T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MULTİPLE SKLEROZLU HASTALARDA TEKNOLOJİ DESTEKLİ GÖREV ODAKLI EĞİTİM VE TELEREHABİLİTASYONUN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Uzm. Fzt. Mert DOĞAN

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
DOKTORA TEZİ

ANKARA
2022

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MULTİPLE SKLEROZLU HASTALARDA TEKNOLOJİ DESTEKLİ GÖREV ODAKLI EĞİTİM VE TELEREHABİLİTASYONUN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Uzm. Fzt. Mert DOĞAN

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Muhammed KILINÇ

ANKARA
2022

ONAY SAYFASI

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Multiple Sklerozlu Hastalarda Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim ve Telerehabilitasyonun Etkilerinin İncelenmesi

Mert DOĞAN

Danışman: Doç. Dr. Muhammed KILINÇ

Bu tez çalışması 04.10.2022 tarihinde jürimiz tarafından "Temel Fizyoterapi Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon programı" kapsamında doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Özlem ÜLGER (Hacettepe Üniversitesi)
Üye:	Prof. Dr. Sibel AKSU YILDIRIM (Hacettepe Üniversitesi)
Üye:	Prof. Dr. Sevil BİLGİN (Hacettepe Üniversitesi)
Üye:	Prof. Dr. Bülent ELBASAN (Gazi Üniversitesi)
Üye:	Prof. Dr. Zübeyir SARI (Marmara Üniversitesi)

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

29 Kasım 2022

Prof. Dr. Müge YEMİŞÇİ ÖZKAN
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan ***"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. [1]
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. [2]
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. [3]

07 /11/ 2022

Mert DOĞAN

---

[1] *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*

*(1) Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*

*(2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*

*(3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kurulunu bildirilir.*
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

** Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.***

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Muhammed KILINÇ'ın danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesi'ne göre yazıldığını beyan ederim.

Uzm. Fzt. Mert DOĞAN

TEŞEKKÜR

Danışmanım olarak, tezimin planlanması, yürütülmesi ve yazım aşamasında değerli akademik bilgi ve deneyimleri ile tez çalışmama büyük katkılar sağlayan, desteğini her daim hissettirerek, başarılarıyla örnek aldığım hocam Doç. Dr. Muhammed KILINÇ' a,

Lisansüstü eğitime attığım ilk adımdan doktora tez sürecimin sonuna kadar her anda sabrı, samimiyeti, bilgisi ve deneyimiyle bana destek olan ünite hocam Prof. Dr. Sibel AKSU YILDIRIM' a,

Tezimin planlanması ve yürütülmesi sürecindeki akademik bilgi ve katkılarının yanı sıra, manevi desteğini de esirgemeyen değerli ağabeyim Dr. Öğr. Üy. Ender AYVAT' a,

Tezimin yürütülmesi ve yazım sürecinde; akademik ve mesleki bilgi paylaşımında bulunduğumuz ünite arkadaşlarım Dr. Öğr. Üy. Fatma AYVAT, Uzm. Fzt. Özge ONURSAL KILINÇ ve Uzm. Fzt. Gülşah SÜTÇÜ' ye,

Tezimin planlanması ve yürütülmesi sürecindeki katkılarıyla araştırmamı olgunlaştıran saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Sevil BİLGİN ve Prof. Dr. Bülent ELBASAN'a,

Araştırma süresince sağladığı destek ile kinematik analiz sistemini kullanmamda yardımcı olan Fzt. Cengiz DEMİRKUNDAK'a,

Hayatımın her anında desteğini eksik etmeyen canım annem Sunay Doğan'a, ilgisi ve düşünceli yapısıyla bana her zaman kol kanat geren değerli ablam Sevilay Çubuk'a ve hayatımda aldığım bütün kararlara koşulsuz şartsız destek veren, sevgisini ve ilgisini her zaman hissettiğim değerli eşim Özge Erol DOĞAN' a,

Çalışmaya katılmayı gönüllü olarak kabul eden tüm değerli tez vakalarıma,

Doktora sürecim boyunca TÜBİTAK BİDEB 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamında burs aldığım Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na en içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Doğan, M., Multiple Sklerozlu Hastalarda Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim ve Telerehabilitasyonun Etkilerinin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı Doktora Tezi, Ankara, 2022. Bu çalışma, Multiple Skleroz hastalarında teknoloji destekli görev odaklı eğitim ve mobil uygulama kullanılarak uygulanan telerehabilitasyonun; gövde, denge, ataksi semptomları, yorgunluk, fonksiyonel mobilite, yürüme, üst ekstremite fonksiyonları, yaşam kalitesi, katılım ve fonksiyonel aktivite kinematikleri üzerine olan etkilerini karşılaştırmalı olarak araştırmak amacıyla planlandı. Çalışmaya dâhil edilen 34 hasta randomize olarak iki gruba ayrıldı. Her iki gruptaki hastalar 8 hafta, haftada 3 gün, günde 60 dakika tedaviye alındı. Birinci gruba görev odaklı eğitim istasyonlar halinde uygulandı. Hastalar her istasyonda, 5 dakika egzersiz ve 1 dakikalık dinlenme periyotları halinde aktivite eğitimi aldı. Eğitim kapsamında 10 farklı aktivite kullanıldı. Aktivite istasyonlarının son üçü sanal gerçeklik oyunları ile uygulandı. İkinci gruba araştırmaya özgü geliştirilen mobil uygulama aracılığıyla videolar gönderilerek egzersiz yaptırıldı. Her iki grup için egzersizlerin zorluk seviyesi modifiye borg ölçeğine göre 3-5 olacak şekilde ayarlandı. Gövde, Gövde Bozukluk Ölçeği; denge, Berg Denge Ölçeği; ataksi semptomları, Uluslararası Kooperatif Ataksi Oranlama Ölçeği; yorgunluk, Yorgunluk Şiddet Ölçeği; fonksiyonel mobilite, Zamanlı Kalk Yürü Testi; yürüme, 12 Maddeli Multiple Skleroz Yürüme Ölçeği, üst ekstremite becerileri, Abilhand ve Minnesota testleri; yaşam kalitesi ve katılım, Multiple Skleroz Yaşam Kalitesi Ölçeği ve Amaca Ulaşma Ölçeği; fonksiyonel aktivite kinematikleri ise 10 günlük yaşam aktivitesinde XSens MVN Awinda sensörler kullanılarak kör bir değerlendirici tarafından değerlendirildi. Çalışmayı 32 hasta tamamladı. Grupların yaş ortalamaları görev odaklı eğitim (T-GOE) grubunda 38,7+5,5 olarak, telerehabilitasyon (TR) grubunda 36±8,19 olarak bulundu. Grupların bütün klinik değerlendirmelerinde başlangıç değerleri benzerdi ($p>0,05$). T-GOE grubunda tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırmalarda hastaların gövde, denge, ataksi semptomları, fonksiyonel mobilite, yürüme, üst ekstremite fonksiyonları, yaşam kalitesi ve katılım parametrelerinde gelişme görüldü ($p<0,05$). TR grubunda ise; gövde, denge, ataksi semptomları, fonksiyonel mobilite, üst ekstremite fonksiyonları, yaşam kalitesi ve katılım parametrelerinde gelişme görüldü ($p<0,05$). Gruplar arası karşılaştırmalarda T-GOE'nin kinetik fonksiyonlar, gövdenin dinamik dengesi, mental ve bilişsel sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi ve tedavi sonrası amaca ulaşma düzeyini geliştirmede TR'ye kıyasla daha etkili olduğu görüldü ($p<0,05$). Alt ekstremiteye ve gövdeye yönelik kinematik değişkenler de T-GOE grubu lehine görülen klinik değerlendirmelerle benzer sonuçlara sahipti ($p<0,05$). Çalışmamızın sonuçları fizyoterapi yaklaşımlarına teknoloji entegrasyonunun Multiple Skleroz hastalarının yürüyüş, denge, üst ekstremite becerileri, fonksiyonel mobilite, yaşam kalitesi, katılım ve fonksiyonel aktivite kinematikleri bakımından olumlu etkilere sebep olduğunu gösterdi.

Anahtar kelimeler: kinematik analiz, görev odaklı eğitim, Multiple Skleroz, denge, yürüyüş, telerehabilitasyon

ABSTRACT

Doğan, M., Investigation of the Effects of Technology Supported Task-Oriented Training and Telerehabilitation in Patients with Multiple Sclerosis, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences Physical Therapy and Rehabilitation Programme Doctor of Philosophy Thesis, Ankara, 2022. This study aimed to investigate the effects of technology-assisted task-oriented training and mobile application based telerehabilitation on Multiple Sclerosis patients. The 34 patients included in the study were randomly divided into two groups. Patients in both groups were treated for 8 weeks, 3 days a week, 60 minutes a day. Task-oriented circuit training was applied to the first group. The patients received activity training in 5 minutes of exercise and 1 minute of rest at each station. Within the scope of the training, 10 different activity stations were used. The last three activity stations were applied with virtual reality games. Mobile application based telerehabilitation was applied to the second group by exercise videos. The difficulty level of the exercises for both groups was adjusted to 3-5 according to the Modified Borg Scale. All participants were assessed by a blinded assessor at the start and end of treatment. The following assessments were applied to all patients: Trunk Impairment Scale, Berg Balance Scale, International Cooperative Ataxia Rating Scale, Fatigue Severity Scale, Timed Up and Go Test, Multiple Sclerosis Walking Scale, Abilhand, Minnesota Hand Function Tests, Multiple Sclerosis Quality of Life Scale and Goal Attaintment Scale. The ten daily living activities were evaluated using XSens MVN Awinda System. The 32 patients completed the study. The mean age of the groups was 38.7+5.5 in the task-oriented training (T-GOE) group and 36±8.19 in the telerehabilitation (TR) group. Baseline values were similar in all clinical evaluations of the groups ($p>0.05$). In the T-GOE group, improvements were observed in the patients' trunk, balance, ataxia symptoms, functional mobility, gait, upper extremity functions, quality of life and participation parameters before and after treatment ($p<0.05$). In the TR group; trunk, balance, ataxia symptoms, functional mobility, upper extremity functions, quality of life and participation parameters were improved ($p<0.05$). The results obtained were supported by kinematics of daily living activities. In comparisons between groups, T-GOE was found to be more effective than TR in improving kinetic functions, dynamic balance of the trunk, mental and cognitive health-related quality of life, and goal attainment ($p<0.05$). Kinematic variables for the lower extremity and trunk also had similar results with clinical evaluations in favor of the T-GOE group ($p<0.05$). The results of our study showed that technology integration into physiotherapy approaches has positive effects on patient with Multiple Sclerosis' gait, balance, upper extremity skills, functional mobility, quality of life, participation and functional activity kinematics.

Keywords: kinematic analysis, task-oriented training, multiple sclerosis, balance, gait, telerehabilitation

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI iv
ETİK BEYAN v
TEŞEKKÜR vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
İÇİNDEKİLER ix
SİMGELER VE KISALTMALAR xii
ŞEKİLLER xiv
TABLOLAR xvi
1. GİRİŞ 1
2. GENEL BİLGİLER 4
2.1. Multiple Skleroz 4
2.1.1. Etiyoloji 4
2.1.2. Patogenez 5
2.1.3. Klinik Tipler 6
2.1.4. Multiple Skleroz'da Görülen Semptomlar 9
2.2. Multiple Skleroz'da Fizyoterapi ve Rehabilitasyon 18
2.2.1. Değerlendirme 18
2.2.2. Egzersiz Eğitimi 21
2.2.3. Görev Odaklı Eğitim 23
2.2.4. Sanal Gerçeklik 25
2.2.5. Telerehabilitasyon 28
2.3. Fonksiyonel Aktivitelerde Kinematik 29
2.3.1. Normal ve Anormal Hareketin Kinematik Göstergeleri 30
2.3.2. Kinematik Analiz Yöntemleri 32
3. BİREYLER VE YÖNTEM 37
3.1. Bireyler 37
3.2. Yöntem 38
3.3. Değerlendirmeler 39
3.3.1. Demografik Bilgiler 40

3.3.2. Klinik Değerlendirmeler 40
3.3.3. Fonksiyonel Aktivitelerin Kinematik Değerlendirmeleri 45
3.4. Müdahale Programları 53
3.4.1. Mobil Uygulama Destekli Telerehabilitasyon 53
3.4.2. Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim 56
3.5. Verilerin Analizi 62
3.5.1. Kinematik Analiz 62
3.5.2. İstatistiksel Analiz 66
4. BULGULAR 67
4.1. Tanımlayıcı Bulgular 67
4.2. Klinik Bulgular 68
4.3. Fonksiyonel Aktivite Analizi 75
4.3.1. Başın Orta Noktasına Dokunma Aktivitesi 75
4.3.2. Ceket Asma Aktivitesi 80
4.3.3. Pantolonun Arka Cebine Dokunma Aktivitesi 83
4.3.4. Telefon ile Konuşma Aktivitesi 88
4.3.5. Yemek Yeme Aktivitesi 93
4.3.6. Öne Doğru Fonksiyonel Uzanma Aktivitesi 98
4.3.7. Yana Doğru Fonksiyonel Uzanma Aktivitesi 107
4.3.8. Oturmadan Ayağa Kalkma 115
4.3.9. Normal (Konforlu) Hızda Yürüme 119
4.3.10. Maksimum Hızda Yürüme 124
5. TARTIŞMA 129
5.1. Gövde ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması 129
5.2. Gövde ile İlişkili Kinematik Bulguların Tartışılması 131
5.3. Ataksi ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması 132
5.4. Denge ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması 134
5.5. Yürüme ve Fonksiyonel Mobilite ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması 135
5.6. Yürüme ve Fonksiyonel Mobilite ile İlişkili Kinematik Bulguların Tartışılması 137
5.7. Yorgunluk ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması 141
5.8. Üst Ekstremite Fonksiyonları ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması 143

5.9. Üst Ekstremite Fonksiyonları ile İlişkili Kinematik Bulguların Tartışılması 144
5.10. Yaşam Kalitesi ve Katılım ile ilişkili Klinik Bulguların Tartışılması 148
6. SONUÇ ve ÖNERİLER 152
7. KAYNAKLAR 155
8. EKLER
EK-1: Non-Dominant Taraf Fonksiyonel Aktivite Kinematikleri
EK-2: Metriklerin Hesaplama Formülleri
EK-3: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzni
EK-4: Tez Çalışması Orijinallik Raporu ve Dijital Makbuz
9. ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR

**:** Chi-Square Test

º : Derece

ß : Mann Whitney U test

α : Independent Samples T Test

γ **:** Paired Samples T Test

δ **:** Wilcoxon Signed Rank Test

BDÖ **:** Berg Denge Ölçeği

BFS **:** Birleşik Fiziksel Sağlık

BMS **:** Bening Multiple Skleroz

BMS **:** Birleşik Mental Sağlık

BOT **:** Başın Orta Noktasına Dokunma Aktivitesi

CAS **:** Ceket Asma Aktivitesi

EDSS **:** Genişletilmiş Özürlülük Durum Ölçeği

FEHA **:** Fonksiyonel Eklem Hareket Açıklığı

FMS **:** Fulminant Tip Multiple Skleroz

FUZ **:** Öne Doğru Fonksiyonel Uzanma Aktivitesi

FUZY **:** Yana Doğru Fonksiyonel Uzanma Aktivitesi

GAS **:** Amaca Ulaşma Ölçeği

GBÖ **:** Gövde Bozukluk Ölçeği

ICARS **:** Uluslararası Kooperatif Ataksi Oranlama Ölçeği

ICF **:** İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması

IMU **:** Eylemsizlik Ölçüm Sensörü

LDJ **:** Logaritmik Boyutsuz Jerk

MAHY **:** Maksimum Hızda Yürüme Aktivitesi

MMDT **:** Mini-Mental Durum Testi

MS **:** Multiple Skleroz

MSQoL-54 **:** Multiple Skleroz Yaşam Kalitesi Ölçeği-54

MSWS-12 **:** 12 Maddeli Multiple Skleroz Yürüyüş Ölçeği

NOHY **:** Normal Hızda Yürüme Aktivitesi

OAK **:** Oturmadan Ayağa Kalkma Aktivitesi

PAC **:** Pantolonun Arka Cebine Dokunma Aktivitesi

POMS **:** Pediatrik Dönem Başlangıçlı Multiple Skleroz
PPMS **:** Primer Progresif Multiple Skleroz
PRMS **:** Progresif Relapsing Multiple Skleroz
RRMS **:** Relapsing Remitting Multiple Skleroz
SG **:** Sanal Gerçeklik
SPARC **:** Spektral Ark Uzunluğu
SPMS **:** Sekonder Progresif Multiple Skleroz
SS **:** Standart Sapma
TD **:** Test Değeri
TEL **:** Telefon ile Konuşma Aktivitesi
T-GOE **:** Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim
TÖ **:** Tedavi Öncesi
TR **:** Telerehabilitasyon
TS **:** Tedavi Sonrası
X̄ **:** Aritmetik Ortalama
YEM **:** Yemek Yeme Aktivitesi
YŞÖ **:** Yorgunluk Şiddet Ölçeği
ZKYT **:** Zamanlı Kalk ve Yürü Testi

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Optoelektronik kameralar ve ölçüm laboratuvarı	34
2.2.	Yapay zekâ destekli görüntü işleme teknolojisi	35
2.3.	Eylemsizlik ölçüm sensörleri (IMU'lar)	36
3.1.	Akış diyagramı	39
3.2.	Araştırma kapsamında kullanılan değerlendirmeler	40
3.3.	Minnesota El Beceri Testi Çevirme ve Yerleştirme Testi Rotası	44
3.4.	Sensörlerin konumlandırılması için kullanılan materyaller	46
3.5.	Sensörlerin yerleşimi	47
3.6.	Kalibrasyon duruşu ve yürüyüş	48
3.7.	Başın orta noktasına dokunma aktivitesi	49
3.8.	Ceket asma aktivitesi	49
3.9.	Telefon ile konuşma aktivitesi	50
3.10.	Pantolonun arka cebine dokunma aktivitesi	50
3.11.	Yemek yeme aktivitesi	51
3.12.	Öne doğru fonksiyonel uzanma aktivitesi	51
3.13.	Yana doğru fonksiyonel uzanma aktivitesi	52
3.14.	Oturmadan ayağa kalkma aktivitesi	52
3.15.	Yürüme aktivitesi	53
3.16.	Araştırma amaçlı tasarlanan mobil uygulamanın fizyoterapist ve hasta paneli	54
3.17.	Birinci istasyon için örnek aktiviteler	57
3.18.	İkinci istasyon için örnek aktiviteler	57
3.19.	Üçüncü istasyon için örnek aktiviteler	58
3.20.	Dördüncü istasyon için örnek aktiviteler	58
3.21.	Beşinci istasyon için örnek aktiviteler	59
3.22.	Altıncı istasyon için örnek aktiviteler	60
3.23.	Yedinci istasyon için örnek aktiviteler	60
3.24.	Sekizinci, dokuzuncu ve onuncu istasyonlar için örnek aktiviteler	61
3.25.	Aktivite eğitiminde kullanılan örnek materyaller	62
3.26.	Bir Vakanın TEL aktivitesi sırasındaki sagittal düzlem omuz grafiği	64
3.27.	Bütün vakaların TEL aktivitesi sırasındaki normalize edilmiş sagittal düzlem omuz grafiği	65

4.1. BOT aktivitesinin normalize edilmiş üst ekstremite açı grafiği 77

4.2. Dominant taraf ile yapılan PAC aktivitesinin bütün düzlemlerdeki omuz ekleminin normalize edilmiş açı grafiği 85

4.3. Dominant taraf ile yapılan TEL aktivitesindeki omuz ve el bileği eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği 90

4.4. Dominant taraf ile yapılan YEM aktivitesindeki omuz ve el bileği eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği 95

4.5. Dominant taraf ile yapılan FUZ aktivitesindeki üst ekstremite eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği 100

4.6. FUZ aktivitesi sırasında gövde eklemlerinin coronal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği. 105

4.7. FUZ aktivitesi sırasında gövde eklemlerinin transversal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği. 106

4.8. FUZY aktivitesi sırasında üst ekstremite eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği 109

4.9. FUZY aktivitesi sırasında gövde eklemlerinin coronal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği 113

4.10. FUZY aktivitesi sırasında gövde eklemlerinin transversal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği 114

4.11. OAK aktivitesi sırasında dominant alt ekstremite eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği 117

4.12. OAK aktivitesi sırasında non-dominant alt ekstremite eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği 118

4.13. NOHY aktivitesi sırasında dominant alt ekstremite eklemlerinin sagittal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği 122

4.14. NOHY aktivitesi sırasında non-dominant alt ekstremite eklemlerinin sagittal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği 123

4.15. MAHY aktivitesi sırasında dominant alt ekstremite eklemlerinin sagittal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği 127

4.16. MAHY aktivitesi sırasında non-dominant alt ekstremite eklemlerinin sagittal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği 128

TABLOLAR

Tablo		Sayfa
2.1.	Literatürde sık kullanılan MS değerlendirme yöntemlerinin ICF'e göre gruplanması.	20
3.1.	Örnek telerehabilitasyon programı	55
4.1.	Katılımcıların demografik ve tanımlayıcı özellikleri	67
4.2.	Katılımcıların gövde bozukluğu, denge ve ataksi şiddeti değerlendirmelerinin karşılaştırılması.	69
4.3.	Katılımcıların yorgunluk şiddeti, yürüyüş ve fonksiyonel mobilite değerlendirmelerinin karşılaştırılması	71
4.4.	Katılımcıların el çevikliği ve el becerilerine yönelik değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması	72
4.5.	Katılımcıların yaşam kalitesi ve katılım durumlarına yönelik değerlendirmelerinin karşılaştırılması	74
4.6.	Başın orta noktasına dokunma aktivitesinin dominant taraf fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi	76
4.7.	Dominant el ile yapılan BOT aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi	79
4.8.	CAS aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi	80
4.9.	Dominant el ile yapılan CAS aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi	82
4.10.	Dominant taraf ile yapılan PAC aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi	84
4.11.	Dominant el ile yapılan PAC aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi	87
4.12.	TEL aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi	89
4.13.	Dominant el ile yapılan TEL aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi	92
4.14.	Dominant taraf ile yapılan YEM aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi	94
4.15.	Dominant el ile yapılan YEM aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi	97
4.16.	FUZ aktivitesinin üst ekstremite fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi	99
4.17.	Dominant el ile yapılan FUZ aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi	102

4.18. Dominant taraf ile yapılan FUZ aktivitesinin gövdeye yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması 104

4.19. Dominant taraf ile yapılan FUZY aktivitesinin üst ekstremite açısal kinematiklerinin karşılaştırılması 108

4.20. Dominant el ile yapılan FUZY aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi 110

4.21. Dominant taraf ile yapılan FUZY aktivitesinin gövdeye yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması 112

4.22. OAK aktivitesinin alt ekstremitelere yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması 116

4.23. Normal hızda yürüme aktivitesinin zaman karakteristiklerinin karşılaştırılması 120

4.24. Normal hızda yürüme aktivitesinin alt ekstremitelere yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması 121

4.25. Maksimum hızda yürüme aktivitesinin zaman karakteristiklerinin karşılaştırılması 125

4.26. Maksimum hızda yürüme aktivitesinin dominant alt ekstremiteye yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması 126

1. GİRİŞ

Multiple Skleroz (MS), merkezi sinir sistemini etkileyen demiyelinizasyon ve aksonal dejenerasyon ile karakterize kronik, inflamatuar ve ilerleyici bir hastalıktır. 20-40 yaş arası popülasyondaki bireyler için önemli bir özür sebebidir ve dünya genelinde 2,8 milyon kişiyi etkilemektedir. MS, farklı sistemleri etkileyen karmaşık semptomlara sahip bir hastalıktır. Her hasta patolojideki heterojenite sebebiyle kendine özgü bulgular gösterebilmektedir. MS'in sık görülen bulguları; somatosensoriyel ve vizüel problemler, yorgunluk, üriner retansiyon/inkontinans, denge ve yürüme bozuklukları, üst ekstremite becerileri ve koordinasyonunda yetersizlik, ataksi, spastisite, kranial sinir tutulumları, bilişsel işlev bozuklukları ve depresyon olarak belirtilmiştir (1, 2).

MS rehabilitasyonunda; denge, koordinasyon, kuvvetlendirme, aerobik ve nörogelişimsel egzersiz yöntemlerinin kullanıldığı ve bu yaklaşımların literatürde orta/yüksek düzeyde kanıtlara ulaştığı bilinmektedir (3-5). Gelişen teknoloji ve pandemi süreci ile birlikte önem kazanan telerehabilitasyon (TR), hastaların; mesafe fark etmeksizin değerlendirme ve tedavi hizmetlerine ulaşmasına, tedavi maliyetlerinin azalmasına, sağlık profesyonellerinin; iş yükünün azaltılmasına ve zaman yönetiminde esnekliğe olanak sağlayan güncel bir yaklaşımdır (6, 7). TR hizmetlerinin literatürde; videokonferans, telefon, mobil uygulama, sanal gerçeklik ve oyunlu rehabilitasyon uygulamaları aracılığıyla sağlandığı görülmektedir (6-8). MS'li bireylerde TR'nin etkinliğini inceleyen bir derlemede; bireylerin denge, yürüme, postural kontrol, yorgunluk, ağrı, uyku problemleri ve yaşam kalitelerinde anlamlı düzeyde iyileşmeler olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmaya göre yazarlar, TR'nin MS'li hastalarda düşük kanıt düzeyine sahip bir yaklaşım olduğunu ve bu alanda yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir (9). Ayrıca, bazı araştırmalar TR'nin sağlık bakım maliyetlerini azaltabileceğini, tedaviye uyumu iyileştirebileceğini, fiziksel ve zihinsel gelişimi iyileştirebileceğini ileri sürmektedir (10-13).

Görev odaklı eğitim (GOE) bireylerin ihtiyaçlarına göre belirlenen aktivitelerin; kasların kuvveti, endurans ve esneklik vb. periferik özelliklerine bağımlı kalmadan, spesifik ve fonksiyonel bir şekilde "göreve özel" bir biçimde eğitilmesini prensip edinen motor öğrenme temelli bir yaklaşımdır. Görev odaklı eğitim, bir görevin eğitiminin en iyi yolunun ancak o görevin bütününün veya bir bölümünün özel

olarak tekrar edilmesi ile sağlanacağını savunmaktadır (14-16). Görev odaklı eğitim, motor öğrenme prensiplerine bağlı kalınarak birden fazla formda uygulanabilmektedir. Bu formlardan en sık uygulananı, hastanın bireysel ihtiyacına yönelik seçilen bir veya birden fazla görevin bol tekrar ve çeşitlilikle gerçekleştirilmesi esasına dayanmaktadır (15). Son dönemde yapılan diğer bir uygulama formu "istasyon" eğitimidir (17, 18). İstasyon eğitimi şeklinde uygulanan GOE, bireyler için belirli sayıdaki ve süredeki fonksiyonların standardize bir şekilde eğitilmesini prensip edinir. Görev sayısı ve uygulama süresi protokolden protokole farklılık göstermektedir. Amaç, ilgili görev için ayrılan sürede hastanın en doğru ve en yoğun tekrar sayısında aktiviteyi tamamlamasıdır. Literatürde istasyon eğitiminin; treadmill ile yürüme eğitimi, aerobik eğitim, kuvvetlendirme ve esneklik egzersizlerini içeren birçok uygulamayla birlikte uygulandığı görülmektedir (18-20). Diğer bir GOE formu ise, grup eğitimidir. Bu yaklaşımla, bireyler sosyal ve çevresel etkileşimleri sebebiyle; motivasyon, iletişim ve ruhsal durum gibi birçok faktörü psikososyal açıdan desteklenmektedir (21).

GOE, son yıllarda MS rehabilitasyonunda tercih edilen güncel bir nörofizyolojik yaklaşımdır. 23 MS'li birey üzerinde yapılan bir araştırmada GOE' nin; denge, yürüme ve kognitif becerilerin geliştirilmesinde etkili, el becerileri bakımından ise herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (22). 42 MS'li birey üzerinde yapılan randomize kontrollü bir araştırmada, GOE'nin yürüyüş parametrelerini geliştirdiği saptanmıştır (23). 24 MS'li birey üzerinde yapılan başka bir araştırmada ise, GOE'nin yürüme performansını geliştirmede etkili olduğu ve MS'li hastalarda, güvenli bir şekilde uygulanabilecek bir rehabilitasyon yaklaşımı olduğu belirtilmiştir (24). Başka bir araştırmada, 17 MS'li bireye 2 haftalık GOE uygulanmış ve sonucunda ise hastaların denge, yaşam kalitesi, yürüme hızı parametrelerinde iyileşme ve yürüyüş sırasındaki enerji harcama düzeylerinde azalma saptanmıştır (25). Mevcut araştırmalar incelendiğinde GOE'nin etkilerinin incelendiği sınırlı sayıda randomize kontrollü araştırma olduğu görülmektedir. Geçmişteki araştırmalarda kontrol grubuna uygulanan egzersiz yaklaşımlarına yönelik standardizasyonun sağlanamadığı ve kontrol gruplarının, deney gruplarına kıyasla genellikle pasif veya etki sumasyonu oluşturabilecek uygulamaları içerdiği görülmektedir. Ayrıca literatürde, SG oyunlarıyla kombine edilen GOE'nin MS hastalarında; denge, yürüme, yorgunluk, gövde ve üst ekstremite fonksiyonlarına ve kinematiklerine etkisini inceleyen

randomize kontrollü bir araştırmaya rastlanmamıştır. Ek olarak, değerlendirme yöntemleri bakımından geçmişteki araştırmaların daha çok vücut yapı fonksiyon ve aktivite limitasyonlarına odaklandığı görülmektedir. Araştırmamızda yenilikçi bir teknoloji olan giyilebilir sensörler kullanılarak literatürde ilk defa farklı tedavi yaklaşımlarının aktivite performansı üzerine etkileri objektif yöntemlerle incelenmiştir. Literatüre dayalı bilgiler ışığında bu araştırmanın birincil amacı; teknoloji destekli GOE'nin (T-GOE) ve telerehabilitasyonun MS'li bireyler üzerindeki etkinliklerini; gövde kontrolü, denge, ataksi şiddeti, yürüme, el fonksiyonları, yorgunluk, yaşam kalitesi, katılım ve fonksiyonel aktivite kinematikleri bağlamlarında incelemek ve kıyaslamaktır. Ayrıca araştırmanın diğer bir önemli amacı ise, teknoloji entegrasyonu ile harmanlanmış iki farklı fizyoterapi yaklaşımının hastalar üzerindeki etkilerini incelemektir. Bu doğrultuda araştırmanın hipotezleri aşağıda belirtilmiştir:

$H1_a$: MS'li hastalarda T-GOE'nin; gövde kontrolü, denge, ataksi şiddeti, fonksiyonel mobilite, yürüme, el fonksiyonları, yorgunluk, yaşam kalitesi ve katılıma etkisi vardır.

$H1_b$: MS'li hastalarda telerehabilitasyonun; gövde kontrolü, denge, ataksi şiddeti, yürüme, el fonksiyonları, yorgunluk, yaşam kalitesi ve katılıma etkisi vardır.

$H1_c$: MS'li hastalarda T-GOE'nin; fonksiyonel alt ekstremite, gövde ve üst ekstremite aktivite kinematiklerine etkisi vardır.

$H1_d$: MS'li hastalarda telerehabilitasyonun; yürüyüş, fonksiyonel alt ekstremite, gövde ve üst ekstremite aktivite kinematiklerine etkisi vardır.

$H1_e$: MS'li hastalarda T-GOE ile telerehabilitasyonun; gövde kontrolü, denge, ataksi şiddeti, fonksiyonel mobilite, yürüme, el fonksiyonları, yorgunluk, yaşam kalitesi ve katılım bağlamlarındaki etkinlikleri bakımından fark vardır.

$H1_f$: MS'li hastalarda T-GOE ile telerehabilitasyonun; fonksiyonel alt ekstremite, gövde ve üst ekstremite aktivite kinematiklerine etkinlikleri bakımından fark vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Multiple Skleroz

Multiple Skleroz (MS), merkezi sinir sistemini etkileyen demiyelinizasyon ve aksonal dejenerasyon ile karakterize kronik, inflamatuar ve ilerleyici bir hastalıktır. MS'in temel nöropatolojisi merkezi sinir sistemi içerisinde aksonların kısmen korunduğu inflamasyon ve glial skar oluşumu ile karakterize fokal demiyelinizan plakların varlığıdır. MS, pek çok nörolojik semptomun bir arada görülebildiği heterojen fenotiplere sahip bir klinik tablodur. 20-40 yaş arası popülasyondaki bireyler için önemli bir özür sebebidir. 2020 yılında yapılan bir araştırmaya göre dünya genelinde 2,8 milyon kişi MS'ten etkilenmektedir (26). Ayrıca, MS'in ortalama tanı yaşının 32 olduğu belirtilmiştir. MS'in dünya genelindeki prevelansı 100 binde 35,9'dur. Görülme oranı, kadınlarda erkeklere kıyasla 2 kat daha fazladır. Benzer bir şekilde, kadınlar görülen atak sayısının erkeklere kıyasla daha fazla olduğu belirtilmiştir (26, 27).

2.1.1. Etiyoloji

MS etiyolojisi tam olarak bilinmeyen bir hastalıktır. MS'in olası etiyolojisi; genetik, epigenetik, hormonal ve çevresel faktörlerin bir arada oluşturduğu karmaşık bir patolojik süreci işaret etmektedir. MS'in çevresel ve edinsel risk faktörleri yüksek, orta ve zayıf ilişkili risk faktörleri olarak 3'e ayrılmaktadır. Yüksek risk faktörleri; sigara kullanımı ve Epstein-Barr virüs enfeksiyonudur. Orta seviyedeki risk faktörlerinin; düşük güneş ışığı maruziyeti, düşük serum 25-hidroksivitamin D seviyesi, yüksek miktarda balık ve poliansatüre yağ asidi alımı (balık yağı), hamilelik ve çocukluk çağı obezitesi olduğu bilinmektedir. Düşük ilişkili risk faktörlerinin ise, oral tütün ürünlerinin kullanımı, emzirme, kafa travmaları, hava kirliliği, sitomegalovirüs enfeksiyonları olduğu saptanmıştır (28). Genetik risk faktörleri incelendiğinde; tip 2 insan lökosit antijeni (HLA) taşıyan bireylerinin MS'e yatkınlığının daha fazla olduğu bilinmektedir (28). Son yıllarda, beslenme ve barsak mikrobiyotasındaki bozulmanın da MS için önemli bir risk faktörü olduğu belirtilmektedir. Barsak mikrobiyotasındaki zararlı kolonizasyonun tekrarlayıcı bir inflamatuar süreci tetiklediği ve T lenfosit aktivasyonuna neden olduğu

düşünülmektedir. Yapılan araştırmalarla, MS'li bireylerin barsak mikrobiyotasının benzer bakteriyal çeşitliliğe sahip olduğu gösterilmiştir (29-31).

2.1.2. Patogenez

MS'in patogenezi, inflamasyon, demiyelinizasyon, aksonal hasar ve plak oluşumuyla karakterize bir dizi dejeneratif süreci kapsar. Nöroinflamasyonun başlangıcı immün sistemin, nöron ve ilişkili yapıları antijen olarak algılayıp anormal aktivasyon göstermeleri sonucunda gelişir. B hücreleri merkezi sinir sisteminden salınan antijenler veya yabancı (epstein barr virüsü vb.) antijenlerle çapraz reaksiyona girerek indüktenirler. Yaşanan indüktenme sonucunda B hücreleri bölünerek sayıca çoğalmaya başlarlar. Bu olaya klonal ekspansiyon adı verilir. Klonal ekspansiyon ile B hücrelerinin bir bölümü olgun hücrelere dönüşürken, diğer bir bölümü ise T lenfositler için uyarıcı maddeler salgılayan (IgG Ab) plazma hücrelerine dönüşür. Süreci bölgedeki IgG Ab yoğunluğunun artması takip eder. B hücrelerindeki bu reaksiyonla, aktivasyon sinyali alan pasif T hücreleri ve CD+8 hücrelerine dönüşür, merkezi sinir sistemine göç ederler ve "Major Doku Uygunluk Kompleksi" (MHC) adı verilen molekülleri taşıyan glia veya nöronlar, peptid ligandlarına bağlanırlar. MHC'ler, genetik yatkınlıkla ilişkili olan HLA antijenleri olarak da adlandırılır. Hastalığın ilk dönemlerinden itibaren bozulan kan beyin bariyeri (KBB), kandaki proinflamatuar sitokinlerin (Interlökin-1, IL-4, IL-6 ve IL-10) artışıyla CD+4 T lenfositlerine geçirgen hale gelir. CD+8 ve CD+4, T hücrelerinin merkezi sinir sistemindeki proliferasyonu ve aktivasyonu sitotoksik etki yaratır. Merkezi sinir sisteminin koruyucu bir kompartmanı olan mikroglialar, inflamasyon sürecinin ilk aşamalarından itibaren aktifleşir ve makrofaj benzeri yıkıcı hücrelere dönüşür. İnflamasyon sürecini demiyelinizasyon, oligodendrosit kaybı ve aksonal hasar takip eder. Ataklar, inflamasyonu tekrarlayıcı ve bozulamayan bir döngü haline getirmektedir. Çünkü, remiyelinizasyondan sorumlu olan oligodendrosit ve glial destek hücrelerinin sayısı ataklarla beraber kademeli olarak azalmaktadır. İnflamatuar reaksiyonları takiben plak alanında astrosit proliferasyonu ve gliozis gelişmektedir. İnflamasyon süreci, nöronal dokuda skar (plak) oluşumuyla sonuçlanmaktadır (32-35).

MS plakları, hastalık fenotipine göre aktif, kronik ve remiyelinli plaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Aktif plaklar genellikle Relapsing Remitting MS (RRMS)'de

daha yaygındır. RRMS fenotipindeki plaklarda aksonal hasar çok nadirdir ve plaklar, perivasküler ve parankimal inflamasyon süreçlerinin bir sonucu olarak görülmektedir. Ayrıca, RRMS fenotopine sahip hastalarda aktif inflamasyon sahalarına yakın bölgelerde remiyelinizasyon plaklarına rastlanmaktadır. Remiyelinli plaklarda, oligodendrosit miktarları oldukça fazladır. Primer Progresif MS (PPMS), Progresif Relapsing MS (PRMS), Sekonder Progresif MS (SPMS)'de daha çok kronik veya inaktif plaklar görülmektedir. Bu plaklarda aksonal hasar daha fazladır ve oligodendrosit kaybı görülmektedir (36).

2.1.3. Klinik Tipler

MS'in klinik fenotipleri ve hastalık seyri etkilenen beyin bölgesiyle ilişkili olarak heterojenlik göstermektedir. MS'in klinik tipleri 1996'dan günümüze farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Klinik fenotiplere yönelik son sınıflandırma, uluslararası bir panelde MS Fenotip Alt Grubu tarafından 2014 yılında yapılmıştır (37). Literatürde geçmişten günümüze 8 MS ile ilişkili fenotipten bahsedilmektedir. Bu tipler; radyolojik izole sendrom, klinik izole sendrom, bening tip, relapsing remitting, sekonder progresif, primer progresif, progresif relapsing ve fulminant tip olarak adlandırılmaktadır. Bazı kaynaklara göre radyolojik izole sendrom nörolojik bir semptom göstermediği için bu sınıflamanın dışarısında bırakılmaktadır (37, 38). Ayrıca güncel kaynaklar, "Pediatrik Dönem Başlangıçlı" fenotipin MS spektrumunda yer alabileceğinden bahsetmektedir (39).

Radyolojik İzole Sendrom

Radyolojik izole sendrom (RIS), radyolojik taramalar sırasında rastlantısal olarak tespit edilen, klinik açıdan MS ile ilişkili bir semptomu bulunmayan hastaları ifade eden bir tablodur. RIS terimi ilk olarak 2009 yılında asemptomatik ve demiyelinizasyon için risk altında bulunan bireyleri tanımlamak için kullanılmıştır. RIS'in bir MS fenotipi olup olmadığı konusunda literatürde bir netlik bulunmamaktadır. Bazı kaynaklar, RIS'in MS için önemli bir erken tanı fırsatı olduğunu belirtmiştir. Güncel bir araştıraya göre, RIS'e sahip bireylerin %34'üne 5 yıl içerisinde MS teşhisi konulmuştur. Aynı araştırma, RIS'e sahip bireylerin %9,6'sının ilerleyen süreçte PPMS tanısı aldığını ve servikal veya torakal yerleşimli

demiyelinizasyon plağı bulunan erkek hastaların PPMS için daha fazla risk altında olduğunu belirtmiştir (38).

Klinik İzole Sendrom

Klinik izole sendrom (KIS) terimi, akut demiyelinizasyon bulgularının varlığında klinik tablonun MS bulgularıyla örtüşmediği durumları ifade etmektedir. KIS teşhisi için ilk nörolojik semptomun en az 24 saat sürmesi gerekmektedir ve manyetik rezonans görüntülemesinde (MRI) multifokal beyin lezyonları bulunmalıdır. Dikkat edilmesi gereken diğer bir faktör de klinik tablodan enfeksiyon ve ensefalopatilerin elimine edilmesi gerekliliğidir (40). KIS'e sahip bireylerin, serum ve beyin omurilik sıvısında oligoklonal bant varlığı, MS için prognostik açıdan bilgi sağlamaktadır (41). Ayrıca KIS'te, serum vitamin D düşüklüğünün MS için önemli bir prediktör olduğu düşünülmektedir (42). Güncel yapay zekâ araştırmalarının birinde, makine öğrenmesi yoluyla KIS'li bireylerin %68'inin sonraki 3 yılda MS tanısı alacağı tahmin edilmiştir (43). Bunu destekleyen 20 yıllık takip içeren başka bir araştırmada ise, KIS'li bireylerin %80'inin ilerleyen yıllarda MS teşhisi aldığı belirtilmiştir. Aynı araştırma, KIS dahilinde saptanan lezyonların sayısının MS teşhisi için yüksek oranda risk oluşturduğu belirtilmiştir (44).

Bening Multiple Skleroz (BMS)

BMS, tanıyı takip eden 10-15 yıllık süreçte fonksiyonel açıdan az veya orta (EDSS<3,5/4) düzeyde etkilenimin görüldüğü genellikle iyi huylu olarak tanımlanan MS fenotiptir (45). Hastalığın erken yaşta ve duyusal belirtilerle başlaması, kadın cinsiyet, atak sayısının azlığı ve piramidal belirtilerin olmaması BMS prognozuyla uyumludur (45, 46). Literatürdeki güncel bir araştırmaya göre, mevcut tanımlamalarda kognitif ve psikiyatrik bulguların göz ardı edildiği, kognitif ve psikiyatrik bulguların engel seviyesini yadsınamaz derecede arttırdığı, hastalıkla ilişkili bir tabloya "bening" denilebilmesi için minimal etkilenim (EDSS< 1-1,5) olması gerekliliği savunulmuştur (45).

Relapsing Remitting Multiple Skleroz (RRMS)

MS'in en yaygın görülen fenotipidir. Hastaların birçoğunda ataklar, yeni gelişen disfonksiyonlar ve remisyon dönemleri görülmektedir. Ataklar, 24 saatten

fazla süren görme problemleri, duyusal problemler, denge bozukluğu ve bir veya birden fazla uzuvdaki parezi/pleji ile karakterizedir. Atak sonrası remisyon miktarı, atak sürecindeki erken remiyelinizasyonla doğru orantılıdır. Relapsing Remitting fenotipine sahip bireyler bütün MS'lilerin yaklaşık olarak %85'ini oluşturmaktadır (47, 48).

Sekonder Progresif Multiple Skleroz (SPMS)

RRMS bireylerin bir bölümü hastalık tehşisini takip eden 10-15 yıl içerisinde latent evreye geçemez. SPMS'te inflamasyon farklı zaman aralıklarında tekrar tekrar nüks eder. RRMS ile SPMS türleri arasında keskin bir sınır bulunmamaktadır. Literatür, SPMS tanılarının retrospektif taramalara bağlı olduğunun ve tanı için hastanın uzun süreli takibinin gerekliliğinin üzerinde durmaktadır (49). SPMS'te atak dönemleri görülmeksizin fonksiyonel kötüleşme kademeli olarak arka planda devam etmektedir (39, 48). Son dönemde yapılan araştırmalardan bazıları RRMS ile SPMS arasındaki farklılıkları; SPMS'in ilk atak yaşının daha yüksek olması, erken dönemde aktif plan sayısının daha az olması ve 6-12 aylık periyotlarda atak olmaksızın fonksiyonel kötüleşme varlığının olması olarak belirtmiştir (37, 49, 50). Ayrıca, kortikal demiyelinizasyon ve beyaz cevher hasarının SPMS'e geçiş sürecinde önemli bir diskriminant faktör olduğu belirtilmiştir (51).

Primer Progresif Multiple Skleroz (PPMS)

PPMS, bütün MS popülasyonunun %5-15'ini oluşturmaktadır (39). Hastalık başlangıçtan itibaren ataklar veya nüks periyotları içermeden, kronik inflamasyon ve dejenerasyonla, bireyi fonksiyonel olarak kötüleştirmektedir. PPMS, yavaş seyirlidir. En belirgin bulguları; ilerleyici spastik paraparezi, duyusal ataksi, serebellar ataksi, görme bozuklukları ve bilişsel disfonksiyondur (39). RRMS ve SPMS'den farklı olarak kadınlar ve erkeklerde eşit oranda görülmektedir. Diğer bir önemli fark ise, PPMS'in inflamasyon yükünün tipik olarak beyaz cevherde daha az olmasıdır (51).

Progresif Relapsing Multiple Skleroz (PRMS)

RPMS, bütün MS popülasyonunun yaklaşık olarak %5'ini oluşturan ve nadir görülen bir MS fenotipidir. Hastalık başlangıcından itibaren ataklar seyreder ve genellikle remisyon görülmez. Hasta, her atak epizodunda fonksiyonel ve nörolojik

açıdan kötüleşir. RRMS'e göre daha geç başlangıçlıdır. PRMS, kadınlar ve erkeklerde eşit oranda görülür (52).

Fulminant Tip Multiple Skleroz (FMS-Marburg Varyantı)

FMS, neredeyse beynin bütün bölgelerinde inflamasyonun görülebildiği, prognozu genellikle kötü ve hızlı seyirli olan bir MS fenotipidir. Akut fulminant veya marburg varyantı olarak da adlandırılmaktadır. Çoğunlukla erken yaş başlangıçlıdır. Histopatolojik incelemeler yaygın bir demiyelinizasyonu göstermekte ve beyin sapı gibi hayati alanların demiyelinizasyondan etkilendiğini belirtmektedir. Hastalarda başlangıç semptomu olarak; bilateral optik nevrit, hemiparezi ve hemianopsi görülmektedir. FMS'in mortalite oranı yüksektir ve hastalık başladıktan kısa süre içerisinde ölümle sonuçlanmaktadır (53, 54).

Pediatrik Dönem Başlangıçlı Multiple Skleroz (POMS)

POMS, bütün MS popülasyonunun yaklaşık olarak %3-10'unu oluşturmaktadır. Vakaların büyük bir bölümü 16 yaşın altındadır. Genellikle RRMS ile benzer bulgular göstermekte ve daha sık nüks periyotları içermektedir. Multifokal bir etkilenimle genellikle daha agresif bir başlangıca sahiptir. POMS'un sık karşılaşılan başlangıç semptomu optik nöromiyelittir. Hastalığın ilerlemesi nispeten yavaştır ve nörolojik defisitler sonucu gelişen fiziksel problemler genç yaştaki plastisitenin fazla olması sebebiyle nispeten remisyona uğrar. POMS'da, aksonal hasar yetişkinlere göre daha şiddetlidir ve şiddeti çocuğun fonksiyonel bağımlılık düzeyiyle doğru orantılıdır (55).

2.1.4. Multiple Skleroz'da Görülen Semptomlar

MS, farklı sistemleri etkileyen karmaşık semptomlara sahip bir hastalıktır. Her hasta patolojideki heterojenite sebebiyle kendine özgü bulgular gösterebilmektedir. MS'in sık görülen bulguları literatürde; somatosensoriyel problemler, vizüel problemler, yorgunluk, üriner retansiyon/inkontinans, denge ve yürüme bozuklukları, üst ekstremite becerileri ve koordinasyonunda yetersizlik, ataksi, spastisite, kranial sinir tutulumları, bilişsel işlev bozuklukları ve depresyon olarak belirtilmiştir (1, 2).

Kuvvet Kayıpları

Kuvvet kayıpları MS'li hastalarda aktivite ve katılım limitasyonlarına sebep olan önemli bir bozukluktur ve iki temel mekanizmayla açıklanmaktadır. Bunlar; nörojenik ve end-efektör organ değişiklikleridir. MS'de sık görülen nörojenik değişiklikler aşağıda belirtilmiştir:

- **Spinal premotor internöronlara gelen girdilerin azalması:** Kontrollü bir hareket için medulla spinalis düzeyindeki duyu, motor ve internöronlar arasındaki iletişimin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi gerekmektedir. Üst merkezlerde meydana gelen demiyelinizasyon ve nöroinflamasyon; kortikospinal, rubrospinal, vestibulospinal ve retikülospinal yolaklardaki aksonların bozulmasına neden olmaktadır. Bu bozukluk doğrudan, spinal premotor internöronlara gelen girdileri ve end-effektör organ olan kasların uyarılabilirliğini azaltmaktadır.
- **Kortikospinal ve rubrospinal yolakların monosinaptik motor nöron projeksiyonlarının azalması:** Motor nöronların kasın uyarımı için gerekli aksiyon potansiyelinin taşınması için temel role sahip olduğu bilinmektedir. İnen yollarda meydana gelen aksonal dejenerasyon ve bu yolların motor projeksiyonlarındaki kayıp; hastaların motor nöronları aktive etme kapasitesini sınırlamaktadır. Azalan motor aktivasyon, kasta optimal kuvvetin oluşması için gerekli motor ünite sayısının ateşlenememesiyle sonuçlanmaktadır. Uzun vadede istemli hareketler sırasında yeterli düzeyde motor ünite ateşleyemeyen kaslarda atrofi ve kuvvet kaybı oluşmaktadır.

Kas kuvvet kaybına yönelik olası mekanizmalardan diğeri *end-efektör* organ değişiklikleri veya iskelet kaslarının mekanik fonksiyonlarındaki değişikliklerdir. MS'li hastaların kas lifi tipi ve özelliklerini sağlıklı kişilerle karşılaştıran bir araştırmada, hastaların lif enine kesit alanlarının daha küçük ve lif tiplerinin (tip I, tip II ve tip IIx) sayısının daha az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, hastalarda tip II kas liflerinin tip I'e göre daha fazla atrofiye uğradığı belirtilmiştir (56). Hızlı kasılan kas liflerindeki bu kaybın kasın kuvvetindeki azalmanın olası bir sebebi olabileceği

düşünülmektedir. MS hastalarında, kasların mimari ve viskoelastik özelliklerindeki değişimlerin kas kuvvetini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (57). Kuvvet kayıpları; alt ekstremite kaslarında daha fazla görülmektedir (58) ve fiziksel inaktivite, artan enerji sarfiyatı ve yorgunlukla doğrudan ilişkilidir (59, 60). Bu durum hastalar için patolojik bir döngü halini almaktadır ve kişiyi günlük yaşamda bağımlı kılmaktadır.

Duyusal Bozukluklar ve Ağrı

Duyusal bozukluklar, MS hastalarında yaygın görülen semptomlardandır. Hastaların yaklaşık %80'inde görülmektedir. Sık karşılaşılan duyusal problemler; parestezi, diseztezi, L'hermitte bulgusu, proprioceptif kayıplar ve ağrıdır (61-63). Parestezi, cilt üzerinde iğnelenme, batma, karıncalanma veya uyuşma olarak tarif edilen bir duyu bozukluğudur. 2063 MS'li bireyin hastalık başlangıç bulgularının incelendiği bir araştırmada katılımcıların %58,8'nin paresteziden muzdarip olduğu belirtilmiştir (63). L'hermitte bulgusu; boyun fleksiyonunu takiben vücudun diğer bölümlerine yayılan elektrik hissi olarak tanımlanmaktadır, hastaların yaklaşık üçte birinde görülmektedir ve bütün MS'li hastaların yaklaşık %10'u için başlangıç bulgusudur (64).

Ağrı, bütün MS'lilerin yaklaşık %75'inin deneyimlediği "Gerçek veya olası doku hasarı ile ilişkili veya buna benzer hoş olmayan bir duyusal ve duygusal deneyim." olarak tanımlanan önemli bir semptomdur (65, 66). Genellikle "sürekli merkezi nöropatik ağrı, aralıklı merkezi nöropatik ağrı, kas-iskelet ağrısı ve nöropatik olmayan ağrı" olmak üzere dört kategoride sınıflandırılmaktadır. Sürekli merkezi nöropatik ağrı, MS'li bireylerin %50'sinde görülen organik bir nedene bağlanamayan yanma veya rahatsızlık verici his olarak tanımlanmaktadır. Aralıklı merkezi ağrı; L'hermitte bulgusu, trigeminal nevralji veya glossofaringeal nevralji gibi rahatsızlıkları ve bulguları kapsamaktadır. Kas-iskelet ağrısı; yorgunluk sonucu oluşabilen, tonik spazmlar içeren, diğer semptomlara sekonder gelişen veya pozisyona olarak ortaya çıkan (uzun süreli tekerlekli sandalye kullanımı, yatak vb. gibi çevresel faktörlere bağlı olan) ağrı türüdür. Son olarak ise nöropatik olmayan ağrılar; kişilerin duygu durum değişiklerinden etkilenebilen (örn, gerilim tipi baş ağrısı) veya organik

bir nedene (düşme, çarpma, burkma vb.) bağlanabilen ağrılar olarak tanımlanmıştır (67).

Spastisite

Spastisite, "üst motor nöron lezyonu sonucu gelişen, kasların aralıklı veya sürekli istemsiz aktivasyon ile karakterize sensorimotor bir bozukluk" olarak tanımlanmaktadır (68). MS'te spastisitenin olası mekanizmaları; merkezi sinir sisteminin farklı bölümlerinde görülen demiyelinizasyon plakları, kranio-kaudal yolların iletim bozukluğu ve tonik gerilme refleksindeki hıza bağlı artıştır (69). Spastisite, MS' te en sık görülen semptomlardan biridir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan büyük ölçekli bir araştırmada MS hastalarının yaklaşık %84'ünde spastisitenin görüldüğü belirtilmiştir (70). İngiltere yapılan benzer bir araştırmada, hastaların %84'ünde spastisitenin görüldüğü ifade edilmiştir (71). Başka bir araştırmada ise, rastgele seçilen MS hastalarının %47'sinde spastisite varlığı ve spastisite şiddetinin "Modifiye Ashworth Ölçeği'ne" göre 2-4 aralığında olduğu tespit edilmiştir (71, 72). Spastisite başlı başına hareket bozukluğuna sebep olan; heyecan, stres, ağrı, yorgunluk, sıcaklık, ses, korku ve mesane/barsak doluluğu gibi birçok faktörden etkilenebilen değişken bir bulgudur. MS'li bireylerde spastisite; yorgunluk, uyku kalitesi, mesane fonksiyonu ve temel mobilite işlevlerini (yürüme, merdiven çıkma, transfer ve eşya taşıma) olumsuz yönde etkileyerek bireyin günlük yaşamdaki bağımlılık düzeyini arttırmaktadır (69, 71). Bu bağlamda, spastisite tek bir motor bozukluk olmaktan ziyade birçok sistemi etkileyen kompleks bir bozukluk olarak düşünülmelidir. Bu perspektifle uyumlu olarak güncel bir araştırma MS'teki spastisite ve ilişkili sendromları (spazm, ağrı, mesane disfonksiyonu ve uyku bozukluklarını) "Spastisite-Plus Sendromları" olarak tanımlamıştır. Araştırmaya göre birbiri ile ilişkili 3 ve daha fazla semptomun varlığında, spasisite izole bir tedavi hedefi olmaktan ziyade bütüncül bir zincirin odak noktası olarak görülmeli önerisinde bulunulmuştur (69).

Denge Bozuklukları

Denge, vücudun konumunu iç veya dış etkenlere karşı düzenleyebilme, sürdürebilme ve kontrol edebilme yeteneğidir. Denge, birçok günlük yaşam aktivitesinin temel bileşenidir. Dengenin sağlanmasında; nöral, biyomekanik ve somatosensöriyel mekanizmalar görev almaktadır (73). Nöral sistemler *(premotor*

korteks, primer ve supplementer motor korteks, beyin sapı, talamus, serebellum ve bazal ganglionlar), dengenin sağlanması ve kontrolünde kompleks bir organizasyona sahiptir. Bu organizasyona bağlı olarak perifere taşınan uyarılar kaslarda spontan veya spontan olmayan uyarılar meydana getirmektedir. Kasların istemli ve/veya spontan kasılmalarıyla dengenin fonksiyonel olarak sağlanabilmesi için gerekli biyomekaniksel dizilim oluşur. Biyomekaniksel dizilimin korunabilmesi için bir takım refleksif ve koruyucu reaksiyonlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar postural reaksiyonlar olarak adlandırılmaktadır. Ek olarak, vücut çevre etkileşiminde somatosensöriyel sistem; görsel, proprioseptif, taktil ve vestibüler uyaranlarla dengenin sürdürülebilmesi ve organizasyonun sağlanabilmesi adına önemli geribildirim araçları olarak görev yapmaktadır (73).

Kontrolü ve sürdürülebilirliği çok faktörlü ve karmaşık bir mekanizmaya bağlı olan denge, MS'lilerin %50-80'inde etkilenmektedir. Denge bozukluğu, hastalığın erken dönemlerinden itibaren günlük yaşamı ve katılımı etkileyen ve önemli özürlere sebebiyet veren bir semptomdur (74, 75). Yapılan bir araştırmaya göre, MS'li hastalarda denge bozukluğunun sebepleri; bireylerin pozisyonunu koruma ve devam ettirebilme yeteneğinin azalması, azalmış stabilite limitleri ve azalmış postural reaksiyonlar olarak gösterilmiştir (76). Paralel olarak başka bir araştırmada, MS'li hastaların somatosensoriyel problemlere sahip olma oranının %80 olduğu belirtilmiştir. Literatürde stabil olmayan çevresel koşullar ve çoklu görev performansı gerektiren aktiviteler sırasında denge bozukluğunun arttığı saptanmıştır (76, 77).

Ataksi

Ataksi; serebellum, somatosensoriyel ve vestibüler sistemlerde çeşitli oranlardaki bozukluklar sonucunda görülebilen semptomlar bütünüdür. Fransız Nörolog Charcot, MS'i tanımlarken tremor, nistagmus ve patlayıcı tarzda konuşma olarak bir triat betimlemiştir (78). Yapılan histopatolojik çalışmalar, MS hastalarının serebellar purkinje hücre yoğunluğunda azalma tespit etmiştir (79). Bu durumla uyumlu olarak, MS'li hastaların yaklaşık %11- %33 arasında serebellar ataksi görülmektedir. Serebellar ataksi; tremor, yürüme ve gövde ataksisi, istemli hareketlerde koordinasyon bozukluğu, konuşma bozuklukları, hipotoni, nistagmus, oküler dismetri ve disdiadakokinezi gibi çok çeşitli belirti ve semptomlara neden

olmaktadır. MS'in erken dönemlerinde klinik serebellar belirtileri gösteren hastaların prognozunun daha kötü olduğu belirtilmiştir (80). MS'li hastaların, %80'inde somatosensoriyel problemler ve %49-59 oranında da vestibüler disfonksiyon görülmektedir (81, 82). Bu bilgilerle paralel olarak; MS'li bireylerde duyusal ataksi ve vestibüler ataksi görülme ihtimali üzerinde durulmalıdır. MS'in merkezi sinir sisteminin birçok bölümünü etkilediği göz önünde bulundurularak çeşitli ataksi tiplerine farklı oranlarda sahip olabileceği unutulmamalıdır.

Üst Ekstremite Koordinasyonunda ve Kontrolündeki Problemler

Üst ekstremite fonksiyonu; hijyen, giyinme, yemek yeme/beslenme, fonksiyonel mobilite ve transfer gibi pek çok temel günlük yaşam aktivitesinin sürdürülebilmesinde büyük önem arz etmektedir. Üst ekstremite disfonksiyonu, bireylerde önemli düzeyde engel, bakım ihtiyacı, iş gücü ve zaman kaybına sebep olmaktadır (83). MS'li hastalar üzerinde yapılan bir araştırmada, tanıyı takip eden ilk yılda hastaların % 65'inin el becerilerinde zorluk yaşadığı gösterilmiştir (84). Başka bir çalışmada, MS'li bireylerin %67'sinin ince motor hareketlerde zorlanma, %59'unda nesneleri kaldırma-taşımada güçlük ve %56'sının ise yazma yeteneğinde bozulma yaşadığı belirtilmiştir (85). Üst ekstremitelerdeki problemlerin önemli bir bölümünü hareket bozuklukları oluşturmaktadır. Özellikle, serebellar hemisferler ve serebello-rubro-talamik devre üzerindeki lezyonlar, ekstremite ataksisine ve tremora sebep olmaktadır (86). MS'li hastaların yaklaşık olarak %25 ile %58 inde tremor bulunmaktadır ve bu hastaların %3-15'inde tremor şiddeti hastalık şiddetiyle doğru orantılıdır (87). MS'li hastalarda, postural ve aksiyon tremoru bir arada görülebilir. Tremor, üst ekstremitelerde daha belirgin olmak üzere bilateraldir ve ileri düzeydeki vakalarda baş, boyun ve ses tellerini etkileyebilmektedir (87).

Yürüme Bozuklukları

Yürüme bozuklukları; kuvvet kaybı, denge bozukluğu, inkoordinasyon ve duyu problemlerinin bir sonucu olarak günlük yaşamda hastanın fonksiyonel mobilitesini limitlemekte ve bireylerin katılımlarını olumsuz yönde etkilemektedir. MS'li bireylerin yaklaşık %85'inde yürüyüş bozukluğu görülmektedir (88). Yapılan araştırmalar MS'li hastaların sağlıklılara kıyasla; yürüme hızlarının azaldığını, adım uzunluklarının kısaldığını ve destek yüzeylerinin genişlediğini belirtmektedir (89, 90).

Yürüyüş kinematikleri üzerine yapılan güncel bir araştırmaya göre MS'li bireylerin sağlıklılara kıyasla alt ekstremitelerinde daha az fleksiyon paterni ortaya çıkardıkları tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen çarpıcı diğer bir sonuç ise, kum üzerinde yürüme aktivitesi sırasında, MS'li bireylerin kalça-diz ve ayak bileği fleksiyon açılarının sert zemine kıyasla arttığı ve yürüme hızlarının yavaşladığıdır (88). Bu bağlamda MS'lilerin yürüme bozukluğu çevresel koşullara bağımlıdır. Klinik ortamın stabil ve rahat bir ortam olduğu göz önünde bulundurulduğunda, tedavi programlarına yön verirken çevresel çeşitliliğe önem verilmesinin gerekliliği unutulmamalıdır.

Kranial Sinir Tutulumları

MS'te farklı kranial sinirlerin etkilendiği heterojen bir klinik dağılım görülmektedir. 183 MS'li bireyin incelendiği bir araştırmada hastaların %8,2'inde kranial sinir tutulumunun olduğu saptanmıştır. Aynı araştırmada, hastaların %1,1'inde okülomotor, %2,2'sinde abdusens, %2,7'sinde trigeminal, %1,6'sında fasiyal ve vestibulokohlear sinir tutulumunun olduğu belirtilmiştir. Yazarlar, kranial sinir bölgesini tutan lezyon sahalarının tekrar aktifleşme ihtimalinin diğer alanlara kıyasla daha fazla olduğunu tespit etmiştir (91). MS hastalarında kranial sinirlerin etkilenme miktarı ve çeşitliliğiyle ilişkili olarak, farklı klinik tablolarla karşılaşılmaktadır. Hastalığın, akut ve subakut fazında genellikle ilk semptom olarak optik nörit veya optik nöromiyelit açığa çıkmaktadır. İlerleyen süreçte hastalarda, görme keskinliği kaybı, görme derinliği ve renk ayrımının azaldığı klinik bir tablo gözlenmektedir. Bazı vakalarda göz hareketleri sırasında ağrı bildirilmiştir. MS'li bireylerde trigeminal sinir etkilenimine bağlı olarak; trigeminal nevralji, fasiyal sinir tutulumuna bağlı olarak; fasiyal paralizi, vestibulo-kohlear sinir etkilenimine bağlı olarak vertigo ve vestibüler ataksi bulguları açığa çıkmaktadır (92, 93).

Yorgunluk

Bitkinlik, halsizlik, sürekli dinlenme ihtiyacı veya enerji eksikliği olarak ifade edilen yorgunluk, MS'de yaşam kalitesini etkileyen bir semptomdur. Yapılan araştırmalarda, MS'li hastaların %85'inin en az orta düzeyde yorgunluk yaşadığını ve 18 aylık süre içerisinde hastaların %87'sinin yorgunluk yaşamaya devam ettiği belirtilmiştir (94, 95). MS'de yorgunluk detaylı bir şekilde irdelenmesi gereken çok faktörlü bir bozukluktur. Kullanılan ilaçlar, nörojenik değişiklikler, stres, sıcağa

maruziyet ve kas ile ilgili değişiklikler enerji ve yorgunluk metabolizması üzerine doğrudan etki etmektedir. MS'de yorgunluk; genellikle merkezi ve periferik olarak iki çeşittir. Merkezi (santral) yorgunluk; uzun süreli zihinsel ve fiziksel yorgunluğun varlığıyla karakterize, santral sistemlerin etkilendiği bir durumdur. Merkezi yorgunluktan muzdarip kişiler, bilişsel işlevleri devam ettirmekte zorlanır (hatırlama, aritmetik işlemler, planlama vb.), herhangi bir işe konsantre olamaz ve işi yapmak istemezler. Ayrıca, bireylerde sağlıklı biri için zor sayılmayan bilişsel işlevleri gerçekleştirirken dahi anormal kalp ritmi gibi otonom yanıtlar oluşmaktadır. Merkezi yorgunluk yaşayan bireylerin kanlarında, IFN alfa ve IL-6 gibi inflamatuar sitokinler ve hipokretin-1 düzeylerinin arttığı, melatonin metabolizması ve beyin-barsak aksının bozulduğu belirtilmiştir (93).

MS'te sinir iletim hızındaki değişiklikler kas kasılma metabolizmasını etkileyerek, periferdeki bozukluklar için bir zemin hazırlamaktadır. Periferal yorgunluk kavramı, genellikle kas kuvveti ve enduransla ilişkili bozuklukları tanımlamak için kullanılmaktadır. Hastalarda bir aktivite için yeterli istemli kuvvetin oluşturulamaması veya aktiviteyi sürdürecek enduransın yetersizliği söz konusudur. Periferal yorgunluk yaşayan hastaların kan serum düzeylerinde TNF-a ve IL-6'nın arttığı, asetilkolin ve öncülü maddelerin ise azaldığı tespit edilmiştir (93).

Sıcak İntoleransı

Sıcak intoleransı, MS'li hastalarının %60-80'ini etkileyen, nörojenik disfonksiyonu ve yorgunluğu arttıran bir bulgudur. Olası mekanizmaları; sıcağın fizyolojik etkileri ve otonomik disfonksiyon sonucu gelişen termoregülatör işlev bozukluğu ile açıklanmaktadır. Sinirin iletim özellikleri, demiyelinizasyon sebebiyle nörofizyolojik açıdan değişkenlik göstermektedir. Artan sıcaklık nörondaki potasyum kanallarını aktive ederek, sodyum kanallarının deaktivasyonuna sebep olmaktadır. Bu durum, sinirin uyarılması için gerekli olan sodyum kanallarının aktivasyonunun bloke olmasına ve sinirin refrakter periyodunun uzamasına sebep olmaktadır. Miyelinli sinirlerin saltatorik iletim yapısına sahip olduğu ve ranvier boğumlarının saltatorik iletim için bir güvenlik faktörü oluşturduğu bilinmektedir. MS'li hastaların vücut sıcaklığında meydana gelen 0,5 derecelik bir artış ranvier boğumlarınca oluşturulan güvenlik faktörünü etkileyerek sinirde iletim bloğu meydana getirmektedir. Sıcaklıkla

ilişkili iletim sorunlarına ek olarak; MS'li bireylerde otonomik ve endokrin fonksiyonların nöral kontrolü bozulmaktadır. Ayrıca, termoregülatör fonksiyonun kontrolünün sağlandığı preoptik anterior hipotalamus ve medulla spinalis düzeyindeki sempatik sinirlerin, MS'li bireylerde hastalık patolojisinden etkilendiği bilinmektedir (96).

MS'li bireylerde sıcak intoleransı; yorgunluğun artması ve görme keskinliğinin azalması gibi sekonder semptomlara zemin hazırlamaktadır. Sıcaklıkla ilişkili yorgunluk; şiddetli fiziksel aktivite veya yoğun mental işlev sonucunda ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, sıcak intoleransı ve merkezi yorgunluk arasında bir ilişki olduğunu düşündürmektedir (Bakınız: Yorgunluk). Wilhelm Uhthoff isimli bir araştırmacı, optik nörit öyküsü bulunan MS hastalarında sıcak banyo ve şiddetli egzersiz sonucunda hastaların görme keskinliğinde azalma oluşturduğunu tespit etmiştir. Olası patofizyolojinin ise demiyelinizan aksonal segmentlerdeki sıcaklık artışı sonucundaki iletim bloğu olduğunu savunmuştur. Bu araştırma MS'li hastalarda görülen "Uhthoff Fenomeni'ni" tanımlayarak, sıcaklığa bağlı iletim bloğu teorisine yön vermiştir (96).

Depresyon

MS'li hastaların depresyon ve ilişkili sendromlara maruz kalma sıklığı %25-50 olarak saptanmıştır (97). Depresyon, MS'li bireylerin yaşam kalitelerini ve tedaviye uyumunu olumsuz yönde etkilemektedir. MS'te görülen ağrı, kronik yorgunluk ve bilişsel işlev bozukluğu gibi birçok semptom depresyonla ilişkilidir. Ayrıca, hastalık şiddeti ile depresyon şiddetinin doğru orantılı olduğu bilinmektedir. Literatürde, SPMS'e sahip bireylerin ve 45 yaş altı kadın MS'lilerin depresif bozukluklara yakalanma ihtimalinin diğer bireylere göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Beyin görüntüleme yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalara göre frontal ve temporal lob gri madde volümü az olan, temporal lob ve arkuat nükleus lezyon yükü fazla olan hastaların depresyona daha yatkın olduğu bulunmuştur (98).

Bilişsel işlev bozuklukları

MS'te bilişsel işlevlerdeki bozulma hastalığın doğası gereği etkilenen alanlara bağlı olarak büyük bir heterojenlik göstermektedir. Literatürde, KIS ve RIS'li bireylerin %20-25'i, RRMS'li bireylerin %30-45'i ve SPMS'li bireylerin ise %50-

70'inde bilişsel disfonksiyon olduğu bildirilmiştir (99). MS'te en çok etkilenen bilişsel işlevler ise; dikkat, bilgi işlem hızı, bellek, yürütücü işlevler ve görsel-uzaysal algılama becerileridir (100). MS'in erken dönemlerinde aritmetik işlem hızı ve yürütücü işlevlerde bozulma görülmektedir ve bu bozuklukları en sık bellek ve dikkatle ilgili bozukluklar takip etmektedir (101).

Mesane, Barsak ve Cinsel Problemler

Literatürde, MS hastalarının yaklaşık olarak dörtte üçünde mesane ile ilişkili semptomlar bildirilirken, erkek hastaların %84'ünde ve kadın hastaların %85'inde cinsel işlev bozukluğu olduğu saptanmıştır. Ayrıca, MS popülasyonunun %68'inde kabızlık veya fekal inkontinas bulunduğu belirtilmektedir (102-105). MS'te üriner disfonksiyon; mesanede idrar birikimi, idrar boşaltımı veya inkontinans şeklinde görülebilmektedir. İdrar birikimi ile ilgili semptomlar genellikle acilen idrara çıkma ihtiyacı, artan idrara çıkma, inkontinans ve nokturi şeklinde görülmektedir. İdrar boşaltımı sırasında görülen semptomlar ise; üriner tereddüt, zayıf ve kesintili idrar, ıkınma ve eksik mesane hissi olarak tanımlanmaktadır. Üriner disfonksiyonla ilgili olası mekanizmanın; subkortikal yapılar, beyin sapı veya omurilik beyaz cevherdeki lezyonlar sonucunda gelişen artmış veya kontrolü kaybedilmiş detrüsör kas aktivitesi olduğu düşünülmektedir (106).

2.2. Multiple Skleroz'da Fizyoterapi ve Rehabilitasyon

MS'de fizyoterapi ve rehabilitasyon; hastalığın tanı sürecinden itibaren başlaması gereken, kişinin özel gereksinimleri (iş, sosyal yaşam vb.), bireysel ihtiyaçları ve hastalık semptomları çerçevesinde şekillenen koruyucu, eğitici ve düzeltici yaklaşımları kapsamaktadır. Fizyoterapi ve rehabilitasyon, detaylı bir değerlendirmeyle başlayıp bireyin gereksinimleriyle uyumlu tedavi programlarıyla devam etmelidir.

2.2.1. Değerlendirme

Değerlendirme; bireye yönelik en uygun tedavi programının oluşturulması, hastalık progresyonun izlenmesi ve tedavi sürecinin etkinliğinin incelenmesi için MS'de fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımlarının önemli bir basamağını

oluşturmaktadır. Değerlendirme yöntemine; klinik imkânlar, çevresel faktörler ve hastanın durumuna göre karar verilmelidir. Değerlendirme amaca en uygun olan, objektif ve en hassas yöntemlerle gerçekleştirilmelidir. MS'te, değerlendirme çok boyutlu bir süreçtir. Bu bağlamda, İşlevsellik, Yeti yitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması (ICF) fizyoterapistler için doğru değerlendirme yöntemlerinin seçilmesine yönelik geniş bir bakış açısı kazandırmaktadır. 2012 yılında yapılan bir *Delphi* araştırmasıyla MS'li bireylere yönelik ICF çekirdek seti tanımlanmıştır (107). Buna göre ICF, fizyoterapistlere MS'i çok boyutlu bir şekilde inceleme ve anlama fırsatı sağlamaktadır.

ICF'in temelde bağlamsal faktörler ve işlevler ve yeti yitimi olmak üzere temelde 2 kategoriden oluşmaktadır. İşlevler ve yeti yitimi alt başlığı, vücut yapı ve fonksiyonları, aktivite ve katılım bölümlerinden, bağlamsal faktörler ise çevresel ve kişisel faktörler olmak üzere farklı bileşenlerden oluşmaktadır (108). Vücut yapı ve fonksiyonları, herhangi bir vücut bölümündeki yapısal anomali veya işlevsizlikle ilişkilidir. Örneğin; göz bir vücut yapısı, diplopi bir görmeye yönelik bir işlev bozukluğudur. Aktivite, bireyin bir eylemi gerçekleştirirken istemli veya istemsiz bir şekilde gerçekleştirdiği faaliyetlerin bütünüdür. Örneğin; dengeyi sağlayabilme becerisi bireyin istemsiz kontrolüyle gerçekleşen bir aktivite iken, oturmadan ayağa kalkma istemli bir aktivite sırasındaki denge kontrolünü gerektirmektedir. Katılım, bireyin fonksiyonelliğinin sosyal boyutudur ve kişinin iletişim, etkileşim, iş ve mesleki rollere yönelik hayatın içerisinde olma durumunu ifade etmektedir. Literatürde MS'li hastalarda sık kullanılan değerlendirmeler ICF çatısı altında incelenmiş ve gruplandırılmıştır (109) (Tablo 2.1.)

Tablo 2.1. Literatürde sık kullanılan MS değerlendirme yöntemlerinin ICF'e göre gruplanması (109).

ÖLÇEK	ICF KOMPONENTİ	KULLANIM AMAÇLARI
"Genişletilmiş Özürlülük Durum Ölçeği"	Vücut Yapı ve Fonksiyonu	Nörolojik bulguların değerlendirilmesi ve engellilik düzeyinin tespiti, değişikliklerin takibi
"Yorgunluk Şiddet Ölçeği"	Vücut Yapı ve Fonksiyonu, Aktivite	Yorgunluk ve bireyin yorgunluk üzerine etkilerinin belirlenmesi
"Uluslararası Kooperatif Ataksi Değerlendirme Skalası"	Vücut Yapı ve Fonksiyonu, Aktivite	Ataksi şiddeti ve ilişkili tedavi hedeflerinin belirlenmesi
"Modifiye Uluslararası Kooperatif Ataksi Değerlendirme Skalası"	Vücut Yapı ve Fonksiyonu	Ataksi şiddeti ve ilişkili tedavi hedeflerinin belirlenmesi
"Kısa Ataksi Değerlendirme Ölçeği"	Vücut Yapı ve Fonksiyonu, Aktivite	Serebellumla ilişkili motor fonksiyonun değerlendirilmesi
"Duyu Organizasyon Testi"	Vücut Yapı ve Fonksiyonu	Görsel, vestibüler ve proprioseptif yolla alınan bilgiyi kullanarak hastanın denge yeterliliğini değerlendirmek
"Multiple Skleroz Fonksiyonel Kompozit"	Aktivite	Ekstremite ve bilişsel fonksiyonlarının yanı sıra ambulasyonu değerlendir- mek
"Multiple Skleroz Yürüyüş Ölçeği-12"	Aktivite	Yürüyüşe yönelik bozuklukların hasta perspektifinden incelenmesi
"Multiple Skleroz Spastisite Ölçeği"	Aktivite	Spastisitenin etkilerini hasta perspektifinden değerlendirmek
"Modifiye Yorgunluk Etki Ölçeği"	Katılım	MS hastalarında yorgunluğun bireyin yaşamını nasıl etkilediğini sorgulamak
"Multiple Skleroz Yaşam Kalitesi Anketi"	Katılım	MS'li bireylerin yaşam kalitesini değerlendirmek
"Multiple Skleroz İzlem Ölçeği"	Katılım	Hasta perspektifinden hastalığın psikolojik ve fiziksel etkilerini değerlendirmek
"Multiple Skleroz Etki Ölçeği"	Katılım	Hasta perspektifinden hastalığın psikolojik ve fiziksel etkilerini değerlendirmek
"Amaca Ulaşma Ölçeği"	Katılım	Tedavi etkinliğini hastanın hedefleri doğrultusunda incelemek

MS'li hastalar değerlendirilirken, hasta gereksinimi ve beklentileri mutlaka sorgulanmalıdır ve yorgunluğa dikkat edilmelidir. Ayrıca, değerlendirme öz-bildirim yöntemlerini, performans testlerini ve klinik yöntemleri içeren çok boyutlu bir şekilde planlanmalıdır. Değerlendirme sırasında yalnızca bozukluğa odaklanılmamalı, bozukluk sebebiyle oluşan aktivite ve katılım limitasyonları da incelenmelidir (109, 110).

2.2.2. Egzersiz Eğitimi

Kuvvetlendirme ve Dirençli Egzersiz

Kuvvetlendirme ve dirençli egzersizler, orta düzeyde etkilenimi bulunan MS hastaları için hareket kabiliyeti ve fonksiyonelliği arttıran bir egzersiz yaklaşımıdır. Literatürde orta yoğunluktaki dirençli egzersizlerin; kas gücü ve işlevine olumlu etkiler sağladığı belirtilmiştir. Orta yoğunluktaki dirençli egzersizlerin, MS'li hastalar için uygulaması güvenli bir tedavi yaklaşımı olduğu belirtilmiştir (111). Sistematik bir derlemeye göre; kuvvetlendirme programının sıklığının haftada 2-3 seans olması gerektiği ve egzersiz yoğunluğu için ise 1 maksimum tekrarın %60-80'i aralığında 8-15 tekrar yapmanın uygun olduğu belirtilmiştir. Egzersizlere yönelik set sayısının 1-3 aralığında olması ve setler arası 2-4 dakikalık dinlenme periyotlarının bulunması önerilmektedir. Hasta, kuvvetlendirme programına adaptasyon gösterdiğinde ağırlık veya direnç %5'e kadar arttırılarak program revize edilmelidir. Egzersiz yöntemine karar verilirken; ilk aşamada güvenlik destekli ağırlık istasyonlarının, serbest ağırlıklara kıyasla hastalar için daha güvenli ve uygun bir yöntem olacağı düşünülmektedir. Kuvvetlendirme eğitimi planlanırken MS'li hastaların; denge ve duyu problemlerinin olabileceği unutulmamalı ve düşmeye yönelik gerekli önlemler alınmalıdır. Yorgunluk ve artan vücut ısısı hastalık semptomlarını kötüleştireceği için hastalarda bu durum gözetilmeli ve sürekli sorgulanmalıdır (112).

Germe ve Esneme Egzersizleri

MS'li bireylerde nörojenik değişlikler sonrasında periferde meydana gelen spastisite, kas kuvvet kaybı veya fiziksel inaktivite gibi sebeplerle eklem hareket açıklığı ve kas elastisitesi azalmaktadır. Germe ve esneme egzersizler, kas elastisitesini normale yaklaştırmak ve denge için normal biyomekaniksel dizilimi

korumak adına önemlidir. Germe ve esneme egzersizleri, farklı egzersiz yaklaşımlarından önce ısınma ve soğuma aracı olarak kullanılabilmektedir. Literatürde genellikle 10-15 dakikalık sürelerle günde 1 kere yapılması tavsiye edilmektedir. MS'li hastalarda balistik germeler veya pilometrik egzersizler ilaç komplikasyonlarına sonucu gelişen sekonder osteoporoz riski ve denge problemleri sebebiyle önerilmemektedir (112).

Denge ve Koordinasyon Eğitimi

Güncel literatür, MS'li bireylerin yaklaşık olarak %60'ının 3 ayda 1 kez düştüğü ve %40'ının ise düşmeye bağlı yaralanma öyküsünün bulunduğunu belirtmiştir (113). Azalan denge, zayıf koordinasyon ve bozulan bilişsel işlevlerin egzersiz programlarında ele alınması gereken düşmenin önemli sebepleridir. Denge ve koordinasyon egzersizleri, MS'li bireylerin çevresel koşullara adaptasyon, postural kontrol ve stabilite limitlerini geliştirerek; yaşam kalitelerini ve fonksiyonelliklerini arttırmaktadır (114). Yapılan pilot bir araştırma, 10 haftalık denge ve koordinasyon egzersizlerini içeren rehabilitasyon yaklaşımının MS'li bireylerde; dengeyi geliştirdiği, zihinsel sağlığı iyileştirdiği, ambulasyon kapasitesini arttırdığı ve yorgunluğunu azalttığı yönünde kanıtlar sunmaktadır (115). EDSS skoru 5'in altında olan 32 hastaya 6 ay süresince 90 dakikalık Tai Chi egzersizinin uygulandığı bir araştırmada MS'li bireylerin; denge, koordinasyon, yorgunluk ve depresyon bulgularında iyileşmeler tespit edilmiştir (116). Güncel bir sistematik derlemede, denge egzersizleri ile kombine edilen ikili görev (dual task) eğitiminin MS'li hastalarda dinamik denge becerilerini arttırdığı belirtilmiştir (117). Literatürden elde edilen bilgiler ışığında, MS'li bireyler için denge ve koordinasyon eğitimi; ağırlık merkezinin kademeli olarak destek yüzeyi sınırları içerisinden dışına doğru taşındığı, postüral reaksiyonları geliştiren, koordinasyon aktivitelerini fasilite eden ve ikili görev performansını destekleyen egzersiz programlarını içermelidir. Hastaların denge problemleri ve düşme riski göz önünde bulundurularak, rehabilitasyon veya egzersizin yapıldığı çevre düzenlenmelidir. Literatürde denge ve koordinasyon egzersizlerinin yoğunluğuna ve şiddetine yönelik genel bir çıkarım bulunmamaktadır. Fakat yapılan egzersiz eğitimlerinin çoğunun diğer uygulamalarla benzer şekilde 10-12 haftayı kapsadığı ve haftanın en az 2-3 günü uygulandığı görülmektedir (88, 112, 117).

Aerobik Egzersizler

MS'li hastalarda aerobik egzersizler; yorgunluğun azaltılması, yaşam kalitesinin arttırılması, duygu durum değişikliklerinin regülasyonu ve depresyona yönelik ruh halinin iyileştirilmesi için kanıt değeri yüksek bir tedavi opsiyonudur (118, 119). Literatürde en sık bisiklet, kol ve kol-bacak ergometresi, treadmill ve suda egzersizler aerobik eğitim modaliteleri olarak kullanılmıştır (120). MS'li hastalar için aerobik eğitim planlanırken; egzersiz sıklığının haftada 2-5 olması önerilmektedir (112, 118). Aerobik eğitimin yapıldığı günlerde, eğitimin şiddetine bağlı olarak, dirençli egzersizlerden kaçınılmalıdır. Literatürde MS'li hastalar için aerobik egzersiz şiddetinin; VO2Max'ın %40-70'i aralığında veya maksimum kalp atım hızının %60-80'i aralığında olması önerilmektedir. Klinik ortamda bu ölçüm yöntemlerine ulaşılamadığı durumlarda, algılanan efor ölçeğinin (borg) 11-13 aralığında puanlanmasının benzer bir etkiyi sağladığı belirtilmiştir (112). Ayrıca, aerobik egzersiz sırasında MS'li hastaların otonomik disfonksiyona sahip olma ihtimali göz önünde bulundurulmalı ve kardiyak ritim takip edilmelidir. Egzersiz süresi, hastanın fonksiyonel seviyesi göz önünde bulundurularak 10-40 dakika aralığında olmalıdır. Egzersiz programı, sık dinlenme periyotları içermelidir ve egzersizin bireyin yorgunluğunu aşırı derecede arttırmadığından emin olunmalıdır (112, 118, 121).

2.2.3. Görev Odaklı Eğitim

Görev odaklı eğitim (GOE) bireylerin ihtiyaçlarına göre belirlenen aktivitelerin kasların kuvveti, enduransı ve esneklik vb. özelliklerine bağlı olmadan, spesifik ve fonksiyonel bir şekilde aktivitenin "göreve özel" bir biçimde eğitilmesini prensip edinen motor öğrenme temelli bir yaklaşımdır. Görev odaklı eğitim, bir görevin eğitiminin en iyi yolunun ancak ilgili görevin özel olarak çalıştırılması yoluyla edinilebileceğini savunmaktadır (14-16). GOE, güncel motor kontrol teorilerinden temel alınarak geliştirilmiştir. Normal koşullarda hareketin nöral kontrolü; bilişsel düzeydeki ihtiyaç analizi, işleme, düzenleme ve karar verme mekanizmalarıyla kortikal düzeyde başlar. Harekete yönelik motor organizasyon ve ayarlamalar, bazal gangliyonlar, serebellum ve ilişkili nöral yapılarca gerçekleştirilir. Süreç içerisindeki, duyusal organizasyon ve duyuyu işleme talamus tarafından sağlanmaktadır. Bu durumu bir örnekle pekiştirecek olursak; karnı acıkan bir bireyin "beslenme ihtiyacı"

korteks tarafından belirlenir ve yapılması gerekenlere yönelik komutlar alt merkezlere gönderilir. Hareketin nöral organizasyonu bir dizi motor devre ile serebellum, bazal ganglion ve talamusta sağlanır ve kortekse geribildirim sağlanır. Sonuç olarak; birey elindeki besini (içecek) ağzına götürür ve ihtiyaç giderilir. Bu döngüye "Motor Program" adı verilir. Aktiviteye yönelik bilişsel ve motor öğrenme süreci tamamlandıktan sonra kişi her "beslenme" ihtiyacı hissettiğinde ilgili nöral haritalar aktive edilerek "motor program" devreye alınır. Görevin amaca yönelik olması bu doğrultuda büyük önem kazanmaktadır. Görev, her koşulda sadece nöral organizasyon ve internal faktörlere bağlı olarak gerçekleşmez. Güncel motor kontrol teorilerinden olan dinamik sistemler teorisi, aktivitenin kontrol edilmesi için gerekli olan parametre sayısının uzaysal düzlemde oldukça fazla olduğu ve fonksiyonun "çevresel değişkenlere" bağımlı olarak çeşitlilik gösterebileceğini savunmaktadır (122). Bu bilgilerin ışığında, GOE'nin amacı, nöral düzeyde organizasyonu bozulan aktivitelerin; periferden sağlanan düzeltmelerden (kas kuvveti, esnekliği, enduransı vb.) ziyade nöral haritalara veya motor programlara müdahale ederek, kortikal seviyede plastik değişiklik oluşturmaktır (16). Bu bağlamda GOE uygulanırken dikkat edilmesi gereken öneriler aşağıda belirtilmiştir (123):

- Eğitim için seçilen "görev" birey için anlamlı ve ihtiyaca yönelik olmalıdır.
- "Görev" hastanın kapasitesine göre planlanarak, aktif katılımını arttırmalıdır ve gerekliyse "görev" alt basamaklara bölünerek hastaya göre düzenlenmelidir. Fizyoterapist gerek gördüğünde hareketin düzgünlüğünü sağlamak ve harekete rehberlik etmek için "görevi" uygun el manipülasyonlarıyla desteklemelidir.
- Gerçekleştirilen "görev", öğrenme sürecini fasilite etmek ve pekiştirmek için çeşitlendirilmeli ve bol tekrarlı olarak uygulanmalıdır.
- GOE'nin bir yeniden öğretme süreci olduğu unutulmamalı ve "görevin" öğretimi sırasında mental imajinasyona sık sık yer verilerek, hastaya öğrenmesi için ipuçları sağlanmalıdır.
- Eğitim sırasında "göreve" yönelik geri bildirim sağlanmalıdır. Geri bildirimin, "görev" performansının hangi özelliklerini vurgulayacağı, zamanlaması, sıklığı ve türü (görsel, sözel, işitsel vb.) özenle ayarlanmalıdır. Görevin öğretilmesi aşamasında arttırılmış geri bildirim sağlamak, görevin kazanımını

kısa vadede kolaylaştırabilir fakat, uzun vadede geri bildirim ortadan kalktığında hareketin performansı olumsuz etkilenir ve "görev" otomatikleştirilemez.

- GOE başlangıçtan itibaren bireyin motivasyonunu kaybetmemesi için güncellenmeli ve eğitimin zorluğu kademeli olarak ilerletilmelidir. Hastanın süreç içerisinde aktif problem çözmeye dâhil edilmesi ve öğrenmenin bilişsel düzeyde de uyarılması gerekmektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar, ventral tegmental alandan primer motor kortekse uzanan dopaminerjik projeksiyonların, motor öğrenmeyi desteklediğini ve motivasyonun öğrenme için önemli bir faktör olduğunu göstermektedir (124).

Görev odaklı eğitim, temel motor öğrenme prensiplerine bağlı kalınarak birden fazla formda uygulanabilmektedir. Bu formlardan en sık uygulananı, hastanın bireysel ihtiyacına yönelik seçilen bir veya birden fazla görevin bol tekrar ve çeşitlilikle gerçekleştirilmesi esasına dayanmaktadır (15). Son dönemde yapılan diğer bir uygulama formu "istasyon" eğitimidir (17, 18). İstasyon eğitimi şeklinde uygulanan GOE, bireyler için belirli sayıdaki ve süredeki fonksiyonların standardize bir şekilde eğitilmesini prensip edinir. Görev sayısı ve uygulama süresi protokolden protokole farklılık göstermektedir. Amaç, hastanın ilgili görev için ayrılan sürede en doğru ve en yoğun tekrar sayısıyla aktiviteyi tamamlamasıdır. Literatürde istasyon eğitiminin; treadmill ile yürüme eğitimi, aerobik eğitim, kuvvetlendirme ve esneklik egzersizlerini içeren birçok uygulamayla birlikte uygulandığı görülmektedir (18-20). Literatürde sık karşılaşılan diğer bir GOE formu ise, grup eğitimidir. Bu yaklaşımla, bireyler sosyal ve çevresel etkileşimleri sebebiyle; motivasyon, iletişim ve ruhsal durum gibi birçok faktörü psikososyal açıdan desteklenmektedir (21).

2.2.4. Sanal Gerçeklik

Sanal Gerçeklik (SG); bilgisayar tarafından oluşturulan ortamda, aktivitelerin veya senaryoların simülasyonunu hedefleyen, kişinin kendini sanal çevre ile etkileşim halinde hissettiği insan-makine ara yüzlerinin bir türüdür. Başka bir deyişle SG uygulamaları, algısal manipülasyonu özel donanımlarla sağlayan yazılımlardır.

SG'nin fizyoterapi ve rehabilitasyonda kullanımı egzersiz temelli oyunların başka bir deyişle aktif video oyunları veya ciddi oyunların geliştirilme sürecindeki ivmeyle paralel olarak hız kazanmıştır. SG, klinik ortamda kullanılması veya modifikasyonu zor olan çevresel değişikliklerin veya duyusal uyaranların (işitsel, görse, vestibüler, taktil/haptik) rehabilitasyon amaçlı kullanımına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, bireylerin günlük yaşamda zorlandığı bilişsel veya fiziksel görevlerin eğlenceli bir biçimde simüle edilmesine de olanak sağlamaktadır. SG, teknoloji, birey ve çevre etkileşiminin en doğal algısal süreçte gerçekleşmesini hedeflemektedir. SG, bireylerin algı ve etkileşim süreçlerine göre 3 kategori halinde sınıflandırılmaktadır (125, 126):

- *Non-immersive (etkileşimli olmayan)* SG sistemleri, sanal çevre içerisindeki faaliyetler için dış dünyadan fiziksel etkileşime ihtiyaç duyan sistemlerdir. Bu sistemlerin fiziksel etkileşim araçları; kontrolör, kumanda, robotik kollar, dokunmatik ekranlar ve basınç platformları (Wii Board) vb. olarak belirtilmektedir. Ayrıca bu tip sistemlerde sanal çevreye dalış ve algı manipülasyonu düşük seviyede olup, fiziksel çevredeki faaliyetler üst düzeydedir (125, 126).
- *Semi-immersive (yarı etkileşimli)* SG sistemleri, sanal çevre ile dış dünya arasındaki etkileşimin eşit oranda olduğu teknolojileri içermektedir (125, 126). Bu sistemlere örnek olarak "*Microsoft Xbox Kinect ve Sony Playstation Kamera*" gösterilebilir. Bu sistemlerde sanal çevreyle etkileşim non-immersive sistemlere kıyasla daha fazla olup, fiziksel çevreye temas sınırlıdır.
- *Full immersive (tam etkileşimli)* sistemler ise, bireyin sanal çevre ile mümkün olan en üst düzeyde etkileşimi için dış dünyadan en az uyarana maruz kaldığı sistemlerden oluşmaktadır (125, 126). Bu sistemlere örnek ise sanal gerçeklik gözlükleri ve simülasyon sistemleri gösterilebilir.

SG uygulamaları fizyoterapi ve rehabilitasyon için bir takım potansiyel fırsatlara sahiptir. Bu fırsatlar:

- MS gibi kronik ve uzun süreli rehabilitasyon ihtiyacı bulunan hastalıklarda zaman geçtikçe egzersiz ve tedaviye katılıma yönelik motivasyonun azaldığı

bilinmektedir. Bu durum dolaylı yoldan rehabilitasyonun başarısını etkilemektedir. SG uygulamaları ilgi çekici doğası gereği; motivasyonu destekleyip, katılımı arttırma potansiyeline sahiptir.

- SG, hastalar için motor öğrenme prensiplerinin çoğu ile uyumlu tedavi bir imkânı sunmaktadır. Farklı çevre ve görev simülasyonlarıyla günlük yaşamdaki çoğu durum taklit edilebilir ve bu durumda bireyin aktif öğrenme sürecine katkı sağlar. Aynı zamanda görevlerin kendi içerisinde zorluk seviyelerinin (*challenge*) bulunması, bireyin kendine özgü deneyimler (*internal feedback*) kazanması için önemli bir faktördür (127). Ek olarak, SG uygulamaları; yoğun tekrar, aktif katılım, motor imgeleme, farklı duyusal uyaranlar ile geribildirim ve görev kompleksliğinin değişkenliği ve çeşitliliğine yönelik etkenleri düzenlemeye olanak sağlaması sebebiyle motor öğrenmeyi desteklemektedir(123).
- Bazı SG sistemleri, hastaların katıldığı seansın performansına yönelik puan ve fizyoterapiye özgü değerlendirme (kinematik, tekrar sayısı vb.) bilgilerini kaydederek, tedavi etkinliğinin takibine olanak sağlamaktadır.
- Klinik veya ev ortamında kullanılması zor olan materyallerin veya senaryoların, oyunlar aracılığıyla uygulanmasına imkân oluşturur (örn; bateri çalma). Bu durum, rehabilitasyon programının çeşitliliğini arttırmaya olanak sağlamaktadır (6, 128-132).

Güncel bir sistematik derlemede, SG'nin konvansiyonel egzersizler veya sıradan bakım aktivitelerine kıyasla; yorgunluk, yaşam kalitesi ve denge ile ilişkili semptomları iyileştirmede daha etkili sonuçlara sahip olduğu belirtilmiştir. Araştırmadan elde edilen diğer bir önemli sonuç ise hastaların fonksiyonel mobilitelerine yönelik etkilerinin yorumlanabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunun belirtilmesidir (133). MS hastaları üzerinde yapılan başka bir sistematik derlemede, SG'nin hastaların denge ve yürüme fonksiyonları üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, SG'nin klasik fizyoterapiye benzer veya daha iyi tedavi sonuçlarına sahip olduğu belirtilmiştir (134). Güncel randomize kontrollü bir araştırmada ise SG'nin bireylerin bilişsel fonksiyonunu geliştirmede geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili olduğu sonucu paylaşılmıştır (135).

SG uygulamaları klinik ortamda rehabilitasyona yönelik birçok fırsat sunsa da kullanılan sistemlerin pahalılığı, kültürel farklılıklar, klinik amaçlı oyun (ciddi oyun-serious game) sayısının yetersizliği, teknik alt yapı ve alan yetersizliği gibi sebeplerle kliniklerde kullanımı henüz yaygınlaşmamıştır. SG'nin, sensorimotor ve denge bozukluğu olma ihtimali bulunan MS hastalığında kullanımının düşme riski barındırdığı göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, *full-immersive* SG sistemlerinin kullanımının bazı bireylerde terminolojiye henüz yeni bir kavram olan *"Cyber Sickness"* veya *"Motion Sickness"* adı verilen bir rahatsızlığa yönelik semptomlara sebep olabileceği (bulantı, kusma, baş dönmesi, hafif başlılık hissi ve dengede bozulma) unutulmamalıdır (131, 136). Bazı oyunlardaki işitsel ve görsel uyaranların epileptik nöbeti tetikleyebileceği unutulmamalı ve hastanın epileptik nöbet öyküsü mutlaka sorgulanmalıdır.

2.2.5. Telerehabilitasyon

Telesağlık; tanı, değerlendirme, takip ve tedavi uygulamalarını içeren geniş kapsamlı bir kavramdır. Telerehabilitasyon (TR) ise, hastaların; mesafe fark etmeksizin değerlendirme ve tedavi hizmetlerine ulaşmasına, tedavi maliyetlerinin azalmasına, sağlık profesyonellerinin; iş yükünün azaltılmasına ve zaman yönetiminde esnekliğe olanak sağlayan güncel bir yaklaşımdır (6, 7). TR uygulamaları, senkron ve asenkron olmak üzere iki temel sınıfa ayrılmaktadır.

Senkron TR uygulamaları, değerlendirme ve tedavi faaliyetleri sırasında hasta ile sağlık profesyonelinin gerçek zamanlı iletişim halinde bulunduğu ve eş zamanlı etkileşime olanak sağlamaktadır. Genellikle, video-konferans, telefon konuşmaları ve eş zamanlı yazışmalar yoluyla uygulanmaktadır. Asenkron uygulamalar; hasta ile sağlık profesyoneli arasındaki iletişimin veya etkileşimin farklı zamanlarda gerçekleştiği TR uygulamaların tümüne verilen addır. Tıbbi sonuçların iletilmesi, resimler ve egzersiz videoları asenkron uygulamalara örnek verilebilir. Her iki uygulama türünün de kendisine göre kısmi avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Senkron uygulamalar, sağlık çalışanı-hasta arasındaki etkileşimi üst düzeyde tutmaktadır, hasta eğitimini ve tedaviye katılımı arttırmaktadır. Teknik açıdan sürekli ve yüksek bant genişliğine sahip internet alt yapısı gerektirmektedir. Asenkron uygulamalar ise hem sağlık profesyonelinin iş yükünü azaltması hem de hastanın

tedaviyi kendi imkânlarına göre planlaması ve uygulamasına yönelik zaman esnekliği oluşturmaktadır. Teknik açıdan senkron uygulamalar kadar gelişmiş alt yapı hizmetlerine ihtiyacı bulunmamaktadır. Her iki uygulama için hasta verilerinin depolanması ve iletilmesi için çeşitli güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir (7, 137).

Pandemi sürecinde TR uygulamalarına yönelik araştırma sayısı büyük bir artış göstermiştir. TR hizmetlerinin literatürde; videokonferans, telefon, mobil uygulama, sanal gerçeklik ve oyunlu rehabilitasyon uygulamaları aracılığıyla sağlandığı görülmektedir (6-8). MS'li bireylerde TR'nin etkinliğini inceleyen bir derlemede; bireylerin denge, yürüme, postural kontrol, yorgunluk, ağrı, uyku problemleri ve yaşam kalitelerinde anlamlı düzeyde iyileşmeler olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmaya göre yazarlar, TR'nin MS'li hastalarda düşük kanıt düzeyine sahip bir yaklaşım olduğunu ve bu alanda yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir (9). Başka bir araştırmada ise, 2 hafta süresince uygulanan 10 seanslık telerehabilitasyonun MS'li bireylerde; el çevikliği, denge ve bilişsel fonksiyonları geliştirdiği belirtilmiştir (138).

2.3. Fonksiyonel Aktivitelerde Kinematik

Kinematik; hareketin açı, hız, ivme zaman ile ilişkili değerlerini harekete sebep olan kuvvetlerle ilgilenmeden inceleyen bir bilim dalıdır. Sağlıklı bir aktivitenin temeli, normal hareket kavramıyla yakından ilişkilidir. Normal hareket; kontrolü nöral ve nöromusküler mekanizmalarla sağlanan internal ve eksternal uyaranlara cevap niteliğindeki optimal enerji sarfiyatı bulunan, verimli, etkili ve düzgün reaksiyonlardır. Kinematik, bireylerde normal motor fonksiyonun anlaşılabilmesi, araştırılabilmesi ve yapılan fizyoterapi müdahalelerinin etkinliğinin objektif bir biçimde incelenebilmesi için hassas bir araçtır.

Literatürde üst ekstremiteye yönelik fonksiyonel aktivite analizlerinde; uzanma aktiviteleri, yörünge takibi aktiviteleri ve günlük yaşam aktiviteleri kullanılmıştır. Uzanma aktiviteleri; coronal veya transversal düzlemdeki uzanma, uzanarak bir cismi kavrama, uzanıp bir noktaya dokunma gibi karmaşık olmayan üst ekstremitenin temel fonksiyonlarına odaklanan aktiviteleri içermektedir. Yörünge takibi aktiviteleri, genellikle robotik veya eksternal düzeneklerle kişinin belirlenen bir

yörüngeyi takip etmesi esasına dayanmaktadır. Yörünge genellikle belirli bir hat doğrultusundaki çizgi ve dairesel paternlerdir. Günlük yaşam aktivitelerinde ise; genellikle karmaşıklığı az unilateral aktiviteler tercih edilmiştir (Örn; eli ağza götürme). Alt ekstremiteye yönelik analizler için yürüme, koşma, bisiklet sürme, oturmadan ayağa kalkma ve merdiven çıkma gibi günlük yaşam aktiviteleri tercih edilmiştir. Ayrıca hem alt hem de üst ekstremiteye yönelik spor faaliyetlerinin de fonksiyonel aktivite analizi kapsamında yapıldığı bilinmektedir (139-144).

2.3.1. Normal ve Anormal Hareketin Kinematik Göstergeleri

Normal ve anormal hareketin kinematik göstergeleri son dönemde birçok araştırmada incelenmiştir. Bu göstergelerden bazıları "hız, etkililik, verimlilik, doğruluk, düzgünlük, kontrol stratejileri ve fonksiyonel eklem hareket açıklığı" olarak belirtilmiştir (139). Literatürde bu parametreler tespit edilirken genellikle distal vücut noktalarının üzerinde durulmaktadır. Buna "end-point" (son nokta) kinematikleri adı verilmektedir (139).

Hız metriği; üst ekstremite için genellikle aktivitenin tamamlanma süresi, eklem de meydana gelen maksimum hız veya ortalama hız ile ifade edilmektedir (139). Alt ekstremite için ise genellikle yürüyüş hızı, adım süresi, yürüme periyodu süreleriyle ifade edilmektedir (145).

Etkililik; literatürde aktif hareket indeksi adı verilen bir yaklaşımla incelenmiştir. Genellikle robotik cihazlarla değerlendirilebilir. Belirli yörüngelere sahip aktiviteler sırasında, bireyin hareketi ne oranda gerçekleştirebildiği üzerinde durulmaktadır. Eli başa götürme aktivitesi sırasında gereken omuz fleksiyonunu hastanın ne oranda tamamladığı veya yürüme sırasında hastanın yürüyüşe ne oranda katıldığı aktif hareket indeksinin anlaşılması için güzel birer örnektir (139).

Verimlilik (Etkinlik); literatürde genellikle el yörünge oranı veya zorluk performans endeksi (kürvatür indeksi) adı verilen metriklerle değerlendirilmiştir. Metrikler, genellikle uzanma aktivitesi sırasında hesaplanmıştır. Hastanın el yörüngesinin, olması gereken uzanma yörüngesinden sapma miktarının tespitine, oranlanmasına ve çeşitli matematiksel hesaplamalarla puanlanmasına dayanmaktadır. Metrik değeri 1'e yakın olması hastanın hareketinin etkin olduğunu göstermektedir (139).

Hareket doğruluğu; genellikle uzanma ve dokunma aktivitesi sırasında incelenmiştir. Bireyin dokunduğu nokta ile hedeflenen nokta arasındaki mesafeye dayanan bir dizi hesaplamayla tespit edilmektedir. Hesaplama türlerine göre hareket sapması, hareketin yörünge izleme hatası ve uzlamsal aşma hatası olarak farklı metrikler tanımlanmıştır (139).

Hareket düzgünlüğü; hız profili, pik sayısı, jerk ve spektral yay uzunluğu metrikleriyle tespit edilmiştir (139):

- Hız profili, maksimum hızın ortalama hıza oranıyla tespit edilmektedir. İvme profili için de benzer bir durum söz konusudur. Aradaki oranın mutlak değeri ne kadar küçükse, aktivitenin düzgünlüğü o kadar fazladır (139).
- Pik sayısı, hastaların harekete yönelik hız sinyallerinin incelenmesiyle tespit edilir. Hareket sinyallerinde belirli bir genlikteki ani yükselmeler veya düşmeler bir pik sayılır. Bu sayının fazlalığı hareketin bozukluğu anlamına gelmektedir. Bazı araştırmalar pik sayısına, "hareket ünitesi" adını vermektedir. Genellikle uzanma aktivitesi sırasında değerlendirilmiştir (139).
- Jerk, hareket sırasında ivme veya hız oranının değişimini ifade eder. Temelde hareket sırasındaki titreşim veya salınım olarak ifade edilir. Genellikle akselerometre ihtiva eden sensörlerle değerlendirilir. Değerin mutlak değerinin küçüklüğü hareketin düzgünlüğünü ifade etmektedir (139).
- Spektral yay uzunluğu, literatürde uzanma ve günlük yaşam aktivitelerinin düzgünlüğünün değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Spektral yay uzunluğu, en güvenilir ve hassas ölçüm yöntemlerinden biri olması sebebiyle kullanılması önerilmektedir (146, 147). Değerin 0'a yakın olması hareketin düzgünlüğünü göstermektedir (139).

Kontrol stratejileri; eklemler arası koordinasyon, fonksiyonel hareket açıklığı ve tork değerlerinin hesaplanmasıyla tespit edilmiştir (139):

- Eklemler arası koordinasyon; sinerjistik paterndeki hareketlerin iki farklı eklemdeki pozisyon değişikliklere yönelik değerlerin korelasyonunun alınmasıyla hesaplanmaktadır. Literatürde genellikle omuz ve dirseğin sagittal düzlemdeki hareketleri göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır (139).

- Fonksiyonel hareket açıklığı, aktivitenin optimal koşullarla gerçekleştirilebilmesi için "aktiviteye özgü eklem hareket açıklığı" değeridir. Hareketin maksimum ve minimum pik açıları arasındaki farkın hesaplanmasıyla tespit edilmektedir (139, 143).
- Tork; hız, ivme ve hareket açıklığı verileriyle eklemde oluşan gücün hesaplanması esasına dayanmaktadır (139, 148).

2.3.2. Kinematik Analiz Yöntemleri

Fizyoterapist için değerlendirme hastayı gördüğü andan itibaren başlamaktadır. Herhangi bir fonksiyonda problem yaşayan hastaların aktivite sırasındaki performansları fizyoterapistlerin tecrübeleriyle paralel olarak hastanın fonksiyonel seviyesi, prognozu ve tedavi programı hakkında fikir sağlamaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte rehabilitasyon hedefleri için önemli bir belirteç olan aktivite performansı; sağlık profesyonelleri, hareket bilimciler ve klinisyenler için "kaydedilebilir" ve "tekrar izlenebilir" bir hal almıştır. Bu duruma basit bir örnek verecek olursak; ataksik semptomları bulunan bir MS hastasının yürüyüşünün videosunu tedavi öncesi ve tedavi sonrası kaydedip, aradaki farkları gözlemsel olarak kıyaslayabilmekteyiz. Prensipte bütün hareket analiz yöntemlerinin temelinde "aktivite performansını" kaydedip, objektif bir şekilde değerlendirme ihtiyacı yatar. Geçerli ve güvenilir kinematik analiz yöntemlerinin temel prensibi; bireyin performansını, bilgisayar ortamına aktararak kinematik bir model aracılığıyla eklemler veya vücut segmentlerindeki hareket değişikliklerini, objektif bir biçimde incelemektir. Teknolojik gelişmelerle paralel olarak bu amaca uygun birçok kinematik analiz yöntemi bulunmaktadır.

Video Kameralar ve Analiz Yazılımları

Video kameralar ve analiz yazılımlarının çalışma prensibi; bireyin aktiviteye yönelik performansının, bir veya daha fazla kamerayla kaydedilerek, ticari yazılımlarla (DarkFish veya Kinovea benzeri) aktivitenin kinematik analizinin yapılması esasına dayanmaktadır. Görüntü yazılıma aktarıldıktan sonra, analiz yapılmak istenen eklemin üzerindeki "etiketleme" adı verilen işlemle bir piksel manuel ya da otomatik olarak seçilir. Etiketleme yapılan pikseller arasındaki açısal

değişiklik objektif veriye dönüştürülerek analiz edilir. Bu sistemlerin güvenilirliği, etiketleme yapan kişinin tecrübesine ve video kalitesine bağlıdır. Video çekiminde kullanılan kamera sayısıyla ilişkili olarak genellikle 2 boyutlu analize izin vermektedir. Karmaşık aktivitelerin analizi, bu sistemlerle oldukça zordur. Kullanım pratikliği ve ucuzluğu kullanım için avantaj oluşturmaktadır (149, 150).

Robotik Sistemler

Robotik sistemler, bünyelerinde barındırdıkları motorlar veya dekoderler aracılığıyla hareketin ne oranda yapıldığını tespit eder ve kaydeder. Maliyetleri oldukça yüksek olan bu sistemler genellikle tedavi amacıyla kullanılır ve analiz seçeneğiyle hastanın prognozunun takibine olanak sağlamaktadır (149, 150).

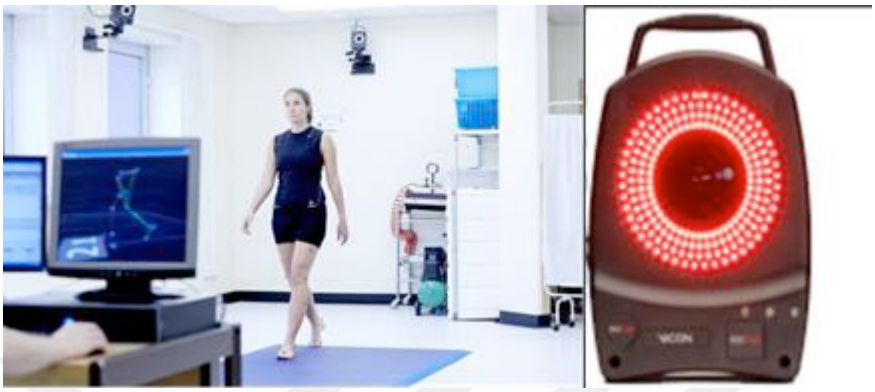
Işığa Duyarlı Sensör İçeren Görüntü Yakalama Sistemleri

Bu sistemler kullanılırken aktivite performansı değerlendirilecek bireyin üzerine ışığı yansıtan "markerlar" yerleştirilmektedir. Sistemin temelini oluşturan 3 adet hücreden, kızıl ötesi ışık yayılımı gerçekleştirilmektedir. Sistem yayılım ve yansımaya dayalı cevapları kaydetmekte ve bir bilgisayar yazılımıyla işlemektedir. Taşınması ve kurulumu kolaydır. Kurulumdan sonra kalibrasyon gerektirmemektedir. Ölçüm için geniş bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçüm, çok yönlü tüm vücut içeren analizler için yeterli değildir (149, 150).

Optoelekronik Sistemler

Optoelektronik sistemler; derinlik sensörü bulunduran, yüksek örnekleme hızı ve çözünürlüğe sahip özel kameralarla bireyin videosunun kaydedilmesi prensibine dayanır. Genellikle laboratuvar ortamında özel bir kurulum ve alan gerektirir (Şekil 2.1.). Ölçüm öncesi hastanın üzerine ışığı yansıtıcı "*markerlar*" yerleştirilir. Harekete bağlı artefaktı veya gürültüleri önlemek için genellikle ölçüm yapılacak bölgenin kıyafetsiz olması gerekmektedir. *Markerler* belirli anatomik vücut bölümlerine göre bazı koşullara bağlı kalınarak yerleştirilir (*landmarks*). Markerlerin konumunun tanımlanması için kalibrasyon sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçüm doğruluğu, kalibrasyonun doğruluğundan etkilenmektedir. Kalibrasyon işleminden sonra kişinin yaptığı hareketler bilgisayar üzerindeki kinematik modelden eş zamanlı olarak görüntülenebilir, değerlendirilebilir ve kaydedilebilir. Kinematik analiz için altın

standart olarak kabul edilen geçerli ve güvenilir bir yöntemdir. Saha değerlendirmelerinin zorluğu, uygulamanın nispeten uzun hazırlık süreci gerektirmesi ve sistemlerin pahalılığı bu sistemlerin önemli dezavantajları arasındadır (149-151).



Şekil 2.1. Optoelektronik kameralar ve ölçüm laboratuvarı

Yapay Zekâ Destekli Görüntü İşleme Yazılımları

Kinematik analiz için yeni bir teknoloji olan yapay zekâ destekli görüntü işleme yazılımları; yüksek çözünürlüğe ve örnekleme hızına sahip 6-12 adet kamerayla bireyin aktivite performansını kaydeder ve anlık olarak işler. Görüntü kaydedilirken optoelektronik kameralar kullanılabilmektedir. Bireyin görüntüsü güçlü donanımsal özelliklere sahip bir bilgisayar tarafından işlenir. Bu işleme görüntü kaydıyla eş zamanlı olabilir. Bireyin antropometrik ölçümlerine göre kendisiyle uyumlu bir iskelet modeli, senkron bir şekilde bireyin görüntüsünün içerisine entegre edilir ve iskelet modeli üzerinde oluşan değişiklikler kinematik verilere dönüştürülerek kaydedilir. Bireyin ölçüm için özel olarak hazırlanması ve marker yerleştirme gibi vakit alan süreçleri bulunmadığı için uygulama pratikliği son derece kolaydır. Kameraların kurulumu ve kalibrasyonu için ışıklandırması iyi, geniş bir alana ihtiyaç vardır. Saha testlerinde kullanılabilmektedir. Işıklandırmadaki değişiklikler ve bireyin üzerindeki yansıtıcı materyaller ölçüm sonuçlarını etkileyebilmektedir (152). Yazılım, kameralar ve bilgisayar maliyetleri oldukça fazladır. Henüz yeni bir yöntem olması sebebiyle farklı hastalıklarda geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 2.2.).

Şekil 2.2. Yapay zekâ destekli görüntü işleme teknolojisi

Eylemsizlik Ölçüm Sensörleri (IMU)

Eylemsizlik ölçüm sensörleri (IMU), yapılarında bulunan jiroskop, manyetometre ve akselerometre sayesinde bulundukları konuma dair kinematik bilgileri bir alıcı *(wireless station)* yardımıyla bilgisayara aktarabilmektedir. Sensörler kablolu veya kablosuz olarak bireyin vücuduna sıkıca konumlandırılır. Boyutları oldukça küçüktür. Ölçüm öncesi hastanın hazırlanması, vücut segmentlerinin ölçülmesi, bilgisayara tanıtılması ve kalibrasyon sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. Kalibrasyon, sensörlerin eksenleri arasında bağlantı kurabilmek ve kişinin fiziksel özelliklerine uygun bir avatarın bilgisayara aktarılmasına olanak sağlamak için gereklidir. Kalibrasyonun doğruluğu, ölçüm doğruluğu için son derece önemlidir. IMU sensörler hareket analizi için geçerli ve güvenilir sonuçlar vermektedir (153, 154). Ölçüm için herhangi bir laboratuvar alanına ihtiyaç duyulmaması, sahada kolay uygulanabilir olması, optoelektronik sistemlere kıyasla hazırlık aşamasının daha kolay olması ve nispeten daha ucuz olması bu sistemlerin önemli avantajlarındandır (Şekil 2.3.) (149, 150).

Şekil 2.3. Eylemsizlik ölçüm sensörleri (IMU'lar)

Literatüre dayalı bilgiler ışığında, bu araştırmanın birincil amacı, teknoloji destekli GOE'nin ve telerehabilitasyonun etkinliklerini; gövde kontrolü, denge, ataksi şiddeti, yürüme, el fonksiyonları, yorgunluk, yaşam kalitesi ve katılım bağlamlarında incelemek ve kıyaslamaktır. Araştırmanın ikincil amacı ise, teknoloji destekli GOE'nin ve telerehabilitasyonun etkinliklerini; üst ekstremite, gövde ve alt ekstremitelerin fonksiyonel aktiviteler sırasındaki kinematik analiziyle objektif bir biçimde incelemek ve kıyaslamaktır.

3. BİREYLER VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Multiple Skleroz (MS) hastalarında teknoloji destekli iki farklı fizyoterapi yaklaşımının etkinliğini araştırmak amacıyla tek kör, randomize kontrollü olarak planlanan bu araştırma; Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi Nörolojik Rehabilitasyon Ünitesi'nde gerçekleştirildi. Araştırmaya başlamadan önce, gerekli etik izin ve onaylar alındı (Karar numarası: 2021/015).

Çalışma başlangıcında bir nörolog tarafından MS tanısı ile takip edilen 50 hasta ile iletişime geçildi. Bu hastaların 34'ü ile araştırmaya başlandı. 1 hasta araştırmaya katılmaktan vazgeçtiğini ve 1 hasta değerlendirme seansı sırasında şehir dışında olduğunu belirterek araştırmadan ayrıldı. Araştırma 32 kişi ile tamamlandı. Araştırmaya dâhil edilme ve edilmeme kriterleri aşağıda belirtildi.

Araştırmaya dâhil edilme kriterleri:

- Bir nörolog tarafından McDonald kriterlerine göre Relapsing Remitting, Primer Progresif veya Sekonder Progresif MS tehşisi ile takip edilen,
- 18 yaşından büyük olan,
- EDSS skoru 2'den büyük, 5,5'ten küçük olan,
- Mini Mental Durum Testi puanı 24 ve üzeri olan,
- Kendisi veya yakınları aracılığıyla akıllı telefon erişimi bulunan gönüllüler araştırmaya dâhil edildi.

Araştırmaya dâhil edilmeme kriterleri:

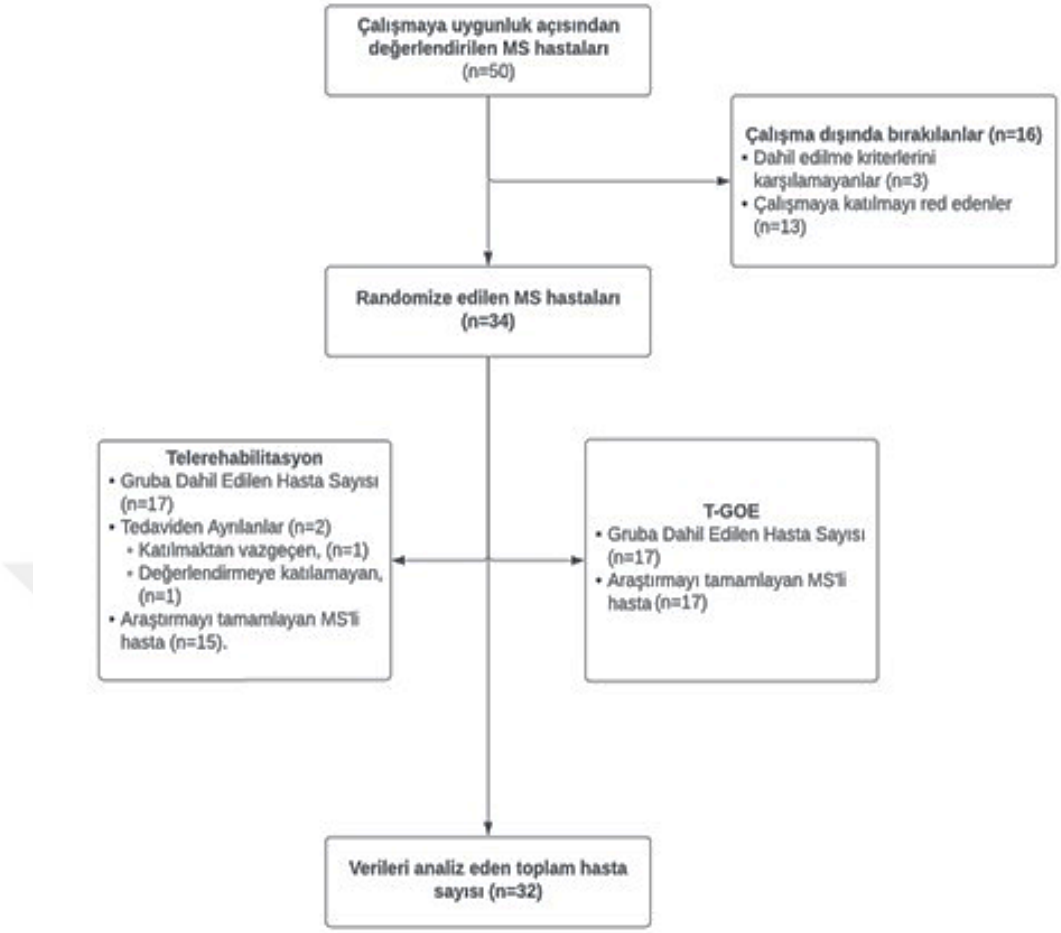
- Son 6 ay içerisinde spastisiteye yönelik cerrahi ya da botoks uygulaması yapılan,
- Son 3 ay içerisinde atak öyküsü bulunan,
- Son 6 ay içerisinde Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon hizmeti almış,
- Herhangi bir vücut bölümünde ağrı, geçirilmiş cerrahi, ortopedik herhangi bir problem bulunan,
- Ayakta bağımsız durmayı engelleyen ikincil nörolojik, ortopedik veya sistematik rahatsızlığı bulunan,

- Şiddetli periferik vestibüler etkilenimi bulunan,
- EDSS- Piramidal fonksiyonlar skoru 4'e eşit ve büyük olan,
- Çalışmaya katılmayı kabul etmeyen ve yazılı onam vermeyen hastalar araştırmaya dâhil edilmedi.

Çalışmaya katılmaya gönüllü olan bireylere araştırma yazılı ve sözlü olarak ayrıntılı bir şekilde açıklanarak, yazılı onamları alındı.

3.2. Yöntem

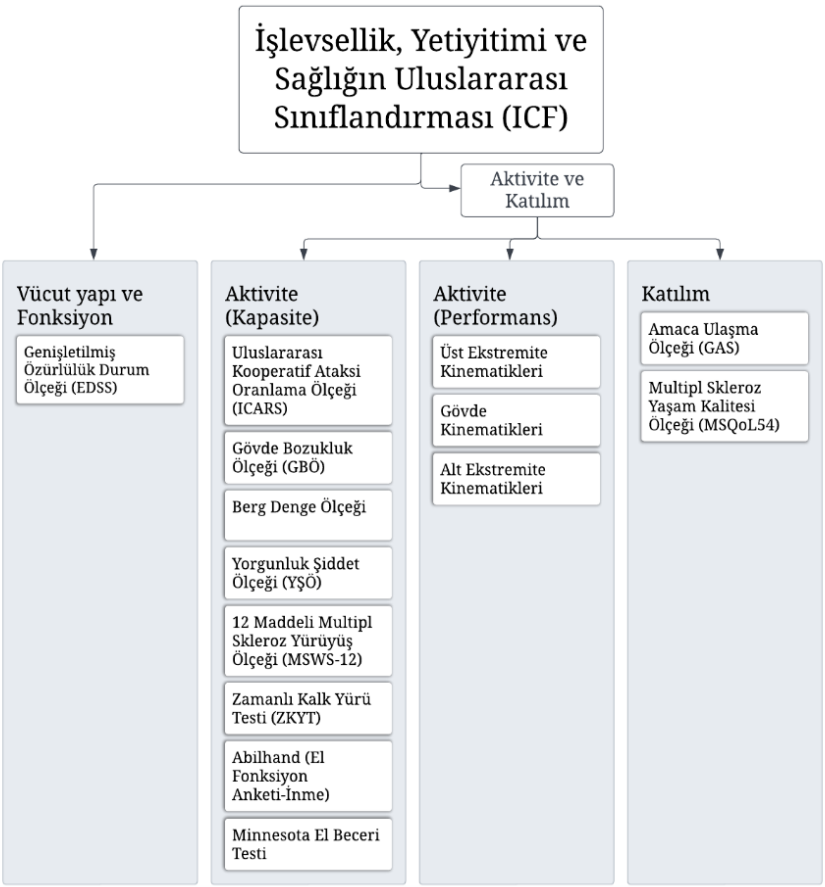
Çalışmaya dâhil edilme kriterlerini karşılayan hastalar; rastgele sayılar tablosu kullanılarak blok randomizasyon (EDSS skorlarına göre) yöntemiyle teknoloji destekli görev odaklı eğitim ve mobil uygulama destekli telerehabilitasyon grubu olmak üzere iki gruba ayrıldı. Her iki gruptaki katılımcılar, haftada 3 seans 8 hafta süresince tedaviye alındı. Her tedavi seansı 60 dakika sürecek şekilde planlandı ve uygulandı. Hastalara yönelik değerlendirmeler; tedavi öncesi ve 8 haftalık tedavi programından hemen sonra yapıldı. Hastaların yorgunluk durumu gözetilerek değerlendirmeler 2 farklı günde gerçekleştirildi. Araştırmanın akış diyagramı Şekil 3.1.'de belirtildi.



Şekil 3.1. Akış diyagramı

3.3. Değerlendirmeler

Araştırma kapsamında yapılan değerlendirmeler "İşlevsellik, Yeti yitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırma" sistemine göre belirlenerek, Şekil 3.2.'de gösterildi.



Şekil 3.2. Araştırma kapsamında kullanılan değerlendirmeler

3.3.1. Demografik Bilgiler

Hastaların yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı, boy ve EDSS skoru değerlendirilerek kaydedildi.

3.3.2. Klinik Değerlendirmeler

Hastaların klinik özelliklerine yönelik değerlendirmeler; tedavi gruplarını bilmeyen kör bir fizyoterapist tarafından tedavi öncesi ve 8 haftalık tedavi sonrasında aynı koşullarda gerçekleştirildi (EA).

Genişletilmiş Özürlülük Durum Ölçeği (EDSS)

MS'li hastaların hastalık şiddetine yönelik nörolojik düzeylerinin belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Değerlendirme klinisyenin gözlemine dayanmaktadır ve hastanın aşırı çaba göstermeden rahat bir şekilde

sergilediği performans gözetilerek yapılmaktadır. EDSS, MS hastalığında sık görülen fonksiyonel bozuklukları; piramidal, serebellar, beyin sapı, duyusal, görsel, barsak-mesane fonksiyonları ve mental fonksiyonları alt başlıklarıyla değerlendirmektedir. Serebellar fonksiyonlar alt başlığı 0 ile 5 arasında puanlanmaktadır. Sıfır normal serebellar fonksiyonu ifade ederken, beş ataksi nedeniyle koordine hareketleri yapmada yetersizliği tanımlamaktadır. Piramidal fonksiyonlar alt parametresi 0 ile 5 arasında puanlanmaktadır. Sıfır normal fonksiyonu ifade ederken, bir anormal belirtileri, iki minimal özürlülüğü, üç hafif/orta derecede paraparezi, hemiparezi veya şiddetli monopareziyi, dört belirgin paraparezi, hemiparezi, kuadriparezi veya monoplejiyi, beş parapleji, hemipleji veya belirgin kuadripareziyi tanımlamaktadır. EDSS'ye göre hasta, fonksiyonel açıdan 0 ve 10 arasında seviyelendirilmektedir. Seviyelendirme, 1'den itibaren 0,5 puan aralıklarla artmakta ve yüksek puan fonksiyonel açıdan kötü hali ifade etmektedir. 0-4 puan bağımsız, 6 puan tek taraflı destekle ambulasyon, 6,5 puan çift taraflı destekle ambulasyon, 7 puan ve üzeri fonksiyonel açıdan bağımlı olma halini ifade etmektedir (155). EDSS, hastaların araştırmaya uygunluk durumunu değerlendirmek amacıyla yalnızca tedavi öncesinde kullanıldı. Değerlendirme müdahale gruplarına kör bir fizyoterapist (EA) tarafından yapılarak kaydedildi.

Mini Mental Durum Testi

Bireylerin çalışmaya uygunluk durumunu değerlendirme Mini-Mental Durum Testi'nin (MMDT) Türkçe geçerli ve güvenilir versiyonu (yalnızca tedavi öncesinde) kullanıldı. MMDT; oryantasyon, kayıt hafızası, lisan, dikkat ve hesap yapma, hatırlama olmak üzere 5 alt boyut içermektedir. Ölçeğin puan aralığı 0-30 arası değişmektedir. 25 puan ve üzeri puanlar normal kognitif düzeyi ifade etmektedir (156). MMDT, müdahale gruplarına kör bir fizyoterapist (EA) tarafından yapılarak kaydedildi.

Uluslararası Kooperatif Ataksi Oranlama Ölçeği

Bireylerin ataksi şiddetini değerlendirmek Uluslararası Kooperatif Ataksi Oranlama Ölçeği'nin (ICARS) Türkçe geçerli ve güvenilir versiyonu kullanıldı. Ölçek; postür ve yürüme bozuklukları (34 puan), kinetik fonksiyonlar (52 puan), konuşma (8 puan) ve okülomotor (6 puan) bozukluklar olmak üzere 4 alt parametreyi

incelemektedir. Ölçeğin puan aralığı 0-100 olup, yüksek puan artmış ataksi şiddetini ifade etmektedir (157). ICARS, müdahale gruplarına kör bir fizyoterapist (EA) tarafından yapılarak kaydedildi.

Gövde Bozukluk Ölçeği

Bireylerin gövde kontrolünü dinamik, statik ve koordinasyon bağlamlarında değerlendirmek amacıyla Gövde Bozukluk Ölçeği'nin (GBÖ) Türkçe geçerli ve güvenilir versiyonu kullanıldı. Ölçek; 3'ü statik denge, 10'u dinamik denge, 4'ü koordinasyonu değerlendiren toplamda 17 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin puan aralığı 0-23 olup, yüksek puan gövde kontrolünün iyi halini ifade etmektedir (158). GBÖ, müdahale gruplarına kör bir fizyoterapist (EA) tarafından yapılarak kaydedildi.

Berg Denge Ölçeği

Bireylerin dengelerini değerlendirmek amacıyla Berg Denge Ölçeği'nin (BDÖ) Türkçe geçerli ve güvenilir versiyonu kullanıldı. Ölçek; 14 maddeden oluşmakta, her bir madde 0 ile 4 arasında puanlanmaktadır. Ölçeğin puan aralığı 0-56'dır. 0-20 arası şiddetli denge bozukluğu, 21-40 kabul edilebilir düzeyde denge bozukluğunu ve 41-56 arası puanlar ise dengenin iyi olduğunu ifade etmektedir (159, 160). BDÖ, müdahale gruplarına kör bir fizyoterapist (EA) tarafından yapılarak kaydedildi.

Yorgunluk Şiddet Ölçeği

MS'li hastalarda yorgunluğun değerlendirilmesi için Yorgunluk Şiddet Ölçeği'nin (YŞÖ) Türkçe geçerli ve güvenilir versiyonu kullanıldı. Ölçek; 9 maddeden oluşan ve her maddenin 1-7 arasında puanlandığı bir sistematik içerisinde hastanın yorgunluğa dair öz-bildirimini değerlendirmektedir. Ölçeğin puan aralığı 0-63'tür. Kesme değerin hesaplanabilmesi için toplam puanın aritmetik ortalamasının alınması gerekmektedir. Kesme puanı 4 ve üzerinde olan kişiler yorgun olarak kabul edilmektedir (161). YŞÖ, müdahale gruplarına kör bir fizyoterapist eşliğinde hastalar tarafından doldurularak kaydedildi.

Zamanlı Kalk ve Yürü Testi

Hastaların fonksiyonel mobiliteleri ve düşme riskini değerlendirmek için Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT) kullanıldı. Test, 1 sandalye, 1 koni ve 1 kronometre ile gerçekleştirilmektedir. Katılımcılardan "Başla" komutu ile sandalyeden kalkıp, doğrusal bir biçimde 3 metre uzağa yerleştirilen bir koninin etrafından dolaşarak tekrar sandalyeye oturması istendi. Hastanın, görevi tamamlama süresi bir kronometre kullanılarak kaydedildi. Test, 3 kez tekrar edildi ve ortalama süre hesaplandı (162).

12 Maddeli Multiple Skleroz Yürüme Ölçeği

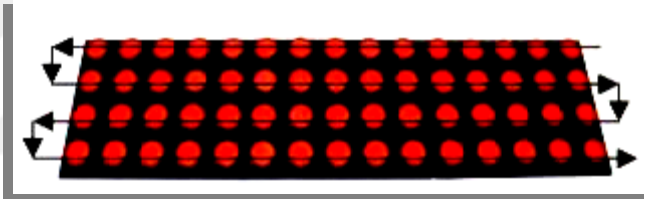
Hastaların yürümeye yönelik algıladıkları bozukluklar MS'e özgü bir değerlendirme olan 12 Maddeli Multiple Skleroz Yürüme Ölçeği'nin (MSWS-12) Türkçe versiyonu ile değerlendirildi. MSWS-12, hastanın son iki haftada yürürken karşılaştıkları zorluklara ve kısıtlılıklara dair öz-bildirimini değerlendirmektedir. Ölçek, 12 maddeden oluşmaktadır ve her madde 1-5 arası puanlandırılmaktadır. Puanlama, maddelere verilen cevaplar toplanarak ve toplam puanın yüzdelik oranı alınarak yapılmaktadır. Yüksek toplam puan daha şiddetli yürüme bozukluğunu, yüksek oran ise hastanın ne derece yürüyüş bozukluğuna sahip olduğunu ifade etmektedir (163, 164). MSWS-12, müdahale gruplarına kör bir fizyoterapist eşliğinde hastalar tarafından doldurularak kaydedildi.

ABILHAND El Fonksiyon Anketi (İnme)

Katılımcıların el fonksiyonlarını değerlendirmek için ABILHAND El Fonksiyonu Anketi'nin Türkçe versiyonu kullanıldı. ABILHAND; beslenme, giyinme ve ev işleri vb. aktiviteler sırasında ne düzeyde zorlandıklarını sorgulayan öz-bildirime dayalı bir değerlendirmedir. Anket, 26 maddeden oluşmaktadır ve her madde 0-2 arasında puanlanmaktadır. Yüksek puan, iyi düzeydeki el becerisini ifade etmektedir (165, 166). ABILHAND, müdahale gruplarına kör bir fizyoterapist eşliğinde hastalar tarafından doldurularak kaydedildi.

Minnesota El Beceri Testi

Çalışmaya katılan bireylerin el becerilerini değerlendirmek için Minnesota El beceri testi kullanıldı. Minnesota testi için lisanslı ekipmanlar, kronometre ve bütün hastalar için standart yüksekliğe sahip bir masa kullanıldı. Minnesota testi unilateral performansı değerlendirmek için dominant ve non-dominant tarafta "Yerleştirme Testi" ve bimanual performansı değerlendirmek için "Çevirme ve Yerleştirme Testi" olarak 2 farklı senaryoda uygulandı. Yerleştirme testi, katılımcının blokları kendisine yakın olan hedeften uzağa doğru yerleştirmesiyle gerçekleştirildi. Çevirme ve yerleştirme testinde, katılımcıdan blokları dominant olduğu taraf köşeden non-dominant eli ile alması, bimanual olarak çevirmesi ve dominant tarafı ile yerleştirmesi istenerek gerçekleştirildi. Teste özgü takip edilmesi gereken rota hastaya tarif edildi (Şekil 3.3.). Minnesota testi, protokole uygun olarak 1 tekrar alıştırma, 2 tekrar testin uygulanması şeklinde gerçekleştirildi ve toplam süre kayıt altına alındı (167).



Şekil 3.3. Minnesota El Beceri Testi Çevirme ve Yerleştirme Testi Rotası

Amaca Ulaşma Ölçeği

Bireylerin katılım durumunu değerlendirmek için Amaca Ulaşma Ölçeği (GAS) kullanıldı. GAS, hasta merkezli tedavi yaklaşımlarında yaygın olarak kullanılmakla birlikte hastanın tedavi sonucunda varmak istediği hedefin, fizyoterapist ve hasta tarafından birlikte oluşturulması esasına dayanmaktadır (168). Çalışma kapsamında hastadan tedavi öncesindeki değerlendirme sırasında tedavi sürecinde geliştirmek istediği 5 bireysel hedef oluşturması istendi. Her hedef, hasta tarafından önceliklendirildi ve hedefin kendisi için ne düzeyde zorluk oluşturduğunu belirtmesi istendi. Tedavi sonrasındaki değerlendirmede ise her hedef; -2, -1, 0, +1, +2 olarak 5 düzeyli bir ölçekle puanlandırıldı. GAS'a göre;

- -2: Hastanın hedefine ulaşamadığı veya beklentisinden çok daha düşük bir şekilde hedefine ulaştığını,
- -1: Hastanın hedefine beklentisinden biraz daha az bir miktarda ulaştığını,
- 0: Hastanın beklentisiyle uyumlu bir şekilde hedefine ulaştığını,
- 1: Hastanın beklentisinden biraz daha fazla bir şekilde hedefine ulaştığını,
- 2: Hastanın eklentisinden çok daha fazla bir şekilde hedefine ulaştığını ifade etmektedir.

Multiple Skleroz Yaşam Kalitesi Ölçeği

Hastaların günlük yaşamdaki bağımsızlık düzeyleri ve katılımını değerlendirmek için Multiple Skleroz Yaşam Kalitesi Ölçeği'nin (MSQoL-54) Türkçe geçerli ve güvenilir versiyonu kullanıldı (169). MSQoL-54; fiziksel, sosyal, bilişsel, cinsel fonksiyonlar, ağrı/enerji, fiziksel ve emosyonel rol limitasyonları, genel yaşam kalitesi, sağlık algısı ve stresi, emosyonel durum ve iyilik hali olmak üzere pek çok boyutta hastanın öz-bildirimine dayalı değerlendirme sağlamaktadır. Ölçek, 12 alt bölüm ve 54 sorudan oluşmaktadır. Ölçeğin puanlaması her bir alt boyut için ayrı ayrı yapılmakta ve puanlamalar sonucunda birleşik mental puan ve birleşik fiziksel puan olmak üzere 2 temel puan hesabı yapılmaktadır. Yüksek puan, yaşam kalitesinde iyileşmeyi ifade etmektedir (169).

3.3.3. Fonksiyonel Aktivitelerin Kinematik Değerlendirmeleri

Fonksiyonel aktivitelerin kinematik analizi için MVN Awinda (XSens Technologies B.V. Enschede, Hollanda) *imu* sensörleri kullanıldı. Bu sistem, kinematik analizde altın standart olarak kabul edilen optik hareket analiz sistemleriyle kıyaslandığında geçerli ve güvenilir sonuçlar vermiştir (170, 171). Bütün aktivitelerin kinematik analizi sırasında 17 adet sensör kullanıldı ve bütün veriler 60 hertz örnekleme hızı ile kaydedildi. Sensörler hastaların üzerine yerleştirilmeden önce hastalara tek kullanımlık koruyucu önlük, bone ve eldiven giydirildi. Sensörler konumlandırılırken farklı fiziksel özelliklere uygun 3 adet yelek, 1 adet bandana, farklı boyutlara uygun eldiven ve velkrolar kullanıldı (Şekil 3.4.).

Şekil 3.4. Sensörlerin konumlandırılması için kullanılan materyaller

Sensörler, XSens MVN kullanım klavuzuna uygun bir biçimde aşağıdaki bölgelere yerleştirildi (Şekil 3.5.):

- Sağ auricula'nın 2 santimetre yukarısı,
- Bilateral spina scapulaların iç yüzü,
- Bilateral acromion ile olecranon arası mesafenin orta noktasının laterali,
- Bilateral radius ve ulnanın stiloid çıkıntılarının dorsal yüzü,
- Ellerin dorsal yüzü,
- Manibrium sterni,
- Sakroiliak eklem,
- Bilateral femurun dış yüzeyi (Trochanter Major ile Lateral Epikondilin orta-dış bölümü),
- Bilateral tuberositas tibianın mediali,
- Bilateral metatarsopharyngeal eklemler ile ayak bileğinin ayak dorsumundaki orta noktası.

Şekil 3.5. Sensörlerin yerleşimi

Sensörlerin Kalibrasyonu

Bireylerin fiziksel özellikleri (boy, acromion yüksekliği, trochanter majör yüksekliği, femurun lateral kondilinin yüksekliği, lateral malleolün yüksekliği, ayakkabının taban yüksekliği, ayak uzunluğu, siaslar arası mesafe, acromionlar arası mesafe, kulaç uzunluğu, el bilekleri arasındaki mesafe ve dirsekler arası mesafe) bir mezura kullanılarak ölçüldü ve MVN Analyze Pro yazılımına tanımlandı. Bu işlem bireyin avatarının bilgisayar ortamında oluşturulması için yapıldı. Sensörlerin birbirleri arasında ve uzaydaki konumunu tespit edebilmesi için standart bir prosedür olan kalibrasyon, MVN Analyze Pro yazılımı kullanılarak yapıldı. Kalibrasyon, 3 aşamalı olarak gerçekleştirildi. İlk aşamada, hastadan aşağıda belirtilen şekilde 4 saniye hareketsiz kalması istendi. İkinci aşamada, 15 saniye süresince rahat bir şekilde yürümesi ve başlangıç pozisyonuna dönmesi istendi. Son aşamada ise hastadan yaklaşık 60 saniye hareketsiz beklemesi istendi. Kalibrasyon sırasında hastaya aşağıdaki komutlar verildi:

- Ayak parmaklarınız karşıya doğru düz bir şekilde konumlansın.
- Kollarınız gövdenizin hemen yanında bacaklarınıza temas etmeyecek şekilde, el bilekleriniz düz ve parmaklarınız kapalı olacak şekilde durun.
- "Yürüyün" komutunu duyana kadar bu pozisyonda hareketsiz bir şekilde bekleyin. (4 saniye)
- Normal ve rahat bir şekilde yürüyün.
- Dönüp başlangıç pozisyonuna gelin.
- Bu pozisyonda hareketsiz kalın (Şekil 3.6.).

Şekil 3.6. Kalibrasyon duruşu ve yürüyüş

Sensörler kalibre edildikten sonra bütün hastalara üst ekstremite, gövde ve alt ekstremiteye yönelik aktiviteler yaptırılarak kaydedildi. Hastalara, her aktivite detaylı bir şekilde açıklandı ve kayıt öncesinde ilgili aktiviteyi mümkün olan en doğal şekilde 2 tekrar yapması istendi. Her aktivite toplamda 3 tekrar yaptırılarak kaydedildi. Tekrarlar arasında 60 saniye dinlenme periyodu bırakıldı. Her aktivite bütün hastalar için aynı fiziksel koşullarda ve aynı protokole bağlı kalınarak gerçekleştirildi. Her aktiviteye başlarken, hasta anatomik pozisyonda pozisyonlandı. Araştırma kapsamında hangi aktivitelerin inceleneceğine literatür taraması yapılarak karar verildi. Literatür taraması sonucunda 45 aktiviteye ulaşıldı ve bunlardan en sık kullanılan 10'u tez kapsamında incelendi (143, 172).

Üst Ekstremite Aktiviteleri ve Kinematik Değerlendirme Protokolleri

Üst ekstremiteye yönelik kinematik analizi yapılan fonksiyonel aktiviteler ve protokolleri aşağıda belirtildi. Bütün aktiviteler, dominant ve non-dominant taraf için tekrarlanarak kaydedildi:

- ***Başın Orta Noktasına Dokunma:*** Bireylerden, "Başla" komutuyla birlikte başının orta bölümüne dokunarak başlangıç pozisyonuna dönmeleri istendi (Şekil 3.7.).

Şekil 3.7. Başın orta noktasına dokunma aktivitesi

- ***Ceket Asma:*** Bireylerden, "Başla" komutuyla birlikte, 175 santimetre (cm) yükseklikte bulunan bir askıya ellerindeki ceketi asmaları istendi (Şekil 3.8.).

Şekil 3.8. Ceket asma aktivitesi

- ***Telefon ile Konuşma:*** Bireylerden, "Başla" komutuyla birlikte ellerindeki telefonu kulaklarına götürmeleri istendi (Şekil 3.9.).

Şekil 3.9. Telefon ile konuşma aktivitesi

- ***Pantolonun Arka Cebine Dokunma:*** Bireylerden, "Başla" komutuyla birlikte pantolonunun arka cebinin en alt ve iç noktasına dokunmaları, başlangıç pozisyonuna dönmeleri istendi (Şekil 3.10.).

Şekil 3.10. Pantolonun arka cebine dokunma aktivitesi

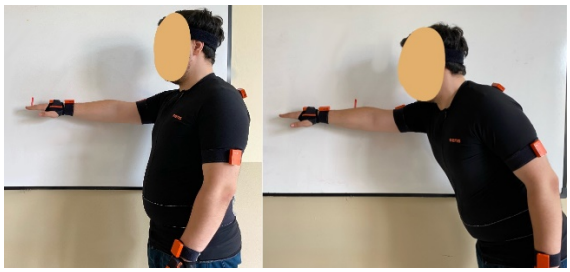
- ***Yemek Yeme:*** Bireyler, 45 cm yükseklikteki bir sandalyede dik oturacak şekilde pozisyonlandı. Test sırasında standart bir tabak ve metal bir kaşık kullanıldı. Test materyalleri, 75 cm yükseklikteki masanın üzerinde 15 cm ileriye konumlandırıldı. Bireylerden tabağın içerisinden kaşığı alıp, ağızlarına götürmeleri ve kaşığı tabağın içerisine bırakmaları ve tekrar başlangıç pozisyonuna dönmeleri istendi (Şekil 3.11.).

Şekil 3.11. Yemek yeme aktivitesi

Gövdeye Yönelik Aktiviteler ve Kinematik Değerlendirme Protokolleri

Gövdeye yönelik kinematik analizi yapılan fonksiyonel aktiviteler ve protokolleri aşağıda belirtildi. Aktiviteler dominant taraf ile gerçekleştirilerek kaydedildi:

- ***Öne doğru fonksiyonel uzanma:*** Bireylerin dominant eli omuz hizasına gelecek şekilde pozisyonlandı. Bireylerden "Başla" komutuyla birlikte öne doğru uzanabildikleri kadar uzanmaları istendi. Bu test sırasında bireylerin; parmak ucuna yükselmemelerine, gövdelerini aşırı derecede bükmemelerine ve kalçalarını geriye doğru çıkarmamalarına dikkat edildi. Test sırasında bireylerin düşme ihtimalleri gözetilerek gerekli önlemler alındı (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Öne doğru fonksiyonel uzanma aktivitesi

- ***Yana doğru fonksiyonel uzanma:*** Bireylerin dominant eli omuz hizasına gelecek şekilde pozisyonlandı. Bireylerden "Başla" komutuyla birlikte yana doğru uzanabildikleri kadar uzanmaları istendi. Bu test sırasında bireylerin; ayaklarını yerden kaldırmamalarına, gövdelerini aşırı derecede bükmemelerine ve kalçalarını geriye doğru çıkarmamalarına dikkat edildi.

Test sırasında bireylerin düşme ihtimalleri gözetilerek gerekli önlemler alındı (Şekil 3.13.).

Şekil 3.13. Yana doğru fonksiyonel uzanma aktivitesi

Alt Ekstremite Aktiviteleri ve Kinematik Değerlendirme Protokolleri

Alt ekstremitelere yönelik kinematik analizi yapılan fonksiyonel aktiviteler ve protokolleri aşağıda belirtildi:

- ***Oturmadan Ayağa Kalkma:*** Bireyler, 45 cm yükseklikte bir sandalyeye arkaya yaslanmayacak şekilde oturtuldu. Bireylerin ayakları omuz genişliğinde ve dizlerinin iz düşümü yere ayak bileklerine olacak şekilde pozisyonlandı. Bireylerden ellerinden destek almadan "Başla" komutuyla birlikte ayağa kalkmaları istendi (Şekil 3.14.).

Şekil 3.14. Oturmadan ayağa kalkma aktivitesi

- ***Normal (Konforlu) Hızda Yürüme:*** Bireylerden 10 metre yürüyerek normal yürüme hızlarını tespit etmeleri istendi. Daha sonra aynı yolu bu tempoda yürümeleri istendi ve aktivite kaydedildi. Test sırasında bireylerin düşme ihtimalleri gözetilerek gerekli önlemler alındı (Şekil 3.15.).

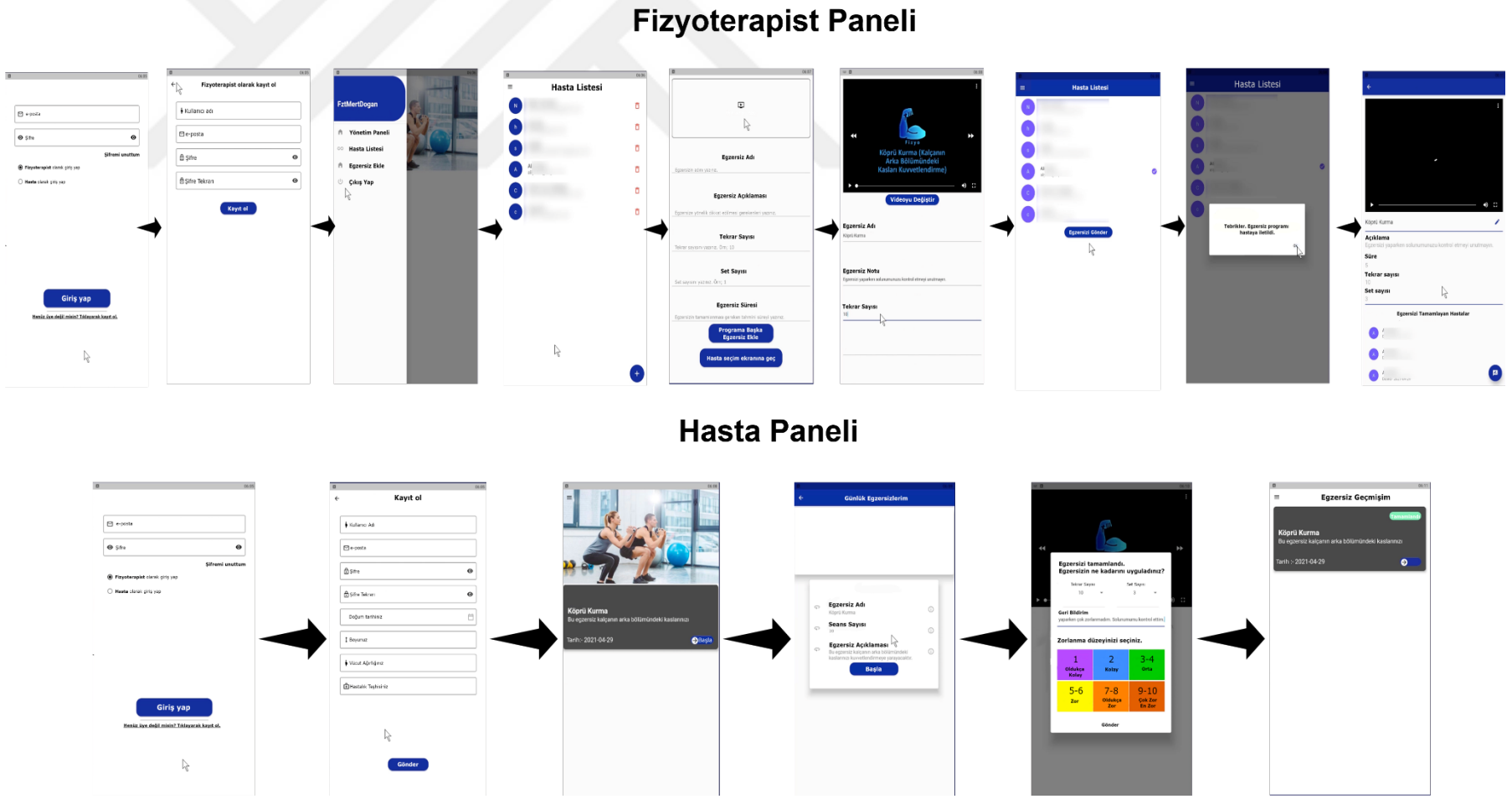
Şekil 3.15. Yürüme aktivitesi

- ***Maksimum Hızda Yürüme:*** Bireylerden 10 metre yürüyerek maksimum yürüme hızlarını tespit etmeleri istendi. Daha sonra aynı yolu bu tempoda yürümeleri istendi ve aktivite kaydedildi. Test sırasında bireylerin düşme ihtimalleri gözetilerek gerekli önlemler alındı.

3.4. Müdahale Programları

3.4.1. Mobil Uygulama Destekli Telerehabilitasyon

Telerehabilitasyon, değerlendirmelere kör bir fizyoterapist tarafından (MD) mobil bir uygulama üzerinden asenkron bir şekilde egzersiz videoları kullanılarak uygulandı. Egzersizler 8 hafta süresince haftada 3 seans uygulandı. Her seans 60 dakika olacak şekilde planlandı ve uygulandı. Hastaların egzersize katılım durumları mobil uygulama üzerinden takip edildi (Şekil 3.16.) Mobil uygulama "Android" akıllı telefonu bulunan hastalara ".apk" olarak, "ios" işletim sistemli akıllı telefonu bulunan hastalara "Test Flight" üzerinden iletildi ve uygulamanın kullanımı hastalara detaylı bir şekilde açıklandı.



Şekil 3.16. Araştırma amaçlı tasarlanan mobil uygulamanın fizyoterapist ve hasta paneli

Egzersiz programları, haftalık görüşmelerle sürekli olarak hastaların ihtiyaçlarına göre güncellendi. Ayrıca, haftalık görüşmeler sırasında hastanın hangi günlerde egzersiz yapacağı kararlaştırılarak, uygulama üzerinden hastalara egzersiz gününü hatırlatıcı bildirimler gönderildi. Hastaların egzersiz programına yönelik zorlanma durumu her bir egzersiz için modifiye borg skalasıyla mobil uygulama üzerinden sorgulandı ve zorlanma seviyesinin bütün seanslar için skalaya göre ortalama 3-5 aralığında olması hedeflendi. Egzersiz programlarının ilerletilmesi ve zorlaştırılması; kullanılan ağırlıkların ve hareketin tekrar sayılarının arttırılması, denge egzersizleri sırasındaki zemin özelliklerinin ve destek yüzeyinin değiştirilmesi ve egzersizlerin karmaşıklığının arttırılması ile sağlandı. Uygulanan egzersiz programı ve amacı Tablo 3.1.'de gösterildi.

Tablo 3.1. Örnek telerehabilitasyon programı

Egzersiz	**Örnek Egzersizler**
Germe Egzersizleri	El bileği, omuz ön ve arka kapsülü, kalça fleksörleri, hamstring ve gastrosoleus kaslarına germe
Kuvvetlendirme Egzersizleri	Farklı Ağırlıklarla: • Diz Ekstansiyonu • Kalça Fleksiyonu • Kalça Abduksiyonu • Omuz Abduksiyonu • Omuz Fleksiyonu • Dirsek Fleksiyonu • Dirsek Ekstansiyonu
Denge Egzersizleri	Bütün egzersizler sert → yumuşak, gözü açık→ Gözü kapalı olacak şekilde ilerletildi: • Destek yüzeyi genişten → Dara→ Tandeme doğru ayakta durma. • Tek ayak üzerinde bekleme (Destekli→Desteksiz) • Farklı yönlere uzanma • Oturmadan Ayağa Kalkma
Mat Egzersizleri	Mekik Köprü Kurma (Köprü Kurmada kalça abduksiyonu-adduksiyonu → Diz ekstansiyonu) Emeklemede Ağırlık Aktarma, Unilateral Ekstremite Uzatma, Çapraz Kol Bacak Uzatma
Yürüme Egzersizleri	Adım alma, Tandem ve Merasim Yürüyüşü
El Egzersizleri	Fonksiyonel Aktiviteler (Yazı Yazma, Bozuk Paraları Üst Üste Yerleştirme, Sayfa Çevirme vb.)

3.4.2. Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim

Hastalar, değerlendirmelere kör bir fizyoterapist (MD) tarafından 8 hafta süresince, haftada 3 seans ve her seans 60 dakika olacak şekilde yüz yüze tedaviye alındı. Görev odaklı eğitim için literatürde sık kullanılan aktiviteler ve araştırma ekibinin klinik deneyimi göz önünde bulundurularak 10 farklı istasyon belirlendi. Görev odaklı eğitimin son 3 istasyonu aktivite simülasyonuna olanak sağlayan bir sanal gerçeklik sistemi kullanılarak uygulandı. Her bir istasyon 5 dakika eğitim 1 dakika dinlenme olacak şekilde uygulandı. Her seans hastanın tedavi sırasında zorlanma durumu modifiye borg skalasına göre sorgulandı ve bu değerin 3-5 aralığında olması hedeflendi. Araştırma kapsamında uygulanan istasyonlar aşağıda belirtildi:

1. **Oturmadan Ayağa Kalkma-Ayaktan Oturmaya Gelme:** Dinamik gövde-kalça stabilitesini ve fonksiyonel mobiliteyi geliştirmek amacıyla seçilen birinci istasyon; “Oturmadan ayağa kalkma”, “Unilateral eşya kavrarken ayağa kalkma”, “Bilateral eşya tutarken ayağa kalkma”, “Oturmadan ayağa kalkarken tek yöne top atıp tutma” ve “Oturmadan ayağa kalkarken farklı yönlere top atıp tutma” aktiviteleriyle görev kompleksliğine yönelik zorlaştırma parametreleriyle gerçekleştirildi.
   Birinci istasyon için ek zorlaştırma ve ilerletme parametreleri; oturma yüksekliğinin azaltılması (60,45,30 cm), zemin özelliklerinin değiştirilmesi (sert/yumuşak/bosu), destek yüzeyinin daraltılması (normal, dar, tandem), eşya türünün değiştirilmesi (telefon, bardak, tepsi, kutu, top) ve atılan topun ağırlığının arttırılması (1, 2, 4 kg) ile sağlandı (Şekil 3.17. ve Şekil 3.25.).

Şekil 3.17. Birinci istasyon için örnek aktiviteler

2. **Ayakta Durma- Gövde ve Üst Ekstremite Eğitimi:** İkinci istasyon, denge, üst ekstremite ve gövde kontrolünü geliştirmek amacıyla uygulandı. Görev kompleksliği, "Ayakta durma", "Ayakta dururken belirli bir yöne uzanma", "Ayakta dururken elindeki bir cisim ile uzanma", "Yerden bir cismi alıp, rafa veya masaya yerleştirme" olarak sağlandı (Şekil 3.18.).

Şekil 3.18. İkinci istasyon için örnek aktiviteler

3. **Ayakta Durma- Alt Ekstremite Eğitimi:** Üçüncü istasyon; dengeyi, alt ekstremitelerin ve gövdenin koordinasyonunu geliştirmek amacıyla uygulandı. Görev kompleksliği; "Top yuvarlama", "Duvarda işaretli alanlara ve yerdeki toplara dokunma", "Tek ayak üzerinde durma", "Tek ayak üzerinde dururken elden ele eşya transferi" olarak aşamalandırıldı.

İkinci ve üçüncü istasyon için zorlaştırma ve ilerleme; görev kompleksliğinin arttırılması, destek yüzeyinin daraltılması, uzanma mesafesi, eşya özelliğinin değiştirilmesi, zemin özelliklerinin değiştirilmesi (sert/yumuşak) ve vizüel duyu modifikasyonu (göz açık/kapalı) ile sağlandı (Şekil 3.19.).

Şekil 3.19. Üçüncü istasyon için örnek aktiviteler

4. **Adım Alma:** Dördüncü istasyon; yürüyüşe hazırlık, yürüyüş düzgünlüğünü-simetrisini arttırmak ve alt ekstremite kontrolünü arttırmak amacıyla uygulandı. Görev kompleksliği; "Adım Alma", "Farklı Noktalara Adım Alma – 4 Kare Adım", "*Yarı Lounge*", "*Lounge*" egzersizleriyle aşamalandırıldı (Şekil 3.20.).

Şekil 3.20. Dördüncü istasyon için örnek aktiviteler

5. **Yürüme:** Beşinci istasyon; yürüme düzgünlüğü, simetrisini arttırmak ve dengeyi geliştirmek için uygulandı. Görev kompleksliği; "Destekli", "Merasim Yürüyüşü", "Baş Hareketleri ile Yürüme", "Engel atlayarak yürüme", "Slalom", "Parkur Eğitimi" olarak aşamalandırıldı (Şekil 3.21.).

Şekil 3.21. Beşinci istasyon için örnek aktiviteler

6. **Eşya Taşıma:** Altıncı istasyon; yürüme sırasında gövde, üst ekstremite kontrolünü, fonksiyonel mobiliteyi ve ikili görev becerisini geliştirmek için uygulandı. Görev kompleksliği; "Unilateral elde eşya taşıyarak yürüme", "Elden ele eşya transferi ile yürüme", "Bilateral ve bimanual eşya taşıyarak yürüme", "Yerden bir eşya alarak yürüme" olarak aşamalandırıldı. Dördüncü, beşinci ve altıncı istasyonlarda zorlaştırma ve ilerleme; görev kompleksliğinin arttırılması, zemin, mesafe, hız ve engel özelliklerinin değiştirilmesi ile sağlandı. Ayrıca taşınan eşyaların türü; küçük top, içi boş bardak, telefon, tepsi, tepsi ile bardak, farklı ağırlıklardaki toplar ve kutu taşıma olarak değiştirildi.

Şekil 3.22. Altıncı istasyon için örnek aktiviteler

7. **Merdiven çıkma-inme:** Yedinci istasyon pelvik stabiliteyi, alt ekstremite kontrolünü ve fonksiyonel mobiliteyi geliştirmek için uygulandı. Görev kompleksliği, "Basamak Egzersizi", "Merdiven Çıkma-İnme", "Unilateral Eşya Taşırken Merdiven Çıkma-İnme" ve "Bilateral Eşya Taşırken Merdiven Çıkma-İnme" olarak aşamalandırıldı.

   Yedinci istasyonun zorlaştırma ve ilerleme; görev kompleksliği, destek alma durumu (korkuluktan tutunma/tutunmama), unilateral/bilateral eşya taşıma (poşet, çanta, farklı ağırlıklardaki top ve kutu), hız ve çıkılan basamak sayısı ile sağlandı.

Şekil 3.23. Yedinci istasyon için örnek aktiviteler

8-9-10. İstasyonlar

Sanal gerçeklik oyunları, bir non-immersive sanal gerçeklik sistemi olan "USE-IT akıllı fizyoterapi oyun sistemi" kullanılarak oynatıldı. Sistem 55 inç dokunmatik bir ekran ve 7 adet günlük yaşam aktivitelerini simüle eden bilgisayar oyunuyla (balon patlatma, araba yıkama, tesisat, aritmetik, apartman, bateri ve eşleştirme) kişilere unilateral, bilateral ve bimanual üst ekstremite eğitimi sunmaktadır. Sistem "erişim haritası" adı verilen özel bir algoritma ile oyun senaryolarını kişilerin ekranı kullanabilme kapasitelerine özgü hale getirmektedir. Değerlendirme sırasında elde edilen erişim haritası aynı zamanda hastaların oyun oynarken oyunların hastanın ihtiyaçların yönelik şekillenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, nesne dokunmatik özelliğiyle oyunlar görevin günlük yaşamdaki "gerçek" haline benzer eşyalar (bez, hortum, bateri bagetleri vb.) ile uygulanmasına izin vermektedir (Şekil 3.24.).

Şekil 3.24. Sekizinci, dokuzuncu ve onuncu istasyonlar için örnek aktiviteler

8. **USE-IT ile Unilateral Üst Ekstremite Aktivite Eğitimi:** Sekizinci istasyon; gövde stabilitesini, unilateral üst ekstremite koordinasyonunu ve farklı kavrama çeşitlerini geliştirmek amacıyla uygulandı. Sistem bünyesindeki "Balon Patlatma", "Araba Yıkama", "Aritmetik Oyunu (1.-9. Seviyeler)" ve "Eşleştirme" oyunları oynatıldı.
9. **USE-IT ile Bilateral Üst Ekstremite Aktivite Eğitimi:** Dokuzuncu istasyon; gövde stabilitesi, bilateral üst ekstremite koordinasyonu ve farklı kavrama çeşitlerini geliştirmek amacıyla uygulandı. Sistem bünyesindeki "Apartman", "Aritmetik (10.-12. seviyeler)" ve "Tesisatçı" oyunları oynatıldı.

10. **USE-IT ile Reaksiyon Zamanı Eğitimi:** Onuncu istasyon; gövde stabilitesini, üst ekstremite koordinasyonunu ve reaksiyon zamanını geliştirmek için uygulandı. Sistem bünyesindeki "Bateri" oyunu kullanıldı. Sekiz, dokuz ve onuncu istasyonlarda zorlaştırma ve ilerleme; oyun seviyeleri, ekrana olan mesafe, oyunları oynarken oturma, ayakta durma sırasındaki destek yüzeyi (normal destek yüzeyi, topuklar birleşik, tandem duruşu ve tek ayak üzerinde dururken), zemin (sert/yumuşak/bosu) ve ekrana temas eden nesnelerin kolay kavranandan zor kavranana doğru ilerletilmesi ile sağlandı. Bütün oyunlar gerçek dünyadan nesneler kullanılarak oynatıldı (Hortum, bez, baget, sünger, silgi vb.).

Şekil 3.25. Aktivite eğitiminde kullanılan örnek materyaller

3.5. Verilerin Analizi

3.5.1. Kinematik Analiz

Kinematik verilerin kaydedilmesinde MVN Analyze Pro 2021 yazılımı kullanıldı. Veriler aynı programla kayıt sonrası HD kalitede *reprocess* işlemine tabi tutuldu. Bu verilerden manyetik gürültülerin temizlenmesi ve veri kalitesinin arttırılması için yapıldı. Veriler XSens firmasının sunduğu *"load_mvnx"* ve *"main_mvnx"* fonksiyonları kullanılarak MATLAB 2020a akademik versiyon

(MathWorks, Natick, USA) yazılımına aktarıldı. Kinematik verilerin analizinde MATLAB 2020a yazılımı kullanıldı. Verilerin kayıt aşamasından sonuç verisine kadar yapılan işlemler aşağıda belirtildi:

Yürüyüş dışındaki aktivitelerin başlangıç ve bitiş noktalarının belirlenmesi

Veriler kaydedilirken her aktivite için "Başla" komutu kayıt başlatıldıktan 3 saniye sonra verildi. Her kayıt aktivite tamamlandıktan 3 saniye sonra sonlandırıldı. Her verinin başlangıç ve sonundaki 3 saniye kesildi. MVN Analyze Pro 2021 yazılımı kullanılarak; her bir bireyin her aktivitesi sırasındaki performansı tekrar izlendi ve hareketin başlangıç ve bitiş noktaları doğrulandı.

Yürüyüşün önemli anlarının belirlenmesi

Her bir bireyin yürüyüşü sırasındaki topuk vuruşu ve parmak kalkışı anları tespit edildi. Her bir yürüyüş periyodu için aynı tarafın takip eden iki topuk vuruşu referans noktası olarak kabul edildi. Bu anların tespitinde ise, *".mvnx"* dosyası içerisinde bulunan "Ayak Teması *(Foot Contact)*" mantıksal dizisinde bulunan faktörler kullanıldı. Bazı vakaların yürüyüş sırasında farklı sebeplerden (düşük ayak, plantar fleksör spasitisitesi vb.) topuk vuruşu ve parmak kalkışı anları "Ayak Teması" mantıksal dizisi kullanılarak belirlenemedi. Bu kişilerin verileri MVN Analyze Pro 2021 yazılımındaki avatar izlenerek belirlendi ve kaydedildi.

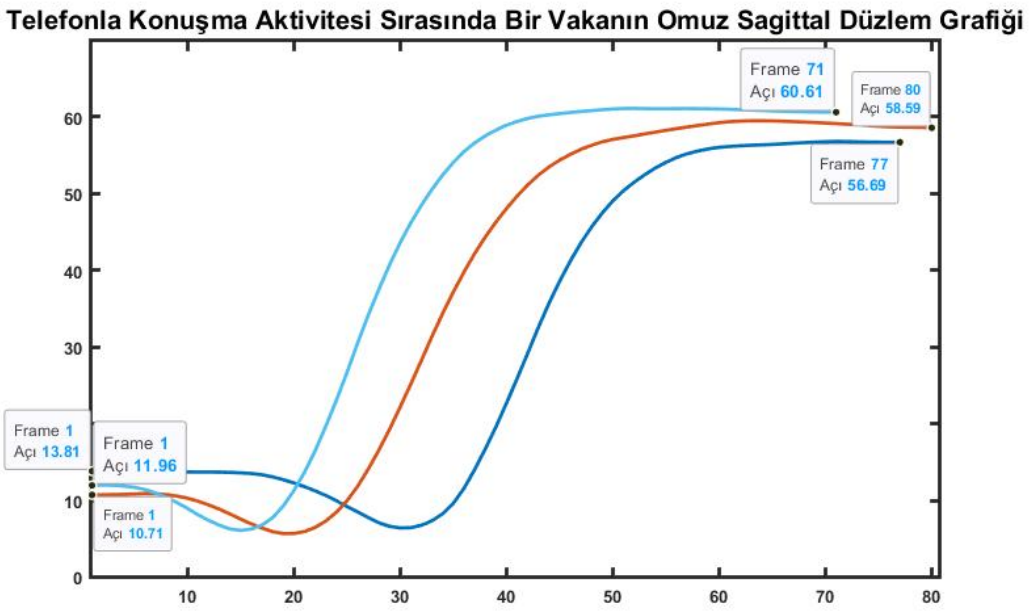
Verilerin pik noktalarının ve fonksiyonel eklem hareket açıklıklarının belirlenmesi

Hareketler sırasında her bir eklemin 3 düzlemdeki hareketleri kaydedildi. Ön kol segmentinin dirsekteki coronal düzlem hareketi eklem biyomekanik özellikleri bakımından sınırlı olması sebebiyle araştırmaya dâhil edilmedi. Dominant ve non-dominant taraf ile tekrarlanan aktivitelerin, harekete aktif olarak katılan ekstremitelerinin verileri analiz edildi. Üst ekstremite görevleri için; omuz, dirsek, el bileği, gövde görevleri için; atlanto-oksipital, C7-T1, T8-T9, T12-L1, L3-L4 ve L5-S1 segmentlerindeki veriler 3 boyutlu olarak kaydedildi. Alt ekstremite görevlerinde ise bilateral kalça, diz ve ayak bileği segmentlerinin verileri 3 boyutlu olarak kaydedildi. Başlangıç ve bitiş noktalarına göre kesilen veriler içerisinden her bir düzlemdeki hareket sırasındaki maksimum ve minimum açısal noktalar belirlendi. Bu noktalar pik

nokta olarak adlandırıldı. Bireylerin 3 tekrarla gerçekleştirdikleri aktivitelerin ortalama maksimum ve minimum pik nokta verileri MATLAB 2020a yazılımında "max, min ve mean" fonksiyonları kullanılarak hesaplandı. Her bir verinin fonksiyonel hareket açıklığı verileri ortalama pik maksimum değerlerinden ortalama pik minimum değerleri çıkarılarak hesaplandı. Fonksiyonel hareket açıklığı verisi kalibrasyon sırasında oluşan standart hata miktarını elimine etmek için kullanıldı.

Verilerin normalizasyonu ve görselleştirilmesi

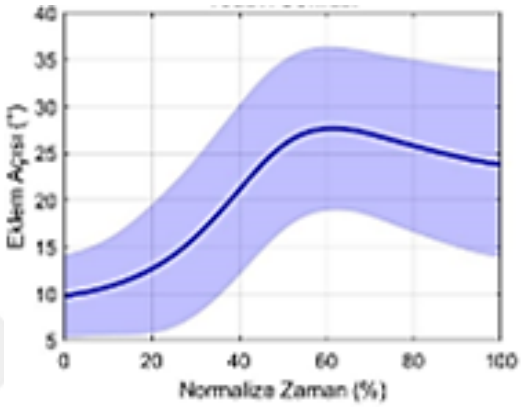
Motor kontrolün teorilerinde bahsi geçen Bernstein'in serbestlik derecesi problemine göre; aynı olduğu düşünülen iki görevin bile birbirinden zaman ve açısal farklılıklara sahip olduğu ve hareketin serbestlik derecelerini (farklı düzlemlerdeki hareketlerini) kontrol etmenin zor olduğu bilinmektedir (173). Bu bağlamda aynı kişinin sergilediği aynı görevin iki performansının bile spatio-temporal özelliklerinin birbirinden farklı olması doğal bir sonuçtur. Bu durumun bir örneği aşağıdaki grafikte belirtilmiştir (Şekil 3.26.).



Şekil 3.26. Bir Vakanın TEL aktivitesi sırasındaki sagittal düzlem omuz grafiği

Grafikte görüldüğü üzere aynı kişinin dahi aynı aktivite sırasındaki başlangıç ve bitiş noktaları farklılık göstermektedir. Bu bağlamda verilerin toplu bir şekilde görselleştirilebilmesi ve hareketlerin yorumlanabilmesi için her bir verinin aynı sürede

tamamlanma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu zorunluluk, kinematik analizde zaman normalizasyonuyla giderilmektedir. Tez kapsamındaki veriler görselleştirilirken, MATLAB 2020a yazılımı kullanılarak 101 nokta normalizasyonu yapıldı (Şekil 3.27.). Temel olarak her bir katılımcının değerleri 101 noktaya tamamlandı ve aradaki veri kayıpları bir dizi matematiksel işlemle tamamlandı. Bu işlem "spline" fonksiyonu ile gerçekleştirildi.



Şekil 3.27. Bütün vakaların TEL aktivitesi sırasındaki normalize edilmiş sagittal düzlem omuz grafiği

Normalizasyon işlemine verilerin bir andan (pik açı) ziyade hareketin tümünün bir grup için ortalamasının alınması ve hareketin tamamının yorumlanması için gerek duyulmaktadır. Çalışma kapsamında değerlendirilen eklemlere ait veriler normalize edilerek ortalama ve standart sapma değerleri çizgi grafiği olarak görselleştirildi.

Hareket kalite ve düzgünlüğüne yönelik metriklerin hesaplanması

Hareketin düzgünlüğüne yönelik metriklerin hesaplanmasında literatürde sıkça kullanılan geçerli ve güvenilir metrikler kullanıldı. Bu amaçla literatürle uyumlu olarak el bileğinin; SPARC (Spektral Yay Uzunluğu), LDJ (Logaritmik Boyutsuz Jerk), hız profili ve ivme profili verileri kullanıldı. Metriklerin hesaplanmasına yönelik formüller EK-2'de gösterildi. XSens MVN Analyze Pro yazılımı aracılığıyla sensörlerden gelen hız ve akselerasyon verilerini kalman filtresi ile filtrelediğinden elde edilen lineer hız ve akselerasyon verilerine ikincil bir filtreleme uygulanmadı (EK-2).

- **SPARC:** Spektral yay uzunluğu, bütün bir hız sinyalinin Fourier dönüşümünün güç spektrumu ve yay uzunluğundan hesaplanmaktadır. SPARC değeri hareket bağımlıdır ve aktivitelerin karakteristiklerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin, uzanma aktivitesi ile yemek yeme aktivitesinde birbirlerinden farklı değere sahiptir. Literatürde bu değer için günlük yaşamda aktivitelerine yönelik referans bir aralık bulunmamaktadır.
- **LDJ:** Logaritmik boyutsuz jerk (sarsıntı-titreşim), Balasubramanian yöntemi ile hesaplanmıştır. Hareketin tamamlanma süresi ve hareketin maksimum hızı kullanılarak hesaplanmaktadır. SPARC metriğine kıyasla gürültü içeren veri setlerinde daha az hassasiyete sahip olduğu bilinmektedir.
- **Hız Profili:** Hareketin ortalama hızının/maksimum hızına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır.
- **İvme Profili:** Hareketin ortalama ivmesinin/maksimum ivmesine oranlanmasıyla hesaplanmaktadır.

Düzgünlük metrikleri yorumlanırken referans aralık gözetilmeksizin SPARC ve LDJ için 0'a yakın değerlerin daha düzgün hareketi ifade ettiği bilinmelidir (139, 174, 175).

3.5.2. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi MATLAB 2020a kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin parametrik dağılım durumu Shapiro-Wilks testi ile sorgulandı. Parametrik verilerin; grup içi istatistiksel kıyaslamalarında *"Paired Samples Student T Test"*, gruplar arası kıyaslamalarında *"Independent Samples Student T Test"* kullanıldı. Non-parametrik verilerin; grup içi istatistiksel kıyaslamalarında "Wilcoxon Signed Rank Test", gruplar arası kıyaslamalarında ise *"Mann-Whitney U Test"* kullanıldı.

Örneklem büyüklüğünün hesaplamasında, GPower 3.1.9.4 (Universitat Kiel, Almanya) yazılımı kullanıldı. Amaca Ulaşma Ölçeği (GAS) parametresi tedavi sonrası verileri kullanılarak yapılan post hoc analize göre çalışma örnekleminin evreni %95 güven aralığında, % 92,4 güç ile temsil ettiği bulundu (Critical t= 2,04, Effect Size d= 1,27).

4. BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı Bulgular

Multiple Sklerozlu hastalarda teknoloji destekli farklı fizyoterapi yaklaşımlarının etkinliklerini incelediğimiz çalışmaya; 34 birey (26 Kadın, 8 Erkek) dahil edildi. Çalışma, farklı nedenlerle (değerlendirme gününde şehir dışında bulunma, katılmaktan vazgeçme) araştırmaya devam edemeyen bireyler sonucunda "T-GOE" grubunda 17 hasta ve "Telerehabilitasyon" grubunda 15 hasta olmak üzere toplamda 32 kişi ile tamamlandı. Katılımcıların demografik, fiziksel ve hastalık şiddetine yönelik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilemedi ($p>0.05$). Katılımcıların demografik ve tanımlayıcı özellikleri Tablo 4.1.'de gösterildi.

Tablo 4.1. Katılımcıların demografik ve tanımlayıcı özellikleri

Parametreler	**Telerehabilitasyon**			**T-GOE**			**p**	**Test Değeri**
	X̄±SS			**X̄±SS**				
Yaş (Yıl)	36±8,19			38,76±5,53			0,69 ß	-0,39
Boy (cm)	164,94±7,85			167,06±10,67			0,21 ß	-1,24
Ağırlık (kg)	60,73±12,31			64,72±13,64			0,4 ß	-0,844
VKI (kg/m2)	22,77±4,49			23,09±3,79			0,37 ß	-0,898
EDSS (Puan)	3,74±0,92			3,94±1,04			0,69 ß	-0,41
Mini Mental Test (Puan)	28,82±0,95			29,12±1,05			0,4α	0,854
Cinsiyet	Kadın	Erkek		Kadın	Erkek			
	15 (%44,1)	2 (%5,9)		11 (%32,4)	6 (%17,6)		0,1 #	0,234
Dominant taraf	Sağ	Sol		Sağ	Sol			
	14 (%41,2)	3 (%8,8)		15 (%44,1)	2 (%5,9)		0,24 #	0,628
Klinik Tip	RR	PP	SP	RR	PP	SP		
	7 (%20,6)	2 (%5,9)	8(%23,5)	8(%23,5)	2 (%5,9)	7(%20,6)	0,09 #	4,751

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **VKI**: Vücut Kitle İndeksi, **EDSS**: Genişletilmiş Özürlülük Durum Ölçeği, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **#:** Chi-Square Test, **RR**: Relapsing Remitting, **PP**: Primer Progresif, **SP**: Sekonder Progresif.

4.2. Klinik Bulgular

Katılımcıların gövde bozukluğu, denge ve ataksi şiddeti değerlendirmeleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Tedavi sonrasında her iki gruptaki katılımcıların statik oturma dengesi, dinamik oturma dengesi, koordinasyon ve gövde bozukluğu toplam puan değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşme tespit edildi ($p<0.05$). Gruplar arası analizlerde ise, dinamik oturma dengesi bakımından T-GOE grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler bulundu ($p<0.05$).
- Her iki gruptaki katılımcıların tedavi öncesi ve sonrası Berg Denge Ölçeği skorlarında istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler tespit edildi ($p<0.05$). Gruplar arası kıyaslamalarda iki grup arasında bir farklılık bulunamadı ($p>0.05$).

ICARS'ın postür ve yürüyüş, kinetik fonksiyonlar ve toplam puan parametreleri bakımından her iki grupta istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler bulundu. Oküler takibe yönelik iyileşmeler ise sadece T-GOE grubunda tespit edildi. Gruplar arası karşılaştırmalarda kinetik fonksiyonlar bakımından T-GOE grubu lehine anlamlı farklılıklar tespit edildi ($p<0.05$). Katılımcıların gövde bozukluğu, denge ve ataksi şiddetine yönelik tedavi öncesi-sonrası değerler ve istatistiksel kıyaslamalar Tablo 4.2. 'de gösterildi.

Tablo 4.2. Katılımcıların gövde bozukluğu, denge ve ataksi şiddeti değerlendirmelerinin karşılaştırılması.

Parametre	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
	TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
	X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
GBÖ-Statik Oturma	3,47±2,45	6,20±1,26	**0,01*** γ	3,58	3,53±2,43	6,71±0,85	**0,01*** γ	6,81	0,97 **ß**	0,04	0,10 **ß**	1,66
GBÖ-Dinamik Oturma	5,8 ±1,52	8,00±1,96	**0,01*** γ	3,58	6,24 ±2,44	9,47±0,87	**0,01*** γ	6,81	0,56 **α**	0,60	**0,001* ß**	2,90
GBÖ-Koordinasyon	2,4± 0,99	4,13±1,36	**0,01*** γ	4,51	2,59 ± 1,18	4,06±1,14	**0,01*** γ	6,50	0,52 **ß**	0,64	0,92 **ß**	-0,10
GBÖ-Toplam	11,67± 2,87	18,33±3,64	**0,01*** γ	1,77	12,35± 3,1	20,24±2,14	**0,01*** **δ**	2,77	0,52 **α**	0,65	0,11 **ß**	1,60
Berg Denge Ölçeği	49,2±5,6	51,80±5,40	**0,01*** γ	2,46	47,94± 5,30	53,47 ±2,87	**0,01*** γ	4,05	0,26 **ß**	-1,12	0,23 **ß**	1,20
ICARS-Postür ve Yürüyüş	6,93±3,75	4,60±4,08	**0,02*** γ	-3,85	8,24± 4,01	3,71± 3,26	**0,01*** γ	4,05	0,25 **ß**	1,14	0,49 **ß**	-0,68
ICARS-Kinetik Fonksiyonlar	12,07 ±4,95	8,47 ±6,32	**0,045*** γ	-3,85	13,00 ±8,16	4,82± 5,36	**0,01*** γ	4,94	0,66 **ß**	-0,44	**0,02* ß**	-2,33
ICARS-Konuşma Bozuklukları	0,33±0,72	0,33± 0,72	-	-10,49	0,29 ± 0,69	0,29± 0,69	-	4,94	0,89 **ß**	-0,14	0,89 **ß**	-0,14
ICARS-Oküler Takip Anormallikleri	1,67±0,62	1,40 ± 0,51	0,22 γ	-10,49	1,59± 0,62	1,06± 0,56	0,03* γ	-5,53	0,93 **ß**	-0,09	0,09 **ß**	-1,68
ICARS-Toplam	21±8,45	14,80 ±10,23	**0,01***	1,77	23,12±11,35	9,76±8,84	**0,01*** γ	-5,53	0,76 **ß**	0,30	0,08 **ß**	-1,76

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **GBÖ**: Gövde Bozukluk Ölçeği, **ICARS**: Uluslararası Kooperatif Ataksi Oranlama Ölçeği, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ:** Paired Samples T Test, **δ:** Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

Katılımcıların yorgunluk şiddeti, yürüyüş ve fonksiyonel mobiliteye yönelik değerlendirmeleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Katılımcıların yorgunluk şiddeti toplam puan ve kesme değer puanı incelendiğinde; yalnızca T-GOE grubunun yorgunluk şiddetinin tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldığı görüldü ($p<0.05$).
- Yürümeye yönelik değerlendirmeler incelendiğinde, MSWS-12 toplam puan ve %'lik puan değerleri bakımından; yalnızca T-GOE grubunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu($p<0.05$).
- Zamanlı kalk yürü testi sonuçlarına göre; her iki grupta da tedavi öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler tespit edildi ($p<0.05$).
- Gruplar arası kıyaslamalarda tedavi öncesi ve sonrası değerler bakımından herhangi bir farklılık bulunamadı ($p<0.05$).

Bireylerin YŞÖ, MSWS ve ZKYT istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.3.'de gösterildi.

Tablo 4.3. Katılımcıların yorgunluk şiddeti, yürüyüş ve fonksiyonel mobilite değerlendirmelerinin karşılaştırılması

Parametre	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
	TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
	X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
YŞÖ (Puan)	47,2±13	46,27 ± 11,68	0,57 **δ**	0,56	45±15,55	39,06± 15,53	**0,001* δ**	3,30	0,91 ß	-0,11	0,15 **α**	-1,47
YŞÖ (Kesme Değeri)	5,24± 1,45	5,14±1,3	0,55 **δ**	0,56	4,94±1,74	4,4±1,73	**0,01* δ**	3,30	0,78 ß	-0,28	0,19 **α**	-1,35
MSWS-12(Puan)	32,53±12,74	29,4±11,2	0,08 **δ**	0,6	38,82±14,38	27,47±13,49	**0,001* γ**	-1,99	0,20 **α**	1,30	0,46 **ß**	-0,74
MSWS-12(%)	54,22±21,23	49±18,66	0,08 **δ**	0,6	64,71±23,96	45,78± 22,48	**0,001* γ**	4,05	0,20 **α**	1,30	0,46 **α**	-0,74
ZKYT (sn)	9,8±4,75	9,14±5,24	**0,03* δ**	-2,32	9,99±3,32	8,19 ±2,97	**0,001* δ**	4,05	0,29 ß	1,06	0,40 **ß**	-0,85

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **YŞÖ**: Yorgunluk Şiddet Ölçeği, **MSWS-12:** 12 Maddelik Multiple Skleroz Yürüyüş Ölçeği, **ZKYT**: Zamanlı Kalk Yürü Testi, **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, *p<0,05.

El fonksiyonları ve becerilerine yönelik değerlendirmeler bakımından; iki gruptaki katılımcıların tedavi öncesi ve sonrası kıyaslamalarında istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler tespit edildi ($p<0.05$). Gruplar arası kıyaslamalarda herhangi bir farklılık tespit edilemedi ($p>0.05$). Katılımcıların el becerilerine yönelik performans ve klinik ölçek sonuçları Tablo 4.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Katılımcıların el çevikliği ve el becerilerine yönelik değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması

Parametre	**Telerehabilitasyon**				**T-GOE**				**Gruplar arası TO**		**Gruplar arası TS**	
	TÖ	**TS**	**p**	**TD**	**TÖ**	**TS**	**p**	**TD**	**p**	**TD**	**p**	**TD**
	X̄±SS	**X̄±SS**			**X̄±SS**	**X̄±SS**						
Minnesota-YT-D(sn)	174,94±54,31	165,34 ± 55,25	**0,001 *α**	4,51	166,8±37,19	145,87±27,73	**0,001 *α**	6,50	0,92 ß	-0,09	0,32 ß	-1,00
Minnesota-YT-N(sn)	189,41±55,09	180,18±55,39	**0,03 *α**	-2,15	184,26±50,31	159,5±44,09	**0,003 *α**	-2,99	0,94 ß	-0,08	0,15 ß	-1,43
Minesota ÇvY-T(sn)	188,51±80,36	168,67±76,86	**0,01 *α**	-2,556	175,27±49,74	137,79±37,57	**0,001 *α**	-3,24	0,82 ß	-0,23	0,33 ß	-0,98
Abilhand (puan)	41,40 ±5,73	42,6±4,75	**0,04 *α**	-2,32	39,29±9,70	43,53±2,5	**0,03*α**	-1,99	0,42 ß	-0,80	0,98 ß	0,02

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Minnesota YT-D**: Yerleştirme Testi Dominant Taraf, **Minnesota YT-N**: Yerleştirme Testi Non-Dominant taraf, **Minnesota ÇvY-T**: Çevirme ve Yerleştirme Testi, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ:** Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**. *Minnesota ölçüm sonuçları, 2 tekrarın toplamını ifade etmektedir.

Katılımcıların yaşam kalitesi ve katılım değerlendirmeleri incelendi ve ilgili değerlere ait sonuçlar aşağıda listelendi:

- Katılımcıların amaca ulaşma ölçeği değerlerine yönelik tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırmalarında; her iki grupta da anlamlı iyileşmeler bulundu. Gruplar arası karşılaştırmalarda ise; tedavi sonrasında T-GOE grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar tespit edildi ($p<0.05$).
- MSQoL-54 ile yapılan yaşam kalitesi değerlendirmesinin tedavi öncesi ve sonrası kıyaslamalarının sonuçlarına göre; enerji/yorgunluk, sağlığın algılanması, fiziksel sağlık distresi, emosyonel esenlik, emosyonel sağlık distresi parametreleri bakımından her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler tespit edildi ($p<0.05$).
- Ağrı, sosyal işlev, bilişsel işlev, genel yaşam kalitesi, mental sağlık kompozit puan ve fiziksel sağlık kompozit puan bakımından yalnızca T-GOE grubunda istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar tespit edildi ($p<0.05$). Gruplar arası tedavi sonrası kıyaslamalarda ise; T-GOE grubu lehine bilişsel işlev ve mental sağlık kompozit puan parametrelerinde anlamlı gelişmeler bulundu ($p<0.05$).

Bireylerin, katılım ve yaşam kalitesine yönelik değerlendirme ve kıyaslama sonuçları Tablo 4. 5.'te gösterildi.

Tablo 4.5. Katılımcıların yaşam kalitesi ve katılım durumlarına yönelik değerlendirmelerinin karşılaştırılması

Değerlendirme	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
	TÖ	TS	P	T/Z	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
	X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
GAS (%)	35,66±0,71	48,47±4,91	**0,01*δ**	2,46	35,56±0,38	56,46±7,39	**0,001* δ**	2,77	0,68 ß	0,42	**0,001*ß**	2,91
MSQoL-54												
Fiziksel Sağlık	9,46±4,42	10,54±3,80	0,15 δ	1,77	9,55±4,93	10,35±5,59	0,38 δ	-3,62	0,96 **α**	0,05	0,91α	-0,11
Fiziksel Sorunlara Bağlı Rol Kısıtlılığı	7,4±4,52	7,6±4,93	0,88γ	1,29	5,12±5,59	7,76±4,75	0,09 γ	2,31	0,25 ß	-1,16	0,94 ß	0,08
Ağrı	7,53±2,46	7,42±2,60	0,61 δ	1,77	6,38±3,39	8,11±2,17	**0,01* δ**	-3,62	0,26 ß	-1,14	0,58 ß	0,55
Enerji/Yorgunluk	4,22±2,13	5,66±1,95	**0,03* δ**	3,11	5,08±2,73	6,72±2,63	**0,01* δ**	-3,63	0,33α	0,98	0,21α	1,27
Sosyal işlev	7,27±1,98	8,33±2,69	0,23 δ	1,29	7,35±3,50	8,71±2,76	**0,04* δ**	-3,63	0,93α	0,08	0,58 ß	0,55
Sağlık algılaması	7,08±3,06	8,72±2,86	**0,03* δ**	3,11	7,45±3,19	9,70±3,21	**0,01* δ**	-0,89	0,74α	0,33	0,37 α	0,90
Fiziksel Sağlık distresi	4,95±3,37	6,23±3,18	**0,045* δ**	-3,18	5,40±3,12	7,51±2,50	**0,01* δ**	-0,89	0,75 ß	0,32	0,25 ß	1,16
Cinsel işlev	5,02±2,14	5,11±2,07	0,81γ	-3,94	6,16±1,66	6,12±1,87	0,85 γ	2,31	0,13 ß	1,53	0,17 ß	1,37
Emosyonel sorunlara bağlı rol sınırlılıkları	9,07±8,48	11,20±9,47	0,41γ	-3,94	11,76±11	17,88±8,73	0,08 γ	8,82	0,61 ß	0,51	0,06 ß	1,89
Emosyonel esenlik	14,13±6,35	17,25±5,53	**0,01*γ**	-3,60	15,93±5,48	20,06±5,77	**0,01* δ**	-2,80	0,40 α	0,86	0,17 α	1,41
Emosyonel Sağlık Distresi	6,30±4,29	7,93±4,04	**0,045* δ**	-3,18	6,88±3,98	9,55±3,18	**0,01* δ**	-2,80	0,75 ß	0,32	0,25 ß	1,16
Bilişsel işlev	7,95±3,64	8,55±2,58	0,48 δ	-1,43	9,18±3,09	11,43±2,87	**0,01* γ**	8,82	0,31α	1,03	**0,01*α**	2,96
Genel yaşam kalitesi	9,14±2,94	10,14±2,01	0,14 γ	-3,60	9,55±3,11	11,24±2,80	**0,01* δ**	-2,69	0,71 α	0,38	0,22 α	1,26
BFS	52,94±16,18	59,69±16,96	0,18 δ	0,51	52,5±23,35	64,97±18,58	**0,01* δ**	-2,69	0,95 α	-0,06	0,41 α	0,84
BMS	46,59±17,11	56,13±16,70	0,06 δ	0,51	53,29±21,35	70,16±16,67	**0,01* δ**	-1,93	0,34 α	0,97	**0,02* α**	2,37

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS:** Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **GAS**: Amaca Ulaşma Ölçeği**, MSQoL-54**: 54 Maddelik MS Yaşam Kalitesi Ölçeği, **BFS**: Birleşik Fiziksel Sağlık, **BMS**: Birleşik Mental Sağlık, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, *p<0,05.

4.3. Fonksiyonel Aktivite Analizi

4.3.1. Başın Orta Noktasına Dokunma Aktivitesi

Bireylerin başın orta noktasına dokunma (BOT) aktivitesi sırasındaki FEHA değerleri incelendiğinde:

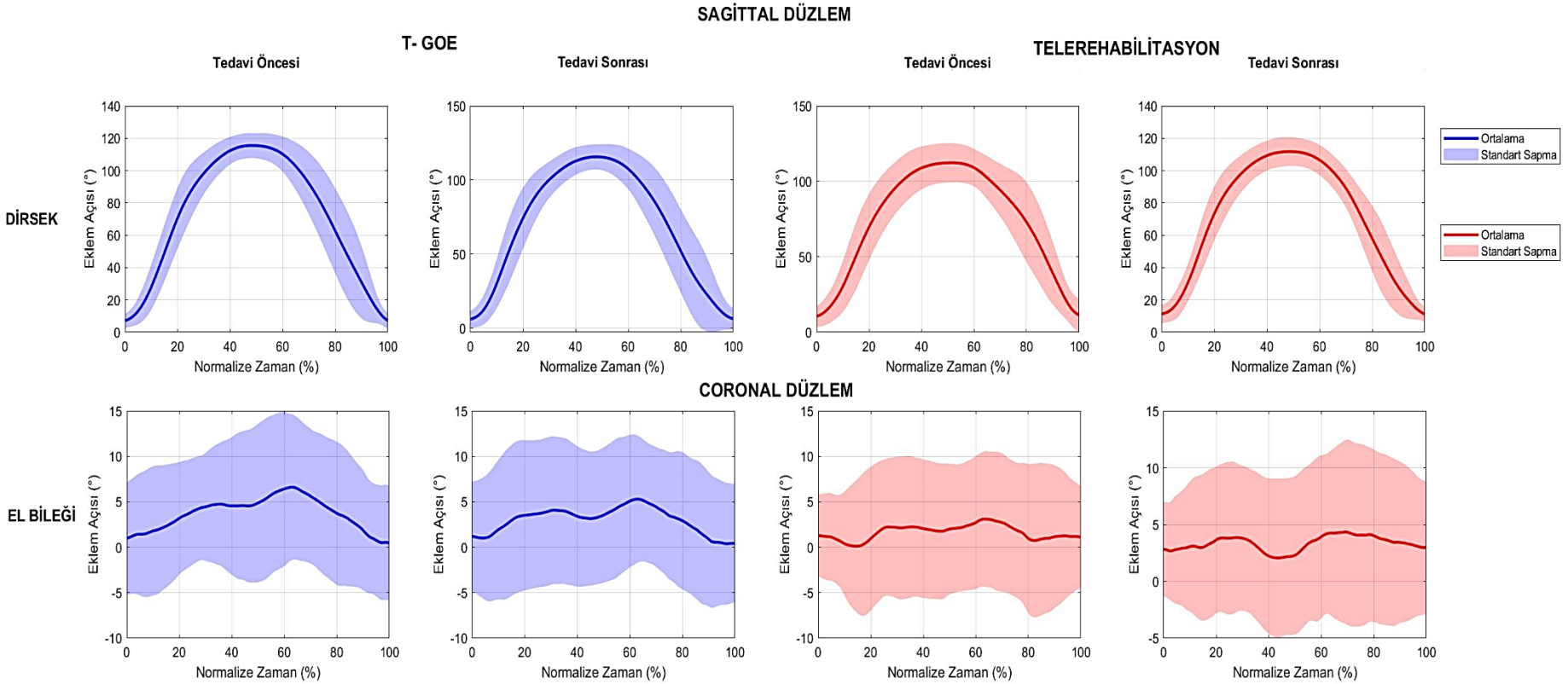
- T-GOE grubundaki bireylerin aktivite sırasında tedavi öncesi el bileği ulnar/radial deviasyonun tedavi sonrasına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldığı tespit edildi ($p<0.05$). Diğer hareketlerin grup içi kıyaslamalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0.05$).
- Gruplar arası kıyaslamalarda yalnızca tedavi sonrasında; dirseğin sagittal düzlemdeki fleksiyon/ekstansiyon FEHA'sının T-GOE grubunda daha fazla olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Diğer eklemlerde gruplar arası kıyaslamalarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilemedi.

BOT aktivitesinin dominant taraftaki FEHA'larına yönelik tanımlayıcı istatistikler ve kıyaslamalar Tablo 4.6.'da gösterildi. Ayrıca, farklılık görülen eklem ve düzlemlere yönelik verilerin normalize edilmiş grafikleri Şekil 4.1.'de gösterildi. Non-dominant taraf ile yapılan aktiviteye yönelik kinematik veriler EK-1'de gösterildi.

Tablo 4.6. Başın orta noktasına dokunma aktivitesinin dominant taraf fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	33,63±12,08	31,73±10,05	0,73δ	1,35	35,35±9,98	35,83±8,68	0,43δ	-0,31	0,66α	0,44	0,23α	1,24
	Transversal	69,67±15,02	69,72±15,17	0,4δ	1,29	71,37±16,23	68,27±17,08	0,29γ	2,09	0,76α	0,30	0,65ß	-0,45
	Sagittal	80,73±18,74	85,77±13,63	0,09γ	-0,39	90,92±11,32	85,33±14,22	0,1δ	-1,02	0,1ß	1,62	0,79ß	-0,26
Dirsek	Transversal	35,08±13,25	37,19±12,18	0,59δ	1,29	31,55±12,08	33,8±16,64	0,59δ	-0,88	0,57ß	-0,57	0,52α	-0,65
	Sagittal	106,12±11,46	102,79±9,18	0,27δ	1,29	111,3±7,77	112,63±11,15	0,52δ	-0,88	0,1ß	1,66	**0,01*α**	2,70
El Bileği	Coronal	11,66±6,37	10,46±5,23	0,64δ	1,35	10,24±4,36	7,54±2,82	**0,02*γ**	0,11	0,73ß	-0,34	0,1ß	-1,66
	Transversal	10,45±9,82	8,07±3,07	0,88δ	1,35	9,56±4,24	6,74±3,51	0,15δ	-0,31	0,36ß	0,91	0,27α	-1,13
	Sagittal	26,8±12,38	27,71±14,3	0,97δ	-0,97	21,42±10,45	23,51±12,2	0,06δ	-0,31	0,17ß	-1,36	0,38α	-0,90

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**:Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**



Şekil 4.1. BOT aktivitesinin normalize edilmiş üst ekstremite açı grafiği

Dominant taraf ile yapılan BOT aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 4.7.'de gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon yönündeki hareketi sırasında hız profili değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'a yaklaştığı) ve hareket kontrolünün arttığı görüldü ($p<0,05$).
- T-GOE grubunun fleksiyon/ekstansiyon yönündeki hareketi sırasında LDJ değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı (0'dan uzaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün azaldığı bulundu ($p<0,05$).
- Gruplar arası LDJ metriği karşılaştırma sonuçlarına göre; T-GOE grubunun fleksiyon/ekstansiyon hareketini tedavi öncesinde diğer gruba kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha düzgün yaptığı görüldü ($p<0,05$).
- Diğer metriklerin grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarında istatistiksel bir farklılık tespit edilemedi ($p>0,05$).

Tablo 4.7. Dominant el ile yapılan BOT aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	P	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-4,28±0,78	-4,02±1,02	0,07δ	-1,82	-4,22±0,79	-3,88±0,79	0,38γ	-0,91	0,91ß	0,11	0,67α	-0,43
	Transversal	-4,34±1,43	-4,21±1,19	0,32γ	-1,03	-4,87±2,69	-4,47±2,16	0,73δ	-0,09	0,91ß	-0,11	0,68α	0,41
	Sagittal	-3,3±0,49	-3,3±0,78	0,09γ	-1,03	-3,37±0,83	-3,08±0,71	1γ	0,2	0,29 ß	-1,06	0,4α	-0,85
LDJ	Coronal	11,2±0,64	11,22±0,69	0,59δ	-1,82	11,32±0,96	11,17±0,66	0,92δ	-0,09	0,91ß	-0,11	0,82α	0,23
	Transversal	11,06±0,84	10,93±0,51	0,72δ	0,31	10,89±1,01	11,01±0,91	0,64δ	-0,35	0,35ß	0,94	0,76α	-0,3
	Sagittal	9,84±0,55	9,48±0,6	0,55δ	-1,07	9,42±0,44	9,49±0,71	**0,04*δ**	0,47	**0,03*α**	2,11	0,99α	-0,01
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-4,07±4,29	-4,27±4,25	0,76δ	0,54	-2,46±2,83	-2,78±2,86	0,89γ	-0,91	0,26ß	-1,13	0,36ß	-0,91
	Transversal	-3,52±1,44	0,09±3,88	0,11δ	0,31	-1,65±5,44	-0,04±3,45	0,26γ	0,15	0,24 ß	1,17	0,82 ß	0,23
	Sagittal	2,21±4,46	1,49±1	**0,01*δ**	-0,36	0,99±0,55	1,57±0,74	0,53γ	0,2	0,97ß	-0,04	0,65 ß	-0,45
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	1,95±2,35	1,77±3,4	0,29δ	0,54	1,91±2,77	2,14±3,69	0,84γ	0,15	0,94ß	0,08	0,77α	-0,29
	Transversal	-3,14±4,72	-2,73±3,99	0,12δ	-1,07	-3,77±8,3	-1,78±7,06	0,3δ	-0,35	0,8α	0,26	0,41ß	-0,83
	Sagittal	-2,01±2,65	-2,76±2,62	0,49δ	-0,36	-3,18±2,68	-2,62±2,41	0,12δ	0,47	0,23α	1,23	0,87α	-0,16

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

4.3.2. Ceket Asma Aktivitesi

Dominant taraf ile yapılan "ceket asma (CAS) aktivitesine" yönelik FEHA değerleri ve istatistiksel kıyaslamalar Tablo 4.8.'de gösterildi. Grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarda hiçbir parametrede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilemedi (p>0,05). Non-dominant taraf ile yapılan aktiviteye yönelik kinematik veriler EK-1'de gösterildi.

Tablo 4.8. CAS aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	29,13±9,5	28,04±6,93	0,92δ	0,22	31,95±16,85	31,66±12,04	0,79δ	-0,36	0,57α	0,57	0,39ß	0,87
	Transversal	81,64±13,32	79,21±11,29	0,43δ	0,22	82,29±17,59	83,38±20,11	0,52δ	-0,36	0,79ß	0,26	0,48α	0,71
	Sagittal	93,94±9,9	96,18±9,04	0,25δ	0,60	98,4±13,27	95,96±13,29	0,31δ	-0,78	0,3α	1,06	0,96α	-0,06
Dirsek	Transversal	76,16±29,56	70,72±17,54	0,78δ	0,22	61,13±19,21	68,35±22,88	0,18δ	-0,36	0,24ß	-1,17	0,75α	-0,33
	Sagittal	89,31±12,87	92,08±9,19	0,3δ	0,22	88,75±20,09	90,47±14,58	0,87δ	-0,36	0,93α	-0,09	0,72α	-0,37
El Bileği	Coronal	24,6±7,48	25,31±9,24	0,92δ	0,60	24,99±13,37	22,84±7,58	0,79δ	-0,78	0,76ß	-0,30	0,41α	-0,83
	Transversal	27,92±12,78	26,62±11,92	0,64δ	0,60	22,18±10,74	22,83±6,56	0,69δ	-0,78	0,21ß	-1,25	0,27α	-1,13
	Sagittal	32,53±12,67	31,32±11,27	0,55δ	0,72	29,52±11,82	29,46±10,54	0,83δ	-0,31	0,49α	-0,69	0,63α	-0,48

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.

Dominant taraf ile yapılan CAS aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 4.9.'de gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon yönündeki hareketi sırasında LDJ metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'a yaklaştığı) ve hareketin kontrolünün arttığı görüldü ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubunun ulnar/radial deviasyon yönündeki hareketi sırasında SPARC metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı (0'a yaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Diğer metriklerin grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarında istatistiksel bir farklılık tespit edilemedi ($p>0,05$).

Tablo 4.9. Dominant el ile yapılan CAS aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-4,21±1,21	-3,78±1,53	**0,04*δ**	-2,11	-4,56±1,06	-4,01±0,91	0,17γ	-1,45	0,2ß	1,28	0,6α	0,53
	Transversal	-4,19±0,65	-4,12±1,65	0,33δ	0,97	-4,25±0,73	-4,15±0,92	0,84γ	-1	0,76ß	0,3	0,95α	0,06
	Sagittal	-3,44±0,67	-3,28±1,3	0,08 δ	-0,97	-3,85±0,89	-3,45±0,64	0,5γ	-1,14	0,15α	1,47	0,63α	0,49
LDJ	Coronal	12,46±1,31	8,38±9,74	0,1δ	-2,11	12,29±0,92	12,02±0,91	0,33γ	-1,45	0,67α	0,43	0,35ß	0,94
	Transversal	11,89±1,12	8,38±9,74	0,65δ	0,97	11,91±0,99	11,82±0,65	0,33γ	-1,14	0,85ß	-0,19	0,29α	1,07
	Sagittal	10,87±0,85	8,38±9,74	**0,03*δ**	-0,97	11,15±0,64	10,64±0,58	0,33γ	-0,2	0,12ß	-1,55	0,29ß	1,07
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-1,48±2	-1,89±2,06	0,33δ	1,63	-0,19±1,7	-0,69±2,3	0,61δ	0,51	0,06α	-1,96	0,14α	-1,53
	Transversal	-0,88±2,21	-1,61±2,88	0,18δ	-0,21	-0,39±1,71	-1,36±3,16	0,26δ	0,51	0,49α	-0,7	0,45ß	-0,76
	Sagittal	1,27±1,36	1,1±0,95	0,08δ	0,45	1,07±1,27	1,14±0,86	0,65δ	1,14	0,73ß	0,34	0,9α	-0,13
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	-1±3,06	-0,09±1,83	0,83δ	1,63	-0,34±2,13	-0,38±1,8	0,27γ	-1	0,91ß	-0,11	0,33ß	0,98
	Transversal	-0,63±1,5	-0,29±1,98	0,62δ	-0,21	0,42±3,46	-0,76±2,35	0,36δ	1,14	0,65ß	-0,45	0,82ß	0,23
	Sagittal	-1,79±1,45	-2,46±1,6	0,14δ	0,45	-1,47±2,38	-2,63±1,83	0,12δ	0,47	0,23ß	1,23	0,87ß	-0,16

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

4.3.3. Pantolonun Arka Cebine Dokunma Aktivitesi

Bireylerin dominant taraf pantolonun arka cebine dokunma (PAC) aktivitesi sırasındaki üst ekstremite FEHA değerleri incelendi (Tablo 4.10.):

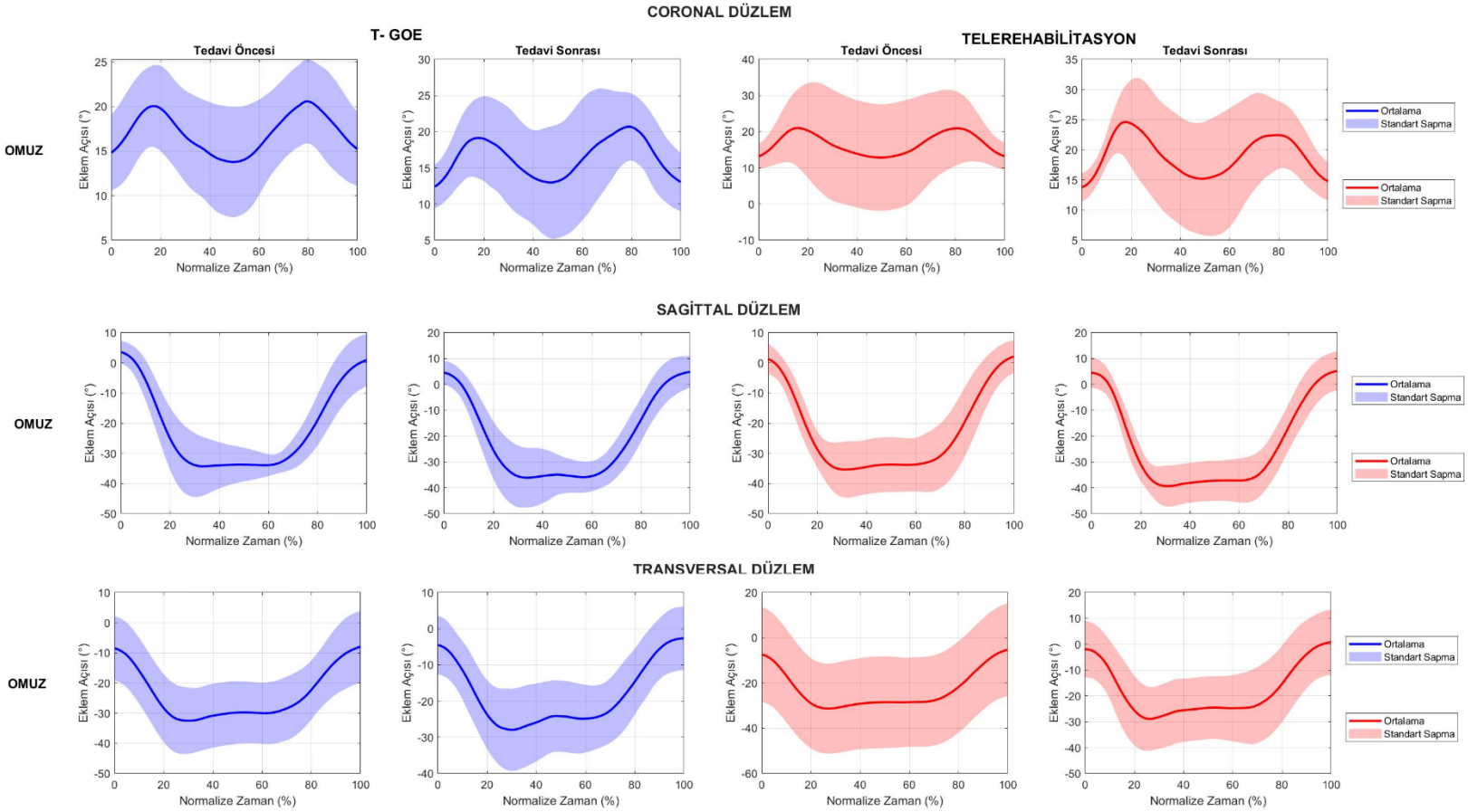
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların aktivite sırasında omuz abduksiyon/adduksiyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların, dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında omuz internal/eksternal rotasyon ve fleksiyon/ekstansiyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların, dominant taraf ile yapılan aktivite sırasında yalnızca omuz abduksiyon/adduksiyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı görüldü ($p<0,05$).
- Gruplar arası karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen üst ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'ların tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.10'de gösterildi. Ayrıca, istatistiksel olarak farklılık görülen eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.2'de gösterildi. Non-dominant taraf ile yapılan aktiviteye yönelik kinematik veriler EK-1'de gösterildi.

Tablo 4.10. Dominant taraf ile yapılan PAC aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	15,55±8,84	16,79±4,74	**0,03*δ**	-0,78	10,89±3,46	14,71±4,32	**0,02*δ**	-1,96	0,06ß	-1,85	0,2α	-1,30
	Transversal	27,71±5,57	31,79±8,74	**0,03*δ**	-0,78	28,06±6,7	27,99±11	0,87δ	-1,96	0,88α	0,16	0,29α	-1,07
	Sagittal	39,29±11,59	47,27±11,62	**0,001*δ**	-0,47	41,63±6,83	45,2±9,21	0,18δ	-1,96	0,15ß	1,43	0,58α	-0,56
Dirsek	Transversal	66,13±35,25	86,39±50,55	0,11γ	-2,95	62,75±24,44	105,18±93,82	0,09γ	-2,49	0,97ß	0,04	0,97ß	0,04
	Sagittal	56±44,91	75,52±58,42	0,27γ	-2,95	43,58±25,96	63,73±47,29	0,1γ	-0,26	0,82ß	-0,23	0,5ß	-0,68
El Bileği	Coronal	12,22±4,91	14,15±9,86	0,34γ	-0,63	12,37±4,95	9,78±4,61	0,29δ	-0,64	0,93α	0,08	0,2ß	-1,28
	Transversal	17,94±8,92	16,07±7,92	0,47δ	-2,23	15,3±9,3	12,27±5,42	0,36δ	-1,96	0,42α	-0,82	0,12α	-1,60
	Sagittal	20,27±10,99	22,8±10,99	0,22δ	-2,23	20,29±8,15	20,32±8,3	0,83δ	-1,96	0,99α	0,01	0,47α	-0,73

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.2. Dominant taraf ile yapılan PAC aktivitesinin bütün düzlemlerdeki omuz ekleminin normalize edilmiş açı grafiği

Dominant taraf ile yapılan PAC aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 4.11.'de gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubunun ulnar/radial deviasyon yönündeki hareketi sırasında LDJ değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı (0'dan uzaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün azaldığı görüldü ($p<0,05$).
- T-GOE grubunun ulnar/radial deviasyon yönündeki hareketi sırasında hız profili değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'a yaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün arttığı bulundu ($p<0,05$).
- Diğer metriklerin grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarında istatistiksel bir farklılık tespit edilemedi ($p>0,05$).

Tablo 4.11. Dominant el ile yapılan PAC aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	P	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-3,78±0,7	-3,86±1,22	0,37 γ	0,92	-3,64±0,85	-3,93±1,17	0,81γ	0,25	0,62α	-0,5	0,87α	0,16
	Transversal	-4,8±1,79	-4,29±1,66	0,65 γ	0,68	-4,58±1,91	-4,34±2,36	0,27γ	0,25	0,74α	-0,33	0,95α	0,06
	Sagittal	-4,7±1,08	-4,67±1,38	0,75 γ	-0,47	-4,04±0,81	-4,15±1,5	0,93γ	-1,14	0,09ß	-1,7	0,31α	-1,03
LDJ	Coronal	11,39±1,03	11,46±0,76	**0,02*δ**	-2,25	11,28±0,97	11,82±1,18	0,64	-0,47	0,68ß	0,42	0,32ß	-1
	Transversal	11,37±0,95	11,5±0,78	0,87δ	-1,49	11,64±1,25	11,61±1,53	0,51γ	-1,14	0,57ß	-0,57	0,79ß	0,26
	Sagittal	11,2±0,59	11,38±1,07	0,38δ	0,17	11,61±1,05	11,66±1,44	0,22	0,41	0,33ß	-0,98	0,55α	-0,61
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-0,88±3,48	-0,1±1,88	0,5γ	0,92	2,73±6,78	1,07±7,39	0,73	-0,47	0,06ß	-2	0,55α	-0,6
	Transversal	-1,75±3,95	-0,13±2,31	0,11δ	-1,49	0,46±3,58	-1,11±3,56	0,25	-0,35	0,14ß	-1,47	0,37ß	0,92
	Sagittal	-1,55±2,36	-0,8±1,24	0,9γ	-0,47	-0,22±2,71	-0,39±5,22	0,4	-1,16	0,2ß	-1,28	0,77α	-0,3
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	0,56±4,59	0,58±4,42	0,14δ	-2,25	-0,27±4,67	1,03±4,34	0,68	-0,35	0,6ß	0,53	0,78α	-0,28
	Transversal	-4,7±4,05	-5,08±5,19	0,75γ	0,68	-2,28±3,56	-2,76±5,81	0,97	0,41	0,2ß	-1,28	0,24α	-1,19
	Sagittal	-4,4±8,62	-3,59±7,77	0,17γ	0,33	-1,39±3,98	-0,15±3,34	0,12γ	0,47	0,23ß	1,23	0,87ß	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

4.3.4. Telefon ile Konuşma Aktivitesi

Bireylerin dominant taraf telefon ile konuşma aktivitesi (TEL) sırasındaki üst ekstremite FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi (Tablo 4.12.):

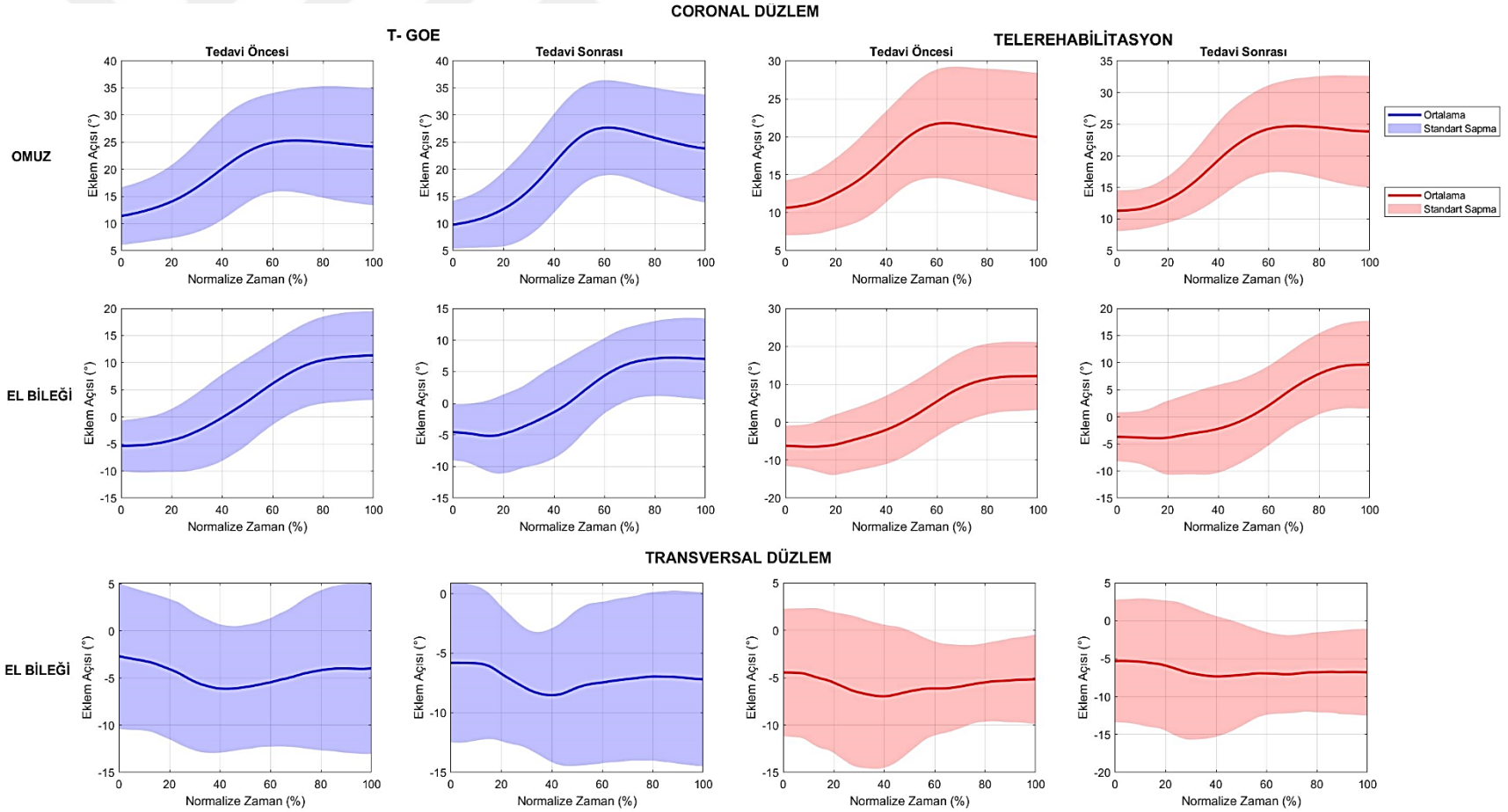
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların aktivite sırasında omuz abduksiyon/adduksiyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubundaki bireylerin dominant taraf el bileği ulnar/radial deviasyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı görüldü ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların dirsek pronasyon/supinasyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı görüldü ($p<0,05$).
- Gruplar arası karşılaştırmalarda ise, tedavi öncesi değerler incelendiğinde; T-GOE grubunun telerehabilitasyon grubuna kıyasla daha az el bileği pronasyon/supinasyonu ve omuz abduksiyon/adduksiyonu gösterdiği tespit edildi. Tedavi sonrası değerlere göre ise; non-dominant el bileği rotasyonunun T-GOE grubu lehine daha fazla olduğu istatistiksel olarak anlamlı olarak bulundu ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen üst ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'ların tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.12.'de gösterildi. Ayrıca, istatistiksel olarak farklılık görülen eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.3.'de gösterildi. Non-dominant taraf ile yapılan aktiviteye yönelik kinematik veriler EK-1'de gösterildi.

Tablo 4.12. TEL aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	12,91±5,59	16,42±6,87	**0,01*γ**	-0,06	17,99±7,58	19,82±8,08	0,33δ	-1,59	**0,04*α**	2,13	0,33ß	0,98
	Transversal	30,06±6,29	31,37±7	0,18δ	-1,22	31,1±8,24	32,95±10,21	0,27δ	-1,59	0,69α	0,40	0,62α	0,50
	Sagittal	48,6±7,46	50,49±9,67	0,43δ	-1,22	52,18±11,68	54,67±12,2	0,13γ	1,05	0,52ß	0,64	0,52ß	0,64
Dirsek	Transversal	55,26±32,2	59,71±31,49	0,97δ	-1,41	45,18±17,5	60,11±25,55	**0,01*δ**	-1,87	0,62ß	-0,49	0,97α	0,04
	Sagittal	120,41±9,95	121,26±11,2	0,71γ	-0,06	120,43±10,61	123,15±7,19	0,31δ	-1,87	0,99α	0,01	0,62ß	-0,49
El Bileği	Coronal	20,85±10,32	15,9±8,63	**0,02*δ**	-1,22	18,93±8,29	14,69±9,31	0,08δ	-0,59	0,56α	-0,59	0,71α	-0,38
	Transversal	7,5±4,24	7,8±4,52	0,87γ	-0,06	11,83±6,46	8,75±9,18	**0,04*γ**	-1,58	**0,03*ß**	2,19	0,55ß	-0,60
	Sagittal	21,34±7,96	19,19±9,94	0,16δ	-1,22	22,76±9,19	21,79±11,65	0,49δ	-0,59	0,65α	0,47	0,51α	0,67

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.3. Dominant taraf ile yapılan TEL aktivitesindeki omuz ve el bileği eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği

Dominant taraf ile yapılan TEL aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 4.13.'te gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubunun pronasyon/supinasyon yönündeki hareketi sırasında SPARC değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı (0'a yaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün arttığı görüldü ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon yönündeki hareketi sırasında hız profili değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'a yaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün arttığı bulundu ($p<0,05$).
- Diğer metriklerin grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarında istatistiksel bir farklılık tespit edilemedi ($p>0,05$).

Tablo 4.13. Dominant el ile yapılan TEL aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-1,59±0,12	-1,59±0,23	0,93γ	-0,09	-1,59±0,21	-1,59±0,17	1γ	-	0,35ß	-0,94	0,99α	-0,02
	Transversal	-1,77±0,37	-1,74±0,4	**0,045*γ**	-1,16	-1,66±0,29	-1,95±0,64	0,66γ	-1	0,35α	-0,95	0,3α	1,07
	Sagittal	-1,63±0,14	-1,62±0,15	0,95γ	-0,52	-1,7±0,17	-1,69±0,31	0,64δ	0,09	0,47ß	0,72	0,55ß	0,6
LDJ	Coronal	11,44±1,94	12±2,82	0,27γ	-0,09	11,08±2,54	11,72±2,86	0,33γ	-	0,55 ß	0,6	0,73ß	0,34
	Transversal	9,88±1,78	9,95±2,59	0,94δ	-0,07	9,81±2,81	9,59±2,15	0,85γ	1,48	0,93α	0,09	0,67α	0,43
	Sagittal	7,59±0,96	7,4±0,83	0,62δ	-0,31	7,48±1,2	7,61±1,13	0,88δ	-0,47	0,79ß	0,26	0,39ß	-0,87
Hız Profili (cm/s)	Coronal	2±7,4	1,1±3,64	0,26γ	-1,15	-2,06±6,16	9,33±3,7	0,16γ	-1	0,39ß	0,87	0,24ß	-1,17
	Transversal	1,3±3,2	1,01±4,51	0,36γ	-1,16	1,62±8,76	3,62±3,43	0,65γ	1,48	0,2ß	1,28	0,08ß	1,77
	Sagittal	4,5±1,3	4,1±1,45	**0,04*γ**	-0,52	4,5±1,62	3,99±1,11	0,14δ	-0,47	0,68ß	0,42	0,76α	0,31
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	1,9±7,39	1,85±8,88	0,61γ	-1,15	7,28±3,48	9,23±2,31	0,92δ	0,09	0,21ß	1,25	0,15α	1,47
	Transversal	-3,64±2,8	-7,92±2,2	0,76δ	-0,07	-1,11±3,09	-1,04±2,71	0,36γ	-0,44	0,5ß	0,68	0,85ß	-0,19
	Sagittal	0,98±4,14	-1±3,82	0,91δ	-0,31	0,38±6,03	0,5±5,84	0,12δ	0,47	0,23α	1,23	0,87α	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

4.3.5. Yemek Yeme Aktivitesi

Bireylerin dominant taraf yemek yeme aktivitesi (YEM) sırasındaki üst ekstremite FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi (Tablo 4.14.):

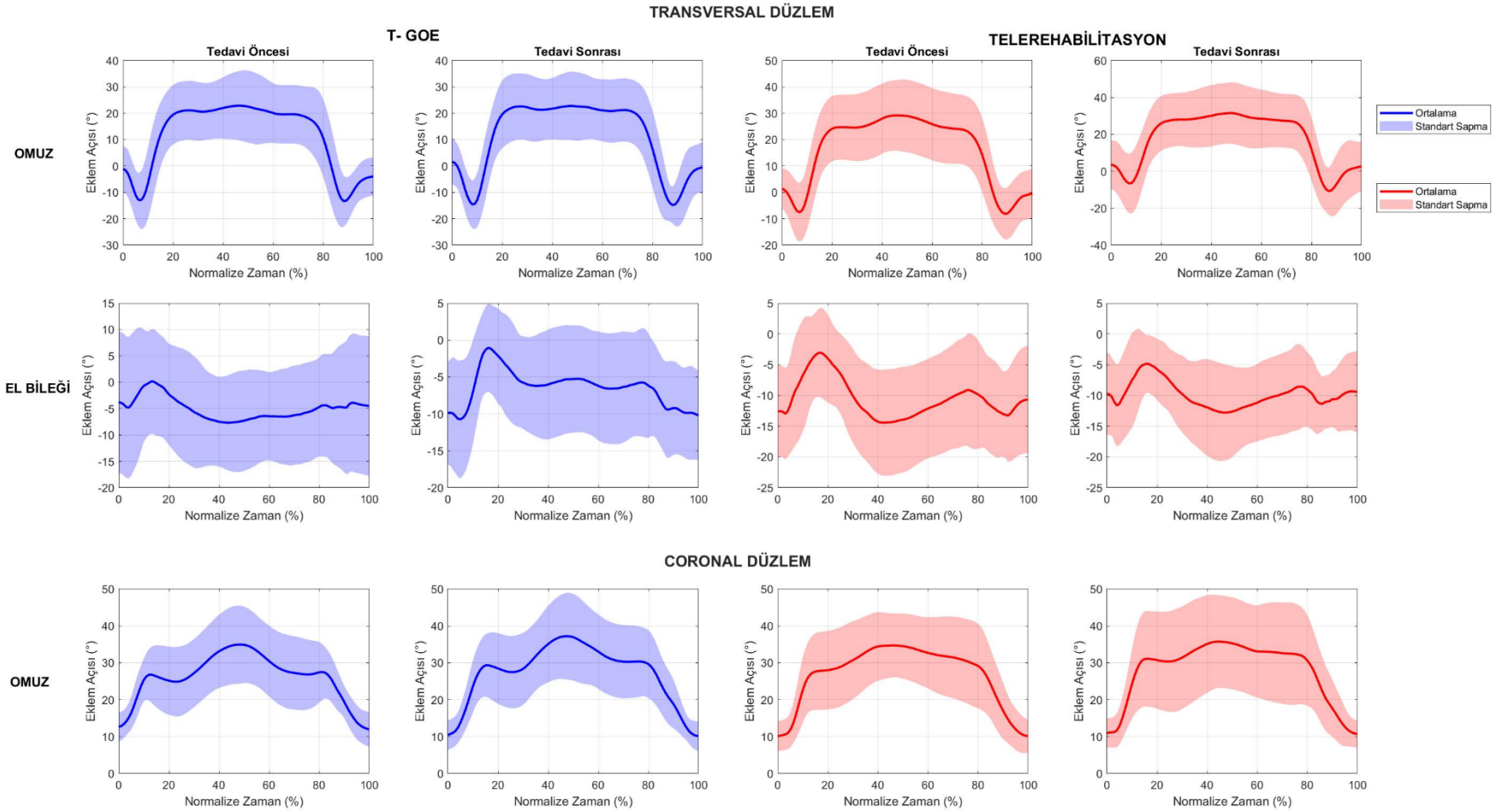
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında omuz internal/eksternal rotasyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubundaki bireylerin el bileği pronasyon/supinasyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı görüldü ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların dominant taraf omuz abduksiyon/adduksiyon ve internal/eksternal rotasyon FEHA'larının istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı görüldü ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen üst ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'ların tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.14.'de gösterildi. Ayrıca, istatistiksel olarak farklılık görülen eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.4.'de gösterildi. Non-dominant taraf ile yapılan aktiviteye yönelik kinematik veriler EK-1'de gösterildi.

Tablo 4.14. Dominant taraf ile yapılan YEM aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	27,5±9,99	28,14±12,06	0,73δ	0,16	25,51±9,58	29,7±9,35	**0,01*δ**	-0,83	0,57α	-0,58	0,68α	0,41
	Transversal	42,55±12,25	47,9±12,06	**0,001*δ**	-0,91	43,39±8,79	47,29±11,34	**0,04*δ**	-0,83	0,82α	0,22	0,88α	-0,15
	Sagittal	54,04±12,04	55,05±15,45	0,73δ	-0,91	57,02±14,3	59,17±15,14	0,31δ	0,45	0,53α	0,63	0,45α	0,76
Dirsek	Transversal	58,93±15,64	62,07±21,64	0,36δ	-0,91	64,87±16,65	63,22±19,06	0,79δ	-0,83	0,31α	1,04	0,71ß	0,38
	Sagittal	105,33±12,93	108,22±7,11	0,88δ	-0,91	112,61±14,43	113,17±10,31	0,91δ	-0,83	0,15α	1,49	0,13α	1,56
El Bileği	Coronal	26,96±8,7	24,88±8,33	0,36γ	-0,17	22,48±10,74	22,37±5,43	0,95γ	-1,13	0,21α	-1,28	0,13ß	-1,51
	Transversal	20,75±7,97	15,91±6,45	**0,03*δ**	-0,91	18,23±6,16	15,98±6,2	0,23δ	0,92	0,32α	-1,01	0,98α	0,03
	Sagittal	36,03±13,84	35,91±14,84	0,97γ	-0,52	36,25±14,03	33,53±11,13	0,43δ	0,92	0,96α	0,04	0,61α	-0,52

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.4. Dominant taraf ile yapılan YEM aktivitesindeki omuz ve el bileği eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği

Dominant taraf ile yapılan YEM aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 4.15.'te gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon yönündeki hareketi sırasında ivme profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'dan uzaklaştığı) ve hareket kontrolünün azaldığı görüldü ($p<0,05$).
- Gruplar arası kıyaslamalarda pronasyon/supinasyon hareketi sırasında ivme profili metriğinin T-GOE grubunda telerehabilitasyondakilere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde fazla olduğu ve aktiviteyi başlangıçta daha düzgün gerçekleştirdiği tespit edildi ($p<0,05$).
- Diğer metriklerin grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarında istatistiksel bir farklılık tespit edilemedi ($p>0,05$).

Tablo 4.15. Dominant el ile yapılan YEM aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-8,27±1,61	-8,22±1,29	0,49δ	-0,69	-8,79±1,77	-8,37±1,92	0,88δ	-0,16	0,4α	0,86	0,79α	0,27
	Transversal	-7,34±2,45	-7,79±1,61	0,69δ	1,73	-8,19±2,17	-8,39±3,3	0,43δ	1,29	0,31α	1,04	0,52α	0,65
	Sagittal	-7,49±1,71	-7,65±1,38	0,43δ	0,4	-7,7±1,48	-7,46±1,97	0,97δ	0,78	0,72α	0,36	0,76α	-0,31
LDJ	Coronal	12,82±0,58	12,79±0,39	0,08δ	-0,69	12,94±0,69	12,62±0,55	0,2δ	-0,16	0,39ß	-0,87	0,29ß	1,06
	Transversal	13,64±0,79	13,82±0,62	0,72δ	-0,45	13,71±1	13,75±0,95	0,3δ	-1,41	0,82α	-0,23	0,85ß	0,19
	Sagittal	13,35±0,82	13,44±0,79	0,77γ	-1,33	13,38±1	13,33±0,9	0,33δ	-1,04	0,93α	-0,09	0,7α	0,39
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-1,22±0,79	-0,89±1,36	0,65δ	1,73	-1±1,51	-0,72±0,73	0,16δ	1,29	0,63α	-0,48	0,66α	-0,45
	Transversal	0,11±0,98	0,1±1,14	0,2γ	0,84	-0,11±1,16	0,37±1,89	0,78δ	-1,41	0,56α	0,59	0,63α	-0,48
	Sagittal	0,27±0,78	0,26±0,68	0,29δ	0,4	0,13±0,73	0,4±0,72	0,64δ	-1,04	0,6α	0,53	0,58α	-0,56
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	1,01±0,94	1,34±1,72	0,41γ	0,84	1,26±2,48	0,5±2,47	0,38γ	-0,91	0,72α	-0,36	1 ß	0
	Transversal	-3,11±2,5	-3,9±2,86	0,23δ	-0,45	-1,31±1,53	-2,39±2,6	0,43δ	0,78	**0,02*α**	-2,49	0,13α	-1,57
	Sagittal	-1,51±4,13	-2,72±2,5	**0,01*δ**	0,36	-0,54±1,64	-1,99±2,27	0,12γ	0,47	0,23α	1,23	0,87α	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

4.3.6. Öne Doğru Fonksiyonel Uzanma Aktivitesi

Bireylerin öne doğru fonksiyonel uzanma aktivitesi sırasındaki üst ekstremite FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi (Tablo 4.16.):

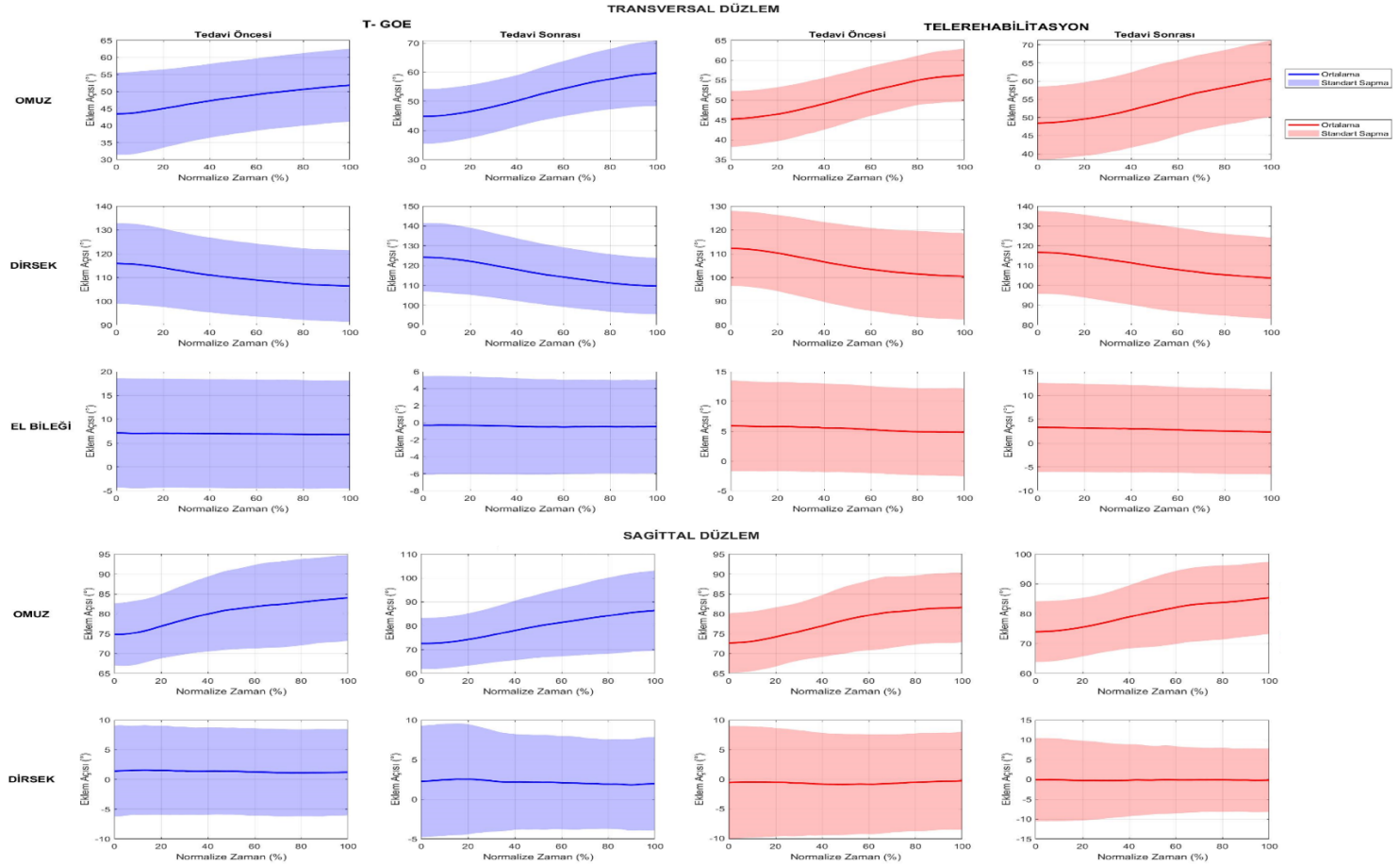
- T-GOE grubundaki katılımcıların dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında omuz internal/eksternal rotasyon ve fleksiyon/ekstansiyon FEHA'larının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında dirsek pronasyon/supinasyon ve fleksiyon/ekstansiyon FEHA'larının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Gruplar arası el bileği pronasyon/supinasyon değerleri karşılaştırıldığında, telerehabilitasyon grubunun tedavi başlangıcında T-GOE grubuna göre daha fazla rotasyon yaptığı görüldü ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen üst ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'ların tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.16.'da gösterildi. Ayrıca, istatistiksel olarak farklılık görülen eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.5.'de gösterildi.

Tablo 4.16. FUZ aktivitesinin üst ekstremite fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	**Coronal**	15,76±6,88	16,79±7,92	0,33δ	-0,53	14,62±8,15	16,86±7,44	0,19δ	-2,67	0,68α	-0,42	0,98α	0,02
	Transversal	11,28±6,63	12,34±6,66	0,43δ	-0,53	8,44±5,79	15,04±9,54	**0,001*δ**	-2,67	0,19ß	-1,32	0,37α	0,92
	Sagittal	9,74±6,69	11,7±8,04	0,14δ	-0,53	10,11±7,49	14,57±9,77	**0,02*δ**	0,59	0,76ß	0,30	0,57ß	0,57
Dirsek	**Transversal**	12,03±5,15	13,1±5,4	0,27δ	-0,53	9,58±4,39	14,83±6,21	**0,001*δ**	-2,67	0,16α	-1,45	0,41α	0,83
	Sagittal	2,62±1,96	3,25±2,45	0,29γ	-2,21	1,89±1,51	3,09±2,93	**0,03*γ**	-1,64	0,24ß	-1,17	0,94ß	-0,08
El Bileği	**Coronal**	1,1±0,55	0,95±0,61	0,36δ	-0,53	1,25±1,49	1,28±1,23	0,93γ	-1,64	0,47ß	-0,72	0,71ß	0,38
	Transversal	1,62±1,1	1,18±1	0,2γ	-2,76	0,75±0,53	0,74±0,41	0,94γ	0,94	**0,01*ß**	-2,53	0,31ß	-1,02
	Sagittal	2,31±1,36	1,86±1,51	0,43δ	-0,53	2,06±1,6	1,83±1,1	0,59δ	-2,67	0,5ß	-0,68	0,76ß	0,30

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, γ: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.5. Dominant taraf ile yapılan FUZ aktivitesindeki üst ekstremite eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği

Dominant taraf ile yapılan FUZ aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 4.17.'te gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- T-GOE grubunun pronasyon/supinasyon yönündeki hareketi sırasında LDJ metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'a yaklaştığı) ve hareket kontrolünün arttığı görüldü ($p<0,05$).
- Gruplar arası kıyaslamalarda fleksiyon/ekstansiyon hareketi sırasında hız profili metriğinin T-GOE grubunda telerehabilitasyondakilere kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı farklı olduğu (0'a daha yakın) ve aktiviteyi tedavi sonrasında daha düzgün gerçekleştirdiği tespit edildi ($p<0,05$).
- Diğer metriklerin grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarında istatistiksel bir farklılık tespit edilemedi ($p>0,05$).

Tablo 4.17. Dominant el ile yapılan FUZ aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-3,18±1,47	-2,59±1,15	0,39γ	-0,88	-2,87±1,59	-2,55±1,24	0,11γ	-1,72	0,5ß	-0,68	0,93α	-0,09
	Transversal	-2,06±0,7	-2,09±0,96	0,13γ	-0,16	-2,55±1,18	-2,12±0,84	0,82γ	0,95	0,27ß	1,1	0,94α	0,08
	Sagittal	-2,35±0,61	-2,1±0,45	0,23γ	-0,15	-2,61±0,96	-2,27±0,62	0,11γ	0,23	0,85ß	0,19	0,39α	0,87
LDJ	Coronal	12,29±2,6	12,36±3,01	0,76δ	-0,31	11,01±2,49	11,76±3,46	0,88δ	-0,16	0,14ß	1,47	0,45ß	0,76
	Transversal	15,03±2,29	12,83±2,22	0,83δ	-0,31	13,9±1,81	13,71±2,27	**0,01*γ**	0,84	0,17ß	1,36	0,29ß	-1,06
	Sagittal	16,3±2,84	15,6±3,08	0,55δ	0,21	15,68±2,03	15,97±2,68	0,43δ	-0,16	0,82ß	0,23	0,65ß	-0,45
Hız Profili (cm/s)	Coronal	6,49±4,9	3,8±1,89	0,88γ	-0,88	3,09±2,24	5,4±6,07	0,36γ	-1,72	0,14ß	-1,47	0,58α	-0,57
	Transversal	-2,64±2,04	-8,8±10,83	0,24γ	-0,15	2,77±1,02	3,1±1,26	0,78γ	0,84	0,82ß	-0,23	0,78α	-0,29
	Sagittal	-4,76±1,79	-6,25±18,28	0,15γ	-1,59	1,7±1,32	1,9±2,62	0,83 γ	2,9	0,36ß	-0,91	**0,04*α**	-2,11
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	-1,09±2,13	-1,9±3,06	0,88γ	-0,16	-0,93±3,02	-0,71±6,33	0,41γ	0,95	0,36ß	-0,91	0,51α	-0,66
	Transversal	3,02±5,45	1,32±5,89	0,43δ	0,21	4,1±4,77	2,45±4,82	0,35γ	0,23	0,62ß	-0,49	0,76ß	-0,3
	Sagittal	0,49±1,95	-0,41±1,88	0,11γ	-1,59	0,34±2,53	-2,14±5,35	0,12γ	0,47	0,23ß	1,23	0,87ß	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

Bireylerin fonksiyonel uzanma aktivitesi sırasındaki gövde eklemlerinin FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi:

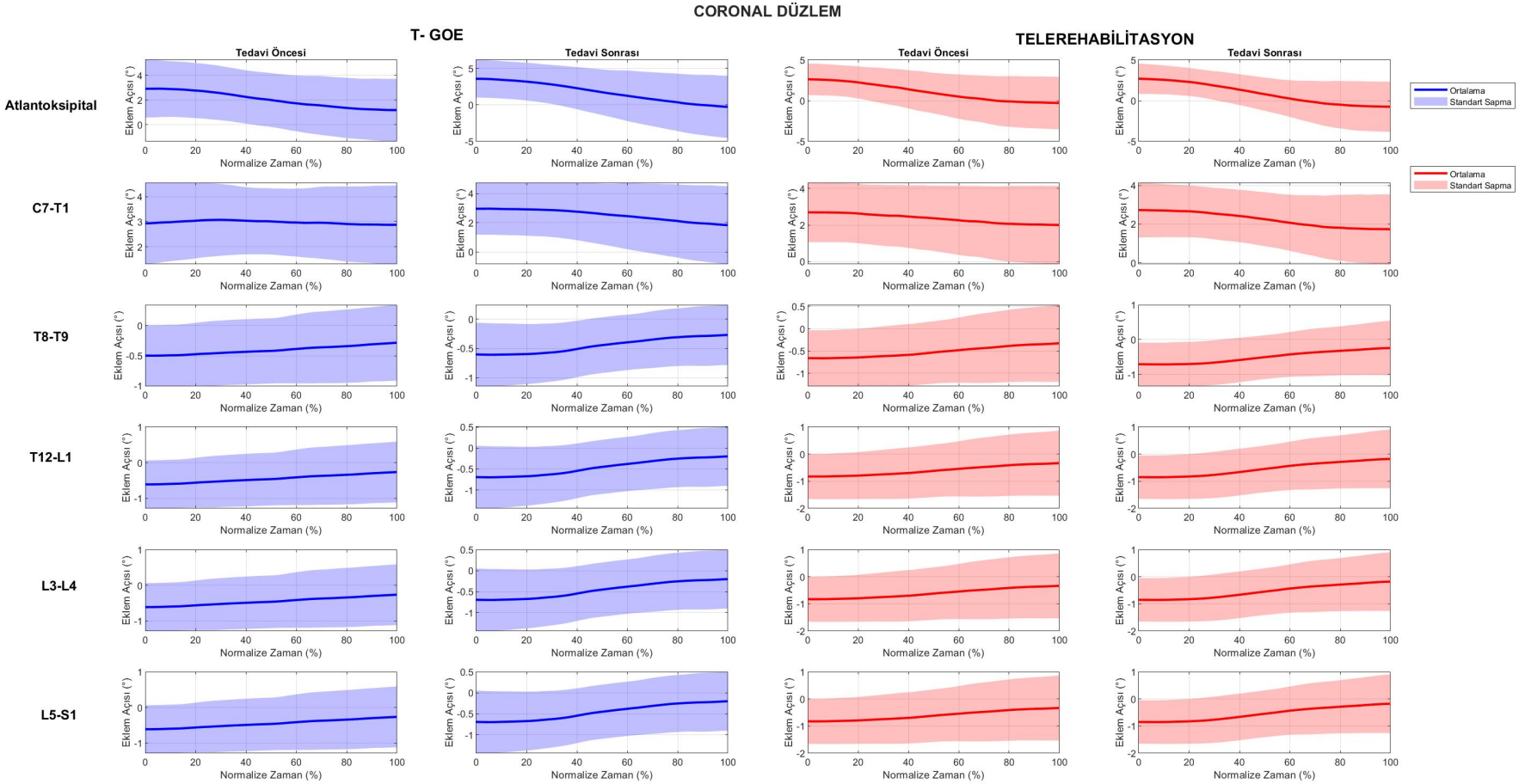
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların aktivite sırasında C7-T1 eklemi sağa/sola lateral fleksiyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların aktivite sırasında T8-T9, T12-L1 ve L5-S1 eklemleri sağa/sola lateral fleksiyon ve sağa/sola aksiyal rotasyon FEHA'larının tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların aktivite sırasında atlanto-oksipital ve C7-T1 eklemleri fleksiyon/ekstansiyon ve sağa/sola lateral fleksiyon FEHA'larının tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen gövde ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'ların tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.18.'de gösterildi. Ayrıca, istatistiksel olarak farklılık görülen eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.6.'da ve Şekil 4.7.'de gösterildi.

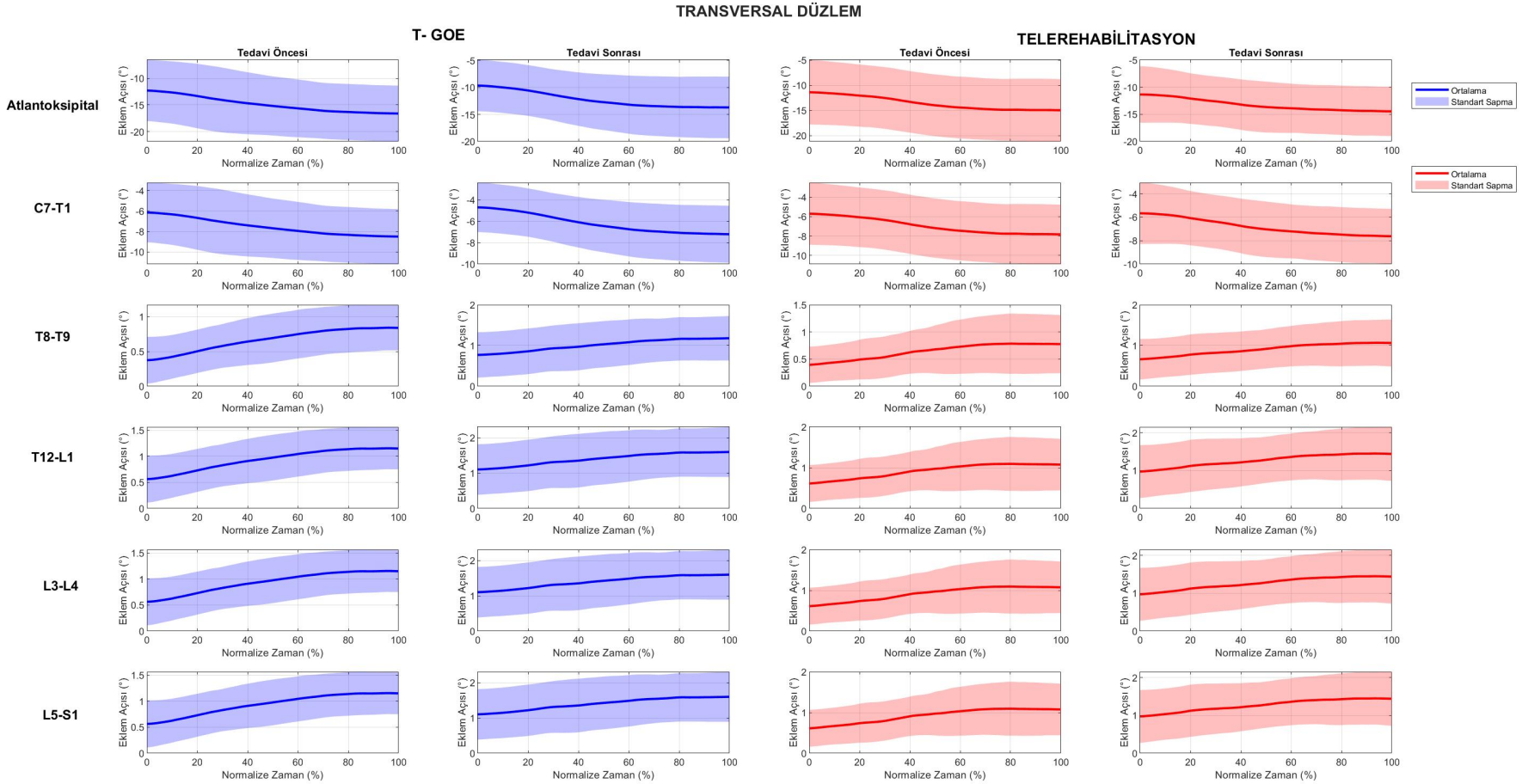
Tablo 4.18. Dominant taraf ile yapılan FUZ aktivitesinin gövdeye yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Atlanto-oksipital	**Coronal**	3,06±2,42	3,63±2,83	0,06γ	-2,02	2,31±1,87	4,22±2,99	**0,001*δ**	-3,24	0,24ß	-1,17	0,65ß	0,45
	Transversal	3,85±3,1	3,98±3,56	0,8γ	-2,02	4,91±3	4,49±2,95	0,33δ	-3,24	0,26ß	1,13	0,39ß	0,87
	Sagittal	14,09±5,95	16,39±7,69	0,3δ	-1,04	11,49±5,58	15,54±6,05	**0,01*δ**	0,97	0,21α	-1,27	0,73α	-0,35
C7-T1	**Coronal**	1,12±0,95	1,44±1,11	**0,04*γ**	-0,26	1,12±0,68	1,91±1,2	**0,01*δ**	0,97	0,52ß	0,64	0,31ß	1,02
	Transversal	2,24±1,65	2,32±2	0,77γ	-0,26	2,56±1,65	2,63±1,62	0,55δ	-2,67	0,57ß	0,57	0,31ß	1,02
	Sagittal	7,71±3,3	8,97±4,18	0,27δ	-1,04	6,3±3,08	8,49±3,31	**0,01*δ**	-2,67	0,22α	-1,25	0,72α	-0,36
T8-T9	**Coronal**	0,43±0,33	0,58±0,47	**0,04*γ**	-2,21	0,39±0,29	0,5±0,31	0,13γ	-1,62	0,62ß	-0,49	0,97ß	-0,04
	Transversal	0,54±0,57	0,75±0,56	**0,01*γ**	-2,21	0,58±0,37	0,52±0,28	0,38γ	-1,62	0,73ß	0,34	0,15ß	-1,43
	Sagittal	1,1±0,78	1,24±0,89	0,59δ	-1,10	0,76±0,66	0,86±0,53	0,59γ	0,89	0,1ß	-1,62	0,31ß	-1,02
T12-L1	**Coronal**	0,6±0,49	0,8±0,67	**0,04*γ**	-0,29	0,55±0,41	0,69±0,43	0,12γ	0,89	0,71ß	-0,38	0,97ß	0,04
	Transversal	0,71±0,72	0,99±0,71	**0,02*γ**	-0,29	0,75±0,47	0,67±0,35	0,36γ	-0,54	0,91ß	0,11	0,14ß	-1,47
	Sagittal	1,47±1,04	1,65±1,19	0,59δ	-1,10	1,02±0,88	1,15±0,71	0,59γ	-0,54	0,1ß	-1,62	0,31ß	-1,02
L3-L4	**Coronal**	0,6±0,49	0,8±0,67	**0,04*γ**	-2,30	0,55±0,41	0,69±0,43	0,12γ	-1,64	0,71ß	-0,38	0,97ß	0,04
	Transversal	0,71±0,72	0,99±0,71	**0,02*γ**	-2,30	0,75±0,47	0,67±0,35	0,36γ	-1,64	0,91ß	0,11	0,14ß	-1,47
	Sagittal	1,47±1,04	1,65±1,19	0,59δ	-0,53	1,02±0,88	1,15±0,71	0,59γ	0,94	0,1ß	-1,62	0,31ß	-1,02
L5-S1	**Coronal**	1,26±0,93	1,69±1,4	**0,04*γ**	-2,89	1,18±0,83	1,47±0,91	0,15γ	0,94	0,79ß	-0,26	0,94ß	0,08
	Transversal	1,62±1,72	2,25±1,7	**0,02*γ**	-2,89	1,74±1,11	1,56±0,85	0,4γ	-0,55	0,76ß	0,30	0,15ß	-1,43
	Sagittal	3,33±2,36	3,75±2,7	0,59δ	-0,53	2,29±1,97	2,59±1,59	0,58γ	-0,55	0,11ß	-1,59	0,29ß	-1,06

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Sağa / (-) Sola Lateral Fleksiyon, **Transversal**: (+) Sağa/ (-) Sola Aksiyal Rotasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon, **Maks:** Maksimum açı**, Min:** Minimum açı **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.6. FUZ aktivitesi sırasında gövde eklemlerinin coronal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği.



Şekil 4.7. FUZ aktivitesi sırasında gövde eklemlerinin transversal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği.

4.3.7. Yana Doğru Fonksiyonel Uzanma Aktivitesi

Bireylerin yana doğru fonksiyonel uzanma aktivitesi (FUZY) sırasındaki üst ekstremite FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi:

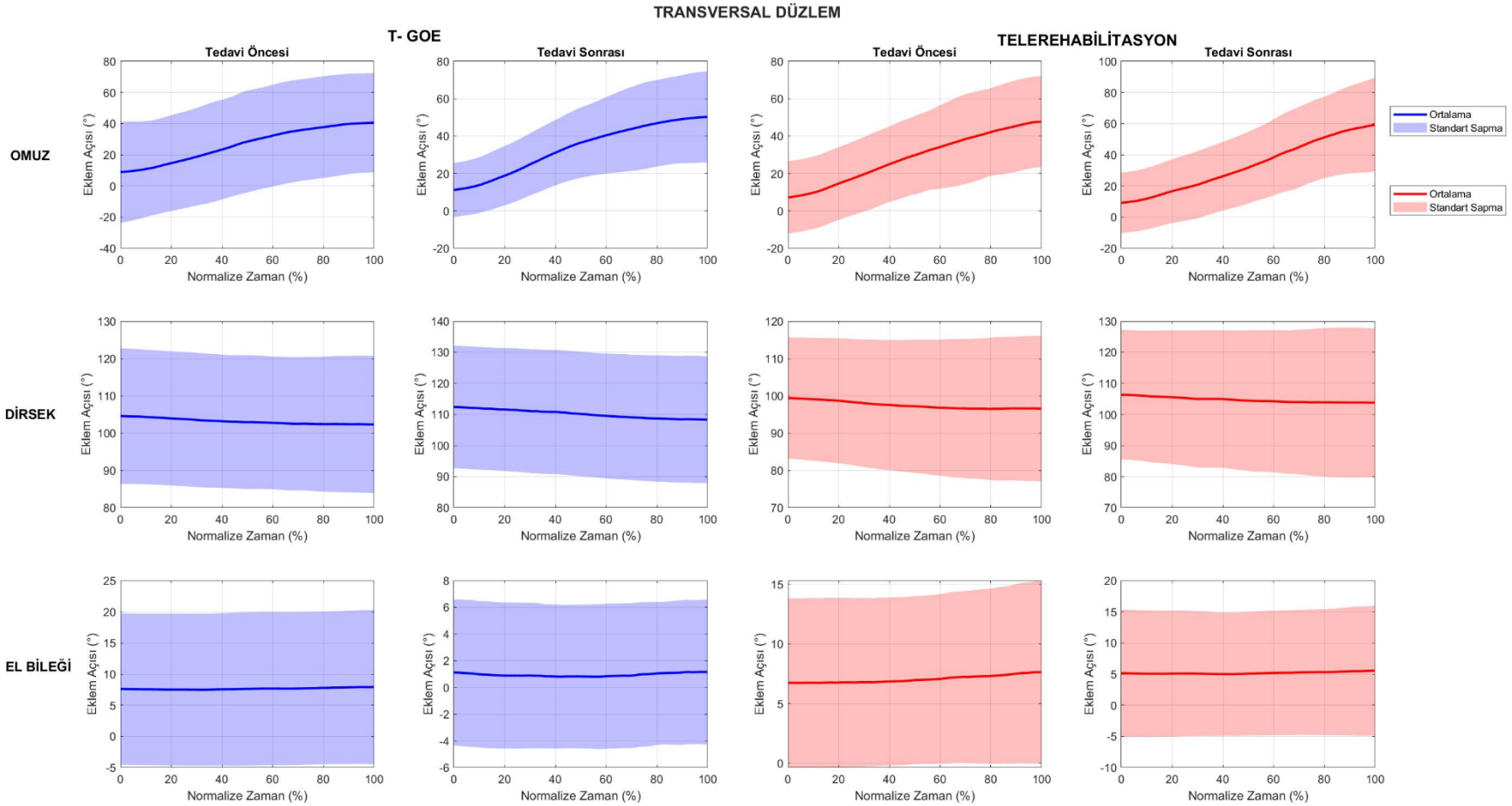
- T-GOE grubundaki katılımcıların dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında dirsek pronasyon/supinasyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- Gruplar arası dirsek pronasyon/supinasyon değerleri karşılaştırıldığında, telerehabilitasyon grubunun tedavi başlangıcında T-GOE grubuna göre daha fazla rotasyon yaptığı görüldü ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen üst ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'ların tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.19.'de gösterildi. Ayrıca, istatistiksel olarak farklılık görülen eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.8.'de gösterildi.

Tablo 4.19. Dominant taraf ile yapılan FUZY aktivitesinin üst ekstremite açısal kinematiklerinin karşılaştırılması

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	6,15±4,77	6,07±3,6	0,97δ	-0,41	5,79±4,42	6,77±4,2	0,44γ	-3,33	0,82ß	-0,23	0,62α	0,50
	Transversal	40,66±25,92	50,39±31,56	0,1γ	0,47	32,45±20,44	39,27±19,77	0,46δ	-3,20	0,32α	-1,00	0,5ß	-0,68
	Sagittal	39,52±27,93	50,61±31,53	0,07γ	-0,83	32,86±21,8	39,76±20,38	0,46δ	-3,20	0,43ß	-0,79	0,55ß	-0,60
Dirsek	Transversal	5,87±3,92	5,73±4,2	0,91γ	-1,75	3,16±3	4,93±4,6	**0,01*γ**	-3,33	**0,01*ß**	-2,45	0,45ß	-0,76
	Sagittal	2,35±2,2	3,19±3,59	0,23γ	-1,75	2,46±3,46	3,14±4,09	0,08γ	-2,05	1ß	0,00	0,36ß	0,91
El Bileği	Coronal	1,05±0,77	1,73±1,79	0,23γ	-1,94	1,73±1,68	2±1,84	0,58γ	-2,05	0,41ß	0,83	0,94ß	0,08
	Transversal	1,34±1,08	1,2±0,94	0,5γ	-1,94	0,94±0,52	0,96±0,71	0,9γ	-3,33	0,5ß	-0,68	0,45ß	-0,76
	Sagittal	1,41±0,74	1,5±0,74	0,88δ	-0,91	1,35±0,88	1,85±1,38	0,12γ	-3,33	0,85α	-0,19	0,76ß	0,30

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.8. FUZY aktivitesi sırasında üst ekstremite eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği

Dominant taraf ile yapılan FUZY aktivitesinin hareket düzgünlüğü ve kalite metriklerine yönelik parametreler incelendiğinde grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarda istatistiksel açıdan bir farklılık tespit edilemedi (p>0,05) (Tablo 4.20.).

Tablo 4.20. Dominant el ile yapılan FUZY aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-3,15±1,89	-2,84±1,6	0,39 γ	-	-2,8±1,48	-2,77±1,39	0,94 γ	0,88	0,68ß	0,42	0,94α	0,08
	Transversal	-2,35±1,09	-2,44±1,33	0,58 γ	-	-2,65±1,34	-2,48±1,21	0,72 γ	0,02	0,45ß	-0,76	0,94α	0,08
	Sagittal	-2,12±0,43	-2,19±0,45	0,45 γ	0,78	-2,94±1,29	-3,07±1,76	0,98 δ	-0,07	0,1ß	-1,66	0,1ß	-1,66
LDJ	Coronal	11,84±2,55	12,25±3,09	0,39 δ	-0,89	11,92±4,11	11,67±2,94	0,7 δ	0,39	0,95ß	0,06	0,59ß	-0,54
	Transversal	13,29±2,12	13,51±2,78	0,72γ	-0,37	14,43±2,2	13,7±2,83	0,38 δ	-0,07	0,15ß	1,49	0,94ß	-0,08
	Sagittal	14,82±2,01	15,41±2,56	0,28 δ	-1,13	14,9±2,2	14,75±2,42	0,84 δ	-0,07	0,92ß	0,11	0,46α	-0,74
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-0,05±0,8	0,96±2,92	0,17 γ	-	8,88±38,46	0,74±2,64	0,83 γ	1,11	0,47ß	0,72	0,73α	-0,34
	Transversal	2,45±5,1	-1,76±9,28	0,14 γ	-	4,11±11,54	-3,31±16,34	0,27 γ	0,12	0,85ß	0,19	0,82α	0,23
	Sagittal	1,31±4,67	3,36±7,72	0,3 γ	-1,09	0,66±6,56	3,39±12,82	0,94 δ	0,21	0,31ß	-1,02	0,52α	-0,64
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	-0,02±0,04	-0,01±0,03	0,37 δ	-0,92	-0,01±0,04	-0,01±0,04	0,88 δ	-0,15	0,52ß	0,65	0,88ß	0,15
	Transversal	0,03±0,06	0,03±0,03	0,99 δ	0,01	0,03±0,07	0,04±0,04	0,66 δ	-0,45	0,97ß	0,04	0,57α	0,57
	Sagittal	-0,01±0,05	-0,01±0,03	0,81 γ	-	-0,02±0,06	-0,02±0,07	0,12 γ	0,47	0,23ß	1,23	0,87ß	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

Bireylerin yana doğru fonksiyonel uzanma aktivitesi (FUZY) sırasındaki gövde eklemlerinin FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi (Tablo 4.21.):

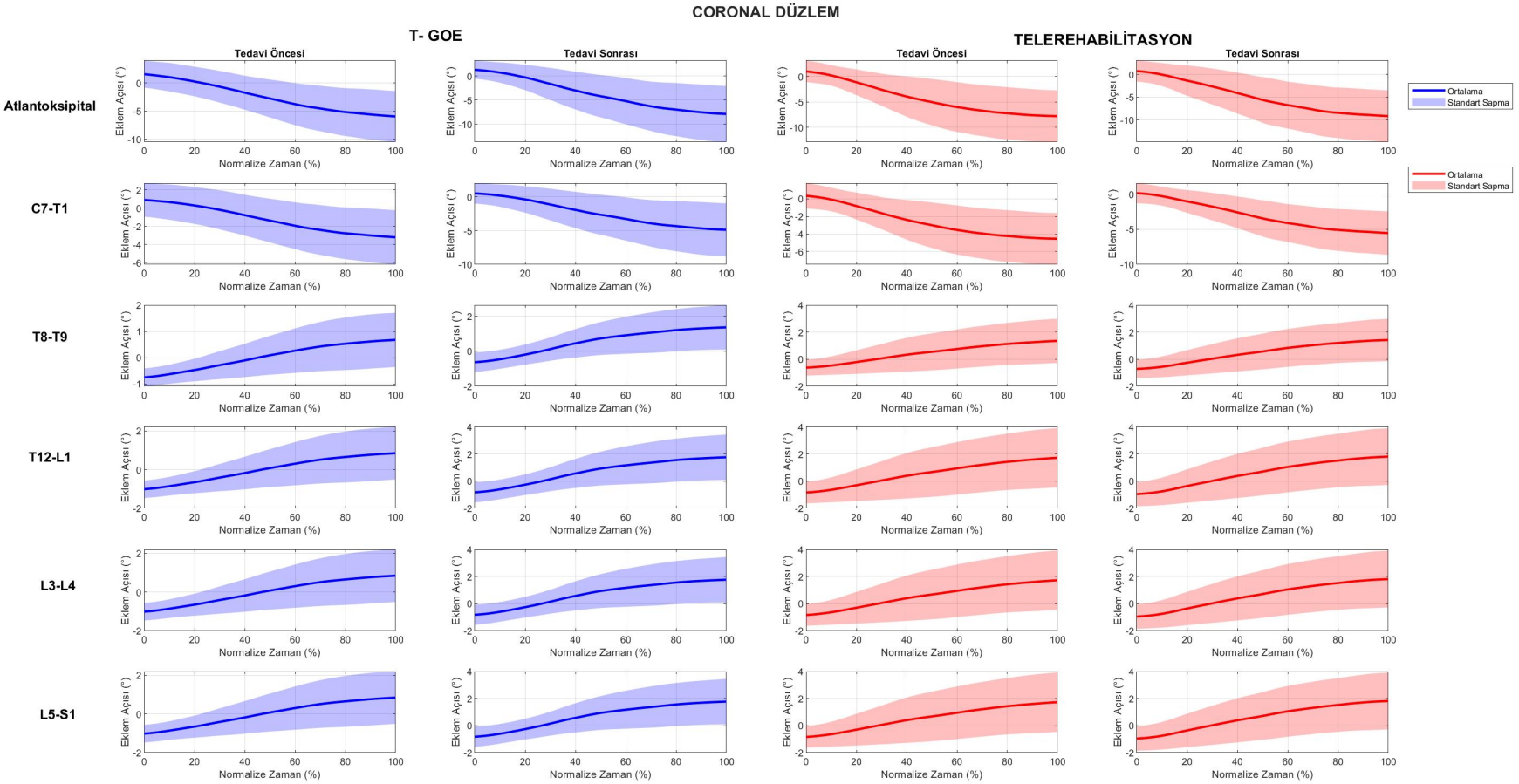
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında atlanto-oksipital ve C7-T1 eklemlerindeki aksiyal rotasyon FEHA'larının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında atlanto-oksipital, T8-T9, T12-L1, L3-L4 ve L5-S1 eklemlerindeki sağa/sola lateral fleksiyon ve fleksiyon/ekstansiyon FEHA'larının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı tespit edildi ($p<0,05$). Benzer şekilde, T8-T9, T12-L1 ve L5-S1 eklemlerinin sağa/sola rotasyon FEHA'larının arttığı istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$).
- Gruplar arası T8-T9, T12-L1, L3-L4 ve L5-S1 eklemlerinin fleksiyon/ekstansiyon değerleri karşılaştırıldığında, telerehabilitasyon grubunun tedavi başlangıcında T-GOE grubuna göre daha fazla fleksiyon/ekstansiyon yaptığı görüldü ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen üst ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'ların tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.26.'de gösterildi. Ayrıca, istatistiksel olarak farklılık görülen eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.9.'da ve Şekil 4.10.'da gösterildi.

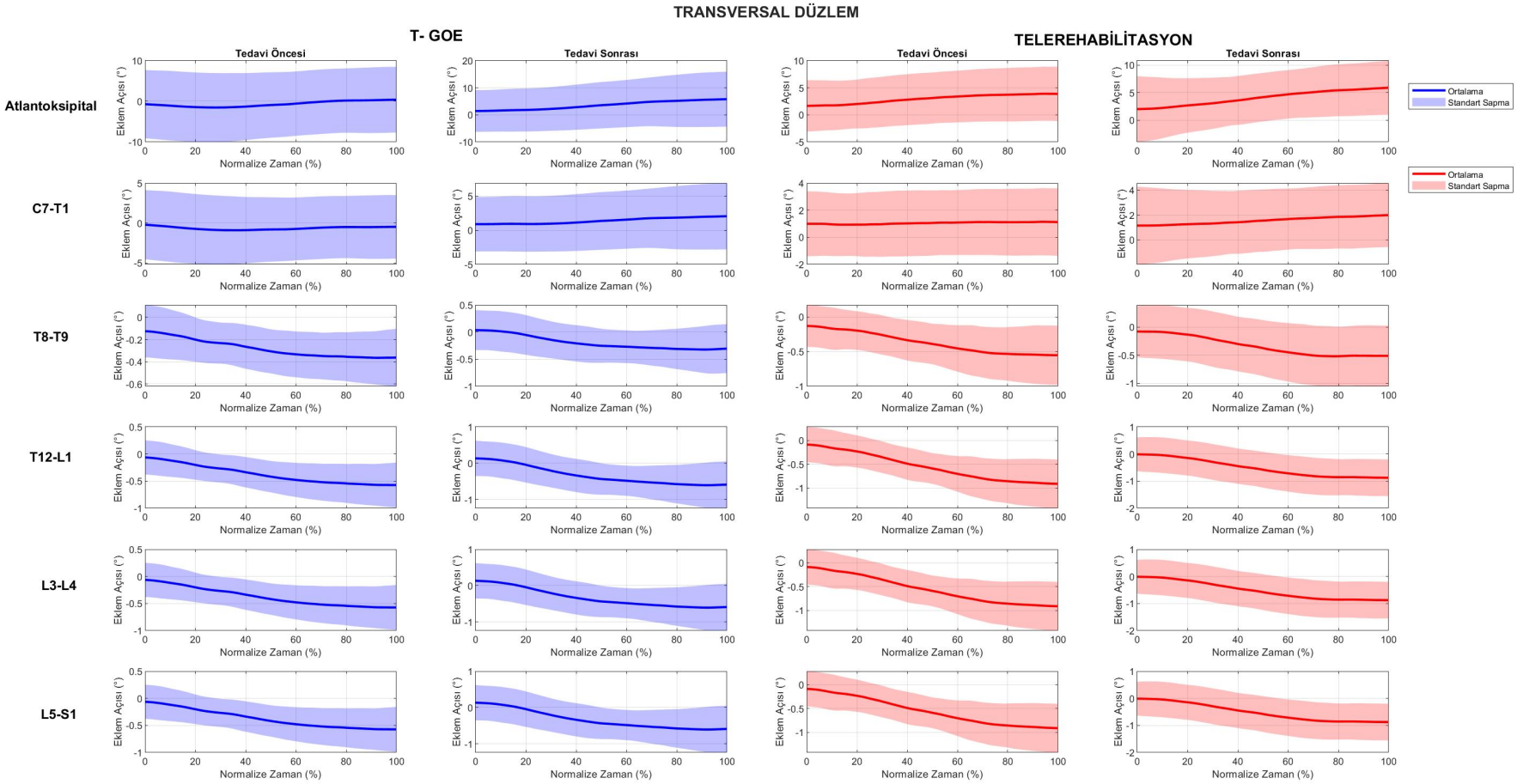
Tablo 4.21. Dominant taraf ile yapılan FUZY aktivitesinin gövdeye yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Atlanto-oksipital	**Coronal**	8,85±5,54	9,99±5,34	0,14δ	-1,48	7,54±4,67	9,23±5,11	0,08δ	-1,78	0,65ß	-0,45	0,68α	-0,42
	Transversal	3,41±1,99	4,96±2,79	**0,02*δ**	-1,48	3,67±3,59	5,31±4,3	0,16γ	-1,48	0,33ß	-0,98	0,79ß	-0,26
	Sagittal	3,06±2,07	2,95±2,3	0,83γ	0,22	2,96±1,74	4,83±3,42	**0,01*δ**	-1,78	0,88α	-0,15	0,13ß	1,51
C7-T1	**Coronal**	4,92±3,12	5,74±3,1	0,1δ	-2,35	4,13±2,63	5,41±3,09	**0,01*δ**	-2,53	0,52ß	-0,64	0,77α	-0,30
	Transversal	1,24±0,61	1,83±0,86	**0,02*δ**	-2,35	1,69±1,82	1,89±1,82	0,75γ	-1,48	0,82ß	-0,23	0,41ß	-0,83
	Sagittal	1,62±1,1	1,5±1,15	0,64γ	0,22	1,57±0,94	2,48±1,73	**0,01*δ**	-2,53	0,91ß	0,11	0,1ß	1,62
T8-T9	**Coronal**	1,99±1,29	2,14±1,29	0,73δ	-1,66	1,44±0,87	2,01±1,11	**0,001*δ**	-2,53	0,16α	-1,45	1ß	0,00
	Transversal	0,51±0,27	0,54±0,3	0,59δ	-1,66	0,39±0,32	0,55±0,43	**0,04*γ**	-0,33	0,1ß	-1,66	0,76ß	-0,30
	Sagittal	0,66±0,37	0,62±0,36	0,97δ	-2,35	0,23±0,13	0,56±0,44	**0,001*γ**	-0,33	**0,001*ß**	-3,74	0,55ß	-0,60
T12-L1	**Coronal**	2,59±1,71	2,78±1,72	0,68δ	-2,35	1,87±1,14	2,62±1,45	**0,001*δ**	-2,53	0,17α	-1,41	0,94ß	0,08
	Transversal	0,87±0,45	0,95±0,47	0,36δ	-0,35	0,64±0,48	0,9±0,68	0,06*γ	-2,08	0,1ß	-1,66	0,45ß	-0,76
	Sagittal	0,88±0,49	0,82±0,47	0,92δ	-0,35	0,3±0,17	0,74±0,58	**0,001*γ**	-2,08	**0,001*ß**	-3,63	0,52ß	-0,64
L3-L4	**Coronal**	2,59±1,71	2,78±1,72	0,68δ	-0,53	1,87±1,14	2,62±1,45	**0,001*δ**	-2,72	0,17α	-1,41	0,94ß	0,08
	Transversal	0,87±0,45	0,95±0,47	0,36δ	-0,53	0,64±0,48	0,9±0,68	0,06γ	-3,34	0,1ß	-1,66	0,45ß	-0,76
	Sagittal	0,88±0,49	0,82±0,47	0,92δ	-0,03	0,3±0,17	0,74±0,58	**0,001*γ**	-3,34	**0,001*ß**	-3,63	0,52ß	-0,64
L5-S1	**Coronal**	6±3,86	6,44±3,85	0,42γ	0,47	4,31±2,59	6,03±3,34	**0,001*δ**	-2,72	0,15α	-1,47	0,97ß	0,04
	Transversal	1,5±0,76	1,64±0,91	0,33δ	-0,03	1,14±0,96	1,66±1,26	**0,04*γ**	-2,05	0,1ß	-1,62	0,71ß	-0,38
	Sagittal	1,97±1,11	1,85±1,07	0,88δ	-0,41	0,69±0,38	1,66±1,29	**0,001*γ**	-2,05	**0,001*ß**	-3,55	0,47ß	-0,72

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Sağa / (-) Sola Lateral Fleksiyon, **Transversal**: (+) Sağa/ (-) Sola Aksiyal Rotasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon, **Maks:** Maksimum açı**, Min:** Minimum açı **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.9. FUZY aktivitesi sırasında gövde eklemlerinin coronal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği



Şekil 4.10. FUZY aktivitesi sırasında gövde eklemlerinin transversal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği

4.3.8. Oturmadan Ayağa Kalkma

Bireylerin oturmadan ayağa kalkma (OAK) sırasındaki alt ekstremite FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi (Tablo 4.22.):

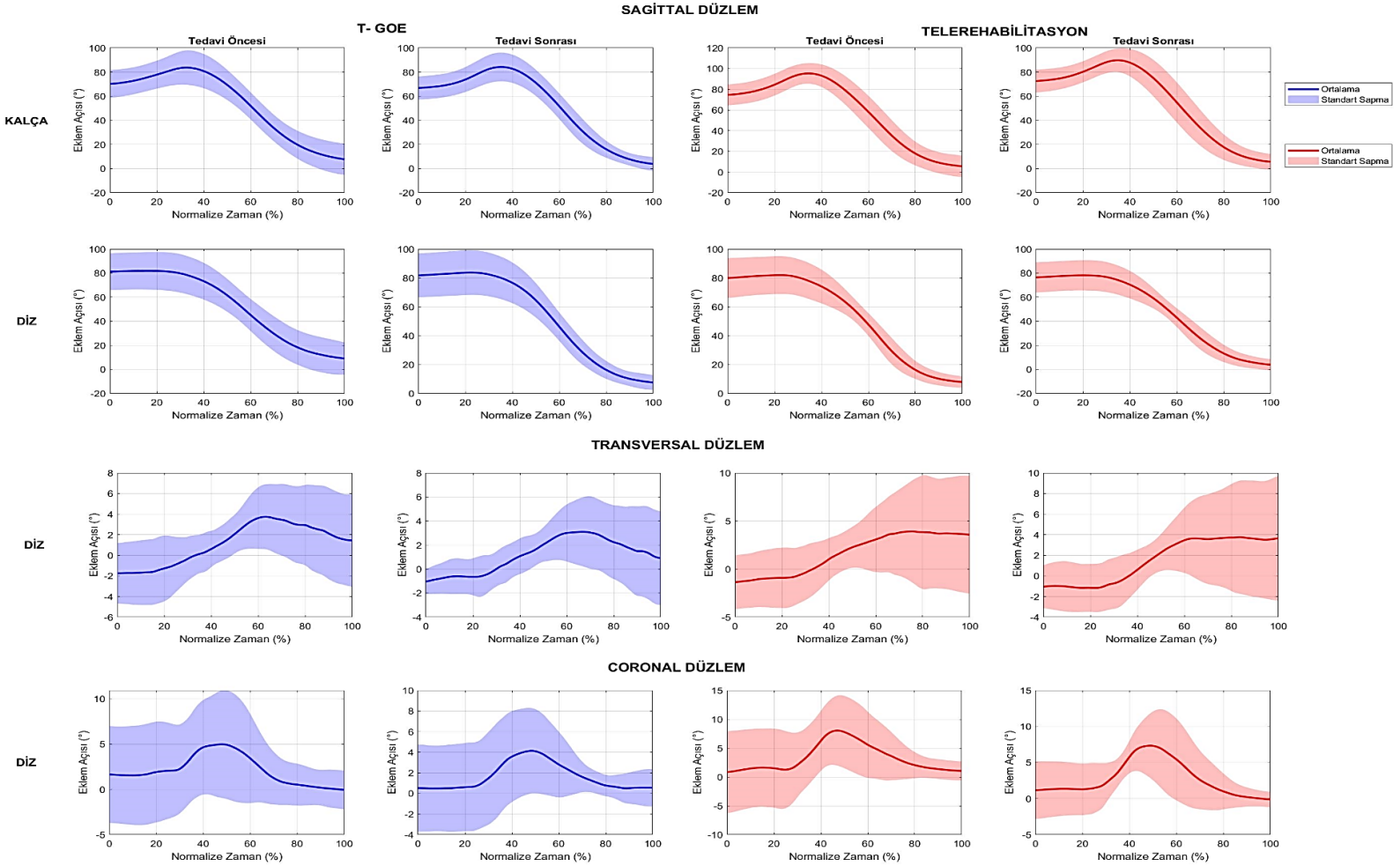
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların aktivite sırasında dominant taraf kalça fleksiyon/ekstansiyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı bulundu ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların aktivite sırasında non-dominant taraf kalça ve diz fleksiyon/ekstansiyon FEHA'larının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı tespit edildi ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların aktivite sırasında dominant taraf kalça fleksiyon/ekstansiyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların aktivite sırasında dominant taraf diz abduksiyon/adduksiyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı bulundu ($p<0,05$).
- Gruplar arası dizin abduksiyon/adduksiyon FEHA değerleri karşılaştırıldığında, telerehabilitasyon grubunun tedavi başlangıcında T-GOE grubuna göre daha fazla FEHA'ya sahip olduğu görüldü. Tedavi sonrası kıyaslamalarda ise, T-GOE grubunun daha az FEHA değerine sahip olduğu tespit edildi ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen alt ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'ların tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.22.'te gösterildi. Ayrıca, istatistiksel olarak farklılık görülen eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.11. ve Şekil 4.12.'de gösterildi.

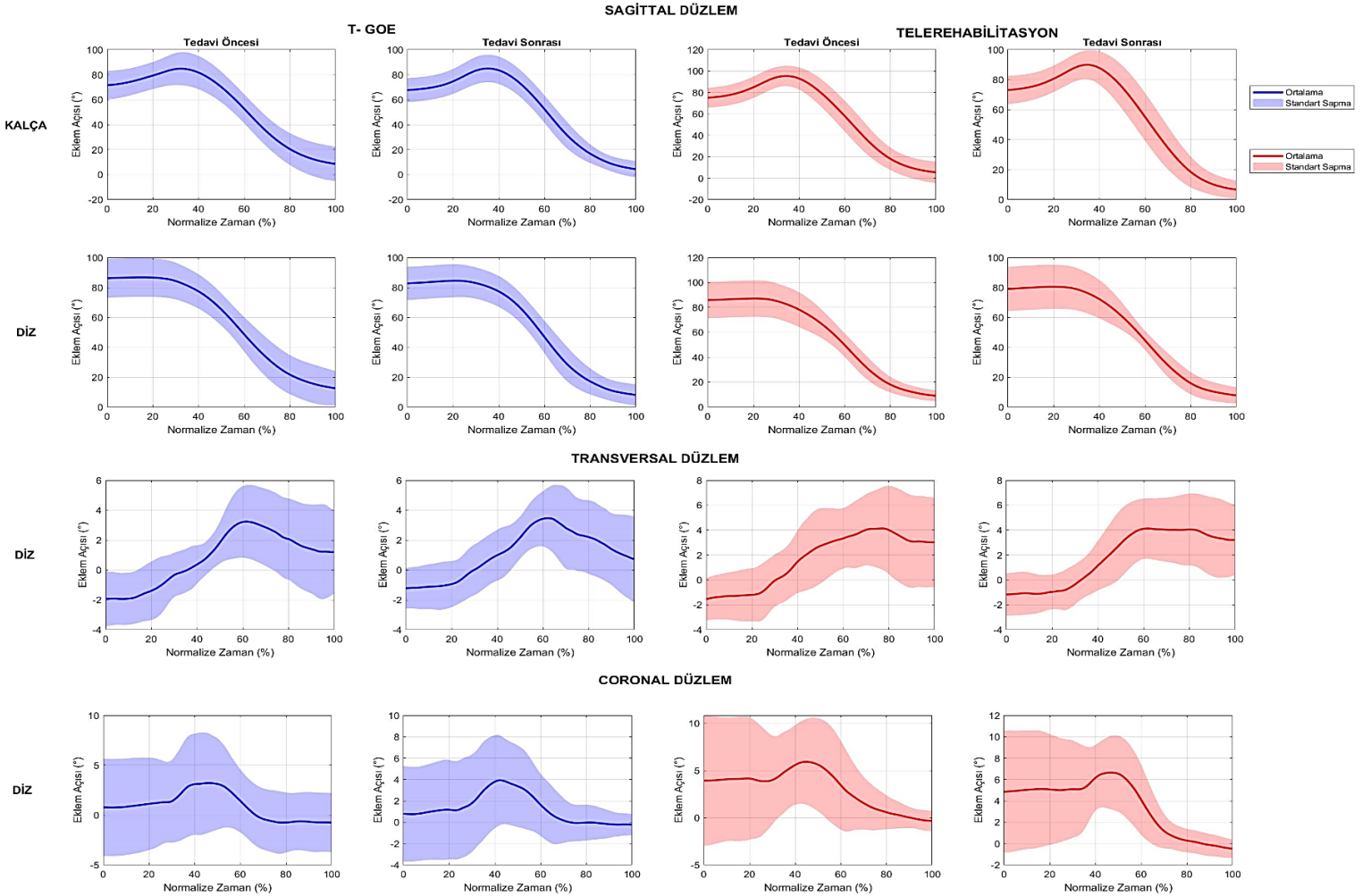
Tablo 4.22. OAK aktivitesinin alt ekstremitelere yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması

Eklem	Düzlem		Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
			TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
			X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Kalça	Coronal	D	6,54±3,12	5,42±3,18	0,32γ	1,04	6,52±2,3	6,05±3,05	0,69δ	0,40	0,68ß	0,42	0,57α	0,57
		ND	8,15±4,62	9,37±4,47	0,3δ	-0,47	6,94±4,61	6,84±2,92	0,91δ	0,36	0,35ß	-0,94	0,11ß	-1,59
	Transversal	D	13,33±5,58	12,99±5,4	0,51δ	0,66	10,66±4,32	11,53±4,76	0,69δ	0,40	0,26ß	-1,13	0,42α	-0,82
		ND	9,05±5,42	9,14±5,87	0,78δ	-0,85	9,79±6,22	9,33±4,69	0,87δ	0,36	0,68ß	0,42	0,92α	0,10
	Sagittal	D	91,28±14,13	86,24±10,34	**0,04*δ**	0,66	77,91±19,14	82,29±13,18	0,91δ	-0,40	**0,02*ß**	-2,27	0,36α	-0,94
		ND	91,49±14,17	85,31±10,61	**0,01*δ**	-0,85	78,06±18,83	82,41±13,2	0,83δ	0,50	0,08ß	-1,74	0,5α	-0,68
Diz	Coronal	D	11,86±3,84	10,82±3,49	0,12δ	2,10	8,57±4,53	7,83±2,88	0,72δ	-0,40	**0,04*α**	-2,20	**0,01*α**	-2,66
		ND	9,62±4,55	10,05±3,01	0,88δ	1,60	7,85±3,25	7,49±3,11	0,7γ	0,34	0,27ß	-1,10	**0,02*α**	-2,36
	Transversal	D	9,53±5,76	9,19±5,52	0,74γ	1,04	8,29±5,81	7,24±2,72	0,62δ	-0,12	0,55ß	-0,60	0,76ß	-0,30
		ND	7,32±4,47	7,29±3,43	0,92δ	1,60	6,93±3,53	6,77±1,85	0,06δ	0,50	0,91ß	0,11	0,59α	-0,54
	Sagittal	D	74,78±14,32	75±13,52	0,64δ	2,10	74,01±18,39	76,74±15,05	0,45γ	-0,77	0,9α	-0,13	0,73α	0,34
		ND	78,75±15,55	73,28±16,08	**0,02*δ**	0,03	75,27±15,22	76,87±11,67	0,98δ	0,73	0,53α	-0,64	0,47α	0,73
Ayak Bileği	Coronal	D	9,76±4,22	10,14±4,22	0,4δ	1,54	9,32±2,91	8,71±2,41	0,46δ	-0,12	0,71ß	0,38	0,24α	-1,19
		ND	8,08±4,5	8,53±4,52	0,78δ	0,03	7,51±2,82	8,57±2,26	0,12δ	0,73	0,67α	-0,44	0,97α	0,04
	Transversal	D	8,33±2,72	6,59±2,2	0,11δ	1,54	7,76±2,91	7,45±3,07	0,74γ	-0,77	0,39ß	-0,87	0,43ß	0,79
		ND	6,47±2,81	6,66±3,32	0,59δ	-1,04	7,6±3	8,99±3,41	0,29δ	0,12	0,15ß	1,43	0,06α	1,95
	Sagittal	D	18,4±8,03	17,8±5,1	0,97δ	-0,47	16,41±8,33	16,05±4,8	0,81γ	0,34	0,24ß	-1,17	0,31ß	-1,02
		ND	16,82±7,4	17,79±6,11	0,48γ	0,33	15,31±6,76	15,79±4,61	0,52δ	0,12	0,47ß	-0,72	0,55ß	-0,60

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **D**: Dominant, **ND**: Non-Dominant, **Coronal**: (+) Abduksiyon, (-) Adduksiyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon, Plantar fleksiyon/ (-) Ekstansiyon, Dorsi fleksiyon, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.11. OAK aktivitesi sırasında dominant alt ekstremite eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği



Şekil 4.12. OAK aktivitesi sırasında non-dominant alt ekstremite eklemlerinin normalize edilmiş açı grafiği

4.3.9. Normal (Konforlu) Hızda Yürüme

Bireylerin normal hızda yürüme (NOHY) sırasındaki alt ekstremite FEHA değerleri ve zaman karakteristikleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Grupların sallanma fazı süreleri karşılaştırıldığında, telerehabilitasyon grubunun tedavi başlangıcında T-GOE grubuna göre dominant tarafta daha az sallanma fazı süresine sahip olduğu bulundu. Ayrıca, sallanma fazı yüzdesi parametresi bakımından tedavi öncesinde telerehabilitasyon grubunun daha az sallanma fazı %'ne sahip olduğu saptandı ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların yürüyüş sırasında dominant ve non-dominant kalça ekleminin abduksiyon/adduksiyon ve fleksiyon/ekstansiyon FEHA'larını tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttırdığı tespit edildi ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların tedavi sonrasında daha fazla dominant diz fleksiyon/ekstansiyon FEHA'sına sahip olduğu görüldü ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların non-dominant diz fleksiyon/ekstansiyon FEHA'sının tedavi sonrasında azaldığı saptandı ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların dominant taraf ayak bileği eklemlerinin tedavi sonrasında daha fazla inversiyon/eversiyon FEHA'sına sahip olduğu görüldü. Ayrıca T-GOE grubunda, dominant taraf pronasyon/supinasyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- T-GOE ve Telerehabilitasyon gruplarının her ikisinin ayak bileği plantar/dorsi fleksiyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulundu ($p<0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen alt ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'lar ve zaman karakteristiklerinin tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.23.'de ve Tablo 4.24.'da gösterildi. Ayrıca, eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.13 ve Şekil 4.14.'de gösterildi.

Tablo 4.23. Normal hızda yürüme aktivitesinin zaman karakteristiklerinin karşılaştırılması

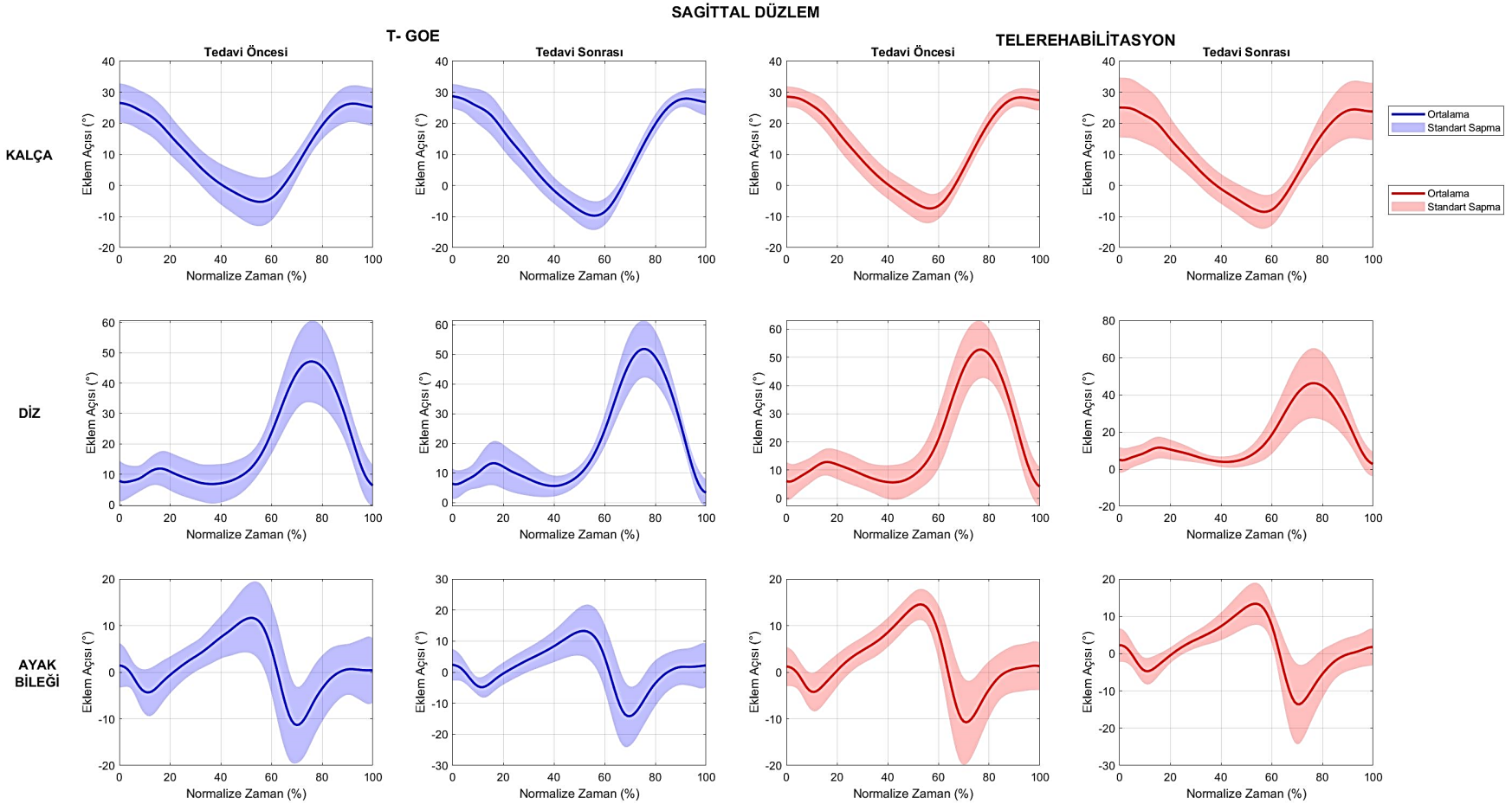
Parametreler	Taraf	Telerehabilitasyon						T-GOE						Gruplararası TO		Gruplararası TS	
		Tedavi Öncesi		Tedavi Sonrası		p	T/Z	Tedavi Öncesi		Tedavi Sonrası		p	T/Z	p	T/Z	p	T/Z
		X̄	SS	X̄	SS			X̄	SS	X̄	SS						
Yürüme Periyodu (sn)	**D**	1,13	0,16	1,13	0,14	0,76 γ	-0,31	1,15	0,12	1,13	0,16	0,43 γ	0,81	0,85 **ß**	0,19	0,65 **ß**	-0,45
	ND	1,12	0,17	1,12	0,13	0,56 γ	-0,59	1,12	0,13	1,11	0,14	0,76 γ	0,13	0,10 **ß**	1,62	0,12 **ß**	1,55
Adım Süresi (sn)	**D**	0,56	0,10	0,56	0,13	0,99 γ	-0,36	0,56	0,06	0,56	0,08	0,21 γ	1,25	0,06 ß	2,15	0,06 **ß**	1,97
	ND	0,57	0,07	0,58	0,07	0,49 γ	0,01	0,58	0,09	0,57	0,08	0,22 γ	0,31	0,75 **ß**	-0,32	0,19 **ß**	-1,30
Duruş Fazı Süresi (sn)	**D**	0,74	0,18	0,75	0,16	0,72 γ	-0,31	0,72	0,08	0,72	0,11	0,90 γ	0,81	0,94 **ß**	-0,08	0,60 **ß**	-0,53
	ND	0,73	0,14	0,75	0,11	0,74 γ	-0,59	0,71	0,07	0,70	0,09	0,90 γ	-1,03	0,88 **ß**	0,15	0,94 **ß**	-0,08
Sallanma Fazı Süresi (sn)	**D**	0,39	0,03	0,39	0,03	0,33 γ	0,33	0,43	0,05	0,42	0,05	0,64 **δ**	-0,12	**0,01* ß**	2,49	**0,04* α**	2,08
	ND	0,38	0,04	0,37	0,07	0,56 γ	0,33	0,40	0,08	0,42	0,07	0,33 γ	-0,12	0,79 **ß**	0,26	0,31 **ß**	-1,02
Duruş Fazı (%)	**D**	65,11	4,92	65,41	4,65	0,56 γ	-0,36	63,17	2,64	63,68	1,94	0,32 γ	0,13	0,21 **ß**	-1,25	0,24 **ß**	-1,17
	ND	65,27	3,30	63,24	8,1	0,98 γ	0,01	61,02	9,21	63,35	1,55	0,74 **δ**	-1,03	0,60 **ß**	0,53	0,60 **ß**	-0,53
Sallanma Fazı (%)	**D**	34,89	4,92	34,59	4,65	0,33 γ	0,59	37,13	2,50	36,94	2,75	0,79 γ	1,25	**0,01* ß**	-2,45	0,05***ß**	-1,93
	ND	34,73	3,32	36,76	8,26	0,47 γ	0,59	39,23	9,31	38,01	5,64	0,36 γ	0,31	**0,04* ß**	2,00	0,16 **ß**	1,42

TÖ: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **D**: Dominant, **ND**: Non-Dominant, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.

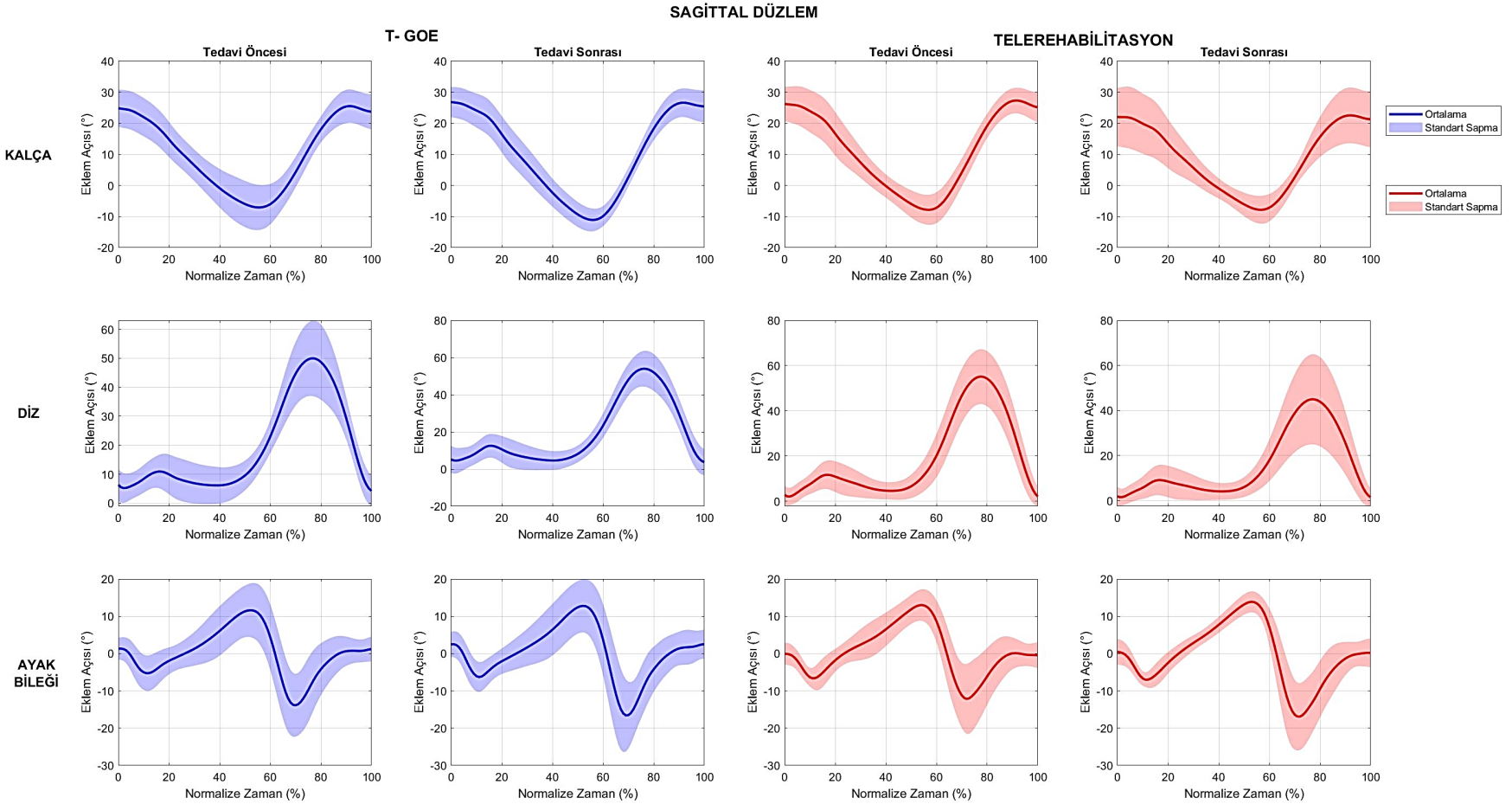
Tablo 4.24. Normal hızda yürüme aktivitesinin alt ekstremitelere yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması

Eklem	Düzlem	Taraf	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
			TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
			X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Kalça	Coronal	D	11,76±3,02	13,15±2,71	0,09δ	-1,71	11,17±3,2	12,75±2,49	**0,01*δ**	-2,63	0,6α	-0,53	0,67α	-0,43
		ND	11,46±3,03	12,01±2,75	0,6δ	0,10	10,84±3,89	12,69±3,22	**0,01*δ**	-0,73	0,62α	-0,50	0,53α	0,64
	Transversal	D	9,46±2,79	11,18±4,09	0,09δ	-1,71	9,23±3,27	9,95±3,3	0,41δ	-2,63	0,83α	-0,22	0,35α	-0,94
		ND	8,82±3,23	8,88±3,43	0,51δ	0,73	9,92±3,24	10,6±3,03	0,33δ	-0,73	0,34α	0,96	0,14α	1,51
	Sagittal	D	38,6±3,86	39,24±4,37	0,22δ	-1,71	34,49±7,76	39,68±4,75	**0,01*δ**	-0,83	0,08ß	-1,74	0,79α	0,27
		ND	37,67±6,29	36,03±6,34	0,12δ	0,73	34,92±9,06	39,65±3,83	**0,01*δ**	-1,96	0,41ß	-0,83	0,08ß	1,74
Diz	Coronal	D	7,76±3,06	7,68±2,55	0,86δ	-1,71	6,91±3,8	6,32±2,68	0,52δ	-0,83	0,33ß	-0,98	0,15α	-1,47
		ND	6,68±3,46	6,68±2,4	0,31δ	-1,36	6,36±2,71	6,58±2,43	0,59δ	-1,96	0,77α	-0,29	0,91ß	-0,11
	Transversal	D	10,46±3,88	10,84±4,79	0,92δ	-1,22	10,48±4,13	11,09±3,94	0,46δ	-3,20	0,99α	0,02	0,71ß	0,38
		ND	10,85±2,95	9,29±3,06	0,12δ	-1,36	9,36±3,68	10,69±3,63	0,29δ	-1,73	0,22α	-1,25	0,25α	1,17
	Sagittal	D	53,73±11,72	52,78±10,2	0,46δ	-1,22	47,27±12,82	51,26±9,67	**0,02*γ**	-2,57	0,15α	-1,48	0,67α	-0,43
		ND	57,43±13,54	52,49±13,19	**0,04*δ**	-1,64	49,91±15,38	55,05±8,88	0,12δ	-1,73	0,09ß	-1,70	0,79ß	0,26
Ayak Bileği	Coronal	D	13,19±4,87	14,17±4,52	0,17δ	0,17	12,6±4,92	14,65±4,16	**0,04*δ**	-3,20	0,74α	-0,34	0,76α	0,31
		ND	12,44±6,67	13,2±6,37	0,35δ	-1,64	13,56±5,25	14,94±5,17	0,38δ	-2,06	0,6α	0,53	0,4α	0,85
	Transversal	D	13,72±5,51	16,02±5,97	0,1δ	0,17	12,87±4,75	14,48±3,66	0,08δ	0,64	0,64α	-0,47	0,38α	-0,89
		ND	14,15±4,37	15,19±4,57	0,15δ	-2,62	15,89±7,3	17,82±8,73	**0,04*δ**	-2,06	0,43α	0,80	0,43ß	0,79
	Sagittal	D	29,07±8,03	33,29±8,83	**0,01*δ**	0,10	27,21±7,71	30,85±7,15	**0,04*δ**	0,64	0,51α	-0,67	0,39α	-0,86
		ND	29,81±7,91	31,52±12,03	0,6γ	-0,53	29,79±8,24	33,08±5,24	0,1δ	-2,44	0,99α	-0,01	0,88ß	-0,15

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **D**: Dominant, **ND**: Non-Dominant, **Coronal**: (+) Abduksiyon, (-) Adduksiyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon, Plantar fleksiyon/ (-) Ekstansiyon, Dorsi fleksiyon, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.13. NOHY aktivitesi sırasında dominant alt ekstremite eklemlerinin sagittal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği



Şekil 4.14. NOHY aktivitesi sırasında non-dominant alt ekstremite eklemlerinin sagittal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği

4.3.10. Maksimum Hızda Yürüme

Bireylerin maksimum hızda yürüme (MAHY) sırasındaki alt ekstremite FEHA değerleri ve zaman karakteristikleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların aktivite sırasında non-dominant taraf sallanma fazı süresinin ve yüzdesinin tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı, duruş fazı yüzdesinin ise azaldığı bulundu ($p<0,05$).
- Grupların sallanma fazı süreleri karşılaştırıldığında, telerehabilitasyon grubunun tedavi başlangıcında T-GOE grubuna göre daha az sallanma fazı yaptığı istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde tespit edildi ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların yürüyüş sırasında dominant kalça abduksiyon/adduksiyon FEHA'nın arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların, dominant ve non-dominant taraf ayak bileği pronasyon/supinasyon FEHA'sında artış tespit edildi. Ayrıca dominant taraf ayak bileği plantar/dorsi fleksiyon FEHA'sının arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların kalça fleksiyon/ekstansiyon ve ayak bileği inversiyon/eversiyon FEHA'larının istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı gösterildi ($p<0,05$).
- Gruplar arası kalça fleksiyon/ekstansiyon FEHA'sının tedavi sonrası değerleri kıyaslandığında, T-GOE grubunun daha fazla kalça fleksiyon FEHA'sına sahip olduğu bulundu ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Araştırma kapsamında değerlendirilen alt ekstremite eklemlerine yönelik FEHA'lar ve zaman karakteristiklerinin tanımlayıcı istatistikleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.25.'da ve Tablo 4.26.'de gösterildi. Ayrıca, eklemlerin normalize edilmiş açı grafikleri Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterildi.

Tablo 4.25. Maksimum hızda yürüme aktivitesinin zaman karakteristiklerinin karşılaştırılması

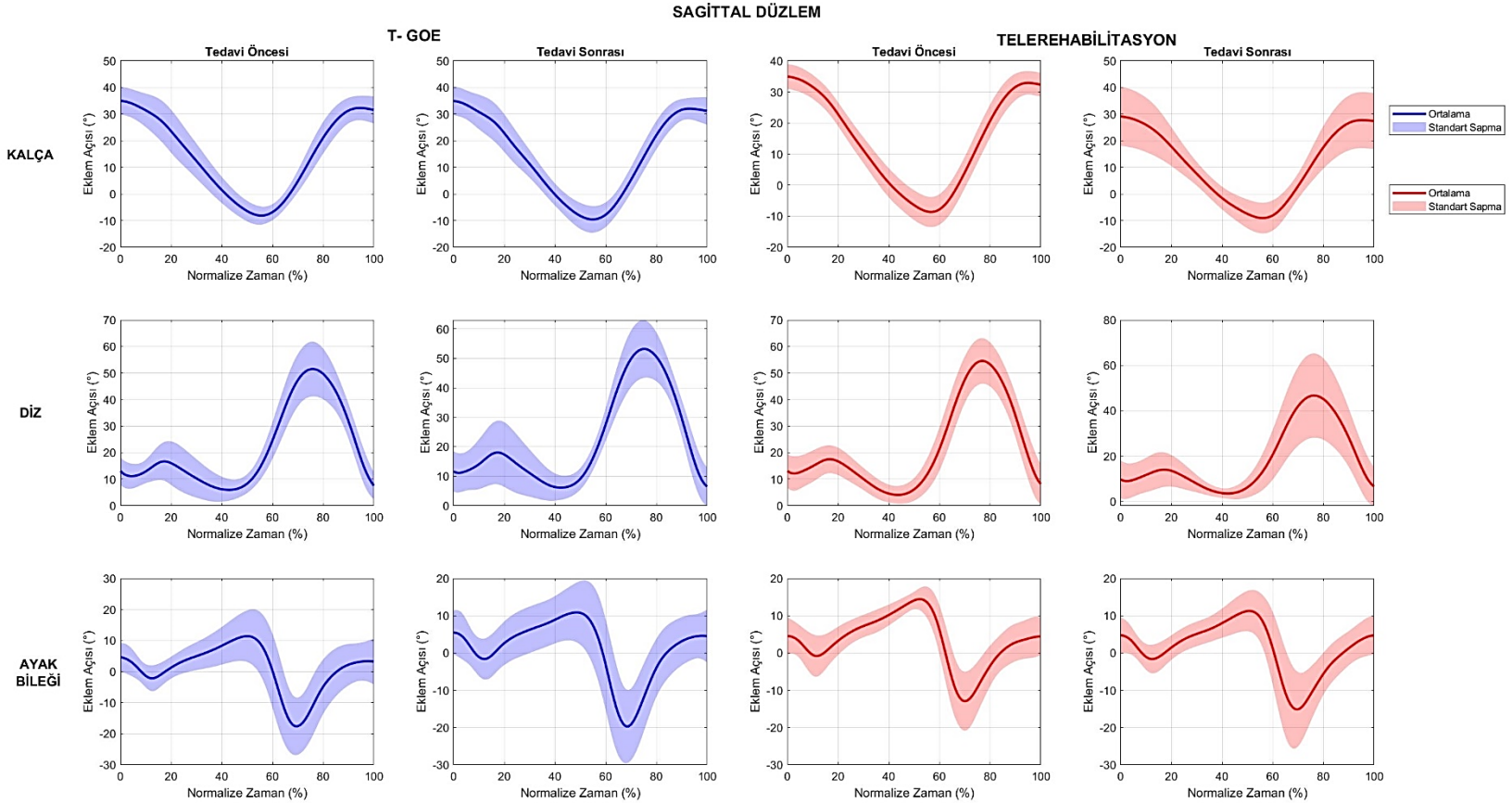
Parametreler	Taraf	Telerehabilitasyon						T-GOE						Gruplararası TO		Gruplararası TS	
		Tedavi Öncesi		Tedavi Sonrası		p	T/Z	Tedavi Öncesi		Tedavi Sonrası		p	T/Z	p	T/Z	p	T/Z
		X̄	SS	X̄	SS			X̄	SS	X̄	SS						
Yürüme Periyodu (sn)	**D**	0,92	0,17	0,92	0,18	0,76 **γ**	-0,31	0,93	0,07	0,91	0,07	0,21 **δ**	1,27	0,24 **ß**	1,17	0,78 **ß**	0,28
	ND	0,90	0,19	0,91	0,19	0,49 **γ**	-0,36	0,91	0,07	0,89	0,08	0,35 **δ**	1,60	0,22 **ß**	1,23	0,72 **ß**	0,36
Adım Süresi (sn)	**D**	0,46	0,09	0,47	0,11	0,34 **γ**	-0,36	0,47	0,04	0,45	0,03	0,11 **δ**	1,27	0,16 **ß**	1,40	0,85 **ß**	0,19
	ND	0,46	0,08	0,45	0,07	0,56 **γ**	-0,98	0,46	0,04	0,45	0,04	0,47 **δ**	0,93	0,35 **ß**	0,93	0,73 **ß**	0,34
Duruş Fazı Süresi (sn)	**D**	0,59	0,15	0,59	0,16	0,72 **γ**	-0,31	0,58	0,04	0,58	0,10	0,85 **γ**	0,19	0,56 **ß**	0,59	0,71 **ß**	-0,38
	ND	0,57	0,12	0,56	0,11	0,13 **γ**	-0,98	0,56	0,04	0,55	0,05	0,18 **γ**	1,60	0,68 **ß**	0,42	0,91 **ß**	0,11
Sallanma Fazı Süresi (sn)	**D**	0,33	0,03	0,33	0,03	0,94 **δ**	-0,24	0,35	0,03	0,33	0,10	0,44 **δ**	-0,47	0,13 **ß**	1,57	0,50 **ß**	0,68
	ND	0,33	0,07	0,35	0,09	**0,04* δ**	-0,70	0,34	0,03	0,35	0,03	0,73 **δ**	1,34	**0,04* ß**	2,08	0,40 **ß**	0,85
Duruş Fazı (%)	**D**	63,41	3,55	63,36	4,02	0,81 **γ**	0,24	62,39	1,52	63,59	10,75	0,64 **γ**	0,19	0,24 **ß**	-1,17	0,20 **ß**	-1,28
	ND	62,98	1,85	61,49	3,18	**0,02* δ**	0,24	62,16	0,91	61,17	1,61	0,07 **δ**	0,93	0,12 **α**	-1,62	0,72 **α**	-0,37
Sallanma Fazı (%)	**D**	36,59	3,55	36,64	4,02	0,81 **δ**	2,41	37,61	1,52	36,41	10,75	0,64	-0,47	0,24 **ß**	1,17	0,20 **ß**	1,28
	ND	37,02	1,85	38,51	3,18	**0,02* δ**	2,41	37,84	0,91	38,83	1,61	0,07 **δ**	1,34	0,12 **ß**	1,62	0,72 **ß**	0,37

TÖ: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **D**: Dominant, **ND**: Non-Dominant, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.

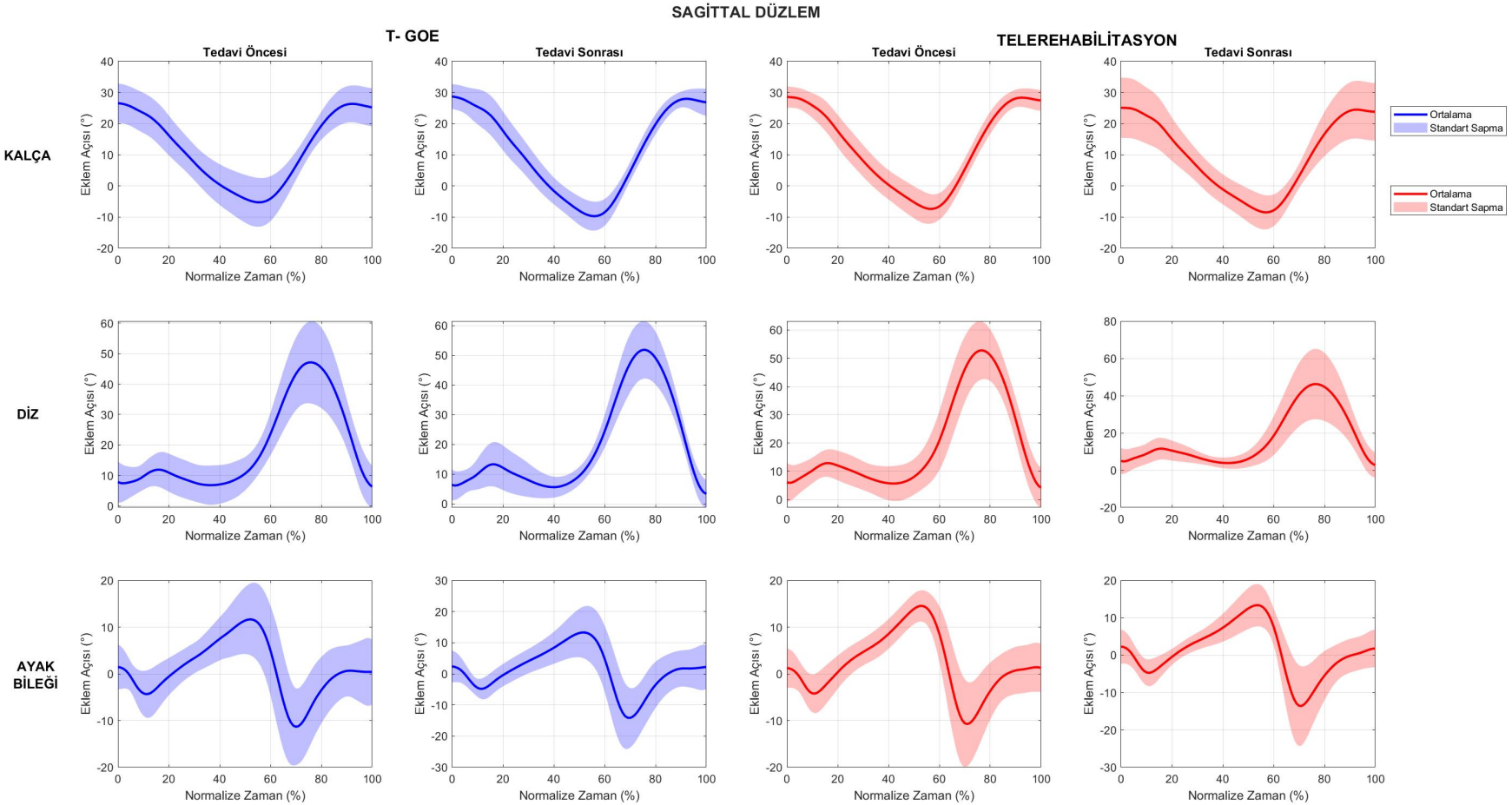
Tablo 4.26. Maksimum hızda yürüme aktivitesinin dominant alt ekstremiteye yönelik açısal kinematiklerinin karşılaştırılması

Eklem	Düzlem	Taraf	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
			TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
			X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Kalça	Coronal	D	11,89±3,18	13,32±3,1	**0,01*δ**	-2,48	12,26±2,34	12,35±2,34	0,82γ	-0,23	0,71α	0,38	0,32α	-1,00
		ND	10,98±2,95	11,99±2,3	0,06δ	-0,31	11,99±2,85	11,93±3,96	0,41δ	-0,88	0,33α	0,99	0,96α	-0,05
	Transversal	D	10,52±2,52	11,6±4,08	0,25δ	-2,48	10,75±3,82	10,09±3,53	0,44δ	0,78	0,84α	0,20	0,27α	-1,12
		ND	8,85±3,45	8,94±3,88	0,97δ	-0,31	10,5±3,22	10,3±2,73	0,96δ	-1,60	0,17α	1,41	0,26α	1,16
	Sagittal	D	44,51±4,57	44,24±5,35	0,6δ	-1,15	43,55±5,27	45,45±6,64	**0,04*δ**	0,78	0,59α	-0,55	0,58α	0,56
		ND	42,76±8,19	41,08±6,58	0,17δ	-0,66	44,04±5,02	45,23±4,59	0,12δ	-1,60	0,59α	0,54	**0,04*α**	2,09
Diz	Coronal	D	7,59±2,82	7,66±2,48	0,75δ	-1,15	7,09±4,04	6,09±2,76	0,18γ	-0,23	0,35ß	-0,94	0,09ß	-1,70
		ND	6,88±3,15	7,19±3,1	0,38δ	-0,66	7,05±2,89	6,31±2,45	0,28δ	-1,76	0,79ß	0,26	0,5ß	-0,68
	Transversal	D	12,72±3,74	12,65±4,08	0,75δ	0,52	11,27±3,57	12,02±3,59	0,38δ	-2,07	0,27α	-1,12	0,65α	-0,46
		ND	12,23±5,25	11,04±4,83	0,06γ	-2,27	10,88±4,6	11,39±3,76	0,88δ	-1,76	0,45ß	-0,76	0,65ß	0,45
	Sagittal	D	52,89±9,99	52,93±8,15	0,51δ	0,52	49,61±8,58	51,3±8,6	0,1γ	1,40	0,33α	-1,00	0,59α	-0,55
		ND	56,4±12,92	53,28±10,67	0,09δ	-0,87	54,15±9,6	55,22±8,83	0,26δ	0,83	0,26ß	-1,13	0,6ß	0,53
Ayak Bileği	Coronal	D	12,89±4,16	13,4±4,68	0,38δ	-0,31	14,14±6,14	16,31±7,67	**0,04*γ**	1,40	0,51α	0,66	0,41ß	0,83
		ND	12,02±6,51	12,12±6,19	0,97δ	-0,87	12,18±4,6	13,66±5,63	0,13γ	-1,77	0,73ß	0,34	0,45ß	0,76
	Transversal	D	13,92±5,03	16,8±7,12	**0,04*γ**	-2,27	15,87±5,47	17,36±4,36	0,11δ	-2,07	0,3α	1,05	0,47ß	0,72
		ND	14,37±3,89	16,51±5,59	**0,04*δ**	-2,41	18,07±6,77	18,79±7,66	0,53δ	0,83	0,07α	1,86	0,35α	0,95
	Sagittal	D	30,15±7,96	33,13±8,2	**0,02*δ**	-0,31	32,34±5,7	33,91±5,31	0,08δ	-0,88	0,37α	0,90	0,75α	0,32
		ND	30,48±6,93	33,66±9,96	0,06δ	-2,41	34,36±6,33	36,3±5,52	0,16δ	0,05	0,11α	1,65	0,35α	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, (-) Adduksiyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon, Plantar fleksiyon/ (-) Ekstansiyon, Dorsi fleksiyon, **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.



Şekil 4.15. MAHY aktivitesi sırasında dominant alt ekstremite eklemlerinin sagittal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği



Şekil 4.16. MAHY aktivitesi sırasında non-dominant alt ekstremite eklemlerinin sagittal düzlemdeki normalize edilmiş açı grafiği

5. TARTIŞMA

MS'li bireylerde teknoloji destekli iki farklı fizyoterapi yaklaşımının etkilerini; kinematik, klinik ölçekler, performans testleri ve hastanın öz-bildirimine dayalı objektif yöntemlerle inceleyen, randomize kontrollü bu araştırmanın sonuçları; T-GOE'nin, dinamik gövde kontrolü, ataksiye yönelik kinetik fonksiyonlar, mental sağlık ve bilişsel işlevlerle ilişkili yaşam kalitesi ve hedeflere yönelik katılım düzeyi bakımından telerehabilitasyona kıyasla daha etkili olduğunu gösterdi. Ayrıca, her iki yaklaşımın da 8 haftalık süreçte bireylerin; gövde kontrolünü, dengelerini, fonksiyonel mobilitelerini, el becerilerini, yaşam kalitelerini ve katılım düzeylerini geliştirdiği bulundu. Elde edilen klinik sonuçlar, motor kontrolün kinematik değişkenleriyle doğrulandı. Bu çalışma; MS'li hastalarda teknoloji ile desteklenen fizyoterapi yaklaşımlarının etkilerini "fonksiyonel aktivite kinematikleriyle" inceleyen ilk araştırmadır. Ayrıca, zorluğu bireyin performansına göre anlık olarak özel bir algoritmayla düzenlenen SG oyunlarının MS'li bireyler üzerindeki etkilerini inceleyen ilk araştırmadır. Araştırmanın yenilikçi başka bir özelliği ise, mobil uygulama kullanılarak senkron ve asenkron telerehabilitasyon yaklaşımlarının etkilerinin kombine edildiği "hibrit" modelde uygulanmış olmasıdır.

GOE, motor öğrenme temelli güncel bir nörofizyolojik yaklaşımdır. Literatürde GOE, MS'li hastalara yönelik araştırmalarda genellikle aerobik egzersizler ve kuvvetlendirme eğitimiyle birlikte uygulanmıştır (25, 176). Ayrıca, MS'li hastalarda bireye özgü sanal gerçeklik uygulamasıyla kombine edilen bir GOE protokolüne rastlanmamıştır. Literatürde SG, genellikle eğlence ve oyun amacıyla kullanılan "Oculus", "HTC Vive", "Nintendo Wii" ve "Microsoft Xbox" gibi sistemler aracığıyla sağlanmıştır (177). Farklı olarak; bu araştırma kapsamında, SG oyunlarının zorluğunu bireyin performansına göre düzenleyen USE-IT non-immersive sanal gerçeklik sistemi kullanıldı. Ayrıca, literatürün büyük bir bölümünden farklı olarak rehabilitasyona yönelik geliştirilen "ciddi oyunlar *(serious game)*" istasyon amaçlarıyla paralel olarak uygulandı.

5.1. Gövde ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması

Gövde kontrolü, üst ekstremite ve el fonksiyonlarına yönelik becerileri devam ettirmede, yürüyüş ve dengenin sağlanmasında son derece önemli bir role sahiptir.

Yapılan araştırmalar, MS'li bireylerde gövde kontrolünün, hastalık patofizyolojisiyle ilişkili olarak bozulduğunu göstermektedir (178-181). Bazı araştırmalar ise, düşük düzeyde etkilenimi bulunan bireylerde dahi gövde kontrolünün etkilendiğini belirtmiştir (180, 181). Bu bağlamda, MS'li bireylerde gövde kontrolünün değerlendirilmesinin; üst ekstremite fonksiyonları, denge, yürüme ve günlük yaşamdaki bağımsızlık düzeyini arttırmayı amaçlayan rehabilitasyon programlarının klinik karar verme süreçleri için son derece değerli olduğu görülmektedir (182-184).

Literatürde yer alan bir çalışmaya göre, araştırmacılar MS'li hastalarda Bobath konsepti çerçevesinde uyguladıkları gövde egzersizlerinin etkilerini incelemiştir. Araştırmacılar, 8 haftalık egzersiz müdahalesinin sonunda bireylerin gövde fonksiyonunda gövde bozukluk ölçeği (GBÖ) parametrelerinden dinamik denge, koordinasyon ve toplam puan bakımından anlamlı iyileşmeler tespit etmiştir (185). MS'li bireylerde grup eğitimi şeklinde uygulanan kor stabilite egzersizlerinin etkilerini uzun dönem takiple inceleyen bir araştırmada; kor stabilite egzersizlerinin bireylerin denge ve gövde bozukluğuna (GBÖ) yönelik semptomlarını iyileştirdiği tespit edilmiştir (181). Literatürde, GOE'nin MS'li bireylerin gövdesine olan etkilerini inceleyen yalnızca 1 araştırmaya rastlandı. Salcı ve ark. istasyon eğitimi şeklinde uyguladıkları GOE'nin MS'li bireylerin gövdeye yönelik dinamik stabilitelerini geliştirmede etkili olduğunu göstermiştir (186). Benzer olarak araştırmamızda T-GOE; hastaların GBÖ statik oturma, dinamik oturma, koordinasyon ve toplam puan parametrelerinin hepsinde iyileşmeyi sağlayarak bireylerin gövde kontrolünü geliştirdi.

Bilgimiz dahilinde, TR'nin MS'li hastaların gövde bozukluğuna yönelik etkilerini inceleyen bir araştırma bulunmamaktadır. Gövde egzersizleri içeren 3 haftalık bir TR çalışmasında; Parkinson hastalarının gövde bozukluklarında herhangi bir iyileşme tespit edilememiştir (187). Mobil uygulama aracılığıyla yapılan başka bir TR çalışmasında; inmeli hastalara 12 haftalık gövde stabilizasyon egzersizleri verilmiş ve bireylerin denge, yürüme ve gövde bozukluğuna yönelik değerlendirmelerinde olumlu gelişmeler saptanmıştır (188). Literatürle benzer olarak araştırmamızda TR; MS'li hastaların GBÖ statik oturma, dinamik oturma, koordinasyon ve toplam puan parametrelerinin hepsinde iyileşmeyi sağlayarak bireylerin gövde kontrolünü geliştirdi. Bu durumun, TR protokolünde gövdeye yönelik egzersizlerin bulunmasıyla

ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Ek olarak bu araştırmada, T-GOE ve TR'nin gövde bozukluğuna olan etkileri karşılaştırıldı ve T-GOE'nin, gövdenin dinamik kontrolünü geliştirmede daha etkili bir yaklaşım olduğu tespit edildi. Bu durumun, T-GOE'nin fonksiyonel görevler içermesi, görevin pratiği ile ilgili anlık geri bildirimler içermesi ve motor öğrenme mekanizmalarından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ayrıca, bu araştırmada gövde bozukluğuna yönelik klinik değerlendirmeler, öne ve yana fonksiyonel uzanma aktivitelerinin üst ekstremite ve omurga kinematikleriyle desteklendi. Kinematik analiz sonuçları, gövde bozukluğu ile ilgili klinik gelişmeler ile paralellik gösterdi.

5.2. Gövde ile İlişkili Kinematik Bulguların Tartışılması

Literatürde inmeli bireyler üzerinde farklı metriklerle yapılan uzanmaya yönelik araştırmalar mevcuttur (192, 193). Fakat kinematik sonuç değişkenleri, örneklem farklılıkları, ölçüm yöntemleri ve protokollerinin farklı olması sebebiyle araştırmamızdan elde edilen bulguların literatürle karşılaştırılması zorlaşmaktadır.

Normal koşullarda öne fonksiyonel uzanma aktivitesi (FUZ); servikal, torakal, üst lumbal ve üst ekstremitelerde sagittal hareketliliğinin fazla olduğu dinamik bir aktivitedir (189). Çalışmamızın sonuçlarına göre, T-GOE grubunda bu sinerji ile uyumlu olarak gövde eklemlerinin sagittal düzlem FEHA'larında bir artış gözlendi. Bu durumun gövdenin dinamik kontrolünün gelişmesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Yapılan araştırmalar proksimal stabilizasyonun distal hareketliliği arttırdığını göstermektedir (190, 191). Bu prensiple uyumlu olarak, T-GOE grubunun omuz sagittal ve transversal düzlem FEHA'larında anlamlı bir artış görüldü. Bu durumu destekleyen diğer bulgular ise hareketin düzgünlük metriklerindeki değişimlerdi. Bu araştırmada; elin asıl yer değiştirdiği transversal düzlemdeki titreşim (LDJ) azalarak hareketin düzgünlüğünün arttığı bulundu.

TR grubunda, coronal ve transversal düzlemde torakal ve lumbal eklemlerin FEHA'larının tedavi öncesi ve sonrasındaki kıyaslamalarda arttığı gözlendi. Araştırmamızın bulguları, TR grubundaki hastaların ileri doğru uzanırken gövdelerini istemsiz bir şekilde gövdelerini lateral fleksiyona aldığını göstermektedir. Oluşan kompansatuar paternin TR grubunda, gövdenin dinamik kontrolünün yeterince gelişememesinden kaynaklı olabileceğini düşünmekteyiz.

Gruplar arası kıyaslamalar, T-GOE grubundaki hastaların tedavi sonunda sagittal düzlem ivme profili verilerine göre hareketi daha düzgün yaptıklarını gösterdi. FUZ aktivitesinden elde edilen veriler kümülatif bir şekilde değerlendirildiğinde, sonuçların GBÖ dinamik denge fonksiyonundaki farklılığı destekler nitelikte olduğunu düşünmekteyiz.

FUZY aktivitesinin kinematik özellikleri incelendiğinde normal koşullar ile uyumlu hareket sinerjisinin, coronal düzlem FEHA'sındaki artış olduğu düşünülmektedir. Başka bir deyişle FUZY sırasında hastanın yana doğru uzanırken gövdesini fleksiyon ve rotasyona almaması beklenmektedir. Araştırmamız sonuçlarına göre T-GOE grubundaki bireylerde torakal ve lumbosakral bölgedeki eklemlerinin coronal düzlem FEHA'larının arttığı tespit edildi. Bu durumun gövdenin dinamik dengesindeki gelişmeyle paralel olduğu gözlendi. GBÖ değerlendirmesinin dinamik denge parametresine göre bireylerden izole olarak gövde lateral fleksiyonu ile birlikte dirseklerini yatağa dokunmaları beklenmektedir. T-GOE grubunda, FUZY aktivitesinde görülen artışların bu hareket stratejisi ile uyumlu olmasının dinamik dengedeki gelişmeyi açıklayabilecek bir faktör olduğunu düşünmekteyiz.

5.3. Ataksi ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması

Literatürde, GOE'nin ataksi üzerine etkilerini inceleyen yalnızca bir araştırma bulunmaktadır. Salcı ve ark. yapmış oldukları araştırmada, GOE'nin orta düzeyde etkilenimi bulunan MS'li bireylerin ataksi semptomlarını azaltmada etkili olduğunu belirtmiştir (186). Benzer olarak araştırmamız sonucunda T-GOE'nin; MS'li bireylerin oküler takip, postür ve yürüyüş, kinetik fonksiyonlar ve toplam puan bakımından ataksi semptomlarını azaltmada etkili olduğu görüldü. Ayvat ve ark. yapmış oldukları çalışmada, sanal gerçeklik temelli uygulamaların bireylerin ataksi şiddetlerini azalttığı ve dengelerini geliştirdiğini rapor etmiştir (194). Aynı araştırmacıların başka bir çalışmasında, vibrasyon ile sağlanan duyusal girdinin ataksi semptomlarını azaltmada etkili olduğu belirtilmiştir (195). T-GOE'nin literatürle uyumlu olarak ataksi semptomları üzerine olumlu etkilerinin; programın çevresel değişkenlere maruziyet, kompleks fonksiyonel aktiviteler, duyu girdisini arttıran farklı zeminler, üst ekstremite eşya kullanımı gibi özelliklerinin etkili olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca SG'nin kapalı kinetik zincir prensibiyle dokunmatik ekran

üzerinden uygulanmasının kapalı kinetik egzersizlerin propriosepsiyon ve stabilitite üzerindeki kanıtlanmış olumlu etkilerinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Bilgimiz dahilinde literatürde MS'li bireylerde TR'nin ataksi semptomları üzerine etkilerini inceleyen bir araştırma bulunmamaktadır. Keller ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada, serebellar ataksisi bulunan hastalarda 6 haftalık ev temelli denge ve koordinasyon egzersizlerinin etkilerini incelemiştir. Araştırmalarının sonucunda; ev temelli egzersizlerin; ataksi semptomları bakımından bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (196). Literatürden farklı olarak araştırmamızın sonuçları TR'nin ataksi semptomlarını iyileştirmede; postür ve yürüyüş, kinetik fonksiyonlar ve toplam puandaki gelişmeler bakımından olumlu etkilere sahip olduğunu gösterdi. Literatürle araştırmamız arasındaki bu farklılığın; hasta popülasyonu, protokol ve hastaların ataksi şiddetinin farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Araştırmamızdaki bireylerin toplam uluslararası kooperatif ataksi oranlama ölçeği (ICARS) puanları tedavi başlangıcında ortalama olarak 21 iken, Keller ve ark. yapmış olduğu çalışmada ortalama değerin 39 olduğu görülmüştür (196).

Araştırmamız kapsamında uygulanan teknoloji destekli müdahalelerin etkileri karşılaştırıldığında ICARS'ın kinetik fonksiyonlar parametresi bakımından T-GOE'nin daha etkili olduğu görüldü. Bu durumun T-GOE'nin gerçekliği simüle eden sanal gerçeklik oyunları içermesi ve sistematik bir şekilde görev eğitimini sağlamasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Araştırma kapsamında GOE'ye entegre edilen sanal gerçeklik oyunları; kayan taşları yakalama, araba temizleme, bateri çalma ve ekrandaki bir bölüme uzanma vb. kinetik fonksiyonları destekleyici aktiviteleri içermektedir. SG sisteminin nesne dokunmatik özelliği sayesinde günlük yaşam nesneleriyle ve kapalı kinetik halka prensibiyle oynanan oyunların proksimal stabilizasyonu geliştirerek kinetik fonksiyonların gelişimine katkı sağladığını düşünmekteyiz. ICARS'ın okülomotor fonksiyonlar parametresine göre sadece T-GOE grubunda görülen iyileşmenin de benzer şekilde T-GOE'nin el göz koordinasyonunu destekleyici SG uygulaması ve fonksiyonel görevlerdeki çeşitliliğin doğasından kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz.

5.4. Denge ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması

Denge bozukluğu, MS'li bireylerin büyük bir çoğunluğunu etkileyen, düşmelere ve ikincil yaralanmalara sebep olan, aktivite ve katılıma yönelik önemli bir limitasyon sebebidir (73). Salcı ve ark. yapmış oldukları çalışmada, 12 haftalık denge eğitimi, GOE ve lumbal stabilizasyon egzersizlerinin etkilerini kıyaslamıştır. Araştırma sonucunda bütün yaklaşımların bireylerin dengelerini "Berg Denge Ölçeği (BDÖ)" skoru ve dinamik postürografi değerlerine göre geliştirdiğini belirtmişlerdir (186). Benzer sonuçlara sahip güncel bir RKÇ'de, 45 MS'li birey 3 gruba ayrılmıştır. Birinci gruba geleneksel fizyoterapi uygulamaları, ikinci gruba geleneksel fizyoterapiye ek olarak kor stabilizasyon eğitimi ve üçüncü gruba geleneksel fizyoterapiye ek olarak GOE uygulanmıştır. 6 hafta süresince 12 seanslık takibin yapıldığı araştırmanın sonuçlarına göre; geleneksel tedaviye ek olarak uygulanan GOE'nin diğer tedavilere kıyasla dengeyi geliştirmede daha etkili olduğu saptanmıştır (197). Ozkul ve ark. yapmış oldukları bir RKÇ'de, 20 MS'li birey üzerinde GOE ve gevşeme egzersizlerinin etkinliğini araştırmıştır. Bu araştırmaya göre; GOE'nin gevşeme egzersizlerine kıyasla postürografi, aktiviteye özgü denge güven ölçeği ve BDÖ skorları bakımından dengeyi geliştirmede daha etkili olduğu belirtilmiştir (22). Gervasoni ve ark. yapmış oldukları çalışmada MS'li hastalar için BDÖ'nün minimal klinik anlamlılık değerini yataklı merkezde tedavi gören hastalar için 3, ayaktan tedaviye gelen hastalar için 2 puan olarak belirtmiştir (198). Literatürden elde edilen bilgiler araştırmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir. Araştırmamızda, T-GOE; 24 seans sonunda hastaların BDÖ skorlarını yaklaşık olarak ortalama 5,5 puan arttırarak klinik anlamlılık değerini yakalamıştır.

Literatürde TR'nin denge üzerine etkilerini inceleyen birçok araştırma bulunmaktadır. Kahraman ve ark. 2020 yılında yapmış oldukları bir RKÇ'de, senkron TR olarak uygulanan motor imgeleme eğitiminin MS'li hastalar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmanın kontrol grubuna herhangi bir egzersiz yaklaşımı uygulanmamış ve takip edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; TR'nin denge fonksiyonlarını geliştirmede etkili olduğu tespit edilmiştir (199). Farklı olarak, Conroy ve ark. 6 ay süresince 24 MS hastasına otomatize edilmiş TR'yi bir bilgisayar programı aracılığıyla uygulamış ve denge üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırma sonunda hastaların dengelerinde herhangi bir gelişme tespit edilememiştir (200). Williams ve

ark. yaptıkları çalışmada klinik ortamda süpervize ve telerehabilitasyon olarak uyguladıkları "denge ve fonksiyonel" egzersizlerin etkinliklerini 8 hafta (16 seans) süresince inceleyerek karşılaştırmıştır. Hastaların egzersizi yapma durumuna yönelik takip ise "telefonla görüşme yoluyla" yapılmıştır. William ve ark. araştırma sonucunda her iki grupta tedavi öncesi ve sonrası kıyaslamalarda ve tedavi sonrası gruplar arası kıyaslamalarda dengenin gelişimine yönelik bir bulgu saptayamamıştır (201). Farklı olarak Ertekin ve ark. 12 hafta süresince kuvvetlendirme ve denge egzersizlerini içeren bir protokolle ev temelli egzersizlerin denge üzerine etkinliklerini incelemiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre, MS'li bireylerin BDÖ skorlarında istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme tespit edilmiştir (202). Araştırmamızın sonuçlarına göre, TR; 24 seans sonunda hastaların BDÖ skorlarını 2,5 puan arttırarak geliştirdi. Literatür ile oluşan bu farklılığın, TR'nin uygulama protokolünden ve uygulama süresinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bu araştırmada TR, "hibrit" bir model ile fonksiyonel aktiviteler, esneme, kuvvetlendirme ve denge egzersizlerini içeren bir protokolde uygulandı.

Gruplar arası karşılaştırmalarda, T-GOE ve TR'nin denge üzerine farklılıkları olmadığı tespit edildi. Bunun her iki gruptaki bireylerin dengelerinin benzer oranda iyileşme göstermesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Elde edilen iyileşmeler literatürde belirtilen klinik anlamlılık düzeyiyle uyumluydu. Bu durum, MS'li hastaların denge rehabilitasyonunda her iki yaklaşımın birbirinin yerine kullanılabileceğini göstermektedir. Rehabilitasyon sürecinin sadece klinik ortamla sınırlı kalmaması gerektiği göz önünde bulundurulduğunda TR'nin sadece alternatif bir tedavi yöntemi olmaktan ziyade, klinikteki tedaviyi destekleyen iyi bir tamamlayıcı olarak uygulanabileceğini düşünmekteyiz.

5.5. Yürüme ve Fonksiyonel Mobilite ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması

Yürüme ve mobilite bozuklukları; ataksi, denge ve koordinasyon bozuklukları, kuvvet kaybı, spastisite gibi kompleks semptomların bir arada görülmesinin sonucunda MS'li hastaların %85'ini etkileyerek yaşam kalitelerini azaltmaktadır (88). GOE'nin yürüme ve fonksiyonel mobilite üzerine etkilerini inceleyen araştırmalar incelendiğinde değerlendirmelerin genellikle "Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT)"

ve “12 Maddeli Multiple Skleroz Yürüme Ölçeği (MSWS-12)” ile yapıldığı görülmüştür. Straudi ve ark.’ın 2014 yılında MS’li bireylerde yapmış oldukları bir araştırmada; GOE’nin fonksiyonel mobilite ve yürüme üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre; bireylerin algılanan yürüme bozukluğu değerlerinde (MSWS-12) iyileşme tespit edilirken, fonksiyonel mobilite değerlerinde (ZKYT) herhangi bir farklılık tespit edilememiştir (176). Straudi ve ark. 2022 yılında yayınladıkları güncel bir çalışmasında, hastaları aynı tedavi protokolüyle 14 hafta GOE ve 12 hafta takip içeren bir programa tabi tutmuştur. Araştırmalarının sonucunda; algılanan yürüme bozukluğu düzeyinde hem tedavi hem de takip süresinin sonunda istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler tespit edilmiştir. Fonksiyonel mobiliteye yönelik iyileşmenin, sadece takip sonrasında görüldüğü belirtilmiştir. Araştırmacılar bu durumun, tedavi sonrasındaki süreçte hastaların ev ortamında egzersizleri yapmaya devam etmelerinden kaynaklanabileceğini belirtmiştir (203). 2022 yılında yayınlanan güncel bir araştırmada, RRMS’li bireylerde grup eğitimi şeklinde uygulanan GOE’nin etkileri incelenmiştir. 12 hafta sonunda, bireylerin fonksiyonel mobilite ve algılanan yürüyüş bozukluğu değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme görülmüştür (204). Ozkul ve ark. yaptıkları araştırmada, ZKYT ve MSWS-12 değerleri bakımından fonksiyonel mobilite ve algılanan yürüyüş bozukluğuna yönelik benzer sonuçlara ulaşmıştır (22). Literatürle benzer şekilde araştırmamız kapsamında; T-GOE’nin algılanan yürüyüş bozukluğu düzeyini %20 azaltarak iyileştirdiği ve ZKYT sonuçlarını 1,8 saniye azaltarak fonksiyonel mobiliteyi geliştirdiği sonucuna ulaşıldı. Araştırmadan elde edilen sonuca göre “anlamlı görevlerin” MS’li bireylerde yürümeyi geliştirdiği söylenebilir. Bu durumun bireylerin gövde kontrolü ve dengesindeki gelişmeler sonucunda oluştuğunu düşünmekteyiz.

Literatürde TR’nin MS’li hastalarda yürüme performansı üzerine etkilerini inceleyen çok sayıda araştırma mevcuttur. Conroy ve ark. 2017 yılında yayınladıkları çalışmada, TR’nin MS’li bireylerin algılanan yürüme bozukluğuna yönelik bir etkisinin olmadığını belirtmiştir (205). Finkelstein ve ark. ve Dlugonski ve ark. yaptıkları çalışmalarda, TR’nin MS’li bireylerin algılanan yürüme bozukluğu üzerine etkisinin olmadığını belirtmiştir (206). Araştırmamız sonuçları literatürle kısmen benzerlik göstermektedir. Buna göre; TR’nin algılanan yürüme bozukluğu üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi tespit edilemedi.

TR'nin fonksiyonel mobilite üzerine etkilerini gösteren araştırmaların sonuçları tartışmalıdır. Bir grup araştırma TR'nin ZKYT bakımından bireylerin fonksiyonel mobilitelerini geliştirdiğini savunurken (207, 208), bir grup araştırma da TR'nin fonksiyonel mobilite üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmiştir (199, 209, 210). Araştırmamızın sonuçları literatürle kısmen benzerlik göstermektedir. Literatürde MS'li hastalarda tedavinin başlangıcına göre tedavi sonrasında ZKYT testinin süresindeki %7,9'luk azalmanın klinik olarak anlamlı olduğu ifade edilmiştir (211). Bu doğrultuda, TR grubunda fonksiyonel mobilite bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme gözlesek de, klinik anlamlılık değeri bakımından iyileşmenin yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir (değişim:-% 6,73). Bu durumun rehabilitasyon sırasında hastalara eş zamanlı bir şekilde hareketin doğruluğuna yönelik geri bildirimin sağlanamamasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

T-GOE ve TR'nin etkileri kıyaslandığında fonksiyonel mobilite ve algılanan yürüme bozukluğu bakımından gruplar arası bir farklılık tespit edilemedi. Fakat, klinik anlamlılık değerleri incelendiğinde T-GOE'nin daha etkili bir yaklaşım olduğu çıkarımına ulaşılabilmektedir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda; göreve özgü ve farklı çevresel koşullar barındıran fonksiyonel aktivitelerin yürüyüş ve fonksiyonel mobiliteyi geliştirmede daha etkili olabileceğini düşünmekteyiz.

5.6. Yürüme ve Fonksiyonel Mobilite ile İlişkili Kinematik Bulguların Tartışılması

Araştırmamızda bireylerin yürüme ve fonksiyonel mobiliteye yönelik aktivite performanslarını değerlendirmek için yürüme ve oturmadan ayağa kalkma aktivitelerinin kinematik analizi yapıldı. Aktivitelere, araştırma kapsamında kullanılan ZKYT'nin alt aktiviteleri gözetilerek karar verildi. Van der Linden ve ark. 2014 yılında MS'li bireylerde yürüyüşün kinematik özelliklerini farklı koşullarda incelemiştir. MS'li bireylerin normal yürüyüş hızlarındaki FEHA'larının (pik açı aralıklarının) ayak bileğinde 10,7 derece dorsi/plantar fleksiyon, dizde 44,5 ve kalçada ise 33,8 fleksiyon/ekstansiyon olduğu belirtilmiştir (212). Literatürden farklı olarak araştırmamızda ayak bileği dorsi/plantar fleksiyon FEHA'sının daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun durumun Van der Linden ve ark.'ın yapmış oldukları

araştırmanın örnekleminin düşük ayağı bulunan MS hastalarından oluşmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Winiarski ve ark. sağlıklı bireylerin yavaş, konforlu (normal) ve maksimum hızdaki yürüyüşlerini inceleyerek yürüyüş kinematiklerine yönelik referans değerler tanımlamıştır (213). Referans değerlere göre konforlu yürüme hızında coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki kalça FEHA'ları sırasıyla; 17º /15,8º /46,4º olarak belirtilmiştir. Araştırmamız sonuçlarına göre; bütün katılımcıların tedavi öncesi ve sonrası değerlerinde daha az FEHA'ya sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun, bireylerin pelvik stabiliteyi arttırmak için hareket açıklığını kısıtlama eğilimine gitmesinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. T-GOE grubundaki bireylerin tedavi öncesi ve sonrası değerleri arasında her iki ekstremitede kalça ekleminin coronal ve sagittal düzlemdeki FEHA'ları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edildi. Paralel olarak, bu durum ile ilişkili olası sebeplerin dengedeki ve ataksi şiddetine yönelik kinetik fonksiyonlardaki gelişmeler olduğunu düşünmekteyiz.

Winiarski ve ark. diz ve ayak bileği için sadece sagittal düzlem verilerini paylaşmıştır (213). Bu bağlamda, sağlıklı bireylerin dizde 59,6º ve ayak bileğinde 33,8º fleksiyon/ekstansiyon FEHA'sının olduğu görüldü. Araştırmamızda yer alan her iki gruptaki katılımcıların, konforlu hızda yürüme aktivitesi sırasında diz ve ayak bileği eklemlerinin sagittal düzlemdeki FEHA'larının sağlıklılara kıyasla daha az olduğu görüldü. TR grubunda diz FEHA'sının non-dominant tarafta istatistiksel olarak anlamlı biçimde azaldığı ve ayak bileğinin FEHA'sının dominant tarafta arttığı gözlendi. Elde edilen sonuçlar sağlıklılardan farklı olsa da TR grubunda, her iki taraf FEHA'ların birbirine yaklaşarak yürüyüşteki simetrinin devam ettirildiği görüldü. Temporal parametrelerdeki değişikliklerin de bu yorumu desteklediğini düşünmekteyiz. T-GOE grubunda dominant taraf diz ve ayak bileği FEHA'sının arttığı görüldü. Her iki grubun karşılaştırmalarında istatistiksel olarak farklılık görülmese de, T-GOE grubundakilerin yürüyüşünün, sağlıklı bireylerin FEHA'larına yaklaştığı gözlendi. Ayrıca, temporal parametrelere yönelik karşılaştırmalar incelendiğinde; T-GOE grubundakilerin non-dominant taraf verilerinin tedavi başlangıcında daha kötü olduğu görülmektedir. Bu durumun tedavi sonrasındaki gruplar arasındaki farkı kıyaslamak için zorluk oluşturduğu düşünülmektedir. Ayrıca, normal hızdaki yürüyüşte görülen bu iyileşmenin etkisini daha iyi açıklayabilmek için gelecekteki

araştırmalarda; kas tonus, kas aktivasyonu ve yer reaksiyon kuvvetinin (kuvvet platformu kullanılarak) incelenmesi önerilmektedir.

Maksimum hızdaki yürüyüşe yönelik referans değerler incelendiğinde coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki kalça FEHA'ları sırasıyla; 19,5º /15,9º /50,2º olarak belirtilmiştir (213). Araştırmamız sonuçlarına göre bütün hastaların FEHA değerlerinin sağlıklılara kıyasla daha düşük olduğu görüldü. TR grubunda; tedavi öncesine kıyasla dominant taraf kalçanın coronal düzlem, dominant taraf ayak bileğinin transversal ve sagittal düzlemdeki; non-dominant taraf, ayak bileğinin coronal ve transversal düzlemdeki FEHA'ları artarak normale yaklaştı. Ayrıca, TR grubunda dominant taraf ve non-dominant taraf açısal değerleri incelendiğinde, artan yürüyüş hızının asimetrikliği arttırdığı görüldü. Bu durumun bireylerin serebellar ve piramidal semptomlarının bir bileşkesi olarak geliştiğini düşünmekteyiz. T-GOE grubunda; tedavi öncesine kıyasla dominant taraf kalça ve ayak bileğinin sagittal düzlem FEHA'ları artarak, sağlıklı bireylere yaklaşmıştır. Gruplar arası karşılaştırmada T-GOE'nin kalça fleksiyon/ekstansiyonunu TR'ye kıyasla anlamlı olarak daha etkili biçimde arttırdığı görüldü. Sağlıklılarda yapılan başka bir araştırmaya göre; maksimum hızdaki yürüyüşün periyodu, sallanma fazı ve duruş fazı sürelerinin sırasıyla 0,94 / 0,33 / 0,61 saniye olduğu gösterilmiştir (214). Araştırmamızın sonuçları, yürüyüşün temporal parametrelerinin her iki grupta da sağlıklılarla benzer şekilde olduğunu gösterdi. Yürüme aktivitesinin kinematik değişkenlerinin asimetriyi destekler nitelikte olduğu görüldü. TR grubunun, dominant taraf duruş fazı sürelerinin tedavi sonrasında kısaldığı gözlemlendi. T-GOE grubunun; maksimal yürüme hızında sağlıklılarla benzer stratejiler göstererek daha fazla FEHA oluşturduğu görüldü. Bu durumun denge ve artan motor nöromusküler kontrol ile ilişkili olabileceği düşünüldü.

"Oturmadan ayağa kalkma (OAK)" aktivesinin kinematikleri literatürde; gövde pozisyon değişiklikleri, ağırlık merkezi, faz durasyonları, hız ve sagittal düzlemde alt ekstremite eklemlerindeki açısal değişikliklerle incelenmiştir (144, 215, 216). Literatürde MS'li bireylerin OAK fonksiyonu yalnızca 1 araştırmada incelenmiştir. Bowser ve ark. 2015 yılında yayınladıkları araştırmada, 11 MS hastasının kas kuvveti sonucuna göre daha çok etkilenmiş tarafını belirlemiş ve OAK kinematiklerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre kas kuvvetsizliği bulunan

ekstremite üzerine ağırlık aktarma süresinin %25 daha geciktiği ve bireylerin sağlıklılara kıyasla daha fazla gövde fleksiyonu yaparak kalktıklarını tespit etmişlerdir. Araştırmanın diğer bir sonucuna göre MS'li bireylerin diz sagittal düzlem FEHA'sının etkilenmiş tarafta 89,6º, daha az etkilenen tarafta 90º ve sağlıklı kişilerde ise 85,6º olduğunu belirtmişlerdir (217). İnmeli bireylerde yapılan başka bir araştırmada sağlık kontrol grubunun ayağa kalkma aktivitesi sırasındaki maksimum ayak bileği dorsi fleksiyonunun 12,4º olduğu belirtilmiştir (218). Sütçü ve ark. aynı değeri sağlıklı bireylerde 11º-13º olarak belirtmiştir (144). Başka bir araştırmada ise maksimum kalça fleksiyonunun sağlıklı bireylerde 94º derece olduğu belirtilmiştir (219). Araştırmamızdan elde edilen verilerin nispeten sağlıklı bireylerle benzer olduğu görüldü. Farklılıkların ise; başlangıç pozisyonu, sandalye yüksekliği, ölçüm metodu ve sonuç ölçütlerindeki farklılıklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Literatürde, OAK aktivitesinde sağlıklı bireylerin minimal gövde fleksiyonunu takiben ayaklarına ağırlık aktardığı belirtilmiştir. Momentum transfer stratejisi olarak adlandırılan bu durumun gövde ve lumbosakral bileşkenin daha az FEHA'ya sahip olması ve kalçanın sagittal düzlem FEHA'sının fazla olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Daha basit bir ifade ile gövdenin yer değiştirmesinin kalça hareketliliğiyle ters orantılı olduğu düşünülmelidir. Literatürde tanımlanan diğer strateji ise, alt ekstremite kas zayıflığı bulunan bireylerin hareketin başlangıcında belirgin bir gövde fleksiyonuyla kompansatuvar bir fleksör moment oluşturmasıdır. Bu durum gövde fleksör FEHA'sında artma ve kalça FEHA'sında azalmayla karakterizedir (220, 221). Ayrıca, klinik deneyimlerimize göre MS'li bireyler, OAK kalkışı sırasında destek yüzeyini genişletebilmek ve kalça ile dizin ekstansör momentini arttırabilmek için kompansatuvar bir kalça internal rotasyonu ve kalça adduksiyonu yapmaktadır. Bu durum, coronal düzlemde diz hareketliliğinin artmasına sebep olmaktadır. Literatürden farklı olarak çalışmamızda OAK aktivitesinin eklem açılarının 3 boyutlu olarak değerlendirilmesinin hareket stratejilerinin doğru olarak yorumlanması açısından önemli olduğu görüşündeyiz. Araştırmamız sonuçlarına göre T-GOE grubundaki bireylerde dominant kalça sagittal düzlem FEHA'sında artma ve coronal düzlemdeki diz hareketliliğinde ise azalma gözlendi. Bu durumun literatürdeki sağlıklı bireylerin kullandığı stratejiyle ve gövde stabilitesinde gözlenen anlamlı iyileşmeyle uyumlu olduğunu düşünmekteyiz. TR grubunda; her iki taraf sagittal düzlem kalça ve

non-dominant diz FEHA'larında azalma bulundu. Bu durumun alt ekstremite kaslarının kuvvetiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Gruplar arası karşılaştırmalarda T-GOE'nin, TR'ye kıyasla tedavi öncesi ve sonrasında dominant dizin coronal düzlem FEHA'sının daha az olduğu görüldü. Non-dominant dizde ise coronal düzlemdeki FEHA tedavi sonrasında T-GOE grubunda daha azdı. Bu durum, T-GOE grubunda kalça, diz ve ayak bileğine yönelik stabilite komponentlerinin geliştiğini düşündürmektedir. Ayrıca, OAK bilateral alt ekstremite açılarına bakıldığında ise her iki grupta, dominant ve non-dominant taraf EHA'ların tedavi başlangıcına göre birbirine yaklaştığı gözlenmiştir. Hareketin simetrikliğinin artması olarak yorumlanabilecek bu durumun gelişen nöromusküler kontrolün bir sonucu olabileceğini düşünmekteyiz. OAK hareket sinerjilerinde görülen bu iyileşmelerin, ZKYT sonuçlarıyla da uyumlu olduğunu görülmektedir.

5.7. Yorgunluk ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması

Yorgunluk, MS'de yaşam kalitesini etkileyen önemli bir bulgudur. Yapılan araştırmalarda, MS'li hastaların %85-87'sinin en az orta düzeyde yorgunluk yaşadığını belirtilmiştir (94, 95). Gervasoni ve ark. yapmış oldukları çalışmada, bisiklet ergometresiyle kombine bir şekilde uyguladıkları GOE'nin MS'lilerde yorgunluk üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre; GOE'nin MYEO puanı bakımından hastaların yorgunluğunu azalttığı saptanmıştır. Aynı araştırmada, hastaların motor yorgunluk indeksleri incelenmiş ve üst ekstremite enduransının da arttığı tespit edilmiştir (222). Kocica ve ark. yapmış oldukları araştırmada 12 haftalık alt ekstremite kuvvetlendirme egzersizlerini içeren GOE ile hastaların yorgunluklarının azaldığını tespit etmiştir (204). Straudi ve ark. ve Chisari ark. ise yapmış oldukları çalışmalarda hastaların YŞÖ değerlerinde herhangi bir iyileşme tespit edememişlerdir (25, 176). Straudi ve Chisari çalışmalarında hastalara yoğun ve uzun süren, 120 dakikalık kompleks bir tedavi programı uygulamıştır. MS'li hastalarda görülen aksonal dejenerasyon, sinir iletim hızı değişiklikleri, sıcak intoleransı ve kaslardaki patolojik değişikliklerin yorgunluk üzerine etkili olduğu düşünüldüğünde, 120 dakikalık bir egzersiz seansının hastaların yorgunluğunu azaltmada herhangi bir etkisinin olmaması olası bir sonuç olarak görülmektedir. Bu bağlamda araştırmamızın sonuçları literatürle uyumludur. Araştırmamızın sonuçları

incelendiğinde; T-GOE' nin, YŞÖ değerleri bakımından yorgunluğu azalttığı tespit edilmiştir. Literatürde ülkemizdeki MS hastalarının psikometrik özelliklerine uygun bir kesme-değer araştırmasına rastlanmamıştır. MS ve sistemik lupus eristamatozus hastalarında yapılan bir araştırma, YŞÖ toplam puanın 36'dan fazla olmasının yorgunluk göstergesi olduğunu belirtmiştir (223). Farklı olarak, literatürde ortalama puan üzerinden yapılan kesme değeri sınıflamalarıyla daha sık karşılaşılmaktadır. Buna göre ortalama puan, "4 ve altındaysa" bireyde yorgunluk bulunmadığı, "4 ile 5 arasındaysa" sınırdaki yorgunluğu ve "5 ve üzerindeyse" kronik yorgunluğu ifade etmektedir (224). Bu doğrultuda; T-GOE hastaların yorgunluğunu azaltmada etkili olsa da yorgunluğu tam olarak gidememiştir. Bu durumun önemli bir sebebinin tedavi süresinin yetersizliği olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca, T-GOE sırasında seçilen aktivitelerin aerobik yükünün nispeten az olduğu görüşündeyiz. Yapılacak istasyon modifikasyonlarıyla aerobik yükü daha fazla olan aktivitelerin uzun vadede yorgunluğu azaltmadaki etkiyi arttırabileceğini düşünmekteyiz.

Literatürde farklı protokollerle uygulanan TR'nin, MS'li bireylerin yorgunluğu üzerine etkileri incelenmiştir. Tarakcı ve ark. 2021 yılında yayınladıkları bir araştırmada, asenkron TR'nin yorgunluk etkilerini iyileştirmede YŞÖ toplam puanı bakımından etkili olduğunu belirtmiştir (225). Talnerr ve ark. 2016 yılında yayınladıkları araştırmada, endurans ve kuvvetlendirme egzersizlerini içeren asenkron TR uygulamasıyla bireylerin yorgunluğunda 3 aylık periyotta azalma tespit etmiştir. Fakat, 6 aylık takibin sonunda bireylerin yorgunluklarında artış görülmüştür (226). Turner ve ark., telefon görüşmeleri aracılığıyla asenkron bir şekilde yürütülen TR uygulamasının, bireylerin yorgunluğunu azaltmada etkili olduğunu belirtmiştir (227). Benzer şekilde Ertekin ve ark. 2012 yılında yayınladıkları araştırmada ev temelli egzersizlerin MS'li bireylerin yorgunluğunu azaltmada etkili olduğunu göstermiştir (202). Araştırmamızdan elde edilen sonuçlar TR'nin yorgunluğu azaltmadığını göstermiştir. Araştırma protokolünde, endurans ve aerobik egzersizlerinin bulunmamasının literatürle olan bu farklılığın olası sebebi olduğunu düşünmekteyiz.

5.8. Üst Ekstremite Fonksiyonları ile İlişkili Klinik Bulguların Tartışılması

Üst ekstremite fonksiyonu; hijyen, giyinme, yemek yeme/beslenme, fonksiyonel mobilite ve transfer gibi pek çok temel günlük yaşam aktivitesinin sürdürülebilmesi için büyük önem arz etmektedir. Üst ekstremite disfonksiyonu MS'li hastaların büyük çoğunluğunda görülmektedir (85). Ozkul ve ark., MS'li hastalar ile yapmış oldukları çalışmada üst ekstremiteye "giyinme ve yemek yeme" gibi aktivitelerle GOE uygulamıştır. Araştırmacılar çalışma sonucunda; GOE'nin üst ekstremite becerileri üzerine bir etkisinin olmadığını belirtmiştir (22). Gervasoni ve ark. yapmış oldukları çalışmada hastalara GOE'nin bir istasyonunda üst ekstremiteye bisiklet ergometresiyle endurans eğitimi uygulamıştır ve çalışma sonunda GOE'nin MS'li bireylerin el çevikliğine yönelik becerilerini geliştirdiği belirtmiştir (222). Lamers ve ark. farklı yoğunluklarda uyguladıkları GOE'nin el becerileri üzerine olumlu etkilerinin olduğunu belirtmiştir (228). Bonzano ve ark. üst ekstremite egzersizleri içeren GOE'nin etkilerini fMRI ile incelemiştir. Araştırma sonucunda, motor performans bakımından (ARAT, 9DP, kavrama kuvveti) GOE'nin etkili sonuçlara ulaştığı gösterilmiştir. Araştırmanın diğer bir kolunun pasif egzersizler olduğunu belirten araştırmacılar, fMRI sonuçlarına göre ise sadece anlamlı aktiviteler içeren GOE'de fonksiyonel değişiklikler tespit etmiştir (229). GOE'nin üst ekstremite fonksiyonu üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalarda genellikle "9 delikli peg (9DP) testinin kullanıldığı görülmüştür. Bu araştırmada literatürden farklı olarak algılanan üst ekstremite fonksiyonu ABILHAND, unilateral ve bimanual üst ekstremite çevikliği ise Minnesota testi ile incelenmiştir. Bu tercih, hastaların gözünden üst ekstremite becerilerini incelemek ve bimanual motor performansı değerlendirmek için yapılmıştır. Araştırmamız sonucunda; T-GOE'nin, unilateral ve bimanual motor performansı geliştirmede ve algılanan üst ekstremite bozukluklarını iyileştirmede etkili olduğu bulundu. Bu durumun artan gövde ve proksimal stabilizasyonun sonucu olduğunu ve bireylerin ataksi semptomlarındaki iyileşmenin de bu durumu destekler nitelikte olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca, literatürle oluşan bazı farklılıkların kullandığımız SG uygulamasının pozitif etkilerinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Araştırma kapsamında SG, farklı senaryolarla uzanma aktivitelerini, ön kol pronasyon-supinasyonunu ve seçici parmak hareketlerini

geliştirmeyi hedefleyen oyunlara sahipti. Ek olarak, SG uygulamaları nesne dokunmatik özelliği bulunan bir ekran üzerinde günlük yaşamdan materyaller kullanılarak oynatıldı. Ayrıca, SG ile klasik egzersiz tedavilerinden çok daha fazla tekrar yapılmış olması bu sonuç üzerinde etkili olmuştur. Bu durumun günlük yaşamda üst ekstremite kullanımındaki değişimin olası diğer bir sebebi olduğunu düşünmekteyiz.

MS'li bireylerde TR'nin üst ekstremite fonksiyonları üzerine olan etkileri sınırlı sayıda araştırmada incelenmiştir. Huijgen ve ark. 2008 yılında yaptıkları bir araştırmada; MS ve travmatik beyin hasarı bulunan hastalara el becerileri ve üst ekstremite fonksiyonunu geliştirmek üzere ev ortamında H-CAD sistemini kullanarak egzersizler vermiştir. Araştırma sonucunda TR'nin üst ekstremite fonksiyonlarını arttırmada herhangi bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (230). Uswatte ve ark. 2021 yılında yapmış oldukları çalışmada, zorunlu kısıtlayıcı hareket tedavisini TR olarak uygulamış ve üst ekstremite fonksiyonu üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, üst ekstremite fonksiyonunu geliştirmede TR'nin klinik ortamdaki kadar etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir (231). Literatürde TR'nin üst ekstremite fonksiyonları üzerine etkisinin protokolle ilişkili olarak değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Literatürden elde edilen bilgiler araştırmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir. Araştırmamız; TR'nin MS'li bireylerin unilateral ve bimanual üst ekstremite motor performansını ve algılanan üst ekstremite becerilerini geliştirdiğini gösterdi.

Gruplar arası kıyaslamalara göre T-GOE ve TR'nin birbirlerine üstünlüğü görülmedi. Bu durumun her iki grubun da üst ekstremite becerileri bakımından iyileşmesiyle ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca çalışmamızda, literatürden farklı olarak ilk kez T-GOE ve TR'nin üst ekstremite günlük yaşam aktivitelerine etkileri kinematik olarak değerlendirildi.

5.9. Üst Ekstremite Fonksiyonları ile İlişkili Kinematik Bulguların Tartışılması

Günlük yaşam aktivitelerine yönelik üst ekstremite kinematikleri kapsamında; başın orta noktasına dokunma (BOT), ceket asma (CAS), yemek yeme (YEM), telefonla konuşma (TEL) ve pantolonun arka cebine dokunma (PAC) aktiviteleri

incelendi. Doğan ve ark. 2019 yılında yayınladıkları çalışmada, BOT, YEM, CAS ve PAC aktivitelerine yönelik sağlıklı bireylerde üst ekstremiteye yönelik referans değerleri tanımlanmıştır (232). Araştırma sonuçlarına göre; BOT aktivitesinde coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki omuz FEHA'ları sırasıyla; 29º /68º /85º olarak belirtilmiştir. Dirsek ekleminin transversal ve sagittal düzlem FEHA'larının sırasıyla; sağlıklılarda 32,5º / 102 º olduğu saptanmıştır. El bileği incelendiğinde ise coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki FEHA'ları sırasıyla; 2º /6º /17º olarak tespit edilmiştir(232). Araştırmamızdan elde edilen FEHA değerleri literatürden minimal farklılıklar içermekte ve hastaların her iki grupta da daha fazla FEHA'lar oluşturduğu görülmektedir. Bu durumun denge bozukluğu ve ataksi semptomlarıyla ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz. Proksimal instabilite ve ataksi semptomlarının, hareketin distal kontrolünü olumsuz yönde etkileyerek bütün düzlemlerdeki FEHA'da artışa sebep olduğunu düşünmekteyiz.

BOT aktivitesinde TR grubunun FEHA değerleri bakımından tedavi öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilemedi. T-GOE grubu ise el bileği ulnar/radial deviasyon FEHA'sında azalma göstererek referans değere yaklaştı. Klinik bulgularla uyumlu olarak her iki grupta da birtakım anlamlı sinerjiler saptandı. TR grubunda; bilateral omuz ve dirseğin FEHA'ları azalarak referans değere yaklaştı. Bu durumun nedeninin sagittal düzlemde gelişen motor kontrol olduğunu düşündürmektedir. Düzgünlük metrikleri incelendiğinde TR grubunda, dominant tarafın sagittal düzlem ivme profilinde artan kontrolü gösteren bulgular istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde saptandı. T-GOE grubunda artan proksimal ve gövde stabilizasyonunun; omuz FEHA'sını azaltıp, dirsek ve el bileği hareketliliğini arttırdığı düşünülmektedir. Hareketin düzgünlük parametrelerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı olmasa da SPARC üzerinde görülen azalmanın bu yorumu desteklediğini düşünmekteyiz.

TEL aktivitesi, obje manipülasyonu ve iletişim ile ilgili bir enstrümental bir günlük yaşam aktivitesi olması sebebiyle araştırma kapsamında incelendi. Bilgimiz dahilinde telefonla konuşma aktivitesinin 3 boyutlu kinematiklerini inceleyen bir araştırma bulunmamaktadır. Normal koşullarda aktivitede omuz fleksiyon-abduksiyon ve dirsekte fleksiyon sinerjilerinin baskın olduğu görülmektedir. Araştırmamız sonuçlarına göre TR grubunda; her iki taraf omuz eklemi ve dominant taraf el bileği

coronal düzlemdeki FEHA'larda artış görüldü. Bu durumun artan hareket kontrolüyle ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Normal sinerjiyle uyumlu olarak dominant ekstremitelerin transversal ve sagittal düzlemdeki düzgünlüğü minimal düzeyde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde gelişti. Ayrıca, düzgünlük metriklerinde görülen dominant ekstremitenin transversal ve sagittal düzlemdeki iyileşmeleri bu durumu desteklemektedir. Fakat, TR grubunda; hareketin diğer düzgünlük metrikleri bu durumla çelişen sonuçlara sahipti. T-GOE grubunda ise her iki taraf dirsek ve dominant el bileği rotasyonuna yönelik FEHA'larda artış görüldü. Distal hareketliliğin proksimal stabilizasyonun bir sonucu olduğu göz önünde bulundurulduğunda elde edilen titreşim (LDJ) düzgünlük metriğindeki iyileşmeler dirsekte görülen artmış FEHA'yı açıklamaktadır. Ayrıca non-dominant taraf için azalan SPARC metriği istatistiksel olarak anlamlı olmasa da artan hareket düzgünlüğüne yönelik bu yorumumuzu destekler niteliktedir.

Ceket asma (CAS) aktivitesi baş üzeri ve eşya manipülasyonu olan temel mobilite aktivitesi olması ile araştırma kapsamında değerlendirildi. Normal koşullarda CAS paterni incelendiğinde, proksimal eklemlerde fleksiyon ve abdüksiyon, dirsekte ekstansiyon ve pronasyon aktivitesi içerdiği gözlenmektedir. Sağlıklı bireyler üzerinde yapılan referans çalışmasına göre, CAS'ın; coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki omuz FEHA'ları sırasıyla; 22º /77º /98º olarak belirtilmiştir. Dirsek ekleminin transversal ve sagittal düzlem FEHA'larının; sağlıklılarda 69º / 81 º olduğu saptanmıştır. El bileği incelendiğinde ise coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki FEHA'ları; 19º /21º /20º olarak tespit edilmiştir (232). Araştırmamızda bütün hastaların literatürdeki referans değere kıyasla tedavi öncesi ve sonrasında daha fazla FEHA'ya sahip olduğu görüldü. Sagittal düzlemdeki hareketlerin normale yakın bir paternde gerçekleştiği görüldü. TR grubu non-dominant taraf omuz FEHA'sı artarak, dirsek ve el bileğindeki FEHA'nın azaldığı gözlemlendi. Bu durum rotasyon yönünde azalan kontrolle ilişkilendirilebilmektedir. Ek olarak dominant tarafta tam tersi bir durum gözlemlendi ve coronal düzlemdeki SPARC değeri bakımından hareket düzgünlüğünde gelişme gözlemlendi. T-GOE grubu incelendiğinde ise FEHA değerlerinin nispeten referans verilere daha yakın olduğu gözlendi. T-GOE grubunda sagittal düzlemdeki dominant taraf hareket titreşimlerinin minimal olarak arttığı gözlendi fakat, aynı düzlemin SPARC ve ivme profili metriklerinde hareketin

düzeldiğini gösteren artışlara rastlandı. Buna karşın T-GOE, non-dominant tarafta düzgünlüğe yönelik verilerin kısmen geliştiği gözlendi. ICARS'ın kinetik fonksiyonlar puanının her iki ekstremiteye yönelik koordinasyon, dismetri ve tremor testlerini puanının toplamı olduğu göz önünde bulunduğunda T-GOE grubunda görülen kinetik fonksiyonlardaki iyileşmenin non-dominant taraftan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yemek yeme (YEM) aktivitesi günlük yaşamda beslenme aktivitesi ve ince motor beceri gerektiren bir aktivite olması sebebiyle araştırma kapsamında değerlendirildi. Aktiviteye yönelik kinematik metrikler incelendiğinde titreşime yönelik (LDJ) metriğin en fazla YEM aktivitesinde olduğu gözlendi. Bu durum, eşya manipülasyonu gerektiren aktivitelerde hareketin düzgünlüğünün ve kontrolünün daha zor sağlandığını göstermektedir. Sağlıklı bireyler üzerinde yapılan referans çalışmasına göre YEM'in; coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki omuz FEHA'ları sırasıyla; 22º /31º /41º olarak belirtilmiştir. Dirsek ekleminin transversal ve sagittal düzlem FEHA'larının; 49º / 107 º olduğu saptanmıştır. El bileği incelendiğinde ise coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki FEHA'ları; 8º /14º /28º olarak tespit edilmiştir (232). Araştırma kapsamında her iki grubun FEHA değerlerinin coronal ve transversal düzlemde referans değerlere göre daha fazla olduğu gözlendi (ortalama 3-10º). Referans makalenin protokolüne göre, test sırasında bireylerden kaşığı 3 kere ağzına götürmesi istenmiştir. Araştırmamızda ise hareketin düzgünlük metriklerinin olumsuz etkileneceği düşünülerek hastalardan kaşığı 1 kere ağzına götürmesi istendi. Araştırma sonuçlarına göre dominant taraf TR grubunun omuz ve el bileği FEHA'larının ters orantılı olarak değiştiği gözlendi. İvme metrikleri sadece sagittal yöndeki profilde tedavi sonrasında anlamlı olmak üzere kontrolün arttığını gösterdi. T-GOE grubunda ise, dominant taraf omuz ekleminin sagittal ve coronal düzlem FEHA'larının arttığı tespit edildi. Metrikler bakımından T-GOE grubunda bir değişim gözlenmedi ve tedavi başındaki değerlere göre, telerehabilitasyon grubuna kıyasla hareketi daha düzgün bir biçimde gerçekleştirdikleri gözlendi. YEM aktivitesinin hastalık patolojisiyle ilişkilendirilebilmesi için aktivitenin fazlara ayrılarak incelenmesi gerektiğini gelecekteki çalışmalar için önermekteyiz.

Pantolonun arka cebine dokunma aktivitesi (PAC) vücudun arka bölümüne dokunma gerektiren, temel hijyen aktivitelerinin paternini içeren ve görme bağımsız bir fonksiyon olması sebebiyle araştırma kapsamında değerlendirildi. Sağlıklı bireyler

üzerinde yapılan referans çalışmasına göre PAC'ın; coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki omuz FEHA'ları sırasıyla; 13º /42º /60º olarak belirtilmiştir. Dirsek ekleminin transversal ve sagittal düzlem FEHA'larının; 93º / 39º olduğu saptanmıştır. El bileği incelendiğinde ise coronal, transversal ve sagittal düzlemdeki FEHA'ları sırasıyla; 7º /22º /26º olarak tespit edilmiştir (232). Sağlık bireylerdeki araştırma protokolü incelendiğinde bireylerden gerçek bir cüzdanı önlerinde bulunan masadan alıp, arka cebine yerleştirmeleri istenmiştir. Araştırmamızda ise bireylerden pantolonunun arka cebinin iç kısımda kalan alt ucuna dokunmaları istendi. Araştırmamız sonuçlarına göre, TR grubunun FEHA değerlerinin her iki omuzda arttığı görüldü. T-GOE grubunda ise omuz coronal düzlem FEHA'sının arttığı gözlendi. TR grubunda çok yönlü olarak artan omuz hareketliliği, hareketin distal noktasının kontrolünü zorlaştırarak hareketteki titreşimi arttırdı. T-GOE grubunda ise FEHA değerlerindeki gelişime paralel olarak hareketin kontrolünün arttığı görüldü. T-GOE grubunda görülen bu gelişmenin gövde bozukluğunun azalması ve dengenin gelişmesiyle paralel olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, eklemlerin genelinde görülen FEHA literatüre kıyasla fazladır. Fakat, protokol farklılıkları bu durumun olası sebebi olarak görülmektedir.

5.10. Yaşam Kalitesi ve Katılım ile ilişkili Klinik Bulguların Tartışılması

MS hastalarında yaşam kalitesi ve katılımın, hastalıkla ilişkili bütün semptomların etkilerine yönelik bir sonuç göstergesi olduğu düşünülmektedir. Literatürde GOE'nin yaşam kalitesi üzerine etkilerini inceleyen çok sayıda araştırma vardır. Ozkul ve ark. yapmış oldukları çalışmada, GOE'nin sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi ve bilişsel beceriler üzerine etkili olduğunu göstermiştir (22). Benzer olarak, Straudi ve ark. 2014 ve 2022 yılındaki araştırmalarında; GOE'nin sağlıkla ilişkili yaşam kalitesini geliştirdiğini tespit etmiştir (176, 203). 2020 yılında yayınlanan başka bir araştırmada GOE'nin MS'li bireylerin yaşam kalitelerini arttırmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır (204). Araştırmadan elde ettiğimiz sonuçların literatürle uyumlu olduğu görüldü. Buna göre T-GOE'nin bireylerin; ağrı, enerji/yorgunluk, sağlığın algılanması, sosyal işlevler, emosyonel esenlik, emosyonel ve fiziksel sağlık distresi, bilişsel işlevler, genel yaşam kalitesi, mental ve fiziksel sağlık ile ilişkili parametreleri geliştirmede etkili olduğu bulundu. Bu durumun azalan yorgunluk, gelişen gövde,

denge, üst ekstremite fonksiyonları, yürüme, motor kontrol ve azalan ataksi şiddetiyle ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Literatürde TR'nin yaşam kalitesi üzerine etkilerini inceleyen birçok araştırma mevcuttur. Tarakcı ve ark., 2021 yılında yayınladıkları çalışmalarında TR ve klinik ortamda yaptırdıkları egzersiz ile etkilerini karşılaştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, TR'nin klinik ortamla benzer şekilde bireylerin sağlıkla ilişkili yaşam arttırdığını tespit etmişlerdir (225). Kahraman ve ark. senkron şekilde gerçekleştirdikleri TR temelli motor imgeleme eğitiminin, MS'li bireylerin yaşam kalitesini arttırdığını göstermiştir (199). Talnerr ve ark. benzer şekilde asenkron TR'nin yaşam kalitesini arttırdığını belirtmiştir (226). Literatürle uyumlu bir şekilde araştırmamızda TR'nin yaşam kalitesinin bazı komponentlerini arttırdığı tespit edilmiştir. Araştırmamız sonuçlarına göre; TR'nin enerji/yorgunluk, sağlığın algılanması, fiziksel ve emosyonel sağlık distresi ve emosyonel esenlik parametreleri bakımından etkili olduğu sonucuna ulaşıldı. Mental ve fiziksel sağlık kompozit puan parametreleri bakımından ise herhangi bir etkisi tespit edilemedi. Ayrıca gruplar arası karşılaştırmalara göre, T-GOE'nin bilişsel işlev ve mental sağlık ile ilgili parametreleri geliştirmede TR'ye kıyasla daha etkili olduğu görüldü. Bu durumun sebeplerinin yüz yüze tedavi ile elde edilen bireylerin sosyal entegrasyon, sanal gerçeklik oyunlarının bilişsel komponenti ve GOE'nin bireyin problem çözme sürecini teşvik eden istasyonlardan oluşması olarak gösterilebilir. Ayrıca, yaşam kalitesindeki değişimin diğer değerlendirmelerle de uyumlu olduğu görülmektedir. Araştırmanın pandemi koşullarında yürütüldüğü ve tamamlandığı düşünüldüğünde TR grubunun sosyal izolasyona maruziyeti, mental sağlık parametresinde anlamlı bir gelişme olmamasının olası bir sebebi sayılabilir.

Hedef belirleme süreci *(Goal-setting)*, klinik karar verme sürecinin önemli bir basamağıdır ve rehabilitasyonu hasta merkezli bir yaklaşım haline getirmektedir. Başarılı bir rehabilitasyon süreci için fizyoterapistin ve hastanın hedeflerinin örtüşmesini gerektirmektedir. Yapılan çalışmalar fizyoterapistlerin tedavi hedeflerine yönelik sonuçları genellikle klinik ve laboratuvar yöntemleriyle incelediğini göstermektedir (233). Bu noktada, hasta gözünden rehabilitasyon hedeflerinin etkinliğinin değerlendirilmemesinin önemli bir eksiklik olduğu görülmektedir. Rasova ve ark. yapmış oldukları araştırmada, MS rehabilitasyonunda fizyoterapistlerin yalnızca %16'sının "hastanın gözünden tedavi hedeflerine yönelik etkinliği" objektif

bir yöntem olan “Amaca Ulaşma Ölçeği (GAS)” ile değerlendirdiğini göstermiştir (233). Araştırmamıza kapsamında bireylerin GAS’a göre en sık seçtiği tedavi hedefleri; yorgunluğun azalması, yürüme mesafesinin artması, eşya (poşet, çanta, tepsi, bardak vb.) taşıyabilme, merdiven çıkma becerisinin gelişmesi, yürüme düzgünlüğünün artması, ev işlerindeki zorlanma düzeyinin azalması ve ayakta durma süresinin artmasıdır. Araştırmamız kapsamında, T-GOE ve TR’nin hastaların günlük yaşam ve katılımla ilgili hedeflerine ulaşmasında etkili olduğu tespit edildi. Her iki tedavi yönteminin de hastaların beklentilerini karşıladığı görüldü. Bireyin rehabilitasyon hedeflerine ulaşması bakımdan T-GOE’nin daha etkili bir rehabilitasyon yöntemi olduğu bulundu. Bu durumun “görev” odaklı eğitimin, katılımı teşvik eden aktivite ve hedef odaklı bir müdahale yöntemi olmasından kaynakladığını düşünmekteyiz. Ayrıca araştırmamız, TR ve GOE’nin, hastaların fonksiyonel tedavi hedeflerine olan etkilerinin hastaların kendileri tarafından değerlendirildiği literatürdeki ilk araştırmadır.

T-GOE grubunda tedavi öncesi ve sonrası kıyaslamalarla; gövde kontrolü, denge, ataksi şiddeti, yürüme, el fonksiyonları, yorgunluk, yaşam kalitesi ve katılımın iyileştiği görüldü. Bu bağlamda $H1_c$ hipotezi doğrulandı. TR grubunda tedavi öncesi ve sonrası kıyaslamalarla; gövde kontrolü, denge, fonksiyonel mobilite, ataksi şiddeti, yorgunluk, yaşam kalitesi ve katılımın geliştiği bulundu. Bu bağlamda $H1_d$ hipotezi kısmen doğrulanmıştır. Ayrıca, T-GOE ve TR’nin fonksiyonel aktivitelerin kinematiklerine yönelik etkili sonuçlara sahip olduğu bulundu ve araştırmanın $H1_e$ ve $H1_f$ hipotezleri kısmen doğrulandı.

Bu araştırma sonucunda T-GOE’nin; yaşam kalitesi, ataksi şiddeti, gövde kontrolü bakımından TR’ye üstün olduğu görüldü. Bu bağlamda araştırmanın $H1_e$ hipotezi kısmen doğrulandı. T-GOE’nin; “BOT, TEL, YEM, FUZ ve yürüme” aktivitelerindeki kinematik parametrelerde TR’ye kıyasla daha etkili olduğu bulundu. Bu açıdan araştırmanın $H1_f$ hipotezi kısmen doğrulandı.

Araştırmanın önemli limitasyonları; kinematik aktivitelere yönelik fazlamaların yapılmamış olması ve hastaların egzersize uyum ve adaptasyon düzeyinin sorgulanmamasıdır. Ayrıca, kinematik verilerin literatürdeki referans değer araştırmalarının örneklem özellikleri, protokol, ölçüm ve analiz yöntemlerindeki farklılıklar sebebiyle yorumlanmasının zor olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda

elde edilen verilerin daha kolay yorumlanabilmesi için gelecekteki araştırmalarda hastalık popülasyonuyla benzer demografik ve fiziksel özelliklere sahip sağlıklı bireylerin, kontrol grubu olarak değerlendirilmesini önermekteyiz. Ek olarak "hibrit" TR uygulaması sırasında egzersizin doğruluğuna yönelik geri bildirim bulunmamasının bir dezavantaj oluşturduğunu düşünmekteyiz. Gelecekteki araştırmalarda hareket doğrulamasına yönelik giyilebilir sensörlerin, görüntü işleme ve yapay zekâ yöntemlerinin kullanımının bu problemi ortadan kaldırabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca bu çalışmada 10 farklı aktivitenin kinematik özelliklerinin değerlendirilmesi, klinik ölçümlerle geniş kapsamlı bir şekilde desteklenmiştir. Araştırmanın kapsamı doğrultusunda çok fazla parametrenin bulunması verilerin anlaşılabilirliği ve yorumlanabilirliğini zorlaştırmaktadır. Tezin yayın aşamasında özellikle kinematik ölçümler gruplandırılarak verilecek ve bulgular daha net yorumlar sağlayabilecektir. Benzer çalışma yapacak olan araştırmacıların bu durumu göz önününde bulundurarak çalışmalarını planlaması önerilmektedir.

Bu araştırma, MS hastalarında sanal gerçeklikle birlikte uygulanan GOE ve mobil uygulama temelli "hibrit" TR'nin; gövde bozukluğu, denge, ataksi şiddeti, fonksiyonel mobilite, yürüme, üst ekstremite fonksiyonları, yaşam kalitesi, katılım ve kinematikler bakımından etkilerini objektif, klinik, hasta gözünden ve öz-bildirime dayalı çok boyutlu değerlendirmelerle inceleyen, kanıt düzeyi yüksek ilk randomize kontrollü araştırmadır. Araştırma sonucunda, T-GOE ve TR'nin; aktivite ve katılım limitasyonları ve hastalığa yönelik semptomları gidermede etkili olduğu mümkün olan en objektif yöntemlerle kanıtlanmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçların etkileri klinik ve kinematik kanıtlarla birlikte hasta beklentisi ve memnuniyetiyle de desteklenmiştir. Bu araştırmanın en önemli klinik mesajları şunlardır; MS'li bireylerde amaca ve göreve yönelik eğitim standart egzersizlere kıyasla daha etkilidir; Telerehabilitasyon hastalık progresyonunu önlemede ve rehabilitasyonun etkilerini desteklemede kullanılabilecek güvenli bir yaklaşımdır; Teknolojik araçların rehabilitasyon sürecine entegre edilmesinin MS'li bireylerde rehabilitasyonun başarısını arttıracağı düşünülmektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Multiple Skleroz hastalarında sanal gerçeklikle desteklenen görev odaklı egzersiz programı ve mobil uygulama aracılığıyla uygulanan telerehabilitasyonun; gövde bozukluğu, denge, ataksi şiddeti, yorgunluk, fonksiyonel mobilite, yürüme, üst ekstremite fonksiyonları, yaşam kalitesi, katılım ve fonksiyonel aktivite kinematikleri üzerine olan etkilerinin araştırıldığı çalışmamızın sonuçları şu şekildedir:

1. Araştırmaya dâhil edilen bireylerin demografik, fiziksel, hastalık seviyesi ve klinik değerlendirmeleriyle ilişkili sonuçlarının tedavi öncesinde benzer olduğu görüldü. Bu durum örneklem grubunu oluşturan hastaların homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.
2. Non-immersive ve bireyselleştirilmiş sanal gerçeklik uygulaması içeren görev odaklı eğitimin MS'li bireylerde; gövde kontrolü, denge, ataksi semptomları, fonksiyonel mobilite, yürüme, üst ekstremite fonksiyonları, yorgunluk, yaşam kalitesi, katılım ve aktivite kinematikleri bakımından etkili sonuçlara sahip olduğu görülmektedir. Bu durum sanal gerçekliğin görev odaklı eğitimlerde bir istasyon olarak kullanılabileceğini göstermektedir.
3. Mobil uygulama aracılığıyla düzenli kontrol ve takip ile egzersize katılan MS hastalarında; gövde kontrolü, denge, ataksi semptomları, fonksiyonel mobilite, üst ekstremite fonksiyonları, katılım ve aktivite kinematikleri bakımından etkili sonuçlara sahip olduğu görülmektedir. Bu durum yüz yüze tedaviye erişimi olmayan hastaların TR ile takip edilebileceği ve yüz yüze tedaviye giden hastaların tedavi programlarının da TR ile desteklenebileceğini düşündürdü.
4. Teknoloji destekli görev odaklı eğitim (T-GOE) ve mobil uygulama ile gerçekleştirilen telerehabilitasyonun (TR) etkilerini karşılaştırıldığında; T-GOE'nin, gövde bozukluğu, ataksi semptomları, yaşam kalitesi ve bireylerin tedavi sonrasında amacına ulaşma düzeyi bakımından daha etkili sonuçlara sahip olduğunu görüldü. Hedefe yönelik günlük yaşamdan aktiviteler içeren fonksiyonel egzersizlerin, geleneksel denge ve kuvvetlendirme egzersizlerine kıyasla daha etkili sonuçlar gösterdiği

görüldü. Klinik ortamda yapılacak rehabilitasyon müdahalelerinin amaca yönelik olması gerektiğini önermekteyiz. Ayrıca, gelecekteki araştırmalarda; klinik ortamda iki uygulamanın etkinliğinin karşılaştırılmasının, bu araştırmanın sonuçlarını desteklemek için önemli olacağını düşünmekteyiz.

5. Telerehabilitasyon uygulamaları, fizyoterapist ve hasta için birtakım avantajlar barındırmaktadır. Araştırmamızın sonuçları TR'nin MS'li hastalarda, alternatif bir tedavi yaklaşımı olabileceğini gösterdi. Kronik ve progresif bir hastalık olan MS'in rehabilitasyonunun süreklilik gerektirdiği düşünüldüğünde TR'nin iyi bir alternatif olmanın yanında hastaların evdeki faaliyetlerinin takibi için etkin bir destekleyici olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
6. Araştırmamız kapsamında TR grubunda herhangi bir düşme ve yaralanma hikâyesi ile karşılaşılmadı. Fakat, TR kapsamında egzersiz protokolü planlanırken hastaların denge bozukluğu ve düşme riskinin olduğu unutulmamalıdır. TR, planlanma aşamasında birtakım dezavantajlar barındırmaktadır. Anlık geri bildirime yönelik eksiklikler hastaların egzersize uyumunu ve katılımını zorlaştırmaktadır. Ayrıca, egzersiz protokolünün riskleri gözetmek zorunda olması ve ev koşullarında uygulanabilir olması gibi faktörler çerçevesinde hastanın yapabileceği egzersizlerin çeşitliliği nispeten daralmaktadır. Gelecekteki araştırmalarda motivasyonun arttırılabilmesi için hastaların egzersizleri hastanın nasıl yaptığına yönelik geri bildirim mekanizmasının "anlık" özellikte olması ve egzersiz uyumunun objektif yöntemlerle değerlendirilmesi önerilmektedir.
7. Araştırma protokolüne göre her iki tedavi grubunda da gövdeye yönelik egzersizler ve aktiviteler bulunmaktadır. Gövde kontrolünün sağlanmasının hem klinik hem de kinematik açıdan anlamlı olduğu sonucuna ulaşıldı. Bu bağlamda klinikte MS'li hastaların rehabilitasyonu planlanırken hem değerlendirme hem de tedavi aşamalarında gövdenin ihmal edilmemesi gerektiğini düşünmekteyiz.
8. Araştırma sonucunda T-GOE'nin, bireylerin yorgunluk düzeyini azaltmada anlamlı sonuçlara sahip olduğu görülmektedir. Fakat elde edilen sonucun

etkisinin arttırılması için istasyonlar oluşturulurken, aerobik kapasiteyi destekleyen egzersizlere yer verilmesini önermekteyiz.

9. Araştırma sonucunda T-GOE'nin, TR'ye kıyasla kinematik göstergeler bakımından; alt ekstremite, gövde ve mobiliteye yönelik fonksiyonel aktivitelerde daha etkili sonuçlar verdiği görüldü. Bu durumun, tedavi programının görev kompleksliği ve çevresel modifikasyonlarla yapılandırılmasının bir sonucu olduğunu düşünmekteyiz. Araştırmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda, MS rehabilitasyonunda motor öğrenme prensipleriyle uyumlu olarak çevresel koşullarda hasta kapasitesine göre düzenli olarak değişikliklerin yapılması önerilmektedir.
10. Üst ekstremitelerin fonksiyonel aktivitelere yönelik kinematiklerinde TR ve T-GOE grubunun ikisinde de nispeten anlamlı değişiklikler gözlendi. Araştırma kapsamında elde edilen kinematik sonuçlar klinik bulgularla desteklenerek yorumlandı. Bu durum araştırma amaçlarıyla paralel olsa da gelecekteki araştırmalarda, verilerin daha kolay yorumlanabilmesi için araştırma örneklemiyle benzer demografik ve fiziksel özelliklere sahip sağlıklı bireylerden oluşan kontrol grubunun dâhil edilmesi gerektiğini önermekteyiz.
11. Araştırma kapsamında MS'li hastalarda ilk kez "fonksiyonel aktivitelere yönelik kinematik analiz", tedavi etkinliğini değerlendirmek için kullanıldı. Gelecekte bu değerlendirme protokolünün farklı hastalıklarda kullanımının anormal hareket sinerjilerinin yorumlanabilmesine yönelik avantaj sağlayacağını düşünmekteyiz.
12. Teknoloji destekli her yaklaşımda teknik birtakım aksaklıkların yaşanması ihtimal dâhilindedir. Araştırma kapsamında planlı bakım çalışmalarıyla bu durumun üstesinden gelindi. Gelecekteki araştırmalarda bu süreçlere karşı hazırlıklı olunması gerektiğini, mümkünse araştırma veya rehabilitasyon sürecini aksatmayacak alternatif müdahale yöntemlerine yönelik hazırlıkların önceden yapılmasını önermekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Yamout BI, Alroughani R. Multiple Sclerosis. Semin Neurol. 2018;38(02):212-25.
2. Halabchi F, Alizadeh Z, Sahraian MA, Abolhasani M. Exercise prescription for patients with multiple sclerosis; potential benefits and practical recommendations. BMC Neurol. 2017;17(1):185.
3. Halabchi F, Alizadeh Z, Sahraian MA, Abolhasani M. Exercise prescription for patients with multiple sclerosis; potential benefits and practical recommendations. BMC Neurology. 2017;17(1):185.
4. Grazioli E, Tranchita E, Borriello G, Cerulli C, Minganti C, Parisi A. The Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Exercise Training on Functional Status in Patients with Multiple Sclerosis. Curr Sports Med Rep. 2019;18(12):452-7.
5. Ilett P, Lythgo N, Martin C, Brock K. Balance and Gait in People with Multiple Sclerosis: A Comparison with Healthy Controls and the Immediate Change after an Intervention based on the Bobath Concept. Physiother Res Int. 2016;21(2):91-101.
6. Leochico CFD, Espiritu AI, Ignacio SD, Mojica JAP. Challenges to the Emergence of Telerehabilitation in a Developing Country: A Systematic Review. Front Neurol. 2020;11:1007.
7. Mechanic OJ, Persaud Y, Kimball AB. Telehealth Systems. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.; 2022.
8. Ramey L, Osborne C, Kasitinon D, Juengst S. Apps and Mobile Health Technology in Rehabilitation: The Good, the Bad, and the Unknown. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2019;30(2):485-97.
9. Khan F, Amatya B, Kesselring J, Galea M. Telerehabilitation for persons with multiple sclerosis. Cochrane Database Syst Rev. 2015;2015(4):CD010508.
10. Prvu Bettger J, Resnik LJ. Telerehabilitation in the Age of COVID-19: An Opportunity for Learning Health System Research. Physical Therapy. 2020;100(11):1913-6.
11. Agostini M, Moja L, Banzi R, Pistotti V, Tonin P, Venneri A, et al. Telerehabilitation and recovery of motor function: a systematic review and meta-analysis. J Telemed Telecare. 2015;21(4):202-13.
12. Grona SL, Bath B, Busch A, Rotter T, Trask C, Harrison E. Use of videoconferencing for physical therapy in people with musculoskeletal conditions: A systematic review. J Telemed Telecare. 2018;24(5):341-55.
13. Yeroushalmi S, Maloni H, Costello K, Wallin MT. Telemedicine and multiple sclerosis: A comprehensive literature review. Journal of telemedicine and telecare. 2020;26(7-8):400-13.

14. Mathiowetz V, Haugen JB. Motor behavior research: implications for therapeutic approaches to central nervous system dysfunction. Am J Occup Ther. 1994;48(8):733-45.

15. Hubbard IJ, Parsons MW, Neilson C, Carey LM. Task-specific training: evidence for and translation to clinical practice. Occup Ther Int. 2009;16(3-4):175-89.

16. Bayona NA, Bitensky J, Salter K, Teasell R. The role of task-specific training in rehabilitation therapies. Top Stroke Rehabil. 2005;12(3):58-65.

17. Tramonti C, Di Martino S, Chisari C. An intensive task-oriented circuit training positively impacts gait biomechanics in MS patients. NeuroRehabilitation. 2020;46(3):321-31.

18. Soke F, Guclu-Gunduz A, Kocer B, Fidan I, Keskinoglu P. Task-oriented circuit training combined with aerobic training improves motor performance and balance in people with Parkinson's Disease. Acta Neurol Belg. 2021;121(2):535-43.

19. Salem Y, Godwin EM. Effects of task-oriented training on mobility function in children with cerebral palsy. NeuroRehabilitation. 2009;24(4):307-13.

20. Straudi S, De Marco G, Martinuzzi C, Baroni A, Lamberti N, Brondi L, et al. Combining a supervised and home-based task-oriented circuit training improves walking endurance in patients with multiple sclerosis. The MS_TOCT randomized-controlled trial. Mult Scler Relat Disord. 2022;60:103721.

21. Kim B, Park Y, Seo Y, Park S, Cho H, Moon H, et al. Effects of individualized versus group task-oriented circuit training on balance ability and gait endurance in chronic stroke inpatients. J Phys Ther Sci. 2016;28(6):1872-5.

22. Ozkul C, Guclu-Gunduz A, Eldemir K, Apaydin Y, Gulsen C, Yazici G, et al. Effect of task-oriented circuit training on motor and cognitive performance in patients with multiple sclerosis: A single-blinded randomized controlled trial. NeuroRehabilitation. 2020;46(3):343-53.

23. Salcı Y, Fil A, Armutlu K, Yildiz FG, Kurne A, Aksoy S, et al. Effects of different exercise modalities on ataxia in multiple sclerosis patients: a randomized controlled study. Disabil Rehabil. 2017;39(26):2626-32.

24. Straudi S, Martinuzzi C, Pavarelli C, Sabbagh Charabati A, Benedetti MG, Foti C, et al. A task-oriented circuit training in multiple sclerosis: a feasibility study. BMC Neurol. 2014;14:124.

25. Chisari C, Venturi M, Bertolucci F, Fanciullacci C, Rossi B. Benefits of an intensive task-oriented circuit training in Multiple Sclerosis patients with mild disability. NeuroRehabilitation. 2014;35(3):509-18.

26. Walton C, King R, Rechtman L, Kaye W, Leray E, Marrie RA, et al. Rising prevalence of multiple sclerosis worldwide: Insights from the Atlas of MS, third edition. Mult Scler. 2020;26(14):1816-21.

27. Koch-Henriksen N, Magyari M. Apparent changes in the epidemiology and severity of multiple sclerosis. Nat Rev Neurol. 2021;17(11):676-88.

28. Waubant E, Lucas R, Mowry E, Graves J, Olsson T, Alfredsson L, et al. Environmental and genetic risk factors for MS: an integrated review. Ann Clin Transl Neurol. 2019;6(9):1905-22.

29. Berer K, Gerdes LA, Cekanaviciute E, Jia X, Xiao L, Xia Z, et al. Gut microbiota from multiple sclerosis patients enables spontaneous autoimmune encephalomyelitis in mice. Proc Natl Acad Sci U S A. 2017;114(40):10719-24.

30. Cantarel BL, Waubant E, Chehoud C, Kuczynski J, DeSantis TZ, Warrington J, et al. Gut microbiota in multiple sclerosis: possible influence of immunomodulators. J Investig Med. 2015;63(5):729-34.

31. Cekanaviciute E, Yoo BB, Runia TF, Debelius JW, Singh S, Nelson CA, et al. Gut bacteria from multiple sclerosis patients modulate human T cells and exacerbate symptoms in mouse models. Proc Natl Acad Sci U S A. 2017;114(40):10713-8.

32. Kurne A, Karabudak R, Aydin OF. Steps in the Pathogenesis of Multiple Sclerosis - I: From Neuroinflammation to Neurodegeneration. Turk J Neurol. 2006;12(1):5-13.

33. Vinuesa CG, Linterman MA, Goodnow CC, Randall KL. T cells and follicular dendritic cells in germinal center B-cell formation and selection. Immunol Rev. 2010;237(1):72-89.

34. Yalçın B. Major doku uygunluk kompleksi (MHC) molekülleri: genel özellikleri ve hastalıklarla ilişkisi. Turkderm. 2013;47(1):12-7.

35. Babbe H, Roers A, Waisman A, Lassmann H, Goebels N, Hohlfeld R, et al. Clonal expansions of CD8(+) T cells dominate the T cell infiltrate in active multiple sclerosis lesions as shown by micromanipulation and single cell polymerase chain reaction. J Exp Med. 2000;192(3):393-404.

36. Pender MP. The pathogenesis of primary progressive multiple sclerosis: antibody-mediated attack and no repair? J Clin Neurosci. 2004;11(7):689-92.

37. Lublin FD. New multiple sclerosis phenotypic classification. Eur Neurol. 2014;72 Suppl 1:1-5.

38. Okuda DT, Siva A, Kantarci O, Inglese M, Katz I, Tutuncu M, et al. Radiologically isolated syndrome: 5-year risk for an initial clinical event. PLoS One. 2014;9(3):e90509.

39. Dobson R, Giovannoni G. Multiple sclerosis - a review. Eur J Neurol. 2019;26(1):27-40.

40. Efendi H. Clinically Isolated Syndromes: Clinical Characteristics, Differential Diagnosis, and Management. Noro Psikiyatr Ars. 2015;52(Suppl 1):S1-S11.

41. Katz Sand I. Classification, diagnosis, and differential diagnosis of multiple sclerosis. Curr Opin Neurol. 2015;28(3):193-205.

42. Martinelli V, Dalla Costa G, Colombo B, Dalla Libera D, Rubinacci A, Filippi M, et al. Vitamin D levels and risk of multiple sclerosis in patients with clinically isolated syndromes. Mult Scler. 2014;20(2):147-55.

43. Wottschel V, Alexander DC, Kwok PP, Chard DT, Stromillo ML, De Stefano N, et al. Predicting outcome in clinically isolated syndrome using machine learning. Neuroimage Clin. 2015;7:281-7.

44. Fisniku LK, Brex PA, Altmann DR, Miszkiel KA, Benton CE, Lanyon R, et al. Disability and T2 MRI lesions: a 20-year follow-up of patients with relapse onset of multiple sclerosis. Brain. 2008;131(Pt 3):808-17.

45. Ellenberger D, Flachenecker P, Haas J, Hellwig K, Paul F, Stahmann A, et al. Is benign MS really benign? What a meaningful classification beyond the EDSS must take into consideration. Mult Scler Relat Disord. 2020;46:102485.

46. Reynders T, D'Haeseleer M, De Keyser J, Nagels G, D'Hooghe M B. Definition, prevalence and predictive factors of benign multiple sclerosis. eNeurologicalSci. 2017;7:37-43.

47. Sevim S. Relapses in Multiple Sclerosis: Definition, Pathophysiology, Features, Imitators, and Treatment. Turk J Neurol. 2016;22(3):99-108.

48. Dutta R, Trapp BD. Relapsing and progressive forms of multiple sclerosis: insights from pathology. Curr Opin Neurol. 2014;27(3):271-8.

49. Plantone D, De Angelis F, Doshi A, Chataway J. Secondary Progressive Multiple Sclerosis: Definition and Measurement. CNS Drugs. 2016;30(6):517-26.

50. Lublin FD, Reingold SC, Cohen JA, Cutter GR, Sorensen PS, Thompson AJ, et al. Defining the clinical course of multiple sclerosis: the 2013 revisions. Neurology. 2014;83(3):278-86.

51. Cree BAC, Arnold DL, Chataway J, Chitnis T, Fox RJ, Pozo Ramajo A, et al. Secondary Progressive Multiple Sclerosis: New Insights. Neurology. 2021;97(8):378-88.

52. Tullman MJ, Oshinsky RJ, Lublin FD, Cutter GR. Clinical characteristics of progressive relapsing multiple sclerosis. Mult Scler. 2004;10(4):451-4.

53. Rohani M, Ghourchian S. Fulminant multiple sclerosis (MS). Neurol Sci. 2011;32(5):953-7.

54. Koska V, Forster M, Brouzou K, Hatami M, Arat E, Aytulun A, et al. Case Report: Successful Stabilization of Marburg Variant Multiple Sclerosis With Ocrelizumab Following High-Dose Cyclophosphamide Rescue. Front Neurol. 2021;12:696807.

55. Alroughani R, Boyko A. Pediatric multiple sclerosis: a review. BMC Neurol. 2018;18(1):27.

56. Wens I, Dalgas U, Vandenabeele F, Krekels M, Grevendonk L, Eijnde BO. Multiple sclerosis affects skeletal muscle characteristics. PLoS One. 2014;9(9):e108158.

57. Kirmaci Zİ K, Firat T, Özkur HA, Neyal AM, Neyal A, Ergun N. Muscle architecture and its relationship with lower extremity muscle strength in multiple sclerosis. Acta Neurol Belg. 2021.

58. Schwid SR, Thornton CA, Pandya S, Manzur KL, Sanjak M, Petrie MD, et al. Quantitative assessment of motor fatigue and strength in MS. Neurology. 1999;53(4):743-50.

59. Sharif K, Watad A, Bragazzi NL, Lichtbroun M, Amital H, Shoenfeld Y. Physical activity and autoimmune diseases: Get moving and manage the disease. Autoimmun Rev. 2018;17(1):53-72.

60. Reider N, Salter AR, Cutter GR, Tyry T, Marrie RA. Potentially Modifiable Factors Associated With Physical Activity in Individuals With Multiple Sclerosis. Res Nurs Health. 2017;40(2):143-52.

61. Rougier P, Faucher M, Cantalloube S, Lamotte D, Vinti M, Thoumie P. How proprioceptive impairments affect quiet standing in patients with multiple sclerosis. Somatosens Mot Res. 2007;24(1-2):41-51.

62. Freiha J, Riachi N, Chalah MA, Zoghaib R, Ayache SS, Ahdab R. Paroxysmal Symptoms in Multiple Sclerosis-A Review of the Literature. J Clin Med. 2020;9(10):3100.

63. Ajdacic-Gross V, Steinemann N, Horvath G, Rodgers S, Kaufmann M, Xu Y, et al. Onset Symptom Clusters in Multiple Sclerosis: Characteristics, Comorbidities, and Risk Factors. Front Neurol. 2021;12:693440.

64. Al-Araji AH, Oger J. Reappraisal of Lhermitte's sign in multiple sclerosis. Mult Scler. 2005;11(4):398-402.

65. Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, et al. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. Pain. 2020;161(9):1976-82.

66. Solaro C, Trabucco E, Messmer Uccelli M. Pain and multiple sclerosis: pathophysiology and treatment. Curr Neurol Neurosci Rep. 2013;13(1):320.

67. Solaro C, Brichetto G, Amato MP, Cocco E, Colombo B, D'Aleo G, et al. The prevalence of pain in multiple sclerosis: a multicenter cross-sectional study. Neurology. 2004;63(5):919-21.

68. Pandyan AD, Gregoric M, Barnes MP, Wood D, Van Wijck F, Burridge J, et al. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement. Disabil Rehabil. 2005;27(1-2):2-6.

69. Fernandez O, Costa-Frossard L, Martinez-Gines M, Montero P, Prieto JM, Ramio L. The Broad Concept of "Spasticity-Plus Syndrome" in Multiple Sclerosis: A Possible New Concept in the Management of Multiple Sclerosis Symptoms. Front Neurol. 2020;11:152.

70. Rizzo MA, Hadjimichael OC, Preiningerova J, Vollmer TL. Prevalence and treatment of spasticity reported by multiple sclerosis patients. Mult Scler. 2004;10(5):589-95.

71. Milinis K, Tennant A, Young CA, Grp TS. Spasticity in multiple sclerosis: Associations with impairments and overall quality of life. Mult Scler Relat Dis. 2016;5:34-9.

72. Barnes MP, Kent RM, Semlyen JK, McMullen KM. Spasticity in multiple sclerosis. Neurorehabil Neural Repair. 2003;17(1):66-70.

73. Horak FB, Macpherson JM. Postural Orientation and Equilibrium. Comprehensive Physiology. p. 255-92.

74. Gunn HJ, Newell P, Haas B, Marsden JF, Freeman JA. Identification of risk factors for falls in multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. Phys Ther. 2013;93(4):504-13.

75. Mazumder R, Murchison C, Bourdette D, Cameron M. Falls in people with multiple sclerosis compared with falls in healthy controls. PLoS One. 2014;9(9):e107620.

76. Prosperini L, Castelli L, De Luca F, Fabiano F, Ferrante I, De Giglio L. Task-dependent deterioration of balance underpinning cognitive-postural interference in MS. Neurology. 2016;87(11):1085-92.

77. Cameron MH, Lord S. Postural control in multiple sclerosis: implications for fall prevention. Curr Neurol Neurosci Rep. 2010;10(5):407-12.

78. Poser CM, Brinar VV. Diagnostic criteria for multiple sclerosis. Clinical neurology and neurosurgery. 2001;103(1):1-11.

79. Kutzelnigg A, Faber-Rod JC, Bauer J, Lucchinetti CF, Sorensen PS, Laursen H, et al. Widespread demyelination in the cerebellar cortex in multiple sclerosis. Brain Pathol. 2007;17(1):38-44.

80. Amato MP, Ponziani G. A prospective study on the prognosis of multiple sclerosis. Neurol Sci. 2000;21(4 Suppl 2):S831-8.

81. Marsden J, Pavlou M, Dennett R, Gibbon A, Knight-Lozano R, Jeu L, et al. Vestibular rehabilitation in multiple sclerosis: study protocol for a randomised controlled trial and cost-effectiveness analysis comparing customised with booklet based vestibular rehabilitation for vestibulopathy and a 12 month observational cohort study of the symptom reduction and recurrence rate following treatment for benign paroxysmal positional vertigo. BMC Neurol. 2020;20(1):430.

82. Jamali A, Sadeghi-Demneh E, Fereshtenajad N, Hillier S. Somatosensory impairment and its association with balance limitation in people with multiple sclerosis. Gait Posture. 2017;57:224-9.

83. Walker-Bone K, Palmer K, Reading I, Linaker C, Byng T, Coggon D, et al. The Prevalence and Impact of Soft Tissue Musculoskeletal Disorders of the Neck and Upper Limb in the General Population. Rheumatology. 2002;41:36-.

84. Kister I, Bacon TE, Chamot E, Salter AR, Cutter GR, Kalina JT, et al. Natural history of multiple sclerosis symptoms. Int J MS Care. 2013;15(3):146-58.

85. Holper L, Coenen M, Weise A, Stucki G, Cieza A, Kesselring J. Characterization of functioning in multiple sclerosis using the ICF. J Neurol. 2010;257(1):103-13.

86. Ghosh R, Roy D, Dubey S, Das S, Benito-Leon J. Movement Disorders in Multiple Sclerosis: An Update. Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y). 2022;12:14.

87. Ashizawa T, Xia G. Ataxia. Continuum (Minneap Minn). 2016;22(4 Movement Disorders):1208-26.

88. Andreopoulou G, Mercer TH, Enriquez JG, Justin M, MacLeod N, Harrison E, et al. Exercise-induced changes in gait kinematics in multiple sclerosis with minimal neurological disability. Mult Scler Relat Disord. 2021;47:102630.

89. Givon U, Zeilig G, Achiron A. Gait analysis in multiple sclerosis: characterization of temporal-spatial parameters using GAITRite functional ambulation system. Gait Posture. 2009;29(1):138-42.

90. Socie MJ, Motl RW, Sosnoff JJ. Examination of spatiotemporal gait parameters during the 6-min walk in individuals with multiple sclerosis. Int J Rehabil Res. 2014;37(4):311-6.

91. Haider L, Chan WE, Olbert E, Mangesius S, Dal-Bianco A, Leutmezer F, et al. Cranial Nerve Enhancement in Multiple Sclerosis Is Associated With Younger Age at Onset and More Severe Disease. Front Neurol. 2019;10:1085.

92. Thomke F, Lensch E, Ringel K, Hopf HC. Isolated cranial nerve palsies in multiple sclerosis. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1997;63(5):682-5.

93. Dougherty JM, Carney M, Emmady PD. Vestibular Dysfunction. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.; 2022.

94. Newland P, Starkweather A, Sorenson M. Central fatigue in multiple sclerosis: a review of the literature. J Spinal Cord Med. 2016;39(4):386-99.

95. Heesen C, Nawrath L, Reich C, Bauer N, Schulz KH, Gold SM. Fatigue in multiple sclerosis: an example of cytokine mediated sickness behaviour? J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2006;77(1):34-9.

96. Davis SL, Wilson TE, White AT, Frohman EM. Thermoregulation in multiple sclerosis. J Appl Physiol (1985). 2010;109(5):1531-7.

97. Feinstein A, Roy P, Lobaugh N, Feinstein K, O'Connor P, Black S. Structural brain abnormalities in multiple sclerosis patients with major depression. Neurology. 2004;62(4):586-90.

98. Solaro C, Gamberini G, Masuccio FG. Depression in Multiple Sclerosis: Epidemiology, Aetiology, Diagnosis and Treatment. CNS Drugs. 2018;32(2):117-33.

99. Benedict RHB, Amato MP, DeLuca J, Geurts JJG. Cognitive impairment in multiple sclerosis: clinical management, MRI, and therapeutic avenues. Lancet Neurol. 2020;19(10):860-71.

100. Schulz D, Kopp B, Kunkel A, Faiss JH. Cognition in the early stage of multiple sclerosis. J Neurol. 2006;253(8):1002-10.

101. Oset M, Stasiolek M, Matysiak M. Cognitive Dysfunction in the Early Stages of Multiple Sclerosis-How Much and How Important? Curr Neurol Neurosci Rep. 2020;20(7):22.

102. DasGupta R, Fowler CJ. Bladder, bowel and sexual dysfunction in multiple sclerosis: management strategies. Drugs. 2003;63(2):153-66.

103. Tepavcevic DK, Kostic J, Basuroski ID, Stojsavljevic N, Pekmezovic T, Drulovic J. The impact of sexual dysfunction on the quality of life measured by MSQoL-54 in patients with multiple sclerosis. Mult Scler. 2008;14(8):1131-6.

104. Nortvedt MW, Riise T, Myhr KM, Landtblom AM, Bakke A, Nyland HI. Reduced quality of life among multiple sclerosis patients with sexual disturbance and bladder dysfunction. Mult Scler J. 2001;7(4):231-5.

105. Hinds JP, Eidelman BH, Wald A. Prevalence of bowel dysfunction in multiple sclerosis. A population survey. Gastroenterology. 1990;98(6):1538-42.

106. Tornic J, Panicker JN. The Management of Lower Urinary Tract Dysfunction in Multiple Sclerosis. Curr Neurol Neurosci Rep. 2018;18(8):54.

107. Conrad A, Coenen M, Schmalz H, Kesselring J, Cieza A. Validation of the comprehensive ICF core set for multiple sclerosis from the perspective of physical therapists. Phys Ther. 2012;92(6):799-820.

108. Kostanjsek N. Use of The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) as a conceptual framework and common language for disability statistics and health information systems. BMC Public Health. 2011;11 Suppl 4(Suppl 4):S3.

109. Nörolojik Fizyoterapi ve Rehabilitasyonda Ölçme ve Değerlendirme. 1 ed. Ankara: Vize Yayıncılık; 2019.

110. Kubsik-Gidlewska AM, Klimkiewicz P, Klimkiewicz R, Janczewska K, Woldańska-Okońska M. Rehabilitation in multiple sclerosis. Adv Clin Exp Med. 2017;26(4):709-15.

111. Kjolhede T, Vissing K, Dalgas U. Multiple sclerosis and progressive resistance training: a systematic review. Mult Scler. 2012;18(9):1215-28.

112. Halabchi F, Alizadeh Z, Sahraian MA, Abolhasani M. Exercise prescription for patients with multiple sclerosis; potential benefits and practical recommendations. BMC Neurol. 2017;17(1):185-.

113. Nilsagård Y, Gunn H, Freeman J, Hoang P, Lord S, Mazumder R, et al. Falls in people with MS—an individual data meta-analysis from studies from Australia, Sweden, United Kingdom and the United States. Mult Scler J. 2015;21(1):92-100.

114. Hoang PD, Lord S, Gandevia S, Menant J. Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise for people with mild to moderate multiple sclerosis. J Sci Med Sport. 2022;25(2):146-54.

115. Kasser SL, Jacobs JV, Ford M, Tourville TW. Effects of balance-specific exercises on balance, physical activity and quality of life in adults with multiple sclerosis: a pilot investigation. Disabil Rehabil. 2015;37(24):2238-49.

116. Burschka JM, Keune PM, Oy UH, Oschmann P, Kuhn P. Mindfulness-based interventions in multiple sclerosis: beneficial effects of Tai Chi on balance, coordination, fatigue and depression. BMC Neurol. 2014;14:165.

117. Martino Cinnera A, Bisirri A, Leone E, Morone G, Gaeta A. Effect of dual-task training on balance in patients with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil. 2021;35(10):1399-412.

118. Dalgas U, Stenager E, Ingemann-Hansen T. Multiple sclerosis and physical exercise: recommendations for the application of resistance-, endurance- and combined training. Mult Scler J. 2008;14(1):35-53.

119. Mostert S, Kesselring J. Effects of a short-term exercise training program on aerobic fitness, fatigue, health perception and activity level of subjects with multiple sclerosis. Mult Scler. 2002;8(2):161-8.

120. Newman MA, Dawes H, van den Berg M, Wade DT, Burridge J, Izadi H. Can aerobic treadmill training reduce the effort of walking and fatigue in people with multiple sclerosis: a pilot study. Multiple Sclerosis. 2007;13(1):113-9.

121. Kim Y, Lai B, Mehta T, Thirumalai M, Padalabalanarayanan S, Rimmer JH, et al. Exercise Training Guidelines for Multiple Sclerosis, Stroke, and Parkinson Disease: Rapid Review and Synthesis. Am J Phys Med Rehabil. 2019;98(7):613-21.

122. Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control: translating research into clinical practice. English. 2012.

123. Levin MF, Demers M. Motor learning in neurological rehabilitation. Disabil Rehabil. 2021;43(24):3445-53.

124. Hosp JA, Pekanovic A, Rioult-Pedotti MS, Luft AR. Dopaminergic projections from midbrain to primary motor cortex mediate motor skill learning. J Neurosci. 2011;31(7):2481-7.

125. Martín-Gutiérrez J, Mora CE, Añorbe-Díaz B, González-Marrero A. Virtual technologies trends in education. EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education. 2017;13(2):469-86.

126. Stasieńko A, Sarzyńska-Długosz I. Virtual reality in neurorehabilitation. Postepy Rehabilitacji. 2016;30(4):67.

127. Ona ED, Jardon A, Cuesta-Gomez A, Sanchez-Herrera-Baeza P, Cano-de-la-Cuerda R, Balaguer C. Validity of a Fully-Immersive VR-Based Version of the Box and Blocks Test for Upper Limb Function Assessment in Parkinson's Disease. Sensors (Basel). 2020;20(10):2773.

128. Dockx K, Bekkers EM, Van den Bergh V, Ginis P, Rochester L, Hausdorff JM, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. Cochrane Database Syst Rev. 2016;12(12):CD010760.

129. Morimoto T, Kobayashi T, Hirata H, Otani K, Sugimoto M, Tsukamoto M, et al. XR (Extended Reality: Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality) Technology in Spine Medicine: Status Quo and Quo Vadis. J Clin Med. 2022;11(2).

130. Kaul S, Jakhar D, Kaur I. Virtual Clinical Rotations during the COVID-19 Pandemic: A Perspective on the Pros and Cons. Skinmed. 2020;18(5):316-7.

131. Threapleton K, Drummond A, Standen P. Virtual rehabilitation: What are the practical barriers for home-based research? Digit Health. 2016;2:2055207616641302.

132. Ong T, Wilczewski H, Paige SR, Soni H, Welch BM, Bunnell BE. Extended Reality for Enhanced Telehealth During and Beyond COVID-19: Viewpoint. JMIR Serious Games. 2021;9(3):e26520.

133. Nascimento AS, Fagundes CV, Mendes F, Leal JC. Effectiveness of Virtual Reality Rehabilitation in Persons with Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. Mult Scler Relat Disord. 2021;54:103128.

134. Casuso-Holgado MJ, Martin-Valero R, Carazo AF, Medrano-Sanchez EM, Cortes-Vega MD, Montero-Bancalero FJ. Effectiveness of virtual reality training for balance and gait rehabilitation in people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil. 2018;32(9):1220-34.

135. Maggio MG, De Luca R, Manuli A, Buda A, Foti Cuzzola M, Leonardi S, et al. Do patients with multiple sclerosis benefit from semi-immersive virtual reality? A randomized clinical trial on cognitive and motor outcomes. Appl Neuropsychol Adult. 2022;29(1):59-65.

136. Gallagher M, Ferre ER. Cybersickness: a Multisensory Integration Perspective. Multisens Res. 2018;31(7):645-74.

137. Stephenson A, Howes S, Murphy PJ, Deutsch JE, Stokes M, Pedlow K, et al. Factors influencing the delivery of telerehabilitation for stroke: A systematic review. PLoS One. 2022;17(5):e0265828.

138. Sivertseva S, Belkin A, Prilenskaya A, Zotova A, Vdovina E, Pinchuk E, et al. Rehabilitation in patients with multiple sclerosis and telerehabilitation technologies during the COVID-19 pandemic in Western Siberia. (4442). Neurology. 2021;96(15 Supplement):4442.

139. de los Reyes-Guzmán A, Dimbwadyo-Terrer I, Trincado-Alonso F, Monasterio-Huelin F, Torricelli D, Gil-Agudo A. Quantitative assessment based on kinematic measures of functional impairments during upper extremity movements: A review. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2014;29(7):719-27.

140. Kim Y, Vergari C, Girinon F, Lazennec JY, Skalli W. Stand-to-Sit Kinematics of the Pelvis Is Not Always as Expected: Hip and Spine Pathologies Can Have an Impact. J Arthroplasty. 2019;34(9):2118-23.

141. Ghorbani S, Bund A. Throwing Skills. Percept Mot Skills. 2017;124(2):502-13.

142. Trowell D, Vicenzino B, Saunders N, Fox A, Bonacci J. Effect of Strength Training on Biomechanical and Neuromuscular Variables in Distance Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med. 2020;50(1):133-50.

143. Doğan M, Koçak M, Onursal Kılınç Ö, Ayvat F, Sütçü G, Ayvat E, et al. Functional range of motion in the upper extremity and trunk joints: Nine functional everyday tasks with inertial sensors. Gait Posture. 2019;70:141-7.

144. Sütçü G, Yalçın A, Ayvat E, Kılınç Ö O, Ayvat F, Doğan M, et al. Electromyographic activity and kinematics of sit-to-stand in individuals with muscle disease. Neurol Sci. 2019;40(11):2311-8.

145. Beauchet O, Allali G, Sekhon H, Verghese J, Guilain S, Steinmetz J-P, et al. Guidelines for Assessment of Gait and Reference Values for Spatiotemporal Gait Parameters in Older Adults: The Biomathics and Canadian Gait Consortiums Initiative. Frontiers in Human Neuroscience. 2017;11.

146. Balasubramanian S, Colombo R, Sterpi I, Sanguineti V, Burdet E. Robotic assessment of upper limb motor function after stroke. American journal of physical medicine & rehabilitation. 2012;91(11):S255-S69.

147. Figueiredo AI, Balbinot G, Brauner FO, Schiavo A, Baptista RR, Pagnussat AS, et al. SPARC Metrics Provide Mobility Smoothness Assessment in Oldest-Old With and Without a History of Falls: A Case Control Study. Frontiers in Physiology. 2020;11.

148. Pontonnier C, Dumont G. Inverse dynamics method using optimization techniques for the estimation of muscles forces involved in the elbow motion. International Journal for Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM). 2009;3:227-36.

149. Doğan M. Fonksiyonel aktivitelerde üst ekstremite hareket yörüngelerinin belirlenmesi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2017.

150. Chèze L. Kinematic Analysis of Human Movement: John Wiley & Sons, Inc.; 2014.

151. Khobkhun F, Ajjimaporn A. Can We Accurately Measure Axial Segment Coordination during Turning Using Inertial Measurement Units (IMUs)? Sensors. 2020;20.

152. Inc. T. Theia Documentation 2022 [Available from: https://www.theiamarkerless.ca/docs/.

153. Choo CZY, Chow JY, Komar J. Validation of the Perception Neuron system for full-body motion capture. PLoS One. 2022;17(1):e0262730.

154. Barreto J, Peixoto C, Cabral S, Williams AM, Casanova F, Pedro B, et al. Concurrent Validation of 3D Joint Angles during Gymnastics Techniques Using Inertial Measurement Units. Electronics. 2021;10(11):1251.

155. Kurtzke JF. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). Neurology. 1983;33(11):1444-52.

156. Güngen C, Ertan T, Eker E, Yaşar R, Engin F. Reliability and validity of the standardized Mini Mental State Examination in the diagnosis of mild dementia in Turkish population. Turk psikiyatri dergisi= Turkish journal of psychiatry. 2002;13(4):273-81.

157. Schmitz-Hübsch T, Tezenas du Montcel S, Baliko L, Boesch S, Bonato S, Fancellu R, et al. Reliability and validity of the International Cooperative Ataxia Rating Scale: a study in 156 spinocerebellar ataxia patients. Mov Disord. 2006;21(5):699-704.

158. Sag S, Buyukavci R, Sahin F, Sag MS, Dogu B, Kuran B. Assessing the validity and reliability of the Turkish version of the Trunk Impairment Scale in stroke patients. Northern Clinics of İstanbul. 2019;6(2):156.

159. Berg K, Wood-Dauphine S, Williams JI, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. Physiotherapy Canada. 1989;41(6):304-11.

160. Sahin F, Yilmaz F, Ozmaden A, Kotevolu N, Sahin T, Kuran B. Reliability and validity of the Turkish version of the Berg Balance Scale. J Geriatr Phys Ther. 2008;31(1):32-7.

161. Learmonth YC, Dlugonski D, Pilutti LA, Sandroff BM, Klaren R, Motl RW. Psychometric properties of the Fatigue Severity Scale and the Modified Fatigue Impact Scale. J Neurol Sci. 2013;331(1-2):102-7.

162. Sebastião E, Sandroff BM, Learmonth YC, Motl RW. Validity of the Timed Up and Go Test as a Measure of Functional Mobility in Persons With Multiple Sclerosis. Arch Phys Med Rehabil. 2016;97(7):1072-7.

163. Hobart JC, Riazi A, Lamping DL, Fitzpatrick R, Thompson AJ. Measuring the impact of MS on walking ability: the 12-Item MS Walking Scale (MSWS-12). Neurology. 2003;60(1):31-6.

164. Dib H, Tamam Y, Terzi M, Hobart J. Testing patient-reported outcome measurement equivalence in multinational clinical trials: An exemplar using the 12-item Multiple Sclerosis Walking Scale. Multiple Sclerosis Journal - Experimental, Translational and Clinical. 2017;3(3):2055217317728740.

165. Barrett LE, Cano SJ, Zajicek JP, Hobart JC. Can the ABILHAND handle manual ability in MS? Mult Scler. 2013;19(6):806-15.

166. Penta M, Tesio L, Arnould C, Zancan A, Thonnard JL. The ABILHAND questionnaire as a measure of manual ability in chronic stroke patients: Rasch-based validation and relationship to upper limb impairment. Stroke. 2001;32(7):1627-34.

167. Çelik RGG. Upper Extremity Capability Tests in Multiple Sclerosis. Noro psikiyatri arsivi. 2018;55(Suppl 1):S54-S7.

168. Ayvat E, Kılınç ÖO, Ayvat F, Sütçü G, Kılınç M, Aksoy S, et al. The use of Goal Attainment Scaling (GAS) in the rehabilitation of ataxic patients. Neurological Sciences. 2018;39(5):893-901.

169. Idiman E, Uzunel F, Ozakbas S, Yozbatiran N, Oguz M, Callioglu B, et al. Cross-cultural adaptation and validation of multiple sclerosis quality of life questionnaire (MSQOL-54) in a Turkish multiple sclerosis sample. J Neurol Sci. 2006;240(1-2):77-80.

170. Al-Amri M, Nicholas K, Button K, Sparkes V, Sheeran L, Davies JL. Inertial Measurement Units for Clinical Movement Analysis: Reliability and Concurrent Validity. Sensors. 2018;18(3):719.

171. Zhang JT, Novak AC, Brouwer B, Li Q. Concurrent validation of Xsens MVN measurement of lower limb joint angular kinematics. Physiol Meas. 2013;34(8):N63-9.

172. Mesquita IA, Pinheiro ARV, Velhote Correia MFP, Silva C. Methodological considerations for kinematic analysis of upper limbs in healthy and poststroke adults. Part I: A systematic review of sampling and motor tasks. Top Stroke Rehabil. 2019;26(2):142-52.

173. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.

174. Saes M, Mohamed Refai MI, van Kordelaar J, Scheltinga BL, van Beijnum B-JF, Bussmann JBJ, et al. Smoothness metric during reach-to-grasp after stroke: part 2. longitudinal association with motor impairment. J Neuroeng Rehabil. 2021;18(1):144-.

175. Figueiredo AI, Balbinot G, Brauner FO, Schiavo A, Baptista RR, Pagnussat AS, et al. SPARC Metrics Provide Mobility Smoothness Assessment in Oldest-Old With and Without a History of Falls: A Case Control Study. Frontiers in physiology. 2020;11:540-.

176. Straudi S, Martinuzzi C, Pavarelli C, Sabbagh Charabati A, Benedetti MG, Foti C, et al. A task-oriented circuit training in multiple sclerosis: a feasibility study. BMC Neurol. 2014;14(1):124.

177. Massetti T, Trevizan IL, Arab C, Favero FM, Ribeiro-Papa DC, de Mello Monteiro CB. Virtual reality in multiple sclerosis - A systematic review. Mult Scler Relat Disord. 2016;8:107-12.

178. Aruin AS, Kanekar N, Lee YJ. Anticipatory and compensatory postural adjustments in individuals with multiple sclerosis in response to external perturbations. Neurosci Lett. 2015;591:182-6.

179. Nilsagård Y, Carling A, Davidsson O, Franzén L, Forsberg A. Comparison of trunk impairment scale versions 1.0 and 2.0 in people with multiple sclerosis: A validation study. Physiother Theory Pract. 2017;33(10):772-9.

180. Arntzen EC, Straume B, Odeh F, Feys P, Normann B. Group-based, individualized, comprehensive core stability and balance intervention provides immediate and long-term improvements in walking in individuals with multiple sclerosis: A randomized controlled trial. Physiother Res Int. 2020;25(1):e1798.

181. Arntzen EC, Straume BK, Odeh F, Feys P, Zanaboni P, Normann B. Group-Based Individualized Comprehensive Core Stability Intervention Improves Balance in Persons With Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Trial. Phys Ther. 2019;99(8):1027-38.

182. Cetisli Korkmaz N, Can Akman T, Kilavuz Oren G, Bir LS. Trunk control: The essence for upper limb functionality in patients with multiple sclerosis. Mult Scler Relat Dis. 2018;24:101-6.

183. Ünlüer NÖ, Özkan T, Yaşa ME, Ateş Y, Anlar Ö. Investigation of the Relationship Between Trunk Motor Control and Balance, Functional Mobility, and Gait Capacity in Patients with Multiple Sclerosis. Turk J Neurol. 2021;27(3):283-8.

184. Raats J, Arntzen EC, Lamers I, Feys P, Normann B. What is the distribution of trunk impairments and its relationship with disability level in individuals with multiple sclerosis? Mult Scler Relat Dis. 2022;57:103325.

185. Keser I, Kirdi N, Meric A, Kurne AT, Karabudak R. Comparing routine neurorehabilitation program with trunk exercises based on Bobath concept in multiple sclerosis: pilot study. J Rehabil Res Dev. 2013;50(1):133-40.

186. Salcı Y, Fil A, Armutlu K, Yildiz FG, Kurne A, Aksoy S, et al. Effects of different exercise modalities on ataxia in multiple sclerosis patients: a randomized controlled study. Disability and Rehabilitation. 2017;39(26):2626-32.

187. Vasconcellos LS, Silva RS, Pachêco TB, Nagem DA, Sousa CO, Ribeiro TS. Telerehabilitation-based trunk exercise training for motor symptoms of individuals with Parkinson's disease: A randomized controlled clinical trial. J Telemed Telecare. 2021:1357633x211021740.

188. Salgueiro C, Urrútia G, Cabanas-Valdés R. Influence of Core-Stability Exercises Guided by a Telerehabilitation App on Trunk Performance, Balance and Gait Performance in Chronic Stroke Survivors: A Preliminary Randomized Controlled Trial. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(9).

189. d'Avella A. Reaching Movements. In: Binder MD, Hirokawa N, Windhorst U, editors. Encyclopedia of Neuroscience. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009. p. 3363-7.

190. Oliver GD, Washington JK, Barfield JW, Gascon SS, Gilmer G. Quantitative Analysis of Proximal and Distal Kinetic Chain Musculature During Dynamic Exercises. J Strength Cond Res. 2018;32(6):1545-53.

191. Karthikbabu S, Chakrapani M, Ganeshan S, Rakshith KC, Nafeez S, Prem V. A review on assessment and treatment of the trunk in stroke: A need or luxury. Neural Regen Res. 2012;7(25):1974-7.

192. Merchán-Baeza JA, González-Sánchez M, Cuesta-Vargas AI. Comparison of kinematic variables obtained by inertial sensors among stroke survivors and healthy older adults in the Functional Reach Test: cross-sectional study. BioMedical Engineering OnLine. 2015;14(1):49.

193. Moriyama Y, Yamada T, Shimamura R, Ohmi T, Hirosawa M, Yamauchi T, et al. Movement patterns of the functional reach test do not reflect physical function in healthy young and older participants. PLOS ONE. 2022;17(3):e0266195.

194. Ayvat E, Onursal Kılınç Ö, Ayvat F, Savcun Demirci C, Aksu Yıldırım S, Kurşun O, et al. The Effects of Exergame on Postural Control in Individuals with Ataxia: a Rater-Blinded, Randomized Controlled, Cross-over Study. The Cerebellum. 2022;21(1):64-72.

195. Ayvat E, Kılınç M, Ayvat F, Onursal Kılınç Ö, Aksu Yıldırım S. The Effect of Whole Body Vibration on Postural Control of Ataxic Patients: a Randomized Controlled Cross-Over Study. The Cerebellum. 2021;20(4):533-41.

196. Keller JL, Bastian AJ. A home balance exercise program improves walking in people with cerebellar ataxia. Neurorehabilitation and neural repair. 2014;28(8):770-8.

197. Ali AS, Darwish MH, Shalaby NM, Abbas RL, Soubhy HZ. Efficacy of core stability versus task oriented trainings on balance in ataxic persons with multiple sclerosis. A single blinded randomized controlled trial. Mult Scler Relat Dis. 2021;50:102866.

198. Gervasoni E, Jonsdottir J, Montesano A, Cattaneo D. Minimal Clinically Important Difference of Berg Balance Scale in People With Multiple Sclerosis. Arch Phys Med Rehabil. 2017;98(2):337-40.e2.

199. Kahraman T, Savci S, Ozdogar AT, Gedik Z, Idiman E. Physical, cognitive and psychosocial effects of telerehabilitation-based motor imagery training in people with multiple sclerosis: A randomized controlled pilot trial. Journal of telemedicine and telecare. 2020;26(5):251-60.

200. Conroy SS, Zhan M, Culpepper WJ, 2nd, Royal W, 3rd, Wallin MT. Self-directed exercise in multiple sclerosis: Evaluation of a home automated tele-management system. J Telemed Telecare. 2018;24(6):410-9.

201. Williams KL, Low Choy NL, Brauer SG. Center-Based Group and Home-Based Individual Exercise Programs Have Similar Impacts on Gait and Balance in People With Multiple Sclerosis: A Randomized Trial. PM&R. 2021;13(1):9-18.

202. Ertekin Ö, Ozakbas S, Idiman E, Algun C. Quality of life, fatigue and balance improvements after home-based exercise program in multiple sclerosis patients. Noropsikiyatri Arsivi. 2012;49:33-8.

203. Straudi S, De Marco G, Martinuzzi C, Baroni A, Lamberti N, Brondi L, et al. Combining a supervised and home-based task-oriented circuit training improves walking endurance in patients with multiple sclerosis. The MS_TOCT randomized-controlled trial. Multiple Sclerosis and Related Disorders. 2022;60:103721.

204. Kocica J, Kolcava J, Sladeckova M, Stourac P, Vlckova E, Dosbaba F, et al. Intensive Circuit Class Therapy in Patients with Relapsing-Remitting Multiple Sclerosis. J Rehabil Med. 2022;54:jrm00267.

205. Conroy SS, Zhan M, Culpepper WJ, Royal W, Wallin MT. Self-directed exercise in multiple sclerosis: Evaluation of a home automated tele-management system. Journal of Telemedicine and Telecare. 2017;24(6):410-9.

206. Dlugonski D, Motl RW, Mohr DC, Sandroff BM. Internet-delivered behavioral intervention to increase physical activity in persons with multiple sclerosis: Sustainability and secondary outcomes. Psychology, Health & Medicine. 2012;17(6):636-51.

207. Hoang P, Schoene D, Gandevia S, Smith S, Lord SR. Effects of a home-based step training programme on balance, stepping, cognition and functional performance in people with multiple sclerosis – a randomized controlled trial. Mult Scler J. 2015;22(1):94-103.

208. Donkers SJ, Nickel D, Paul L, Wiegers SR, Knox KB. Adherence to Physiotherapy-Guided Web-Based Exercise for Persons with Moderate-to-Severe Multiple Sclerosis: A Randomized Controlled Pilot Study. Int J MS Care. 2020;22(5):208-14.

209. Frevel D, Mäurer M. Internet-based home training is capable to improve balance in multiple sclerosis: A randomized controlled trial. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. 2015;51(1):23-30.

210. Paul L, Renfrew L, Freeman J, Murray H, Weller B, Mattison P, et al. Web-based physiotherapy for people affected by multiple sclerosis: a single blind, randomized controlled feasibility study. Clin Rehabil. 2019;33(3):473-84.

211. Decavel P, Moulin T, Sagawa Y. Gait tests in multiple sclerosis: Reliability and cut-off values. Gait & Posture. 2019;67:37-42.

212. van der Linden ML, Scott SM, Hooper JE, Cowan P, Mercer TH. Gait kinematics of people with Multiple Sclerosis and the acute application of Functional Electrical Stimulation. Gait & Posture. 2014;39(4):1092-6.

213. Winiarski S, Pietraszewska J, Pietraszewski B. Three-Dimensional Human Gait Pattern: Reference Data for Young, Active Women Walking with Low, Preferred, and High Speeds. BioMed Research International. 2019;2019:1-7.

214. Pietraszewski B, Winiarski S, Jaroszczuk S. Three-dimensional human gait pattern - Reference data for normal men. Acta of bioengineering and biomechanics / Wrocław University of Technology. 2012;14:9-16.

215. Lin Y-T, Lee H-J. Comparison of the Lower Extremity Kinematics and Center of Mass Variations in Sit-to-Stand and Stand-to-Sit Movements of Older Fallers and Nonfallers. Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation. 2022;4(1):100181.

216. van der Straaten R, Bruijnes AKBD, Vanwanseele B, Jonkers I, De Baets L, Timmermans A. Reliability and Agreement of 3D Trunk and Lower Extremity Movement Analysis by Means of Inertial Sensor Technology for Unipodal and Bipodal Tasks. Sensors (Basel, Switzerland). 2019;19(1):141.

217. Bowser B, O'Rourke S, Brown CN, White L, Simpson KJ. Sit-to-stand biomechanics of individuals with multiple sclerosis. Clinical Biomechanics. 2015;30(8):788-94.

218. Galli M, Cimolin V, Crivellini M, Campanini I. Quantitative analysis of sit to stand movement: experimental set-up definition and application to healthy and hemiplegic adults. Gait Posture. 2008;28(1):80-5.

219. Mao YR, Wu XQ, Zhao JL, Lo WLA, Chen L, Ding MH, et al. The Crucial Changes of Sit-to-Stand Phases in Subacute Stroke Survivors Identified by Movement Decomposition Analysis. Frontiers in neurology. 2018;9:185-.

220. Cuesta-Vargas AI, González-Sánchez M. Differences in Muscle Activation Patterns during Sit to Stand Task among Subjects with and without Intellectual Disability. BioMed Research International. 2013;2013:173148.

221. Franciosi E, Baldari C, Gallotta MC, Emerenziani GP, Guidetti L. Selected factors correlated to athletic performance in adults with mental retardation. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010;24(4):1059-64.

222. Gervasoni E, Cattaneo D, Bertoni R, Grosso C, Bisio A, Rovaris M, et al. Effect of arm cycling and task-oriented exercises on fatigue and upper limb performance in multiple sclerosis: a randomized crossover study. Int J Rehabil Res. 2019;42(4):300-8.

223. Krupp LB, LaRocca NG, Muir-Nash J, Steinberg AD. The fatigue severity scale. Application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. Arch Neurol. 1989;46(10):1121-3.

224. Rosti-Otajärvi E, Hämäläinen P, Wiksten A, Hakkarainen T, Ruutiainen J. Validity and reliability of the Fatigue Severity Scale in Finnish multiple sclerosis patients. Brain Behav. 2017;7(7):e00743-e.

225. Tarakci E, Tarakci D, Hajebrahimi F, Budak M. Supervised exercises versus telerehabilitation. Benefits for persons with multiple sclerosis. Acta Neurologica Scandinavica. 2021;144(3):303-11.

226. Tallner A, Streber R, Hentschke C, Morgott M, Geidl W, Mäurer M, et al. Internet-Supported Physical Exercise Training for Persons with Multiple Sclerosis-A Randomised, Controlled Study. Int J Mol Sci. 2016;17(10):1667.

227. Turner AP, Hartoonian N, Sloan AP, Benich M, Kivlahan DR, Hughes C, et al. Improving fatigue and depression in individuals with multiple sclerosis using telephone-administered physical activity counseling. J Consult Clin Psychol. 2016;84(4):297-309.

228. Lamers I, Raats J, Spaas J, Meuleman M, Kerkhofs L, Schouteden S, et al. Intensity-dependent clinical effects of an individualized technology-supported task-oriented upper limb training program in Multiple Sclerosis: A pilot randomized controlled trial. Mult Scler Relat Disord. 2019;34:119-27.

229. Bonzano L, Pedullà L, Tacchino A, Brichetto G, Battaglia MA, Mancardi GL, et al. Upper limb motor training based on task-oriented exercises induces functional brain reorganization in patients with multiple sclerosis. Neuroscience. 2019;410:150-9.

230. Huijgen BCH, Vollenbroek-Hutten MMR, Zampolini M, Opisso E, Bernabeu M, Van Nieuwenhoven J, et al. Feasibility of a home-based telerehabilitation system compared to usual care: arm/hand function in patients with stroke, traumatic brain injury and multiple sclerosis. Journal of Telemedicine and Telecare. 2008;14(5):249-56.

231. Uswatte G, Taub E, Lum P, Brennan D, Barman J, Bowman MH, et al. Tele-rehabilitation of upper-extremity hemiparesis after stroke: Proof-of-concept randomized controlled trial of in-home Constraint-Induced Movement therapy. Restor Neurol Neurosci. 2021;39(4):303-18.

232. Doğan M, Koçak M, Onursal Kılınç Ö, Ayvat F, Sütçü G, Ayvat E, et al. Functional range of motion in the upper extremity and trunk joints: Nine functional everyday tasks with inertial sensors. Gait & Posture. 2019;70:141-7.

233. Řasová K, Martinková P, Soler B, Freeman J, Cattaneo D, Jonsdottir J, et al. Real-World Goal Setting and Use of Outcome Measures According to the International Classification of Functioning, Disability and Health: A European Survey of Physical Therapy Practice in Multiple Sclerosis. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(13):4774.

8. EKLER

EK-1: Non-Dominant Taraf Fonksiyonel Aktivite Kinematikleri

1. Başın Orta Noktasına Dokunma Aktivitesi

Non-dominant taraf ile yapılan BOT aktivitesinin FEHA değerleri Tablo 1.'de, hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 2.'de gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubunun pronasyon/supinasyon hareketleri sırasındaki ivme profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı ve hareketin kontrolünün arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon hareketleri sırasındaki ivme profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'dan uzaklaştığı) ve hareketin düzgünlüğünün azaldığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Gruplar arası hız profili metriğinin karşılaştırma sonuçlarına göre; T-GOE grubunun tedavi öncesinde ulnar/radial deviasyon hareketini istatistiksel anlamlı olarak daha düzgün yaptığı bulundu ($p<0,05$).
- FEHA değerleri ve diğer parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Tablo 1. Non-Dominant taraf başın orta noktasına dokunma aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	28,67±6,21	30,7±7,09	0,3δ	-0,85	36,15±13,04	36,02±13,15	0,79δ	-0,40	0,05α	2,02	0,17α	1,40
	Transversal	71,67±21,62	75,8±13,39	0,14δ	-0,85	79,46±22,29	75,74±18,27	0,43δ	-0,40	0,33α	1,00	0,99α	-0,01
	Sagittal	86,86±15,33	86,13±14,29	0,68δ	-0,66	91,87±16,41	86,81±11,76	0,11δ	0,31	0,41ß	0,83	0,88α	0,15
Dirsek	Transversal	31,12±10,22	34,99±11,89	0,4δ	-0,85	34,3±9,44	32,09±15,07	0,49δ	-1,63	0,6ß	-0,53	0,55α	-0,60
	Sagittal	129,09±79,29	109,32±7,03	0,97δ	-0,85	110,35±6,18	114,19±11,51	0,08δ	-1,63	0,57ß	0,57	0,17α	1,42
El Bileği	Coronal	10,58±5,93	9,13±3,49	0,4δ	-0,97	13,25±5,96	12,35±5,65	0,21γ	0,46	0,16ß	1,40	0,06ß	1,89
	Transversal	11,7±8,08	8,33±4,51	0,14γ	-0,37	11,5±4,6	10,43±4,3	0,69δ	-0,40	0,93α	-0,09	0,19α	1,34
	Sagittal	21,93±10,22	20,62±10,6	0,4δ	-0,97	25,66±10,23	22,48±9,7	0,43δ	-0,40	0,31α	1,03	0,61α	0,52

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon,Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**:Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**

Tablo 2. Non-Dominant el ile yapılan BOT aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-4,36±1,09	-4,17±1,22	0,38δ	-1,59	-4,04±0,83	-3,67±0,66	0,47δ	-1,04	0,6 ß	-0,53	0,15α	-1,47
	Transversal	-4,83±1,5	-4,38±1,55	0,11γ	-1,79	-4,52±1,7	-4,06±1,33	0,15γ	-1,18	0,45ß	-0,76	0,54α	-0,62
	Sagittal	-3,41±0,65	-3,36±1,11	0,16γ	-1,7	-3,22±0,66	-3,01±0,64	0,77γ	-0,01	0,27ß	-1,1	0,31ß	-1,02
LDJ	Coronal	11,19±1	11,41±1,13	0,38δ	-1,59	11,17±0,97	11,02±0,91	0,15γ	-1,18	0,71ß	0,38	0,28α	1,09
	Transversal	11,59±1,07	11,71±1,13	0,9γ	-1,79	11,2±0,89	11,23±1,17	0,47γ	-0,01	0,47ß	0,72	0,25α	1,17
	Sagittal	10,07±0,72	9,94±0,89	0,59δ	-2,49	9,57±0,72	9,53±0,84	0,41γ	0,64	0,06α	1,95	0,2α	1,32
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-1,26±3,02	-2,5±3,76	0,46δ	-1,54	-0,64±3,69	-1,77±2,55	**0,02*δ**	-1,04	0,65ß	-0,45	0,52α	-0,65
	Transversal	-1,62±2,84	-1,53±2,41	0,94δ	0,59	-2,45±3,64	-2,33±3,02	0,83δ	1,98	0,55ß	0,6	0,62ß	0,49
	Sagittal	1,03±0,69	1,24±0,75	0,15δ	-2,49	1,05±0,65	1,44±0,92	0,33δ	1,54	0,55α	-0,6	0,49α	-0,7
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	-1,18±6,08	0,39±2,35	0,55δ	-1,54	0,98±4,37	0,88±3,76	0,27δ	1,98	0,25ß	-1,16	0,66α	-0,44
	Transversal	3,88±3,61	2,29±2,4	**0,02*δ**	0,59	3,95±2,96	1,94±2,96	0,12δ	1,54	0,95α	-0,06	0,72α	0,36
	Sagittal	-0,85±3,87	-2,63±3,55	**0,04*δ**	-0,69	-1,52±1,45	-3,33±2,83	0,12δ	0,47	0,23α	1,23	0,87α	-0,16

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

2. Ceket Asma Aktivitesi

Non-dominant taraf ile yapılan ceket asma (CAS) aktivitesine yönelik FEHA değerleri ve istatistiksel kıyaslamalar Tablo 3'te gösterildi. Grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarda hiçbir parametrede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilemedi (p>0,05).

Tablo 3. Non-Dominant taraf ile yapılan CAS aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	31,82±13,15	29,91±11,38	0,59δ	-0,09	29,67±13,28	28,06±11,58	0,98δ	-0,73	0,65α	-0,46	0,65α	-0,46
	Transversal	91,36±20,53	95,83±21,08	0,07δ	0,35	89,37±25,35	87,26±22,5	0,79δ	-0,73	0,81α	-0,24	0,28α	-1,11
	Sagittal	93,96±17,03	94,76±16,26	0,68γ	0,59	97,6±17,23	93,54±16,75	0,14δ	0,36	0,55α	0,60	0,91ß	-0,11
Dirsek	Transversal	63,55±20,06	63,65±17,1	0,98γ	0,59	66,23±18,81	71,33±28,23	0,55δ	-1,25	0,7α	0,39	0,37α	0,92
	Sagittal	89,17±17,26	93,6±12,3	0,07δ	-0,09	89,08±15,94	89,24±18,39	0,43δ	-1,25	0,99α	-0,02	0,44α	-0,78
El Bileği	Coronal	29,04±12,4	27,04±6,56	0,78δ	-0,09	24,69±8,11	28,3±13,25	0,22γ	-1,61	0,24α	-1,19	0,79ß	-0,26
	Transversal	23,22±12,58	19,13±8,01	0,68δ	0,35	18,64±6,43	19,67±10,17	0,49δ	-0,73	0,5ß	-0,68	0,91ß	0,11
	Sagittal	31,45±12,91	30,03±7,92	0,88δ	0,35	33,35±11,62	34±15,36	0,87δ	-0,73	0,73ß	0,34	0,91ß	0,11

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.

Non-dominant taraf ile yapılan CAS aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 4.'de gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon hareketi sırasındaki ivme profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'dan uzaklaştığı) ve bu yöndeki hareketin kontrolünün azaldığı tespit edildi ($p<0,05$).
- T-GOE grubunun fleksiyon/ekstansiyon hareketi sırasındaki SPARC metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'dan uzaklaştığı) ve hareketin düzgünlüğünün azaldığı tespit edildi ($p<0,05$).
- T-GOE grubunun pronasyon/supinasyon hareketi sırasındaki hız profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'dan uzaklaştığı) ve bu yöndeki hareketin kontrolünün azaldığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Tablo 4. Non-Dominant el ile yapılan CAS aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-4,27±1,2	-4,27±1,86	0,27δ	1,35	-4,53±1,07	-4,29±0,89	0,53δ	-0,91	0,52ß	0,64	0,85ß	0,19
	Transversal	-4,28±1,15	-4,93±2,17	0,8γ	0,26	-4,5±1,18	-4,4±1,46	**0,03*δ**	1,36	0,52ß	0,64	0,36ß	-0,91
	Sagittal	-3,42±0,6	-3,84±1,99	0,16γ	0,98	-4,01±1,06	-3,71±0,81	0,39γ	-0,69	0,07α	1,89	0,85ß	0,19
LDJ	Coronal	12,32±1,04	8,38±9,74	0,41δ	1,35	12,09±0,86	11,98±1,15	0,33γ	-0,2	0,49α	0,71	0,29α	1,07
	Transversal	11,81±1	8,38±9,74	0,79δ	-1,78	11,91±1,01	12,02±0,89	0,33γ	-1	0,76ß	-0,3	0,29α	1,07
	Sagittal	10,89±0,7	8,38±9,74	0,76δ	2,2	10,96±0,62	10,92±0,73	0,33γ	-0,69	0,97ß	0,04	0,97ß	-0,04
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-0,3±3,06	-0,41±1,91	0,87δ	0,5	-0,27±1,29	-0,13±2,74	0,95δ	0,45	0,73ß	0,34	1ß	-
	Transversal	-1,62±2,4	-0,21±1,48	0,34δ	0,26	-1,02±2,71	-1,94±3,52	**0,03*δ**	1,36	0,36ß	-0,91	0,08ß	1,74
	Sagittal	1,28±1,28	0,89±0,91	0,18γ	0,98	0,9±1,85	1,81±2,08	0,17δ	0,62	0,15ß	1,43	0,15ß	-1,43
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	-1,14±2,34	-0,45±1,51	0,23γ	0,5	-1,63±3,15	-0,25±1,9	0,5δ	0,45	0,62α	0,5	0,75α	-0,33
	Transversal	-1,25±2,49	-1,04±3,11	0,69	-1,78	-0,82±2,57	-1,38±2,13	0,79γ	-1	0,63α	-0,49	0,35ß	0,94
	Sagittal	-1,58±2,27	-1,74±1,97	**0,02*δ**	2,2	-0,72±1,87	-2,41±2,03	0,12δ	0,47	0,23α	1,23	0,87ß	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

3. Pantolonun Arka Cebine Dokunma Aktivitesi

Non-dominant taraf ile yapılan pantolonun arka cebine dokunma (PAC) aktivitesine yönelik FEHA değerleri ve istatistiksel kıyaslamalar Tablo 5'te gösterildi. Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların non-dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında omuz abduksiyon/adduksiyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı tespit edildi ($p<0,05$). Gruplar arası karşılaştırmalarda ve diğer parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Tablo 5. Dominant taraf ile yapılan YEM aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	**Düzlem**	**Telerehabilitasyon**				**T-GOE**				**Gruplar arası TO**		**Gruplar arası TS**	
		TÖ	**TS**	**p**	**TD**	**TÖ**	**TS**	**p**	**TD**	**p**	**TD**	**p**	**TD**
		X̄±SS	**X̄±SS**			**X̄±SS**	**X̄±SS**						
Omuz	**Coronal**	14,31±6,13	18,24±7,67	**0,02*δ**	-1,98	12,97±4,95	15,03±6,15	0,18δ	-1,82	0,5α	-0,68	0,2α	-1,32
	Transversal	26,68±6,79	28,17±7,75	0,55δ	-1,98	23,71±7,68	22,86±8,81	0,55δ	-1,82	0,26α	-1,15	0,08α	-1,80
	Sagittal	43,01±9,53	46,92±12,52	0,16γ	-3,54	41,42±7,68	43,41±9,4	0,46δ	-1,40	0,43ß	-0,79	0,37α	-0,90
Dirsek	**Transversal**	71,87±47,7	76,39±41,37	0,55γ	-3,54	62,91±25,6	86,79±71,34	0,21γ	-0,64	0,76ß	-0,30	0,85ß	-0,19
	Sagittal	52,78±42,72	61,05±37,43	0,18δ	0,22	41,68±22,59	51,97±37,41	0,27γ	-0,64	0,82ß	-0,23	0,36ß	-0,91
El Bileği	**Coronal**	13,4±8,05	14,18±6,05	0,14δ	-1,98	13,1±7,01	13,41±6,73	0,91δ	-2,39	0,97ß	-0,04	0,74α	-0,34
	Transversal	21,24±12,57	16,83±7,67	0,3δ	-1,98	19,91±9,03	16,05±8,62	0,15γ	-1,95	0,76ß	-0,30	0,76ß	-0,30
	Sagittal	20,76±10,36	22,38±12,12	0,59δ	0,47	23,84±10,88	23,64±9,15	0,65δ	-2,39	0,33ß	0,98	0,74α	0,33

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.

Non-dominant taraf ile yapılan PAC aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 6.'da gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- T-GOE grubunun ulnar/radial deviasyon hareketi sırasında ivme profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı (0'a yaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün arttığı bulundu ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon hareketi sırasındaki ivme profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı (0'a yaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Gruplar arası ivme profili metriğinin karşılaştırma sonuçlarına göre; T-GOE grubunun telerehabilitasyondakilere kıyasla tedavi öncesinde ulnar/radial deviasyon ve pronasyon/supinasyon hareketini istatistiksel anlamlı bir biçimde daha düzgün yaptığı görüldü ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Tablo 6. Non-dominant el ile yapılan PAC aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	P	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-3,71±0,99	-3,48±0,78	0,65δ	0,17	-3,76±1,03	-3,68±0,98	0,4δ	-1,16	0,82ß	-0,23	0,52α	0,65
	Transversal	-4,21±1,13	-3,71±0,67	0,72γ	0,33	-4,08±1,44	-3,98±1,45	0,27δ	-1,22	0,35ß	-0,94	0,52α	0,64
	Sagittal	-4±0,84	-3,82±0,76	0,94γ	0,13	-3,82±0,75	-3,8±1,17	0,43δ	-0,85	0,57ß	-0,57	0,95α	-0,06
LDJ	Coronal	11,08±0,96	11,18±0,91	0,4γ	0,33	11,48±0,94	11,61±0,85	0,64δ	0,03	0,29ß	-1,06	0,17ß	-1,39
	Transversal	11,53±0,55	11,57±0,8	0,14δ	1,59	11,47±0,97	11,7±1,23	0,88δ	-1,22	0,91ß	0,11	0,73ß	-0,34
	Sagittal	11,12±0,91	11,26±0,82	0,83δ	-0,88	11,41±1,14	11,46±1,1	0,64δ	-0,85	0,62 ß	-0,49	0,57ß	-0,57
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-1,94±6,58	1,23±7,05	0,86γ	0,33	-0,03±5,83	-0,37±5,74	0,18γ	-0,68	0,47ß	0,72	0,49α	0,71
	Transversal	0,34±2,82	-2±8,25	0,3γ	0,13	0,24±1,77	-3,08±12,67	0,31γ	-0,1	0,43ß	0,79	0,78ß	0,28
	Sagittal	-1,62±3,46	-3,88±10,46	0,92γ	-1,45	-0,19±2,13	-0,33±5,25	0,45γ	-0,1	0,33ß	-0,98	0,23α	-1,24
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	-4,86±3,13	-2,52±3,84	0,33δ	1,59	-2,08±2,76	-1,39±3,28	**0,01*δ**	0,03	**0,02*ß**	-2,38	0,57ß	-0,57
	Transversal	3±2,98	2,51±3,87	0,49δ	-0,88	0,58±2,83	0,44±3,96	0,47δ	-0,85	**0,03*ß**	2,11	0,15ß	1,49
	Sagittal	-2,87±3,53	0,3±4,21	**0,01*δ**	-0,45	-3,09±4,55	0,17±3,07	0,12δ	0,47	0,23ß	1,23	0,87α	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

4. Telefon ile Konuşma Aktivitesi

Bireylerin non-dominant taraf telefon ile konuşma aktivitesi (TEL) sırasındaki üst ekstremite FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi (Tablo 7.):

- Telerehabilitasyon grubundaki katılımcıların non-dominant taraf ile gerçekleştirdikleri aktivite sırasında omuz abduksiyon/adduksiyon FEHA'sının tedavi sonunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı bulundu ($p<0,05$).
- T-GOE grubundaki katılımcıların non-dominant taraf dirsek pronasyon/supinasyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı görüldü ($p<0,05$).
- Gruplararası karşılaştırmalarda tedavi sonrası değerler incelendiğinde non-dominant el bileği pronasyon/supinasyonunun T-GOE grubu lehine anlamlı bir şekilde arttığı gözlendi ($p<0,05$).
- Diğer parametrelerde anlamlı bir farklılık tespit edilemedi.

Tablo 7. Non-dominant taraf ile yapılan TEL aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	16,65±7,66	20,1±7,69	**0,04*δ**	-0,35	18,84±7,43	22,19±10,56	0,21γ	-2,07	0,42α	0,82	0,6ß	0,53
	Transversal	38,21±9,42	40,7±10,47	0,11δ	0,97	35,74±10,74	38,86±11,82	0,16δ	1,11	0,5α	-0,69	0,65α	-0,46
	Sagittal	53,02±9,37	55,72±10,1	0,2γ	-0,70	55,18±11,14	54,98±13,89	0,92γ	-2,07	0,82ß	0,23	1ß	0,00
Dirsek	Transversal	43,68±27,81	53,09±30,09	0,36δ	-0,22	30,08±17,53	52,86±21,94	**0,01*δ**	-1,59	0,13ß	-1,51	0,98α	-0,02
	Sagittal	122,72±9,13	122,87±8,92	0,92δ	-0,22	121,56±6,81	125,81±10,68	0,13γ	1,22	0,68α	-0,41	0,5ß	0,68
El Bileği	Coronal	13,16±9,52	12,06±7,6	0,88δ	1,04	17,33±9,74	18,23±9,98	0,61γ	1,22	0,23α	1,22	0,08ß	1,74
	Transversal	8,63±8,95	6,05±3,7	0,64δ	1,04	10,43±5,71	9,52±5,13	0,4γ	-2,16	0,11ß	1,59	**0,03*ß**	2,15
	Sagittal	17,72±10,76	16,7±7,06	0,97δ	-0,22	21,73±9,14	21,37±11,99	0,55δ	-1,59	0,26α	1,14	0,2α	1,32

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.

Non-dominant taraf ile yapılan TEL aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 8.'de gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- T-GOE grubunun ulnar/radial deviasyon ve fleksiyon/ekstansiyon hareketleri sırasında SPARC metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı (0'a yaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün arttığı bulundu ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon hareketi sırasındaki hız profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'a yaklaştığı) ve hareket düzgünlüğünün arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Gruplar arası LDJ metriği karşılaştırma sonuçlarına göre; T-GOE grubunun telerehabilitasyon grubuna kıyasla, tedavi öncesinde ve sonrasında pronasyon/supinasyon hareketini istatistiksel anlamlı olarak daha düzgün yaptığı görüldü ($p<0,05$). Diğer parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı ($p>0,05$).

Tablo 8. Non-dominant el ile yapılan TEL aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-1,52±0,09	-1,47±0,07	0,77γ	2,09	-1,58±0,16	-1,56±0,19	**0,01*δ**	-0,44	0,35ß	0,94	0,16ß	1,4
	Transversal	-1,56±0,11	-1,56±0,12	0,98δ	-0,5	-1,66±0,3	-1,6±0,11	0,78δ	1,48	0,45 ß	0,76	0,41α	0,84
	Sagittal	-1,57±0,15	-1,51±0,12	0,27γ	2,23	-1,59±0,15	-1,54±0,12	**0,04*γ**	0,46	0,72α	0,36	0,57ß	0,57
LDJ	Coronal	10,17±2,38	10,16±2,16	0,31γ	2,09	9,36±2,58	9,94±3,01	0,64δ	-0,16	0,24ß	1,17	0,45ß	0,76
	Transversal	13,07±2,67	13,84±3,77	0,83δ	-0,5	11,1±3,03	10,63±2,2	0,51δ	1,48	**0,02*ß**	2,38	**0,01*ß**	2,83
	Sagittal	7,31±0,98	7,25±0,93	0,08δ	-0,12	7,06±0,86	7,42±0,8	0,59δ	1,22	0,36ß	0,91	0,45ß	-0,76
Hız Profili (cm/s)	Coronal	1,23±9,4	-6,3±6,92	0,3γ	0,93	-8,8±5,6	-7,1±2,34	0,23γ	-0,2	0,91ß	0,11	0,31α	1,04
	Transversal	1,9±3,6	-3,3±1,55	0,41γ	-0,06	9,04±4,05	6,6±5,1	0,9γ	0,46	0,36ß	-0,91	0,47ß	-0,72
	Sagittal	4,2±9,69	4,2±8,27	**0,02*γ**	2,23	4,4±8,9	3,9±9,66	0,4δ	0,47	1ß	-	0,83α	0,21
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	6,94±2,3	5,32±2,24	0,07γ	0,93	1,54±2,5	-6,02±3,1	0,42γ	-0,2	0,5ß	0,68	0,27ß	1,1
	Transversal	1,7±6,39	1,74±8,36	0,14γ	-0,06	1,8±1,61	1,2±1,2	0,88δ	1,22	0,6ß	-0,53	0,23ß	1,21
	Sagittal	-1,38±6,26	-1,18±2,98	0,12δ	-0,12	2,55±5,43	0,27±8,88	0,12δ	0,47	0,23α	1,23	0,87ß	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

5. Yemek Yeme Aktivitesi

Bireylerin non-dominant taraf ile yaptıkları yemek yeme aktivitesi (YEM) sırasındaki üst ekstremite FEHA değerleri incelendi ve sonuçlar aşağıda belirtildi (Tablo 9.):

- Telerehabilitasyon grubundaki bireylerin non- dominant taraf el bileği pronasyon/supinasyon FEHA'sının istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı görüldü ($p<0,05$).

Tablo 9. Non-Dominant taraf ile yapılan YEM aktivitesinin fonksiyonel eklem hareket açıklığı değerlerinin incelenmesi

Eklem	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
Omuz	Coronal	23,59±10,96	23,92±11,05	0,55δ	-1,04	24,93±8,34	25,48±8,75	0,55δ	-1,73	0,7α	0,39	0,66α	0,44
	Transversal	46,61±11,25	49,93±10	0,18δ	-1,04	46,64±11,08	48,48±12,76	0,23δ	-1,73	1α	0,01	0,73α	-0,35
	Sagittal	56,69±13,27	57,55±13,99	0,81γ	0,23	55,82±14,11	53,59±11,77	0,59δ	-2,01	0,86α	-0,18	0,57ß	-0,57
Dirsek	Transversal	62,54±14,94	62,3±21,09	0,95γ	0,23	66,89±23,25	65,9±23,22	0,8γ	0,46	0,54α	0,62	0,6ß	0,53
	Sagittal	108,23±12,87	109,89±11,79	0,47δ	-1,10	113,3±17,41	117,5±12,57	0,25γ	0,46	0,36α	0,93	0,09α	1,76
El Bileği	Coronal	28,25±12,11	25,65±6,87	0,51δ	-1,04	30,21±10,44	27,12±7,71	0,18δ	-1,73	0,63α	0,49	0,58α	0,56
	Transversal	20,53±11,63	15,18±6,94	**0,03*γ**	0,23	20,5±8,57	18,02±6,32	0,55δ	-1,73	0,65ß	0,45	0,2ß	1,28
	Sagittal	36,2±11,27	33,78±9,35	0,47γ	0,23	37,7±13,68	41,09±14,66	0,39γ	0,46	0,74α	0,34	0,1ß	1,66

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi, **TS**: Tedavi Sonrası, **TD**: Test Değeri, **X̄**: Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **Coronal**: (+) Abduksiyon, Ulnar Deviasyon / (-) Adduksiyon, Radial deviasyon, **Transversal**: (+) İnternal Rotasyon, Pronasyon/ (-) Eksternal Rotasyon, Supinasyon, **Sagittal**: (+) Fleksiyon/ (-) Ekstansiyon., **α**: Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05**.

Non-dominant taraf ile yapılan YEM aktivitesinin hareket düzgünlük ve kalite metrikleri incelendi ve ilgili değerler Tablo 10.'da gösterildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtildi:

- Telerehabilitasyon grubunun fleksiyon/ekstansiyon yönündeki hareketi sırasında hız profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde azaldığı (0'a yaklaştığı) ve hareket kontrolünün arttığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Telerehabilitasyon grubunun ulnar/radial deviasyon hareketi sırasındaki ivme profili metriğinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde arttığı (0'dan uzaklaştığı) ve bu doğrultudaki hareket düzgünlüğünün azaldığı tespit edildi ($p<0,05$).
- Diğer metriklerin grup içi ve gruplar arası kıyaslamalarında istatistiksel bir farklılık tespit edilemedi ($p>0,05$).

Tablo 10. Non-dominant el ile yapılan YEM aktivitesi sırasında hareket düzgünlüğüne yönelik hız ve ivme metriklerinin incelenmesi

Metrikler	Düzlem	Telerehabilitasyon				T-GOE				Gruplar arası TO		Gruplar arası TS	
		TÖ	TS	p	TD	TÖ	TS	p	TD	p	TD	p	TD
		X̄±SS	X̄±SS			X̄±SS	X̄±SS						
SPARC	Coronal	-8,84±2,09	-8,77±2,5	0,59δ	0,36	-8,45±1,48	-8,42±1,79	0,47 δ	0,28	0,54α	-0,62	0,65α	-0,46
	Transversal	-7,54±2,27	-7,55±1,76	0,65δ	-0,78	-7,31±1,75	-7,56±2,12	0,92 δ	0,03	0,75α	-0,32	0,99α	0,01
	Sagittal	-8,2±1,71	-8,58±1,84	0,15γ	-1,33	-7,08±1,99	-7,75±2,1	0,83 δ	-0,97	0,08α	-1,74	0,24α	-1,19
LDJ	Coronal	12,85±0,66	13,03±0,89	0,98δ	1,21	12,78±0,59	12,71±0,65	0,59 δ	0,28	0,75α	0,32	0,21ß	1,25
	Transversal	14,42±0,92	14,58±1,01	0,46δ	-1,07	14,17±0,85	13,99±0,78	0,83 δ	0,03	0,42α	0,82	0,07ß	1,81
	Sagittal	13,8±0,86	13,57±1	0,62δ	2,86	13,69±0,86	13,53±0,93	0,06 δ	0,47	0,73α	0,34	0,91α	0,12
Hız Profili (cm/s)	Coronal	-0,52±0,55	-0,69±0,76	0,83δ	1,21	-0,47±0,62	-0,49±0,61	0,43 δ	0,78	0,83α	-0,21	0,41α	-0,84
	Transversal	0,04±1,54	-0,15±1,41	0,62δ	-1,07	-0,12±1,26	0,18±1,46	0,7γ	1,01	0,71ß	-0,38	0,52α	-0,65
	Sagittal	0,48±0,81	1,1±0,84	**0,01*δ**	-0,54	-0,06±0,66	0,65±0,73	0,16 δ	0,47	0,07ß	1,81	0,06α	-1,92
İvme Profili (cm/s2)	Coronal	0,6±1,2	0,67±1,01	**0,03*δ**	-0,78	1,78±1,77	0,66±1,34	0,88 δ	0,78	0,06ß	-1,85	0,96α	0,05
	Transversal	1,75±1,11	2,07±1,38	0,16δ	2,86	1,19±1,62	1,43±1,94	0,33 δ	-0,97	0,27α	1,13	0,3α	1,05
	Sagittal	-0,69±2,15	-1,91±1,76	0,07γ	0,3	-0,36±2,09	-1,81±3,57	0,12γ	0,47	0,23α	1,23	0,87ß	0,94

T-GOE: Teknoloji Destekli Görev Odaklı Eğitim, **TÖ**: Tedavi Öncesi**, TS**: Tedavi Sonrası, **TD:** Test Değeri, **X̄:** Ortalama, **SS**: Standart Sapma, **SPARC**: Spektral Yay Uzunluğu Ölçüsü, **LDJ**: Logaritmik Boyutsuz Jerk, **Coronal**: (+) Ulnar / (-) Radial deviasyon, **Transversal**: (+) Pronasyon / (-) Supinasyon., **Sagittal**: (+) Fleksiyon / (-) Ekstansiyon., **α:** Independent Samples T Test, **ß**: Mann Whitney U test, **γ**: Paired Samples T Test, **δ**: Wilcoxon Signed Rank Test, ***p<0,05.**

EK-2: Metriklerin Hesaplama Formülleri

Jerk metriği (DLJ) ve logaritmik boyutsuz jerk (LDJ-LDLJ) denklemleri Şekil 1'de gösterilmiştir. t zaman, v(t) hareket hızı, t1 ve t2 hareketin başlangıç ve bitiş zamanları, vpeak hareket sırasındaki en yüksek hızı ifade etmektedir. DLJ hesaplandıktan sonra LDJ, doğal logaritması alınarak hesaplandı.

$$\mathrm{DLJ} \triangleq -\frac{(t_2-t_1)^5}{v_{peak}^2}\int_{t_1}^{t_2}\left|\frac{d^2v(t)}{dt^2}\right|^2 dt$$

$$\mathrm{LDLJ} \triangleq -\ln|\mathrm{DLJ}|$$

Şekil 1. Logaritmik Boyutsuz Jerk (LDJ veya LDLJ) Hesaplama Formülü

Spektral ark uzunluğu metriği (SAL) Fourier büyüklük spektrumunun ark uzunluğunu hesaplayarak hareketin düzgünlüğünü tespit için kullanıldı. Bu çalışmada Balasubramanian tarafından modifiye edilen bir SAL formu hesaplanmıştır. t zamanı, v(t) hareket hızını ifade etmektedir, V(ω) hareket hızının Fourier dönüşümü uygulanmış versiyonudur, V(ω) belirli bir hareket eşik değeri (ω_c) ile normalize edilerek V^(ω) hesaplanmaktadır. SPARC, SAL'ın genişletilmiş bir şeklidir. Farkı uyarlanabilir bir eşik kullanılarak normalize edilmesidir. (Şekil 2). Bu çalışmada eşik 60 hertz olarak belirlenmiştir.

$$\mathrm{SAL} \triangleq -\int_0^{\omega_c}\left[\left(\frac{1}{\omega_c}\right)^2+\left(\frac{d\hat{V}(\omega)}{d\omega}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} d\omega;\quad \hat{V}(\omega)=\frac{V(\omega)}{V(0)},$$

$$\omega_c \triangleq \min\left\{\omega_c^{max}, \min\left\{\omega\ , \hat{V}(r)<\overline{V}\ \ \forall\ \ r>\omega\right\}\right\}$$

Şekil 2. SPARC Hesaplama Formülü

EK-3: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzni

Lokman Hekim Üniversitesi
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar
Etik Kurulu

Toplantı sayısı	Karar Sayısı	Toplantı tarihi
2021/3	1	16 Şubat 2021

Lokman Hekim Üniversitesi girişimsel olmayan klinik araştırmalar etik kurulu Başkan Prof.Dr.Feyyaz ONUR'un daveti üzerine 10 Mart 2021 tarihinde aşağıdaki gündemle toplandı. Toplantıda Lokman Hekim Üniversitesi girişimsel olmayan etik kurul çalışma esasları hakkındaki yönergenin 5-1 maddesi gereğince etik kuruldaki görevli üyelerin çoğunluğunun toplantıda bulunduğu tespit edildi.

KARARLAR

Karar No. 2021/015: Doç.Dr. Muhammed KILNÇ 'ın sorumlu araştırmacısı olduğu **"Multiple Sklerozlu Hastalarda Teknoloji Destekli Farklı Fizyoterapi Yaklaşımlarının Etkilerinin İncelenmesi"** başlıklı **(Kod No. 2021018)** girişimsel olmayan klinik araştırma **ETİK OLARAK UYGUN BULUNMUŞTUR**

ETİK KURUL ÜYESİ	İMZA
Prof. Dr. Feyyaz ONUR, Eczacılık Fakültesi *Başkan*	
Doç. Dr. Fatih BAKIR, Tıp Fakültesi *Başkan Yardımcısı*	
Prof. Dr. Belma TURAN, Tıp Fakültesi *Üye*	
Prof. Dr. Engin TUTKUN, BOZOK Üniversitesi Tıp Fakültesi *Üye*	
Dr. Öğr. Üyesi Safiye GÖÇER, Tıp Fakültesi *Üye*	
Dr. Öğr. Üyesi Hatice KARABULUT, Sağlık Bilimleri Fakültesi *Üye*	
Dr. Öğr. Elif Tuba AKÇİN Diş Hekimliği Fakültesi *Üye*	
Dr. Öğr. Üyesi Aybike ŞAHLANAN Diş Hekimliği Fakültesi *Üye*	
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Erkan KILINÇ Sağlık Bilimleri Fakültesi *Üye*	
Dr. Öğr. Üyesi Ezgi EROĞLU, Eczacılık Fakültesi *Üye*	
Av. İlker IŞIKCI, Hukuk Müşavirliği *Üye*	

EK-4: Tez Çalışması Orijinallik Raporu ve Dijital Makbuz

turnitin

Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen:	Mert Doğan
Ödev başlığı:	MULTİPLE SKLEROZLU HASTALARDA TEKNOLOJİ DESTEKLİ GÖ...
Gönderi Başlığı:	MULTİPLE SKLEROZLU HASTALARDA TEKNOLOJİ DESTEKLİ GÖ...
Dosya adı:	MertDoganDoktoraTez_ntihalRaporu.docx
Dosya boyutu:	23.69M
Sayfa sayısı:	172
Kelime sayısı:	34,360
Karakter sayısı:	243,346
Gönderim Tarihi:	05-Kas-2022 12:27ÖS (UTC+0300)
Gönderim Numarası:	1945245263

Copyright 2022 Turnitin. Tüm hakları saklıdır.

MULTİPLE SKLEROZLU HASTALARDA TEKNOLOJİ DESTEKLİ GÖREV ODAKLI EĞİTİM VE TELEREHABİLİTASYONUN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ORİJİNALLİK RAPORU

%7	%6	%3	%2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	nemertes.lis.upatras.gr İnternet Kaynağı	%1
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
3	Submitted to Hacettepe University Öğrenci Ödevi	%1
4	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	%1
5	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%1
6	Submitted to Gaziantep Aniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1
7	Submitted to Bahcesehir University Öğrenci Ödevi	<%1
8	www.selcukmedj.org İnternet Kaynağı	<%1

Submitted to Istanbul Medipol Ãniversitesi

9. ÖZGEÇMİŞ