017;21(6):449-56.
278. Singh S, Pattnaik M, Mohanty P, Ganesh GS. Effectiveness of hip abductor strengthening on health status, strength, endurance and six minute walk test in participants with medial compartment symptomatic knee osteoarthritis. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2016;29(1):65-75.
279. Burgess LC, Taylor P, Wainwright TW, Swain ID. Strength and endurance deficits in adults with moderate-to-severe hip osteoarthritis, compared to healthy, older adults. *Disability and Rehabilitation*. 2022;44(19):5563-70.
280. Blasco J, Igual-Camacho C, Blasco M, Anton-Anton V, Ortiz-Llueca I, Roig-Casasus S. The efficacy of virtual reality tools for total knee replacement rehabilitation: A systematic review. *Physiotherapy theory and practice*. 2021;37(6):682-92.

8. EKLER

8.1 EK 1: Erzurum Atatürk Üniversitesi Hastanesinden Alınan Kurum İzin Belgesi



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Personel Daire Başkanlığı



Sayı : E-16710634-04-500.04.01-2200234914
Konu : Doktora Çalışma İzin Talebi

08.08.2022

ERZURUM TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜNE
Personel Daire Başkanlığı

İlgi : 01.08.2022 tarihli ve E-95837745-200-2200026023 sayılı belge.

Üniversiteniz Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü öğretim elemanlarından Öğr. Gör. Mehmet SÖNMEZ 'in, Dr. Öğr. Üyesi Şebnem AVCI danışmanlığında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalında yapmış olduğu doktora eğitimi kapsamında, Üniversitemiz Araştırma Hastanesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalında Dr. Öğr. Üyesi Fatih BAYGUTALP ve Nöroloji Anabilim Dalında Dr. Öğr. Üyesi Fatma ŞİMŞEK'in yardımcı araştırmacı olarak katılımıyla gerçekleştirilecek olan "Diz Osteoartritli Hastalarda Non-immersive Sanal Gerçeklik Egzersizlerinin Diz Çevresi Kas Uyarılabilirliği ve Denge Üzerine Etkisinin İncelenmesi" adlı doktora tez çalışması yapması Rektörlüğümüzce uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

Prof.Dr. Ömer ÇOMAKLI
Rektör

Bu belge, güvenli elektronik imza ile onaylanmıştır.

D

Yazdırma

universitesi-ebys



8.2 EK 2: Bilgilendirilmiş Onam Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU

Bu katıldığınız çalışma bilimsel bir araştırma olup, araştırmanın adı Diz osteoartritli hastalarda non-immersive sanal gerçeklik egzersizlerinin diz çevresi kas uyarılabilirliği ve denge üzerine etkisinin incelenmesi'dir. Bu araştırmanın amacı, non-immersive sanal gerçeklik uygulamasının diz osteoartritli hastalarda diz çevresi kaslarının uyarılabilirlik seviyelerinin ve dengenin objektif bir ölçüm yöntemi kullanılarak değerlendirilmesidir'dir. Bu çalışmada size diz osteoartrit tedavileri, Sıcak paketler, Ağrı Kesici Elektriksel akım ve Tv karşısında sanal gerçeklik egzersizleri yapma yöntemleri kullanılarak uygulanacaktır (Vücudunuza invaziv bir uygulama yapılmayacaktır). Bu çalışmada yer almanız öngörülen süre 3 hafta olup, çalışmada yer alacak gönüllülerin sayısı 20 kişi'dir.

Bu araştırma ile ilgili olarak düzenli katılım, belirtilen rehabilitasyon yöntemleri dışında tedavi almamak sizin sorumluluklarınızdır.

Bu çalışmada sizin için ufak baş dönmeleri, denge kaybı gibi riskler ve rahatsızlıklar söz konusu olabilir; ancak sizin için beklenen yararlar ağrı seviyenizin azalması yaşam kalitenizin artması, daha rahat hareket etme, diz eklemindeki varsa şişlik ve ödemin azalmasıdır.

Bu araştırmanın tedavisinde uygulanabilecek, ancak şimdilik uygulanmayacak olan birkaç farklı egzersiz yöntemi gibi alternatif tedavi ya da işlemler de bulunmaktadır; bunların olası yararları mevcut tedaviye benzerken, riskleri ise mevcut tedaviden daha az etkili sonuçlar göstererek zaman kaybetmenize neden olmaktadır.

Araştırma sırasında sizi ilgilendirebilecek herhangi bir gelişme olduğunda, bu durum size veya yasal temsilcinize derhal bildirilecektir. Araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da çalışma ile ilgili herhangi bir sorun, istenmeyen etki ya da diğer rahatsızlıklarınız için lu telefondan Öğretim Görevlisi Mehmet SÖNMEZ'e başvurabilirsiniz.

Bu çalışmada yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır (yapılacaksa ödeme miktarı yazılmalıdır); ayrıca, bu araştırma kapsamındaki bütün muayene, tetkik, testler ve tıbbi bakım hizmetleri için sizden veya bağlı bulunduğunuz sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir.

Bu çalışmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Çalışmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada çalışmadan ayrılabilirsiniz; bu durum herhangi bir cezaya ya da sizin yararlarınıza engel duruma yol açmayacaktır. Araştırmacı bilginiz dahilinde veya isteğiniz dışında, uygulanan tedavi şemasının gereklerini yerine getirmemeniz, çalışma programını aksatmanız veya tedavinin etkinliğini artırmak vb. nedenlerle sizi çalışmadan çıkarabilir. Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır; çalışmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizle ilgili tıbbi veriler de gerekirse bilimsel amaçla kullanılabilir.

Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır ve araştırma yayınlanırsa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabilirsiniz.

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve çalışmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu çalışmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

Bu formun imzalı bir kopyası bana verilecektir.

Gönüllünün, Adı-Soyadı: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:	Açıklamaları yapan araştırmacının, Adı-Soyadı:Mehmet SÖNMEZ Görevi:Sorumlu Araştırmacı Tarih ve İmza:
Velayet veya vesayet altında bulunanlar için veli veya vasinin, Adı-Soyadı: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:	Olur alması emine başından sonuna kadar tanıklık eden kuruluş görevlisinin/görüşme tanığının, Adı-Soyadı: Görevi: Adresi: Tel.-Faks: Tarih ve İmza:

* Bu örnek form araştırmacılara fikir vermek için formda bulunması gereken asgari bilgiler verilerek hazırlanmıştır, gerektiğinde eklemeler yapılmalıdır. İstendiğinde Etik Kurul sekreterliğinden ya da Tıp Fakültesi web sayfasından temin edilerek ve üzerinde gerekli düzenlemeler yapılmak suretiyle kullanılabilir (örn. bu paragraf, metindeki noktalı kısımlar ve parantezler çıkarılmalı ve uygun şekilde düzenlenmelidir). Gönüllünün beyan ve imzası, bilgilendirme metninin devamı şeklinde olmalıdır; kesinlikle ayrı sayfalarda olmamalıdır.

8.3 EK 3: Hasta Değerlendirme Formu

Demografik Bilgi Formu

Değerlendirme Tarihi:

Adı:

Soyadı:

Yaşı:

Cinsiyeti:

Boy:

Kilo:

Vücut Kitle İndeksi (VKİ):

Meslek:

Diz Osteoartrit seviyesi (Grade I-III):

Farmakolojik ve Cerrahi tedavi tarihçesi:

Hastalık Öyküsü:

Hasta memnuniyeti: Aldığınız tedaviden memnuniyetinizi lütfen 0 ile 10 puan arası bir noktayı işaretleyerek gösteriniz. O hiç memnun değilim, 10 puan ise çok memnunum anlamına gelmektedir.

GAS 1:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Dinamik Denge Değerlendirmesi: Sandalyeden kalkarak 3 metre ilerideki işaretli noktadan geri dönerek tekrar sandalyeye oturunuz. (Koşmadan hızlı bir şekilde yürüyerek)

Timed Up and Go 1:

Timed Up and Go 2:

Fiziksel Fonksiyon Değerlendirmesi: WOMAC Anket Formu

**Western Ontario ve McMaster Üniversiteleri Osteoartrit İndeksi
(WOMAC)**

İsim: _____ **Tarih:** _____

Açıklama: Lütfen her kategoride belirtilen aktiviteler için ağrı / zorlanma derecenize 0 ile 4 arasında bir puan verin: 0 = Yok, 1 = Hafif, 2 = Orta, 3 = Şiddetli, 4 = Çok şiddetli

Her aktivite için tek bir numarayla işaretleyin.

Ağrı	Düz zeminde yürümekle ağrı	0	1	2	3	4
	Merdiven inip çıkmakla ağrı	0	1	2	3	4
	Gece yatakta ağrı	0	1	2	3	4
	Oturmak veya uzanmakla ağrı	0	1	2	3	4
	Ayakta durmakla ağrı	0	1	2	3	4
Sertlik	Sabah ilk yürüme sırasında sertlik	0	1	2	3	4
	Gün içinde oturma, uzanma, istirahat sonrası sertlik	0	1	2	3	4
Fiziksel fonksiyon	Merdiven inme	0	1	2	3	4
	Merdiven çıkma	0	1	2	3	4
	Otururken ayağa kalkma	0	1	2	3	4
	Ayakta durma	0	1	2	3	4
	Yere eğilme (çömelme)	0	1	2	3	4
	Düz zemin üzerinde yürüme	0	1	2	3	4
	Arabaya inme-binme	0	1	2	3	4
	Alışveriş yapma	0	1	2	3	4
	Çorap giyme	0	1	2	3	4
	Çorap çıkartma	0	1	2	3	4
	Yataktan kalkma	0	1	2	3	4
	Yatakta uzanma	0	1	2	3	4
	Banyo küvetine girme-çıkma	0	1	2	3	4
	Oturma	0	1	2	3	4
	Tuvalete girme-çıkma	0	1	2	3	4
	Ağır ev işleri	0	1	2	3	4
	Hafif ev işleri	0	1	2	3	4

Toplam puan: _____ / 96 = _____ %

Yorumlar (hekim / araştırmacı tarafından doldurulacak):

Günlük Yaşam Aktiviteleri Bağımsızlık Değerlendirmesi: KATZ Ölçeği Formu

Etkinlikler	Puan	Bağımsız(1)	Bağımlı (0)
Banyo Yapma		Kendi başına yıkanabiliyor veya vücudunun küçük bir parçasının yıkanması için yardım alıyor.	Kendi başına yıkanamıyor veya vücudunun büyük bir kısmının yıkanmasında başkasına ihtiyaç duyuyor.
Giyinme		Dolaptan kendi başına kıyafetlerini çıkarıp giyinebilir. (Ayakkabısını bağlarken yardım alabilir)	Giyinirken yardım alıyor veya tamamen başkası tarafından giydiriliyor.
Tuvalet yapma		Tuvalete gitme, tuvaletini yapma, temizlenme, üzerini tekrar giyme gibi aktiviteleri kendi başına yapabiliyor.	Tuvalete giderken yardım alıyor, tek başına temizlenme vb. etkinlikleri yapamıyor ya da lazımlık (sürgü) veya lazımlıklı iskemle kullanıyor.
Transfer		Yataktan kanepeye veya tersi etkinliği tek başına veya baston vb. cihaz ile yapabiliyor.	Yataktan sandalyeye geçerken kısmi Veya tam olarak bir başkasının yardımına ihtiyaç duyuyor.
Kontinans		Defekasyon ve mesane üzerine tam kontrolü mevcut.	Kısmi veya tam mesane veya bağırsak inkontinansı mevcut.
Beslenme		Yemeği tabaktan ağzına kendisi götürebiliyor. (Yemeği başkası hazırlayabilir)	Bir başkası tarafından yediriliyor veya parenteral beslenmeye muhtaç.

Toplam:.....(6 puan: hasta tam bağımsız/0 puan: hasta tam bağımlı)

Kassal Endurans Değerlendirmesi:

Toplam 30 sn'de ki otur kalk sayısı (Tedavi Öncesi):

Toplam 30 sn'de ki otur kalk sayısı (Tedavi Sonrası):

Propriyosepsiyon Değerlendirmesi

Ölçüm	Başlangıç Ölçümü		Son Ölçüm	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol
Pozisyon Hissi (30 derece)				

Kas Uyarılabilirliği Değerlendirme Formu

Ölçüm	Başlangıç Ölçümü		Son Ölçüm	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol
MVC				
Hmaks/Mmaks				

Statik Denge Değerlendirme Formu (TETRAX)

Ölçüm	Başlangıç Ölçümü		Son Ölçüm	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol
FR				
ST				
F5				
F6				
F5NO				
F5NC				
F5PO				
F5PC				
F5HR				
F5HL				
F5HB				
F5HF				
F6NO				

F6NC				
F6PO				
F6PC				
F6HR				
F6HL				
F6HB				
F6HF				
FHINO				
FHINC				
FHIPO				
FHIPC				
FHIHR				
FHIHL				
FHIHB				
FHIHF				

