



**SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARDA ONABOTULİNUM TOKSİN-A
ENJEKSİYONU VE SERİ ALÇILAMA SONRASI FARKLI FİZYOTERAPİ
VE REHABİLİTASYON PROGRAMLARININ ETKİNLİKLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Pelin ATALAN EFKERE

**DOKTORA TEZİ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

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

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

Pelin ATALAN EFKERE

08/08/2023

SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARDA ONABOTULİNUM TOKSİN-A
ENJEKSİYONU VE SERİ ALÇILAMA SONRASI FARKLI FİZYOTERAPİ VE
REHABİLİTASYON PROGRAMLARININ ETKİNLİKLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI

(Doktora Tezi)

Pelin ATALAN EFKERE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2023

ÖZET

Bu çalışma serebral palsili çocuklarda onabotulinum toksin-A enjeksiyonu ve seri alçılama sonrası uygulanan farklı fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarının etkilerini araştırmak üzere planlandı. Çalışmaya 5-10 yaş arasında, son iki ay içerisinde gastroknemius kaslarına onabotulinum toksin-A enjeksiyonu ve ardından seri alçılama protokolü uygulanmış, 17 SP'li çocuk dahil edildi. Yapılandırılmış fizyoterapi grubundaki çocuklara (n=9) fonksiyonel kuvvetlendirme ve aktif-pasif germeyi içeren egzersizler haftada 3 gün, 6 hafta boyunca uygulandı. Geri yokuş inme grubundaki çocuklara ise (n=8) yapılandırılmış fizyoterapi grubuna uygulanan egzersizlere ek olarak haftada 3 gün, 6 hafta boyunca ve her seans 15 dakika sürecek şekilde yürüme bandında geri yokuş inme eğitimi verildi. Kas morfolojisi, kas sertliği ve vaskülarizasyon B-mod ultrason görüntüleme, elastografi ve Superb Microvascular Imaging yöntemi ile, kas kuvveti el dinamometresi ile, eklem hareket açıklığı evrensel gonyometre ile, spastisite Modifiye Tardieu Skalası ile, yürüyüş Edinburgh Görsel Yürüyüş Skalası ile, selektif motor kontrol Alt Ekstremita Selektif Kontrol Değerlendirme Skalası ile, yaşam kalitesi Çocuk Sağlık Anketi-Ebeveyn formu ile ve günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık ise Çocuklar İçin Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçümü ile değerlendirildi. Çalışmanın sonuçlarına göre her iki gruptaki çocukların uygulanan tedavi sonrasında kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, yürüyüş, kas morfolojisi, ve yaşam kalitesi alt skorları tedavi öncesine göre iyileşmiş ($p<0.05$), günlük yaşam aktiviteleri, spastisite ve selektif motor kontrol skorları ise anlamlı düzeyde değişmemiştir ($p>0.05$). Yapılandırılmış fizyoterapiye ek uygulanan geri yokuş inme eğitiminin tek başına Yapılandırılmış fizyoterapiye göre kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, spastisite, yürüyüş ve kas morfolojisi parametrelerini iyileştirmede üstünlük gösterdiği saptanmıştır ($p<0.05$ ya da $\eta^2>0.059$). Sonuç olarak yapılandırılmış fizyoterapiye ek uygulanan geri yokuş inme eğitiminin alt ekstremitenin fiziksel ve morfolojik özellikleri üzerine olumlu etkileri görüldü. Bu nedenle geri yokuş inme eğitimi botulinum toksin enjeksiyonları ve ardından seri alçılama uygulanan çocuklarda yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak önerilir.

Bilim Kodu : 1024
Anahtar kelimeler : Serebral palsy, Botulinum toksin, Seri alçılama, Fizyoterapi ve rehabilitasyon
Sayfa adedi : 135
Danışman : Prof. Dr. Bülent ELBASAN

COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF DIFFERENT PHYSIOTHERAPY AND
REHABILITATION PROGRAMS AFTER ONABOTULINUM TOXIN-A INJECTION
AND SERIAL CASTING IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY

(Ph. D. Thesis)

Pelin ATALAN EFKERE

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

August 2023

ABSTRACT

This study was planned to investigate the effects of different physiotherapy and rehabilitation programs applied after Onabotulinum toxin-A injection and serial casting in children with cerebral palsy. 17 children with CP, aged 5-10 years, who had been injected with Onabotulinum toxin-A into the gastrocnemius muscles and then followed by a serial casting protocol in last two months, included to the study. Exercises including functional strengthening and active-passive stretching were applied to the children in the structured physiotherapy group (n=9) for 6 weeks, 3 days a week. In addition to the exercises applied to the structured physiotherapy group, the children in the backhill group (n=8) were given backhill training on the treadmill 3 days a week, for 6 weeks, for 15 minutes each session. Muscle morphology, muscle stiffness and vascularization were evaluated by B-mode ultrasound imaging, elastography and Superb Microvascular Imaging method, muscle strength by hand held dynamometer, range of motion by universal goniometer, spasticity by Modified Tardieu Scale, gait by Edinburgh Visual Gait Scale, selective motor control by The Selective Control Assessment of the Lower Extremity quality of life by Child Health Questionnaire-Parent Form and the daily living activities evaluated by Functional Independency Measurement for Children. According to the results of the study, the muscle strength, range of motion, gait, muscle morphology, and quality of life sub-scores of the children in both groups improved after the treatment ($p<0.05$), while the daily living activities, spasticity and selective motor control scores did not change significantly ($p>0.05$). It was determined that backhill training applied in addition to structured physiotherapy showed superiority in improving muscle strength, range of motion, spasticity, gait and muscle morphology parameters compared to structured physiotherapy alone ($p<0.05$ or $\eta^2>0.059$). As a result, positive effects of downhill training applied in addition to traditional physiotherapy on the physical and morphological features of the lower extremity were observed. For this reason, backhill training is recommended in addition to structured physiotherapy in children undergoing botulinum toxin injections followed by serial casting.

Science Code : 1024

Key Words : Cerebral palsy, Botulinum toxin, Serial casting, Physiotherapy and
Rehabilitation

Page number : 135

Supervisor : Prof. Dr. Bülent ELBASAN

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimimin ilk gününden beri birlikte çalışmayı bir şans olarak gördüğüm, desteğini hep arkamda hissettiğim, minik tez katılımcılarımın pelerinsiz kahramanı saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Bülent ELBASAN'a

Tez çalışmamın başından beri tecrübesini ve bilgisini esirgemeyip, tez hastalarımı sağlama konusunda destek olan, her sorumda ulaşabildiğim, desteğe hep hazır olan hocam Sayın Prof. Dr. Cemil YILDIZ'a, tez izleme komitesi sürecine katkılarından dolayı değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Akmer MUTLU ve Sayın Prof. Dr. Deran OSKAY'a, ve tezimin istatistiksel analizleri konusunda önemli öneri ve katkıları olan Sayın hocam Prof. Dr. Meral BOŞNAK GÜÇLÜ'ye

Değerlendirme süreçlerine özverili, sabır dolu katkısı için Uzm. Dr. Habip Eser AKKAYA'ya, hep yanımda olup tezime destek verdiği için Dr. Öğr. Üyesi Kamile UZUN AKKAYA'ya,

Tezimin istatistiksel analizlerindeki yardımlarından dolayı Dr. Fzt. Halil İbrahim ÇELİK'e, doktora eğitimim süresince ünitemizde birlikte çalışıp birlikte öğrendiğim Dr. Öğr. Üyesi. Müşerrefe Nur KELEŞ, Dr. Öğr. Üyesi Erkan EROL, Dr. Öğr. Üyesi Umut APAYDIN, Dr. Öğr. Üyesi Sema ORUÇ, Dr. Fzt. Mustafa BURAK, Dr. Fzt. Sinem ERTURAN ve Uzm. Fzt. Rabia ERASLAN'a, varlıklarını hep yanı başımda hissettiğim Dr. Öğr. Üyesi Ayşe YILDIZ ve Dr. Öğr. Üyesi Ramazan YILDIZ'a,

Zor günleri birlikte göğüslediğimiz, biricik kütüphane arkadaşım Dr. Fzt. Zekiye BAŞARAN'a,

Her koşulda yanımda olan, çalışma motivasyonumu arttırmaya çalışan, bana güvenen ve inanan, canım dostum Uzm. Fzt. Gamze Gülsün PALA'ya,

Tez çalışmama katılan tüm miniklerime ve ailelerine,

Başarılarıma en çok sevinen, dualarını ve desteklerini üstüme yağdıran, beni bugünlere getiren biricik, kıymetli ve canım aileme, büyüyen ailemin her bir ferdine, gülümsemesiyle tüm zorlukları unutturan Okyanus'uma,

Varlığı en büyük hediyem, tüm zorlukları kolaylığa çeviren, biricik, kıymetli, sevgili, canım ve şansım eşim Öğr. Gör. Dr. Halil İbrahim EFKERE'ye

Bu tez TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) 2211-Yurt İç Lisansüstü Burs Programı ile desteklenmiştir. Desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Serebral Palsi.....	5
2.2. Serebral Palsi Epidemiyolojisi	5
2.3. Serebral Palsi Etiyolojisi ve Risk Faktörleri	5
2.4. Serebral Palsi Sınıflandırması	6
2.4.1. Spastik tip serebral palsi	6
2.4.2. Diskinetik tip serebral palsi	7
2.4.3. Ataksik tip serebral palsi	7
2.5. Spastik Tip Serebral Palside Sık Görülen Klinik Bulgular	7
2.5.1. Spastisite	7
2.5.2. Kas zayıflığı.....	8
2.5.3. Ko-kontraksiyon	8
2.5.4. Yürüyüş bozuklukları	9
2.5.5. Postüral deformiteler	11
2.5.6. Selektif motor kontrol yetersizliği	13

	Sayfa
2.5.7. Postüral kontrol bozuklukları	14
2.5.8. Kas morfolojisindeki değişiklikler	14
2.5.9. İskelet kasında diğer değişiklikler	16
2.5.10. Eşlik eden problemler	17
2.6. Serebral Palside Değerlendirme	19
2.6.1. İşlevsellik, Yetiştirimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması	19
2.6.2. Motor fonksiyonların değerlendirilmesi	20
2.6.3. Kas tonusunun değerlendirilmesi	21
2.6.4. Kas kuvvetinin değerlendirilmesi	22
2.6.5. Yürüyüşün değerlendirilmesi.....	23
2.6.6. Selektif motor kontrolün değerlendirilmesi.....	24
2.6.7. Günlük yaşam aktivitelerinin değerlendirilmesi.....	24
2.6.8. Yaşam kalitesinin değerlendirilmesi.....	25
2.6.9. İskelet kas morfolojisinin değerlendirilmesi	26
2.7. Spastik Tip Serebral Palside Fizyoterapi ve Rehabilitasyon.....	29
2.8. Serebral Palside Kas Morfolojisine Göre Kuvvetlendirme Eğitimi	32
2.9. Spastisite Yönetimi	32
2.9.1. Oral medikasyonlar.....	32
2.9.2. Fenol ve alkol	33
2.9.3. İntratekal baklofen	33
2.9.4. Botulinum toksin	33
2.9.5. Seri Alçılama	34
2.9.6. Cerrahi girişimler.....	35
2.10. Serebral Palside Botulinum Toksin Enjeksiyonu Sonrası Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Uygulamaları	36
3. BİREYLER VE YÖNTEM.....	38

	Sayfa
3.1. Bireyler.....	38
3.2. Çalışma Planı	39
3.3. Değerlendirme	39
3.3.1. Kas kuvveti değerlendirmesi	40
3.3.2. Eklem hareket açıklığı değerlendirmesi	42
3.3.3. Tonus değerlendirmesi.....	43
3.3.4. Selektif motor kontrol değerlendirmesi	43
3.3.5. Yürüyüş değerlendirmesi.....	44
3.3.6. Yaşam kalitesi değerlendirmesi.....	45
3.3.7. Günlük yaşam aktivitesi değerlendirmesi.....	46
3.3.8. Kas morfolojisi değerlendirmesi.....	46
3.4. Fizyoterapi Programları	48
3.4.1. Geleneksel fizyoterapi grubu	48
3.4.2. Geri yokuş inme grubu	50
3.5. İstatiksel analiz.....	51
4. BULGULAR	54
4.1. Grupların Demografik Özellikleri ve Tıbbi Hikayeleri.....	55
4.2. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Alt Ekstremitte Kas Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması	55
4.3. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Alt Ekstremitte Eklem Hareket Açıklığı Değerlerinin Karşılaştırılması.....	60
4.4. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Plantar Fleksör Spastisite Değerlerinin Karşılaştırılması	64
4.5. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Alt Ekstremitte Selektif Motor Kontrol Değerlerinin Karşılaştırılması.....	65
4.6. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Yürüyüş Değerlerinin Karşılaştırılması	67
4.7. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Gastroknemius Kas Morfolojisi Değerlerinin karşılaştırılması	68

Sayfa

4.8. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Yaşam Kalitesi Puanlarının Karşılaştırılması	71
4.9. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Günlük Yaşam Aktiviteleri Puanlarının Karşılaştırılması	72
5. TARTIŞMA	76
5.1. Demografik ve Klinik Özellikler	76
5.2. Kas kuvveti.....	78
5.3. Eklem Hareket Açıklığı.....	80
5.4. Spastisite	83
5.5. Selektif Motor Kontrol	86
5.6. Yürüyüş	87
5.7. Kas Morfolojisi	90
5.8. Yaşam Kalitesi	94
5.9. Günlük Yaşam Aktiviteleri	95
5.10. Araştırmanın güçlü yönleri ve sınırlılıkları	96
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	98
KAYNAKLAR	100
EKLER.....	124
ÖZGEÇMİŞ	127

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Grupların demografik özellikleri	55
Çizelge 4.2. Grupların etkilenmiş alt ekstremitte kas kuvvetinin tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	57
Çizelge 4.3. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremitte kas kuvveti üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması.....	58
Çizelge 4.4. Grupların az etkilenmiş alt ekstremitte kas kuvvetinin tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	59
Çizelge 4.5. Grupların etkilenmiş alt ekstremitte eklem hareket açıklığının tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	61
Çizelge 4.6. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremitte eklem hareket açıklığı üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması.....	62
Çizelge 4.7. Grupların az etkilenmiş alt ekstremitte eklem hareket açıklığının tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	63
Çizelge 4.8. Grupların etkilenmiş alt ekstremitte plantar fleksör spastisitesi tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	64
Çizelge 4.9. .. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremitte plantar fleksör spastisitesi üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması	65
Çizelge 4.10. Grupların az etkilenmiş alt ekstremitte plantar fleksör spastisitesi tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması.....	65
Çizelge 4.11. Grupların etkilenmiş alt ekstremitte selektif motor kontrol tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	66
Çizelge 4.12. . Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremitte selektif motor kontrolü üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması	66
Çizelge 4.13. Grupların az etkilenmiş alt ekstremitte selektif motor kontrol tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	66
Çizelge 4.14. Grupların etkilenmiş alt ekstremitte tedavi öncesi ve sonrası EGYS değerlerinin karşılaştırılması.....	67
Çizelge 4.15. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremitte EGYS skorları üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması.....	67
Çizelge 4.16. Grupların etkilenmiş taraf EGYS alt skorlarının tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırılması	68

Çizelge 4.17.Grupların az etkilenmiş taraf EGYs alt skorlarının tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırılması	68
Çizelge 4.18.Grupların BoNT-A yapılmış gastroknemius kas morfolojisi tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	70
Çizelge 4.19. Gruplara uygulanan tedavilerin BoNT-A yapılmış gastroknemius kas morfolojisi üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması	70
Çizelge 4.20.Grupların BoNT-A yapılmamış gastroknemius kas morfolojisi tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması	71
Çizelge 4.21. Grupların tedavi öncesi ve sonrası CHQ-PF50 puanlarının karşılaştırılması	73
Çizelge 4.22. Grupların tedavi öncesi ve sonrası WeeFIM puanlarının karşılaştırılması	74

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil

Sayfa

Şekil 4.1. Çalışmaya dahil edilen katılımcıların CONSORT diyagramı 54



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. SP’li çocukta sık görülen deformateler	12
Resim 3.1. Ayak bileği dorsifleksör ve plantar fleksörleri için kas kuvveti ölçümü ..	41
Resim 3.2. Popliteal açı ölçümü	43
Resim 3.3. Subtalar eklem selektif motor kontrol değerlendirmesi.....	44
Resim 3.4. EGYS görüntü kayıtlarından alınan ekran görüntüleri	45
Resim 3.5. Kas morfolojisi değerlendirmesi.....	48
Resim 3.6. Vaskülarizasyon ve sertlik değerlendirmesi	48
Resim 3.7. Oturmada dorsifleksiyon egzersizi	50
Resim 3.8. Plantar fleksörlerin pasif germe	50
Resim 3.9. Parmak ucu yükselme egzersizi	52
Resim 3.10. Duvar kenarında çömelme egzersizi.....	52
Resim 3.11. Rampada aktif germe	53
Resim 3.12. Köprü egzersizi	53
Resim 3.13. Geri yokuş inme egzersizi	51

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu tezde kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

n	Olgu sayısı
°	Derece
N	Newton
kg	Kilogram
cm	Santimetre
η^2	Eta kare
p	İstatiksel yanılma düzeyi
Hz	Hertz
%	Yüzde
kPa	Kilopaskal
MHz	Megahertz
Δ	Değerlendirmeler arası değişim

Kısaltmalar

Açıklamalar

3-DUS	3D Ultrason
ASPS	Avrupa Serebral Palsi Sürveyansı
BoNT	Botulinum Toksin
BoNT-A	Botulinum Toksin-A
CHQ	Child Health Questionnaire
DF	Dorsifleksiyon
EGYS	Edinburgh Gözlemsel Yürüyüş Skalası
YF	Yapılandırılmış Fizyoterapi
GYİ	Geri Yokuş İnme
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health
ICF-CY	ICF-Children and Youth
IQR	Çeyrekler arası aralık

Kısaltmalar**Açıklamalar**

KMFSS	Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi
MAS	Modifiye Ashworth Skalası
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MTS	Modifiye Tardieu Skalası
PF	Plantar fleksiyon
SCALE	Selektif Control Assessment of Lower Extremities
SEMLS	Single Event Multilevel Surgery
SH	Standart Hata
SMI	Superb Microvascular Imaging
SP	Serebral Palsi
SS	Standart Sapma
SUT	Sağlık Uygulama Tebliği
US	Ultrason
WeeFIM	Çocuklar İçin Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği

1. GİRİŞ

Serebral Palsi (SP), yenidoğanın immatür beyninin çeşitli etkilenimleri sebebiyle ortaya çıkan postür, hareket ve tonusun bir dizi bozukluğu ile karakterize şemsiye bir terim olarak tanımlanmaktadır [1-3]. Spastik SP, SP'nin en sık görülen formu olup [2], spastik SP'li çocuklarda tonus artışı, ko-kontraksiyonlar ve dizilim bozuklukları nedeniyle çeşitli kontraktürler ve postüral deformiteler meydana gelebilmektedir [3, 4]. Spastik SP'li çocuklarda triceps surae kaslarının tonus artışına bağlı olarak ayak bileğinin dinamik ve statik kontraktürleri ortaya çıkmaktadır [5]. Spastisitenin bu gibi olumsuz sonuçlarıyla baş etmede günümüzde ortopedi kliniklerinde yaygın bir şekilde uygulanmakta olan ve özellikle plantar fleksörlerin fokal spastisitesini azaltmadaki etkinliği yüksek kanıt düzeyleriyle gösterilen yöntemlerden biri Botulinum Toksin (BoNT) enjeksiyonudur [6]. Onabotulinum toksin-A (BoNT-A) ise botulinum toksinlerin günümüzde bu amaçla en sık kullanılan formudur [7]. BoNT-A enjeksiyonu tek başına spastisiteyi tedavi edebilmesine rağmen fonksiyonel motor sonuçlar için fizyoterapi ve alçılama gibi ek yöntemlerle desteklenmediğinde yetersizdir [8, 9]. BoNT-A enjeksiyonu sonrası uzun süreli germenin sağlanabilmesi adına uygulanan ve bahsi geçen ek yöntemlerden biri olan seri alçılama ise dünya genelinde ve ülkemizde pek çok klinikte uygulanan ucuz, güvenilir ve yan etkileri düşük bir yöntem olup spastisiteyle mücadelede önemli etkileri bulunmaktadır [10].

BoNT-A enjeksiyonu sonrası kuvvetlendirme ve germeyi içeren fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları ile alçılama gibi birçok yöntemin etkinliği literatürdeki çalışmalarla gösterilmiştir [11, 12]. Bir çalışmada seri alçılamanın BoNT-A enjeksiyonu sonrasında uygulandığında BoNT-A sayesinde azalmış spastisiteyi daha uzun süre koruyabildiği gösterilmiştir [13]. BoNT-A enjeksiyonu sonrası kuvvetlendirme ve germeyi içeren fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarının ise yürüyüş, spastisite ve fonksiyonel hedeflerde daha iyi sonuçlara yol açtığı görülmüştür [11, 14, 15]. SP'li çocuklarda yapılan uygulamalarda morfolojik değişimlerin incelenmesi önemlidir çünkü kas morfolojisi fonksiyonun önemli belirleyicilerindendir [16]. BoNT-A enjeksiyonu sonrasında ve seri alçılamanın ardından kas morfolojisinin incelendiği bir ön çalışmada 8 SP'li çocuğun gastroknemius kaslarına BoNT-A enjeksiyonu ve ardından ayak bileklerine 2 haftalık alçılama yapılmıştır. Fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulanmayan bu vakalarda kas morfolojisinde anlamlı değişiklikler görülmemiştir [17]. BoNT-A+seri alçılama+fizyoterapi ve rehabilitasyonun kas mimarisine etkisini inceleyen bir vaka raporunda ise enjeksiyon ve

seri alçılamanın ardından uygulanan 3 aylık bir fizyoterapi ve rehabilitasyon sürecinin ardından yürüyüş, spastisite ve eklem hareket açıklığında iyileşmeler görülürken kas morfolojisinde kayda değer değişim görülmemiştir. Ayrıca bu çalışmada fizyoterapi programı detaylandırılmamıştır [18]. Görüldüğü üzere, literatürde BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama protokolleri sıklıkla raporlanmasına rağmen sonrasında uygulanması gerekliliği bulunan fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarının etkinliğine yönelik iyi planlanmış randomize kontrollü çalışmalarda eksik mevcuttur.

Yürüme bandında yapılan çeşitli yürüme eğitimleri son yıllarda SP’li çocuklarda çalışılmaya başlanmıştır. Düz yürüme, düz yokuş çıkma, düz yokuş inme, geri yürüme ve geri yokuş inme şeklinde uygulanan eğitimlerin SP’li çocuklarda kas kuvveti, yürüyüş ve selektif motor kontrol üzerine çeşitli olumlu etkileri raporlanmaktadır [14, 19, 20]. Geri Yokuş İnme (GYİ) eğitimi bu eğitimler içerisinde son yıllarda daha çok üstünde durulan bir eğitim olarak dikkati çekmektedir. GYİ esnasında özellikle plantar fleksörlerde olmak üzere ayak bileği çevresi kaslarında eksentrik kasılmalar meydana gelir [21]. Eksentrik kasılmalar ise yürüyüşün iyileştirilmesi, kas kuvvetinin artırılması ve kasın uzayabilirliğinin artırılması gibi etkileri nedeniyle tercih edilmekte, çoğu zaman pasif germelerin yerine uygulanmaktadır [19, 22]. Literatür araştırmasında yalnızca bir çalışmada SP’li çocuklarda BoNT-A enjeksiyonu sonrası düz ve geri yürüme eğitiminin yürüyüş, selektif motor kontrol, kas kuvveti ve günlük yaşam aktiviteleri üzerine etkisi incelenmiş, olumlu sonuçlar ortaya çıkmıştır. Yazarlar, BoNT-A enjeksiyonu sonrası yürüme bandında GYİ gibi farklı yürüyüş eğitimlerinin etkilerinin kasın morfolojik özellikleri de incelenerek sunulmasını önermişlerdir [14].

Literatürdeki çalışmaların sonuçlarının göz önünde bulundurulmasıyla planlanan çalışmamızın amacı Onabotulinum toksin-A enjeksiyonu ve ardından seri alçılama uygulaması yapılmış SP’li çocuklarda fonksiyonel kuvvetlendirme ve aktif germe yoğunluklu yapılandırılmış fizyoterapi ve rehabilitasyon (YF) programı ve bu programa ek eksentrik kasılmalar sağlayan ve kasın morfolojik yapısında ciddi olumlu değişikliklerle sonuçlanması beklenen GYİ eğitiminin etkilerinin karşılaştırması yolu ile literatürdeki eksik giderilmesidir. Çalışmamızın hipotezleri şu şekilde sıralanabilir:

Hipotez 1

- H1₀: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin gastroknemius kas morfolojisi üzerine etkisi yoktur.
- H1₁: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin gastroknemius kas morfolojisi üzerine etkisi vardır.

Hipotez 2

- H2₀: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin alt ekstremitte kas kuvveti üzerine etkisi yoktur.
- H2₁: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin alt ekstremitte kas kuvveti üzerine etkisi vardır.

Hipotez 3

- H3₀: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin alt ekstremitte eklem hareket açıklığı üzerine etkisi yoktur.
- H3₁: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin alt ekstremitte eklem hareket açıklığı üzerine etkisi vardır.

Hipotez 4

- H4₀: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin alt ekstremitte selektif motor kontrolü üzerine etkisi yoktur.
- H4₁: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin alt ekstremitte selektif motor kontrolü üzerine etkisi vardır.

Hipotez 5

- H5₀: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin yürüyüş üzerine etkisi yoktur.
- H5₁: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin yürüyüş üzerine etkisi vardır.

Hipotez 6

- H6₀: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin plantar fleksörlerin spastisitesi üzerine etkisi yoktur.
- H6₁: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin plantar fleksörlerin spastisitesi üzerine etkisi vardır.

Hipotez 7

- H7₀: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin yaşam kalitesi üzerine etkisi yoktur.
- H7₁: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin yaşam kalitesi üzerine etkisi vardır.

Hipotez 8

- H8₀: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık üzerine etkisi yoktur.
- H8₁: Yapılandırılmış fizyoterapiye ek olarak uygulanan geri yokuş inme eğitiminin günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık üzerine etkisi vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Serebral Palsi

SP yenidoğanın immatür beyninin gelişimi esnasında çeşitli etkilenimleri nedeniyle, postür, hareket ve tonusun bir dizi bozukluğunu işaret eden şemsiye bir terim olarak tanımlanır [1-3]. SP ilk kez William Little tarafından 1861 yılında ‘‘serebral parezi’’ olarak tanımlanmış, zaman içerisinde farklı yazarların katkılarıyla bugünkü tanımına ulaşmıştır [1, 23-25]. SP’de beyindeki hasar kalıcı olmakla birlikte ilerleyici değildir. Öte yandan beyindeki hasarın yansıması olan postür ve hareketteki bozukluklar yaştan artması ve bedenin büyümesiyle birlikte ilerleyici olabilir [2, 25].

2.2. Serebral Palsi Epidemiyolojisi

SP’nin dünya genelindeki insidansının incelendiği çalışmalarda her 1000 canlı doğumda 1,5 ila 3 aralığında olduğu raporlanmaktadır [26]. Bu değerler çeşitli risk grupları ve popülasyonlar için çeşitlilik gösterir. Türkiye’de 2006 yılında yapılan bir çalışmaya bakıldığında, SP prevalansının her 1000 canlı doğumda 4,4 olarak tespit edildiği görülür [27]. Bu oranın gelişmiş Avrupa ülkelerine kıyasla yüksek olduğu görülmektedir. SP’nin insidans ve prevalansını eğitim düzeyi, gelir düzeyi ve yenidoğan yoğun bakım ünitesi olanakları gibi faktörler etkiler. Düşük doğum ağırlığı ve prematüre doğuma bağlı komplikasyonların yönetilebilmesi ile riskli yenidoğanların hayatta kalış oranlarının arttığı bilinmektedir. Bu ise SP görülme sıklığını arttırabilecek bir durumdur [28]. Ülkemizde zaman içerisinde değişmekte olan bu gibi faktörler 2006 yılında tespit edilen SP prevalansının günümüzde farklılık göstereceğini düşündürmektedir.

2.3. Serebral Palsi Etiyolojisi ve Risk Faktörleri

SP’nin etiyopatogenezi uzun yıllar boyunca araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Geçmişten günümüze 100 yılı aşkın bir süre boyunca SP’nin sorumlusu olarak perinatal asfiksi gösterilmiştir. Zaman içerisinde perinatal ve neonatal risklerin SP oluşturma yüzdesinin sanılandan daha düşük, prenatal risklerin ise bu oranının daha yüksek olduğu anlaşılmıştır [29]. Günümüzde SP etiyojisinde gebelik öncesi, gebelik esnasında, doğum esnasında ve yenidoğan dönemde olmak üzere pek çok risk faktörü tanımlıdır. Annenin sistemik

hastalıkları, ilaç kullanımı, malnütrisiyonu, spontan düşük öyküsü, infertilite tedavisi ve immün sistem bozuklukları gebelik öncesi; vajinal kanama, plasentanın anomalileri, çoğul gebelik, gebelik süresince geçirilen hastalık ve enfeksiyonlar, intrauterin hipoksi ve erken membran rüptürü gebelik esnasındaki; sezeryan doğum, prematüre doğum, postmatür doğum, düşük doğum ağırlığı, forseps kullanımı, asfiksi, uzamış doğum ve mekonyum aspirasyonu doğum esnasındaki; respiratuar distress sendromu, oksijen desteği, enfeksiyon, hiperbilirubinemi, hipoglisemi, intrakranial hemoraj ve nöbetler ise yenidoğan dönemdeki SP riskleridir [29-34]. Tüm risk faktörleri içerisinde SP insidansının önemli bir kısmına prematürite yol açar. Gebeliğin süresi kısaltıldıkça bozuklukların şiddeti artar [35].

2.4. Serebral Palsi Sınıflandırması

SP'nin sınıflandırmasında zaman içerisinde farklılıkların olduğu görülür. Çeşitli araştırmacılar zaman içerisinde farklı sınıflandırmalar önermiştir [26]. Zaman içerisinde önerilen sınıflamalarda dipleji, hemipleji, bilateral hemipleji, ataksi, diskinezi ve mix tip olmak üzere 6 alt grup tanımlarken, bir sınıflamada spastik sendromlar, ekstrapiramidal (diskinetik) sendromlar ve ataksi olmak üzere 3 alt sınıf tanımlanır [26]. Avrupa Serebral Palsi Sürveyansı grubunun (ASPS) kavram karışıklıklarını gidermek ve ortak bir dil oluşturmak amacıyla önerdiği sınıflandırmada ise spastik tip, diskinetik tip ve ataksik tip olmak üzere 3 alt grup tanımlanır [3].

2.4.1. Spastik tip serebral palsi

SP'nin en sık görülen alt tipidir. Piramidal motor bozukluk olarak bilinir [36]. Artmış kas tonusu, hiperrefleksi ve patolojik refleksler ile karakterizedir. Tonusun pasif harekete yakalama cevabı vermesi ile kendini gösterir. Yenidoğan dönemde alınan yakalama cevabı ve klonus, abartılı fizyolojik yenidoğan refleksleri ve azalmış gövde tonusu erken dönemdeki spastik serebral palsi bulgularıdır. Çocuk büyüdükçe ekstremitelerde spastisite, ko-kontraksiyon, eklemlerde kontraktür ve bu bozukluklara bağlı olarak hareket ve postür bozuklukları görülür. Geçmişteki sınıflamalarda monoparetik, diparetik, triparetik ve tetraparetik gibi spastik ekstremitelerde tutulumuna göre adlandırmalar söz konusudur. Fakat ASPS, tutulumun topografisine göre tek taraflı tutulumları unilateral ve çift taraflı tutulumları ise bilateral olarak iki alt gruba ayırmıştır [3, 36] .

2.4.2. Diskinetik tip serebral palsy

SP'nin bu alt tipinde istemsiz, kontrolsüz, tekrarlayıcı ve stereotipik hareketler ön plandadır. Diskinetik SP bazal ganglion hasarı nedeniyle ortaya çıkar [36]. Kas tonusunun artıp azalarak dalgalandığı görülür. Diskinetik tip kendi içinde distonik ve koreoatetotik SP olmak üzere iki alt grupta sınıflandırılır [3].

Distonik SP: Çocukluk çağında distoni, sürekli veya aralıklı kas kasılmalarına bağlı olarak anormal duruşlar, istemsiz bükülme ve tekrarlayan hareketler anlamına gelir [37]. Distonik SP genellikle baskın olarak gözlemlenen bozuk bir postür ve artmış kas tonusu ile karakterizedir. Hipertoni ve hipokinezi ile tanımlanır [3].

Koreoatetoid SP: SP'de koreoatetoz; hiperkinezi ve kas tonusu dalgalanması ile karakterizedir. Koreoatetoz, kore (hızlı, istemsiz, sarsıntılı ve sıklıkla parçalanmış hareketler) ve atetoz (daha yavaş, sürekli değişen, kıvrıla veya bükülme hareketleri) olarak ayrılabilir de, bu ayrım diskinetik SP'li kişilerde klinik olarak anlamlı değildir [3, 37, 38].

2.4.3. Ataksik tip serebral palsy

Bu alt tip oldukça nadir görülür ve serebellumdaki hasar nedeniyle ortaya çıkar. Motor koordinasyon bozukluğu sonucunda ortaya çıkan ataksi ile karakterizedir. Hareketin akıcılığı azalmıştır, titreme görülür. Yanlış kuvvet ve ritimle gerçekleşen anormal hareketler ön plandadır. Azalmış tonus baskındır [3].

2.5. Spastik Tip Serebral Palside Sık Görülen Klinik Bulgular

2.5.1. Spastisite

Spastik tip SP'de kaslarda hipertoni görülür. Hipertoninin nedeni ise spastisitedir [39]. Üst motor nöron lezyonunun sonucu olarak ortaya çıkan spastisite, tonik gerilme reflekslerinde hıza bağımlı artış olarak tanımlanır [40]. Spastisitenin nöral ve non-nöral komponenti kasların pasif harekete karşı artmış gerginliğini oluşturur. Nöral komponent üst motor nöron lezyonunu temsil ederken, non-nöral komponent kas yapının fibröz elemanlarındaki gerginlik artışını temsil eder. Spastisite tüm vücudu etkiler ancak, bilateral tutulumlu çocuklarda alt ekstremitelerde daha şiddetli görülürken, unilateral tutulumlu çocuklarda üst

ekstremitelerde daha şiddetli olarak ortaya çıkar [39, 41]. Spastisite beraberinde pek çok bozukluğu getirir. İstemli hareket zorlaşır ve enerji tüketimi artar. Eklemlerde hareketin uzun süreli kısıtlanması ile kontraktürler meydana gelir. Postür ve yürüyüşte bozukluklar ortaya çıkar [42]. Gövde kaslarının spastisitesi postür problemlerine neden olurken bulbar kaynaklı spastisite beslenme ve iletişim güçlüğüne neden olur [43]. Ağrı ise spastisite ve spastisite kaynaklı bozukluklar sonucunda meydana gelebilecek bir diğer komplikasyondur [39]. Spastisitenin alt ekstremitelerde en sık tuttuğu kaslar triseps surae, hamstringler, rektus femoris, psosas majör ve addüktörlerdir. Üst ekstremitelerde ise omuz dış rotatörleri, ön kol pronatörleri, dirsek bilek ve parmak fleksörleri en sık tutulan kas gruplarıdır [44].

2.5.2. Kas zayıflığı

Kas kuvveti, maksimal istemli güç açığa çıkarma yeteneği olarak tanımlanır ve kas zayıflığı bu yeteneğin etkilendiği durumlarda açığa çıkar [45]. Kas kuvveti fonksiyonun, kas zayıflığı ise anormal postüral hareketlerin en önemli belirleyicilerindendir [46, 47]. SP’de üst motor nöron etkilenimi mevcuttur ve bu etkilenimde kas zayıflığı, selektif motor kontrolün bozulması, spastisite, artmış derin tendon refleksleri ve duyuşal geribildirimlerin değişmesi gibi bulgular ortaya çıkar [48]. Duyuşal girdilerdeki değişmeler ve doğru hareketin deneyimlenememesi de kasın zayıflığına yol açan sebepler olarak karşımıza çıkar. Bebekler doğduklarında sinir sistemi myelinizasyonu tamamlanmamıştır [49]. Normal hareketin gelişimi ile myelinizasyon tamamlanır. SP’li çocuklarda normal hareket deneyimlenemediğinde bu gelişim tamamlanamadığından da motor hareket ve kas kuvveti etkilenir [47]. SP’de kas zayıflığı nöral sebeplerle olduğu gibi non-nöral sebeplerle de oluşabilir. Kas morfolojisi değişiklikleri kas zayıflığının önemli bir sebebi olarak gösterilir. Lif uzunluğu, sarkomer uzunluğu, pennasyon açısı gibi faktörler tipik gelişen çocuklara göre farklılık gösterir ve kasın çekiş açısı ile güç üretme kapasitesini doğrudan etkiler [50].

2.5.3. Ko-kontraksiyon

Ko-kontraksiyon aynı eklemden ve aynı hareket düzleminde antagonist ve agonist kas gruplarının aynı anda aktivasyonu olarak tanımlanır [45, 51]. Spastik SP’de ko-kontraksiyonlara sık rastlanır [51]. SP’li çocuklarda özellikle yürüyüş ve aktif hareketle ortaya çıkan ko-kontraksiyonların pasif hareket esnasında da ortaya çıktığı gösterilmiştir [51,

52]. Ko-kontraksiyonlar hareket esnasında net moment üretimini kısıtlayarak ve hareketin kalitesini azaltarak enerji tüketiminin artmasına neden olurlar [52].

2.5.4. Yürüyüş bozuklukları

Spastik tip SP'de artmış tonus, artmış tonusa bağlı dizilim bozuklukları, kontraktürler ve deformiteler yürüyüşü etkiler. Çocuk bu bozukluklar nedeniyle hiçbir zaman yürüyemeyebileceği gibi, yürüdüğünde de çeşitli bozuklukların görülme riski yüksektir [2, 53]. Gastroknemius kasında artmış tonus ve ekin deformitesi bu tipte yürüyüş bozukluklarının en sık görülen sebebidir. Addüktör kaslardaki tonus artışı, hamstringler ve kuadriseps kaslarındaki ko-kontraksiyonlar, pelvik ve gövde kaslarının yetersiz kontrolü yürüyüş bozukluklarına neden olan diğer sık görülen semptomlardır [4, 54, 55]. SP'li çocuklarda yürüyüşün sınıflandırılmasına ihtiyaç duyulur. Klinisyen ve akademisyenlerin ortak bir dili konuşabilmesi ve yürüyüş ile ilgili klinik karar verme süreçlerini desteklemesi amacıyla ortaya çıkan pek çok sınıflandırma girişi bulunur. Bunlar içerisinde Rodda JM ve Graham'ın 2001 yılında önerdiği sınıflandırma günümüzde yaygın olarak kabul gören sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmada bilateral ve unilateral etkilenimli çocuklarda sık görülen yürüyüşler şu şekilde tanımlanır [56].

Unilateral tutulumlu çocuklarda görülen yürüyüş tipleri:

- *Tip 1 (düşük ayak):* Bu yürüyüş tipinde ayak bileği dorsifleksörlerinin plantar fleksörlere kıyasla zayıflığı ve seçici kontrol kaybı nedeniyle etkilenmiş tarafta salınım fazında düşük ayak görülür. Plantar fleksörlerin tonus artışına bağlı bir kısalık ve kontraktür görülmez. Basma fazında nispeten normal sınırlarda dorsifleksiyon hareketi açığa çıkar.
- *Tip 2 (gerçek ekin):* Hemiparetik çocuklarda en sık görülen yürüyüş tipidir. Ayak yürüyüşün hem salınım hem de basma fazlarında plantar fleksiyondadır. Triseps surae kasında tonus artışı belirgindir. Buna bağlı olarak ayak bileğinde dinamik ya da statik kontraktür mevcuttur. Tip 2A ve Tip 2B olmak üzere ikiye ayrılır. Tip 2A yürüyüş yukarıda anlatılan ayak bileğindeki ekin pozisyona ek olarak dizdeki nötral pozisyonu ifade ederken, Tip 2B yürüyüş basma fazında ayak bileğindeki ekin pozisyonunun dizin hiperekstansiyon pozisyonu ile birlikteliği ifade eder. Tip 2 yürüyüş görülen spastik hemiparetik çocuklarda Tip 2A ya da Tip 2B yürüyüş tipleri birlikte görülebilir. Bir

çocuk uzun bir yürüyüşün başlangıcında Tip 2A yürüyüş sergilerken, devamında Tip 2B yürüyüş gösterebilir.

- *Tip 3:* Bu yürüyüş tipinde Tip 2 yürüyüş tipinden farklı olarak salınım fazında kuadriseps ve hamstring kaslarının kokontraksiyonu sonucunda açığa çıkan diz fleksiyon kısıtlılığı görülür. Bu durum ise ‘tutuk diz yürüyüşü’ olarak adlandırılır. Yürüyüş döngüsü içerisinde ayağını ileri atmakta zorlanan çocuk karşı taraf ekstremitelerini yükselterek ya da etkilenmiş taraf ekstremitelerini oraklayarak kompensasyon sağlar.
- *Tip 4:* Tutulumun önceki yürüyüş tiplerine göre daha proksimal olduğu tiptir. Kalça fleksörleri, addüktörleri ve internal rotatörleri tutulumuna bağlı olarak basma fazında tek taraflı kalça fleksiyon, iç rotasyon, addüksiyon ve anterior pelvik tilt görülür. Bu grupta kalça subluksasyonları riski gündeme gelir. Bu nedenle dikkatli takip ve kontrol gerektirir [57, 58].

Bilateral tutulumlu çocuklarda görülen yürüyüş tipleri:

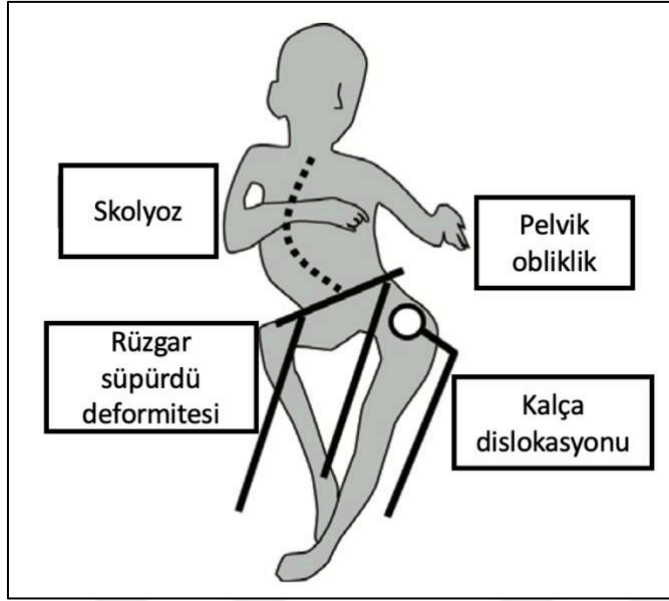
1. *Tam ekin:* Yürümeye yeni başlamış diparetik tutulumlu bir çocuğun yürüyüşünün sıklıkla büründüğü tiptir. Ayak bilekleri triseps surae kaslarının spastisitesi nedeniyle plantar fleksiyonda, diz ve kalçalar ise ekstansiyondadır. Çocuğun dizini hiperekstansiyona giderse, ayak yerle tam temas edeceğinden tam ekin görüntüsü gizlenebilir ancak yine de mevcuttur [59].
2. *Sıçrayıcı yürüyüşü:* Etkilenimi daha proksimal olan çocuklarda görülür. Triseps surae kaslarındaki tonus artışına ek olarak kalça addüktörleri, hamstringler ve kalça fleksörlerinin de spastisitesi mevcuttur. Ayak bileği ekinde, kalça ve diz fleksiyon postüründedir. Artmış lomber lordoz eşlik eder. Miller ve diğerleri, 1995 yılında yaptıkları sınıflamada sıçrayıcı yürüyüşte ayak bileğini nötral pozisyonda tarif etse de [59], Rodda JM ve diğerleri, 2001’de yaptıkları sınıflandırmada ayak bileğini ekinde tarif etmişlerdir [56].
3. *Belirgin ekin:* Bu yürüyüş tipinde ayak bileği dorsifleksiyon açısı normal sınırlarda olmasına rağmen parmak ucunda yürüyüş görüntüsü vardır. Kalça ve dizde aşırı artmış fleksiyon bu görünümün nedenidir. Gözlemsel yürüyüş analizi tam ekin olarak kaydedilmesine neden olabilir ancak sagittal planda yapılacak bir kinematik analiz, basma fazında kalça ve diz fleksiyonun aşırı artmış ve ayak bileğinin ise normal sınırlarda olduğunu gösterecektir. Bu nedenle bu yürüyüş tipinin adı *belirgin ekin* olarak belirlenmiştir [56].

4. *Bükük diz yürüyüşü*: Basma fazı süresince kalça ve dizlerin aşırı fleksiyonda, ayak bileğinin ise aşırı dorsifleksiyonda olduğu görülen yürüyüş tipidir. Temel sorunun kalça fleksörlerinin spastisitesi olduğu belirtilir. Uygunsuz triseps surae uzatması sonucunda görülebileceği gibi yine aynı kas grubuna yapılan çok sık tekrarlı BoNT enjeksiyonları sonrasında da görülebilir [60].

Sagittal plandaki kinematik analizlere göre gruplanmış bu yürüyüş tiplerine ek olarak koronal ve transvers plandaki sapmalara yönelik isimlendirilmiş yürüyüş tipleri de mevcuttur. Pelvik elevasyon ve kalça sirkümdiksiyonunun belirgin olduğu oraklama yürüyüşü ile addüktör spastisitenin baskın olduğu makaslama yürüyüşü bu yürüyüş tiplerine örnek olarak gösterilebilir [54, 56]. Bahsi geçen yürüyüş tipleri bilateral ve unilateral etkilenimli spastik SP'li çocuklarda en sık görülen yürüyüş tipleri olup, müdahaleler bu yürüyüş tiplerine göre de planlanabilmektedir. Örneğin, görünen ekini olan bir çocuğa uygulanacak triseps surae kasına yönelik uygunsuz bir uzatma/gevşetme cerrahisi bükük diz yürüyüşüyle sonuçlanabilir. Bu nedenle SP'li çocuklarda görülen yürüyüş tiplerinin iyi anlaşılması rehabilitatif ve cerrahi yaklaşımlar açısından önemlidir [61].

2.5.5. Postüral deformiteler

SP'li çocuklar doğdukları anda herhangi bir postüral deformite sahibi olmazlar. Büyüme ve gelişmeyle birlikte postüral deformitelerin açığa çıktığı görülür [62]. Postüral deformiteler yaşın ve vücut ağırlığının artmasıyla birlikte artma eğilimindedir [5]. SP'li kişilerde görülen, literatürde pozisyonel deformiteler olarak da adlandırılan [63] postüral deformitelerin birincil nedeni kas tonusu değişiklikleri ve kas aktiviteleri arasındaki dengesizlikle birlikte [64] uzun süreli asimetrik pozisyonun sürdürülmesidir [5, 65]. Örnek olarak, kalça fleksörleri ve addüktörlerinin, kalça ekstansörleri ve abdüktörlerine göre artmış aktivitesi ve spastisitesi *kalça dislokasyonları* için öncüdür [66]. Ayrıca, yaşamın en erken dönemi olan ilk 12 ay içerisinde bebeğin gösterdiği asimetrik postürlerin de ilerleyen dönemde başına gelebilecek postüral deformitelerle ilişkili olduğu gösterilmiştir [67]. Postüral deformiteler yaşam kalitesini olumsuz etkilediği gibi mortaliteyle sonuçlanan deformiteler de söz konusudur [68, 69]. *Skolyoz, pelvik obliklik, rüzgâr süpürdü (windswept) deformitesi* ve *kalça dislokasyonları* spastik tip SP'de sıklıkla ve birlikte görülen deformitelerdir [70]. Spastik tip SP'li ve tüm bu deformiteleri birlikte gösteren çocuğun tipik bir temsili Şekil 2.1.'de gösterilmiştir (Şekil 2.1.) [5].



Resim 2.1. SP'li çocukta sık görülen deformiteler (Sato, 2020)

Spastik SP'li çocuklarda ayak bileği plantar fleksiyon spastisitesi ile görülen ekin pozisyonu ve diz fleksiyon kontraktürleri çok sık rastlanan ve özellikle yürüyüşü etkileyen deformitelerdir [71], ancak omurga ve kalçanın deformitelerine göre daha kolay yönetilebilirler [5]. Özellikle omurga deformitelerinden olan skolyoz, mortalite ile en yakından ilişkilendirilen deformitedir [69, 72]. Omurganın eğrilikleri göğüs kafesinde şekil değişiklikleri ve çekiş açısındaki dezavantajlara bağlı olarak respiratuar kas zayıflıklarına yol açar. Bu da aspirasyonlar ve havayolu açıklığının azalmasına neden olarak sık ve uzayan solunum yolu enfeksiyonları ve hatta bronşektazi ile sonuçlanır [72-74]. SP'li çocuklarda görülebilen bu tablo mortalite ile en yakın ilişkide olan tablo olarak karşımıza çıkar [69]. Görüldüğü üzere, omurga deformitelerinin indirekt etkileri ölümle sonuçlanabileceğinden, bu deformiteler yerleşmeden erken dönemde önlem alınmalıdır [5].

Sık karşılaşılan postüral deformitelerden biri olan *kalça dislokasyonu*, spastik tip SP'li çocukta en erken dönemde görülen deformitedir. Kalça çevresindeki kasların spastisitesi ve imbalansı nedeniyle ortaya çıkar. SP'li çocukların %15-20'sinde görülür [66, 75]. *Kalça dislokasyonu*, SP'li çocukların büyük bir kısmında erken çocukluk döneminde, genellikle 2-3 yaş civarında, ortaya çıkar [66]. Ağrı, şiddetli kontraktürler, *rüzgâr süpürdü deformitesi* ve *skolyoz* riskini beraberinde getirir ve *pelvik oblikliğin* de ortaya çıkmasıyla birlikte oturma, ayakta durma ve yürüme problemlerine neden olur [76]. *Kalça dislokasyonu* önlenebilir bir postüral deformitedir. Erken dönemde radyografik takip önerilir [66].

Bir diğerk sık karşılaşılan postüral deformite olan *skolyoz*, şiddetli etkilenimi olan SP’li çocuklarda 5-6 yaş civarında görülürken, hafif etkilenimli bir çocukta 8 yaş civarında ortaya çıkar [77, 78]. Skolyozun erken başlangıcı, kalça dislokasyonu ve Cobb açısının 10 yaşından önce 30 derecenin üzerinde olması SP’de skolyozun ilerleyişi için risk faktörleri olarak tanımlanmıştır. Spastik tip SP’li ve quadriparetik etkilenimi olan bir çocuk skolyoz açısından büyük bir risk altındadır [78]. Unilateral kalça dislokasyonu görülen çocuklarda *pelvik obliklik* görülür ve buna bağlı olarak skolyoz açığa çıkabilir [79]. Kalça dislokasyonu ve skolyoz arasındaki ilişki hala net olarak ortaya konmamış olsa da [78, 79], skolyozun yönü ile kalça deformiteleri arasında anlamlı ilişki olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur [78, 80].

Spastik tip SP’li çocuklarda diğerk deformitelerden daha sonra ortaya çıkan kalçanın *rüzgâr süpürdü deformitesi* ortalama 10 yaş civarında ortaya çıkar. Bir kalça abdüksiyon ve eksternal rotasyonda, diğerk kalça ise addüksiyon ve internal rotasyondadır. Kalça dislokasyonu, skolyoz ve pelvik obliklik ile yakın ilişki içerisinde. Oturma, yürüme gibi günlük aktiviteler imkânsız hale gelebilir. Bu deformite yerleştikten sonra tedavisi zordur. Bu nedenle erken dönemde kalçayı korumak için (pozisyonlama, fizyoterapi, cerrahi) gerekli tedbirler alınmalıdır. Bebeklik döneminde kalça dislokasyonu görülmesi halinde, *rüzgâr süpürdü deformitesinin* önlenmesi adına agresif tedavi önerilir [81, 82].

2.5.6. Selektif motor kontrol yetersizliği

Selektif motor kontrol bir eklemden istenen ve beklenen hareketin izole bir şekilde açığa çıkarılabilmesi olarak tanımlanır [83]. SP’de selektif motor kontrol yetersizliği, kas zayıflığı, spastisite ve kas-tendon uzunluğunun kısalması birlikte görülen bozukluklardır. Hareketin istendiğı eklemin komşu eklemlerinden ve ayna hareket ile diğerk ekstremiteden açığa çıkması ya da ekstansör-fleksör paternle tüm ekstremitede eş zamanlı olarak meydana gelmesi selektif motor kontrol yetersizliğini gösteren bulgulardır. İnme, travmatik beyin hasarı, SP gibi üst motor nöron lezyonlarında gözlenen selektif motor kontrol yetersizliği istemli hareketin ve yürüyüş gibi kompleks hareketlerin motor öğrenilmesinin zorlaşması gibi sonuçlara yol açar [84, 85]. selektif motor kontrol kaybı da yine SP’li çocuklarda görülebilecek bir bulgudur. Özellikle spastisite şiddeti arttığında bazı hareketlerin ortaya çıkması imkansızlaşır. Örneğın, plantar fleksör spastisitesi nedeniyle aşırı uzamış dorsifleksörlerin fonksiyonunu yerine getirememesi selektif motor kontrol kaybına bir

örnektir. Bu yürüyüş ile ilgili ciddi sıkıntılarla sonuçlanacaktır [84, 85]. selektif motor kontrol son yıllarda üzerinde sıklıkla durulan bir konu olup, SP'li çocuğun fonksiyonelliğinin gelişebilmesi için selektif motor kontrolün arttırılması rehabilitasyon süreçleri adına önem taşır [86-88].

2.5.7. Postüral kontrol bozuklukları

Postüral kontrol stabilite elde etmek için uzayda vücut pozisyonunu koruyabilme yeteneği olarak tanımlanır [89, 90]. Stabilite ise basitçe, ağırlık merkezinin statik ve dinamik aktiviteler esnasında destek yüzeyi içerisinde tutulmasıdır [90, 91]. SP'li çocuklarda hem statik hem de dinamik postüral kontrol etkilenmiştir. Çocuğun fonksiyonel düzeyine bakılmaksızın postüral kontrolün tipik gelişen yaşlıtlarına göre kötü olduğu çalışmalarla gösterilmiştir [92, 93]. Postüral kontrolün sağlanabilmesi için görsel bilgiye, iç kulaktaki denge organlarından gelen bilgiye ve de kas-iskelet sisteminden gelen bilgilere ihtiyaç vardır. Bu bilgilerin bir araya getirilerek denge cevabının çıkarılması karmaşık bir dizi olay sonucunda gerçekleşir [94]. SP'li çocuklarda görülen tonus değişiklikleri, deformiteler, duyu işleme becerilerinin kaybı vb. pek çok bozukluk, postüral kontrolün kötü etkilenmesiyle sonuçlanır [92, 93, 95].

Postüral kontrol, kaba motor hareketlerin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi için büyük bir öneme sahiptir. Bebeklik döneminden itibaren, ağırlık merkezinin yer değiştirmesine cevap olarak ortaya çıkan postüral düzeltmeler, postüral kontrolün gelişimi için temel öneme sahiptir. SP'li çocuk doğduğu andan itibaren bu düzeltmeleri hiç sergileyemez ya da tipik gelişen yaşlıtlarıyla karşılaştırıldığında daha geç sergiler [96]. Bu nedenle SP'li çocuklarda erken dönemden itibaren postüral stratejilerin dahil edildiği rehabilitasyon programları ilerleyen yaştaki denge cevapları için yararlı olacaktır.

2.5.8. Kas morfolojisindeki değişiklikler

Spastik çocuklarda görülen spastisite, kas sertliği, kas zayıflığı ve kontraktürler başta olmak üzere nöral ve non-nöral bazı mekanizmalar çocuğun erken yaşlarından itibaren kaslardaki morfolojik yapısında değişikliklere yol açabilir [97, 98]. Morfolojik değişikliklerin altında yatan mekanizmalar henüz net olarak anlaşılamamış olmakla birlikte güncel müdahaleler

kasın morfolojik özellikleri göz önünde bulundurularak planlanmaktadır. Çünkü kas mimarisi kas fonksiyonu için temel belirleyicilerden biridir [50].

SP'li çocuklarda fonksiyonla yakından ilişkilendirilen faktörlerden biri kas kuvvetidir [99, 100]. Bir kasın kuvvetinin belirleyicileri içerisinde ise kasın enine kesit alanı, hacmi, pennasyon açısı, kas kalınlığı ve kasın lif tipi kompozisyonu gibi morfolojik ve mimari özellikleri bulunur [101]. *Enine kesit alanı* kasın maksimum güç üretme kapasitesiyle doğrudan ilişkili bir göstergedir. Kas liflerinin çapının, sayısının yani kasın hacminin artması ile artar. Daha büyük enine kesit alanına sahip bir kas daha çok kuvvet üretir [50, 102] *Enine kesit alanının* SP'li çocuklarda tipik gelişen çocuklara göre azalmış olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir [97, 103, 104].

Kas kalınlığı iki fasya arasındaki mesafe olarak tanımlanır [102]. Enine kesit alanı ile kas kalınlığı birbirleriyle oldukça yakından ilişkilidir [105]. SP'li çocuklarda gastroknemius ve rektus femoris kaslarının kalınlıkları tipik gelişen çocuklar ile karşılaştırılmış, SP'li çocukların kas kalınlıklarının daha az olduğu raporlanmıştır. Aynı zamanda gastroknemius ve rektus femoris kasları daha kalın olan çocukların fonksiyonel düzeylerinin de daha iyi olduğu görülmüştür [106].

Fasikül uzunluğu kası oluşturan ve fasyalardan tendona kadar uzanan fasiküllerin iki aponöroz arasında kalan uzunluğu olarak tanımlanır [107] ve SP'de fasikül uzunluğuna dair çalışmaların sonuçları tartışmalıdır. Fasikül uzunluğunun tipik gelişen çocuklara göre kısaldığını gösteren çalışmalar [108-110] bulunduğu gibi, benzer olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır [100, 103]. Azalmış kas hacmiyle birlikte, azalmış ya da benzer fasikül uzunluğu bir araya geldiğinde fizyolojik enine kesit alanı azalır ve bu da kasın maksimum güç üretme kapasitesini azaltır [16].

Pennasyon açısı kasın longitudinal eksenine ile kas lifleri arasındaki açıdır. Bazı iskelet kaslarının lifleri birbirlerine ve kasın longitudinal eksenine oldukça paralel bir seyir gösterirken (fusiform kaslar), bazılarının lifleri oblik yerleşim gösterirler ve pennat kaslar olarak adlandırılır. Gastroknemius ve soleus kasları pennat kaslara, vastus lateralis ve medialis ise fusiform kaslara örnek olarak gösterilebilir [50, 102, 111, 112]. Her bir kas lifinin farklı uzunluğu ve yerleşimi olması ve mevcut radyolojik görüntüleme yöntemlerinin (Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) – ultrasonografi US)) her bir kas lifini ölçebilecek

çözünürlükte görüntü vermemesi nedeniyle pennasyon açısı tüm kas için ortalama bir değer alınarak hesaplanır [50, 112, 113]. Pennasyon açısı kasın kuvvet üretimi ile ilişkili bir parametredir. Pennasyon açısı arttığında kasın maksimum kuvvet üretimi azalır [114]. SP'li çocuklarda plantar fleksör kasların pennasyon açılarını inceleyen çalışmaların sonuçları da farklılık göstermektedir. Bazı çalışmalar SP'li çocuklarda plantar fleksörlerde pennasyon açısının tipik gelişen yaşlıtlarına göre benzer ya da az da olsa daha düşük olduğunu gösterirken [97], bazı çalışmalar açıda artış saptamıştır [115]. Pennasyon açısı kasın kalınlığı ve liflerin uzunluğu ile değişkenlik gösterebileceğinden sonuçların tartışmalı olması normaldir. Örneğin, kas kalınlığının değişmediği ancak liflerin kısaldığı bir durumda pennasyon açısı artar [115]. Bu da maksimum kuvvet üretiminde azalma ile sonuçlanır [114, 116]

2.5.9. İskelet kasında diğer değişiklikler

SP'li çocukların iskelet kaslarında nöral ve morfolojik değişikliklerin yanı sıra yapısal ve dolaşımla ilgili problemlerinin olduğu da raporlanmaktadır. Spastik kasta tonusun artışı, kontraktür ve kısalıklar nedeniyle kasın normal eklem hareketi sınırında hareket edememesi *vaskülarizasyonu* ve *sertliği* ile ilgili problemlere yol açabilir. Spastik kasta yağ oranında artış, ekstraselüler matrisin yoğunluğunda artış ve sarkomerlerin kısalması gibi sebeplerle kasın sertliğinde artış olabilir [117, 118]. SP'li ve tipik gelişen benzer yaştaki çocukların kas sertliğini karşılaştıran çalışmalar spastik kasların özellikle pasif germe esnasındaki sertliğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir [117, 119].

Kas vaskülarizasyonu kastaki damarsal yapılanmayı ve dolayısıyla kanlanmayı ifade eden bir terimdir. Kanlanma bir yapının canlılığı ve gelişebilirliğini gösteren bir bulgudur. Vaskülarizasyon ve kanlanma mitokondrilerin düzgün çalışmasına, uygun kapiller ağa ve oksijen talebine bağlı olarak değişir [120]. Kas kontraktürlerinde kapiller yoğunluğun azaldığı gösterilmiştir [121]. Aynı zamanda spinal kord yaralanmalı bireylerde spastisite arttıkça kaslara kan akımının azaldığı görülmüştür. Kasın hareketinin azalması ile oksijen ihtiyacının da azalması bu adaptasyonun sebebi olarak gösterilmiştir [122].

İskelet kasları Tip 1 ve Tip 2 lifler olmak üzere 2 çeşit lifin çeşitli oranlarda birleşmesi ile oluşurlar. Tip 2 lifler ise kendi içerisinde ikiye ayrılır. Tip 1 lifler yavaş oksidatif liflerdir. Yavaş kasılırlar ve aerobik karakterdedirler. Tip 2A lifler hızlı oksidatif liflerdir. Primer

olarak aerobik karakterdedirler ancak anaerobik karaktere de dönüşebilirler. Bu nedenle yavaş oksidatif liflerden daha hızlı yorulurlar. Tip 2B lifler ise anaerobik karakterdedirler ve hızlı glikolitik lifler olarak bilinirler. Diğer lif tiplerine göre daha hızlı yorulurlar. Hareket kasları Tip 2 liflerden zengin, postür kasları geç yorulan Tip 1 liflerden zengindir. Tip 1 lifler ise myoglobinden zengin, yüksek kapiller desteğe ve aerobik solunum enzimlerine sahiptir [123]. SP'li ratlarda yapılan bir çalışmada Tip 1 liflerin azaldığı ve bu nedenle de kapillaritenin azaldığı ifade edilmiştir [124] ancak çeşitli çalışmalar spastik kasta lif tiplerinin hacim ve sayıca farklılık gösterdiğini vurgulamaktadır [125-127].

2.5.10. Eşlik eden problemler

SP'li çocuklar yalnızca motor problemlere sahip değildirler. Motor problemlere ek olarak genellikle duyu, algı, kognisyon, epilepsi, ikincil kas iskelet sistemi bozuklukları, iletişim ve davranış problemleri ortaya çıkar [2]

Nörolojik problemler

Epilepsi, SP'li çocuklarda sık görülen nörolojik bozukluklardan biridir [128]. Beyindeki nöronların ani, aşırı ve kontrol edilemeyen deşarjları olarak tanımlamak mümkündür. Nöbetlere bilateral etkilenimli çocuklarda unilateral etkilenimli çocuklara göre daha sık rastlanır ve bu çocuklarda aynı zamanda nöbetler daha erken yaşta açığa çıkar [129].

Görme bozuklukları, SP'li çocuklarda değişen sıklıklarda raporlanmıştır [130]. SP'li çocuklar nörolojik olarak herhangi bir defisiti bulunmayan çocuklara göre daha yüksek oranda görsel duysal ve görsel motor yollarda anomalilere sahiptir [131]. Görme bozuklukları aynı zamanda motor fonksiyon düzeyi ile ilişkilidir. Daha kötü motor seviyeye sahip SP'li çocukların daha iyi motor seviyedekilere göre görme keskinliği düşük olarak saptanmıştır [130, 132, 133].

İşitme bozuklukları, %30 ila 40 görülme oranı ile SP'li çocuklarda oldukça sık görülen bir problem olarak karşımıza çıkar [130, 134]. İşitme kaybına özellikle kernikterusu, konjenital enfeksiyonları, düşük doğum ağırlığı ve hipoksik iskemik ensafalopatisi olan SP'li çocuklarda daha sık rastlanır [135, 136].

Bilişsel bozukluklar temelde SP ile ilişkisi bakımından genelleme yapılabilen bir durum değildir ancak SP'li %30 ila 50 SP'li çocukta mental retardasyona rastlanır. Bilateral etkilenimli çocuklar her ne kadar normale yakın bir bilişsel düzeye sahip olabilseler de bilişsel bozukluklar daha sık bu grupta görülür. Spastik diplejik çocuklarda motor defisit düzeyiyle bilişsel bozuklukların derecesi arasında ilişki bulunmuştur. Nöbetlerin varlığı bilişsel bozukluklar için artı bir risk faktörü olabilir [130, 137, 138]. Konuşmaya katılan kasların inkoordinasyonu nedeniyle meydana gelen gecikmiş ya da yetersiz dil becerileri, bilişsel fonksiyon bozuklukları ile yanlış bir şekilde ilişkilendirilmemelidir [139].

Uyku problemleri

Spastik SP'li çocuklarda uyku kas spazmları, uyku esnasında pozisyon değiştirmekte zorluk, ağrı, yorgunluk, antiepileptik ilaçlar ve gastroözofageal reflü gibi pek çok etken nedeniyle etkilenebilir. SP'li çocukların yarısında anormal uyku elektroensafologram paternleri bildirilmiştir. Bazı çocuklarda uykuyu başlatmakta sorun yaşanırken, bazılarında sürdürmekte sorun yaşanmakta ve sık uyanmalar meydana gelmektedir. Antiepileptik ilaçların ise uykuyu arttırıcı yönde etki yaptığı bilinmektedir [130, 140]. SP'li çocuklarda uyku problemlerinin oluşma olasılığının yüksekliği göz önünde bulundurulduğunda, gözden kaçırılmaması ve değerlendirilmesi gereken bir parametredir.

Ağrı

Ağrı yaşam kalitesini doğrudan etkileyen, rahatsız edici bir deneyimdir [141]. SP'li çocuk ve yetişkinlerde ağrı devam eden bir sağlık problemi olarak raporlanır ve SP'li bireylerin yarısından fazlası bu problemi yaşar [142]. Tüm SP tiplerinde en sık raporlanan ağrı bel ağrısıdır [137]. Daha şiddetli etkilenimi olan çocukların daha sık ağrı yaşadığı bilinir. Özellikle kadın cinsiyet ve immobilizasyon SP'de ağrının belirleyicilerindendir [143]. Kas spazmları, kontraktürler, kalça ve omurga deformiteleri, gastrointestinal problemler SP'de ağrıya yol açan faktörlerden bazılarıdır [130, 141].

Gastrointestinal problemler

SP'li çocuklarda gastrointestinal sistem problemleri sık görülen ve hem çocuğun hem de bakım veren yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen bir sorundur [130]. Özofagal

dismotilite, gastroözofageal reflü, gecikmiş gastrik boşalma ve kabızlık SP'li çocuklarda motilite problemlerinin başlıcalarıdır [144]. Yalnızca motilite kaynaklı problemler değil, beslenmeyle ilgili problemler de SP'li çocukların günlük yaşamını olumsuz etkileyen gastrointestinal problemler arasındadır [145]. Özellikle beslenme konusunda problem yaşayan SP'li çocukların kaba motor fonksiyon etkileniminin de daha iyi beslenen yaşlılarına göre daha şiddetli olduğu görülmüştür [146].

Solunum problemleri

Çeşitli yapısal ve nörolojik disfonksiyonlar nedeniyle SP'de solunum problemlerine çok sık rastlanır. SP'li çocuklarda morbidite ve mortalitenin en yaygın sebebi solunumla ilişkili problemlerdir [147]. Solunum problemleriyle ilişkili erken mortalite, şiddetli motor etkilenim, ciddi entelektüel bozukluk, epileps, spastisite ve term doğumlarda daha yaygındır [148]. Tekrarlayan pnömoni, atelektazi, bronşektazi ve restriktif akciğer hastalığı SP'de kronik pulmoner komplikasyonların başlıcalarıdır [149]. SP'li çocuklarda hava yolu hiposensitivitesi ve etkisiz öksürük, sekresyonların atılamaması ve sık tekrarlayan enfeksiyonlara sebep olarak çeşitli pulmoner komplikasyonlara yer hazırlar [130].

2.6. Serebral Palside Değerlendirme

SP'de değerlendirme gözlem ile başlayan ve vücut yapı ve fonksiyonlarının, ardından aktivite, katılım ve yaşam kalitesi gibi parametrelerin değerlendirilmesiyle devam eden önemli bir süreçtir. Gözlem çocukla karşılaşılan ilk andan itibaren başlar ve çocuğun mobilite düzeyi, pozisyonel deformite varlığı, kontraktürleri ve bakım vereniyile olan ilişkisi hakkında ilk ipuçlarını verir. Ardından bakım verenden ve mümkünse çocuktan medikal ve rehabilitasyon hikayesi dinlenir. Hikâye kaydedildikten sonra çocuğun yaşına ve ihtiyaçlarına yönelik kapsamlı bir değerlendirme başlatılır.

2.6.1. İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması

İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması (International Classification of Functioning, Disability and Health – ICF), sağlık ve sağlıkla ilgili durumların tanımlanması için ortak ve standart bir dil oluşturmak amacıyla 2001 yılında Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından sunulan bir sınıflandırma sistemidir [150]. ICF, bir sağlık

durumunu 2 alt çerçevede tanımlar. 1. çerçevede işlev ve yetiyetimini, 2. çerçevede ise bağlamsal etmenleri tanımlar. İlk çerçevede vücut yapıları-fonksiyonu ile aktivite-katılım başlıkları, ikinci çerçevede çevresel ve kişisel etmenler ele alınır. SP, şemsiye bir terim olması nedeniyle ICF ile tanımlanması çocuğun her alandaki sorunlarının incelenmesine olanak tanır. Örnek olarak triseps surae kaslarında spastisite nedeniyle parmak ucunda yürüyen bir çocuğun yalnızca bahsi geçen yapısal bozuklukları değil, okulda arkadaşlarıyla olan oyun aktivitelerine katılımı ve hatta katılımına engel olabilecek çevresel faktörlerin de bu çerçevede değerlendirilmesi bu kapsamda mümkündür.

Çocuk ve gençler için geliştirilmiş ICF-CY (ICF-Children and Youth), çocuklar için arttırılmış ve geliştirilmiş alt başlıklara sahiptir [151]. Ayrıca SP için geliştirilen kısa ve kapsamlı çekirdek setler ile doğrudan SP’de görülecek bozukluklar ve katılım sınırlamaları için değerlendirme yapmak mümkündür [152, 153].

2.6.2. Motor fonksiyonların değerlendirilmesi

Günümüzde SP’li bireylerde motor fonksiyonların değerlendirilmesi için oldukça yaygın bir şekilde kullanılan Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi (KMFSS) önemli bir araçtır. SP’li çocuklarda motor fonksiyonları sınıflandırmak ve ortak bir dil oluşturmak amacıyla geliştirilmiştir. Beş aşamada sınıflandırma yapan sistemde 1 en düşük motor etkilenimi, 5 en şiddetli motor etkilenimi temsil eder [154, 155]. 0-2, 2-4, 4-6, 6-12 ve 12-18 yaş aralıkları için farklı tanımlamalar mevcuttur çünkü her yaş grubunda beklenen motor yetenek ve bozukluklar farklılık gösterir [154]. KMFSS hızlı uygulanabilen ve kolay bir ölçek olup, Türkçe geçerlik çalışması da mevcuttur [156].

KMFSS 1. seviye kısıtlama olmadan yürüeyebilen ve merdiven inip çıkabilen, koşma-zıplama aktivitelerini yapabilen ancak hız ve koordinasyon gerektiren aktivitelerde kısıtlılık yaşayan çocukları karşılar.

KMFSS 2. seviye yardımcı araç olmadan yürüyen, merdivenleri tırabzana tutunarak çıkan ancak toplum içinde yürürken kısıtlılıkları olan ve koşma-zıplama gibi aktivitelerde zorluk yaşayan çocukları karşılar.

KMFSS 3. seviye elden destekli yardımcı araçla yürüyen ya da kendisinin sürdüğü tekerlekli sandalye ile mobil olan, tırabzandan tutunarak merdiven çıkabilen ancak toplum içinde yürürken kısıtlılıkları olan çocukları karşılar.

KMFSS 4. seviye yardımcı araçlarla bile mobilizasyonu kısıtlı olan ve bu kısıtlılıklar nedeniyle toplum içinde kucakta taşınan ya da motorlu tekerlekli sandalye kullanan çocukları karşılar.

KMFSS 5. seviye baş kontrolü yetersiz, yardımcı araçlara rağmen oturma ve ayakta durmada zorluk yaşayan, yardımcı teknolojiler kullanılsa da mobilizasyonu ileri derecede kısıtlı olan ve tekerlekli sandalye ile taşınan çocukları karşılar [154, 155].

2.6.3. Kas tonusunun değerlendirilmesi

SP, üst motor nöron lezyonu olması nedeniyle bir tonus bozukluğu olan spastisite çok sık görülür [40]. Spastisite birçok faktörden etkilenebilir. Çocuğun uyku durumu, ağrısı, pozisyonu ve terapistin değerlendirme esnasında uyguladığı hız gibi parametreler sonucu etkileyecektir [157]. Bu nedenle izole bir şekilde değerlendirmek oldukça önemlidir. Spastisiteyi saptamak daha kolay ancak derecesini belirlemek zordur [158]. Spastisitenin objektif değerlendirmesinin kaydedilebilmesi için *biyomekanik* (pendulum testleri, izokinetik dinamometre), *nörofizyolojik/elektrofizyolojik* (H cevabı, H/M oranı, F cevabı, F/M oranı, refleks çalışmaları) ve *klinik ölçekler* geliştirilmiştir. Klinik ölçeklerin başlıcaları Modifiye Ashworth Skalası (MAS), Tardieu Ölçeği, Sayısal Oranlama Ölçeği ve Modifiye Penn Spazm Ölçeği olup klinikte en sık kullanılanlar MAS ve Tardieu ölçeğidir [159, 160].

Modifiye Ashworth Skalası

Klinikte yaygın olarak kullanılan bir ölçektir. Ashworth Skalası ilk geliştirildiğinde 0'dan 4'e kadar skorlanmakta ve ekstremitenin pasif harekete vermiş olduğu direnci değerlendirmekteydi [161]. Ancak ölçeğe daha sonra 1+ değeri eklenmiş ve 6 aşamalı bir skorlamaya geçilerek modifiye edilmiş ve MAS adı verilmiştir [162]. Spastisitenin hız bağımlı doğası düşünüldüğünde, MAS'ın hıza bağımlı bir ölçüme olanak vermemesi spastisiteyi değerlendirme konusunda yetersiz olduğu görüşüne yol açmıştır [163].

Tardieu Skalası

1954 yılında Tardieu ve arkadaşları tarafından geliştirilen Tardieu ölçeği, 1999 yılında geliştirilerek Modifiye Tardieu Skalası (MTS) adını almıştır [164, 165]. MTS spastisiteyi pasif harekete karşı oluşan direnci iki farklı hızda ölçerek değerlendirir. Değerlendirme ekstremitenin yer çekimiyle düşüş hızında, bu hızdan daha yavaş (R2) ve bu hızdan daha hızlı (R1) harekete karşı direncine bakılarak yapılır. Ölçümler gonyometre ile yapılır. Önce yavaş pasif hareket ile eklem hareket açıklığına bakılır ve kaydedilir (R2), ardından hızlı pasif hareket ile yakalama cevabı alınan hareket açıklığı (R1) kaydedilir. Yakalama cevabı esnasındaki takılma, ardından klonusla sonuçlanabilir. Klonusun süresinin uzunluğu 10 saniyeden uzun ya da kısa sürmesi ile derecelendirilir ve daha uzun süren klonus daha şiddetli spastisiteyi gösterir. R1 ve R2 arasındaki fark da spastisitenin şiddetinin bir başka belirleyicisi olarak ifade edilir. R1 ve R2'nin birbirine uzak olduğu durumda daha şiddetli spastisite var demektir [164, 165]. Görüldüğü üzere MTS, spastisitenin hız bağımlı doğasını ve bir ÜMN lezyonu göstergesi olan klonusu değerlendirebildiğinden, SP'li çocuklarda spastisite değerlendirmesi için MAS'a göre daha net sonuçlar verir [166, 167].

2.6.4. Kas kuvvetinin değerlendirilmesi

SP'de kas kuvvetinin değerlendirilmesi önemlidir çünkü kas kuvveti motor fonksiyon ve günlük yaşam aktiviteleriyle en yakın ilişkideki faktördür [168]. Kas kuvveti izometrik, izotonik ve izokinetik olmak üzere 3 şekilde değerlendirilir [169]. SP'de, özellikle spastisite varlığında kas kuvveti değerlendirmek oldukça güçtür. Yaş, bilişsel durum, artmış refleksler, kontraktürler ve motor kontrolün yetersizliği gibi nedenlerle de kas kuvvetini değerlendirmek mümkün olmayabilir [45, 170]. Literatürde SP'li çocuklarda kas kuvvetini değerlendirmek için geçerli ve güvenilir yöntemler vardır. İzokinetik sistemler ve manuel kas testi cihazı bu yöntemler içerisinde en sık kullanılanlarıdır [171-173]. Manuel kas testi cihazı daha ucuz ve kolay erişilebilir olması nedeniyle kliniklerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [172, 173]. Yukarıda sayılan sebepler ile objektif bir ölçüm yapılamadığında ise çocuğu gerçekleştirdiği fonksiyonlar esnasında gözlemleyerek kas kuvveti hakkında bir çıkarıma varmak mümkündür. Bu fonksiyonlara örnek olarak oturma, ayakta durma, yürüme, adım alma, emikleme aktiviteleri verilebilir. Hareketin belli bir süre içerisindeki tekrar sayısı da yine fonksiyonel kas kuvveti hakkında bilgi vermesi açısından değerlidir [61, 174].

2.6.5. Yürüyüşün değerlendirilmesi

Yürüyüşün değerlendirilmesi SP’li çocuklarda klinik karar verme süreçlerinin yönetiminde oldukça önemlidir. Prognozun tahmininde sıklıkla kullanılan yürüme değerlendirmesi ile yürüyüşteki sapmalar ve bu sapmaların hangi eklem ya da kaslardan kaynaklandığı anlaşılabilir. Yürüyüş değerlendirmesi ortopedik ya da fizyoterapiyle ilgili müdahaleye karar vermede de yardımcıdır [175]. Değerlendirme gözlemsel, zaman-mesafe özellikleri ölçülerek, video kaydı ile ya da bilgisayarlı sistemlerle yapılabilir. Gözlemsel analiz klinikte sıklıkla kullanılır ve hızlı karar vermeyi gerektiren durumlarda etkilidir. Gözlemsel analizde başarı klinisyenin tecrübesiyle doğru orantılı olarak artar [61]. Yürüyüş analizinde zaman-mesafe parametrelerinin değerlendirilmesi de önemlidir. En basit şekliyle gözlemsel bir yürüyüş analizi pudralı zeminde ve bir kronometre yardımıyla yapılacak olursa yürüyüşün adım süresi, çift adım süresi, adım uzunluğu, çift adım uzunluğu, adım genişliği, yürüme hızı ve kadans parametreleri de kolaylıkla ölçülebilir [176].

Yürüyüş analizi, vücuda giyilen giysiler ya da vücudun belli bölgelerine yerleştirilen sensörler ile laboratuvar ortamında da değerlendirilebilir. Bu değerlendirmede oldukça objektif sonuçlara ulaşmak mümkündür. Bilgisayarlı yürüme analizleri yürüyüşün koronal, sagittal ve transvers planda incelenmesine ver bir eklemın hangi fazda kaç derecelik açı ile hangi hareketi gerçekleştirdiğini tespit etmeye imkân tanır. Bilgisayarlı yürüme analiz sistemleri oldukça pahalı sistemlerdir. Bu nedenle klinisyen ve akademisyenlerin sıklıkla kullandığı bir diğer yöntem de video kaydı ve yürüyüşü değerlendiren skalaların kullanılmasıdır. Bu skalaların başlıcalarını Edinburgh Gözlemsel Yürüyüş Skalası (EGYS), Gilette Fonksiyonel Değerlendirme Anketi, Fonksiyonel Mobilite Skalası ve Gait Outcomes Assessment List olarak sıralamak mümkündür [61].

EGYS, yürüyüşün yandan ve karşıdan video kaydına alınmasıyla her eklemın her plandaki hareketinin normalden sapmalarının skorlanması temeline dayanır. SP’de sıklıkla kullanılan geçerli ve güvenilir bir ölçektir [177]. Gilette Fonksiyonel Değerlendirme Anketi çocuğun bakım verenı tarafından doldurulan bir ankettir. 0-10 arasında skorlanan geçerli ve güvenilir bir ankettir [178, 179]. Fonksiyonel Mobilite Skalası ise 5 metre, 50 metre ve 500 metre mesafelerdeki tekerlekli sandalye ya da yardımcı cihaz ihtiyacına göre sınıflama yapar [180]. SP’li çocuklardaki klinik değişiklikleri saptayabildiği tespit edilmiştir [181].

2.6.6. Selektif motor kontrolün değerlendirilmesi

Selektif motor kontrol SP’de çoğu zaman gözden kaçırılan bir konudur ancak kontraksiyonlar nedeniyle çocuklarda sıklıkla selektif motor kontrolde kayıp gözlenir. İstemli hareketin izole bir şekilde gerçekleştirilememesi yürüyüş gibi önemli fonksiyonları engelleyebilir [182]. Bu nedenle selektif motor kontrolün değerlendirilmesi tedavi yaklaşımlarının belirlenmesinde yardımcıdır [183].

Selektif motor kontrol alt ekstremit ve üst ekstremit için ayrı ayrı değerlendirilebilir. Üst Ekstremit Selektif Kontrol Skalası üst ekstremiti [184], Alt Ekstremit Selektif Kontrol Değerlendirme Skalası (SCALE) ise alt ekstremiti değerlendirmek için geliştirilmiş skalalardır [185]. Her iki skalanın da Türkçe geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yapılmıştır [186, 187].

Alt Ekstremit Selektif Kontrol Değerlendirme Skalası ayak parmakları, subtalar eklem, ayak bileği, diz ve kalçayı bilateral olarak 0 ila 2 arasında skorlama yaparak değerlendirir. 0 seçici hareketin hiç olmadığı, 1 seçici hareketin bir miktar ortaya çıktığı ancak kompensatuar mekanizmaların devreye girdiği, 2 ise seçici hareketin gerçekleştirebildiği durumu karşılar [185].

2.6.7. Günlük yaşam aktivitelerinin değerlendirilmesi

SP’li çocukların günlük yaşam aktivitelerine katılımları ve bağımsızlık düzeyleri kas zayıflığı, ağrı, kontraktürler, spastisite, çevresel ve kişisel faktörler, psikososyal faktörler vb. gibi pek çok etmen nedeniyle kısıtlanır [188-190]. Bazı çocuklar daha çok yapısal bozukluğa rağmen günlük yaşam aktivitelerini daha fazla gerçekleştirirken, daha hafif etkilenimli çocuklar daha az gerçekleştirebilir. Çevresel ve psikososyal faktörlerin bu durumdaki etkisi göz ardı edilmemelidir [191]. SP’li çocuklarda günlük yaşam aktiviteleri sıklıkla Pediatrik Özürlülük Değerlendirmesi Envanteri [192] ve Pediatrik Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği (WeeFIM) [193] ile değerlendirilir.

Pediatrik Özürlülük Değerlendirmesi Envanteri ilk kez Haley ve diğerleri, tarafından geliştirilmiştir. 6 aydan 90 aya kadar olan çocukları değerlendirmeye imkân veren ölçek fonksiyonel yetenekler (197 madde), bakım veren desteği ve modifikasyonlar (20 madde)

alt bölümlerinden oluşur [192]. Türkçe geçerlik ve güvenirlik çalışması yapılmış olan ölçek günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır [194].

Pediatric Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği yetişkinler için geliştirilen Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeğinin çocuklara uyarlanmış halidir. Pediatrik popülasyonda ve özellikle SP’de günlük yaşam aktiviteleri ve bağımsızlığı değerlendirmek amacıyla sıklıkla kullanılan bir ölçektir. 6 bölümde 18 alt maddeyi sorgulayan ölçeğin uygulaması kolay ve hızlıdır. Her bir madde için en düşük skor aktivitenin tamamen bağımlı yapıldığını, en yüksek skor ise tam olarak bağımsız bir şekilde yapıldığı ifade eder [193]. Ölçeğin Türk dilinde de geçerli ve güvenilir olduğu gösterilmiştir [195].

2.6.8. Yaşam kalitesinin değerlendirilmesi

Yaşam kalitesi, kabul gören en yaygın tanımıyla bireylerin fiziksel durumlarına, kişisel ilişkilerine ve sosyal rollerine ilişkin algılarını karşılayan geniş kapsamlı bir terimdir [196, 197]. Yaşam kalitesinin hem fiziksel hem de psikosozal yönü bulunmaktadır. SP’de yaşam kalitesinin ağrı, hareket kısıtlılığı, ambulasyonun sağlanamaması, geçirilen operasyonlar, kullanılan ilaçlar ve yan etkileri, rol kısıtlamaları ve sosyal hayata katılımın azalması gibi birçok nedenle olumsuz yönde etkilendiği su götürmez bir gerçektir ancak etkilenim şiddeti ile yaşam kalitesi arasında doğru orantı bulunmak zorunda değildir [198-200].

SP’de yaşam kalitesini ölçmek için geliştirilmiş çeşitli ölçekler bulunmaktadır. Bu ölçeklerin bazıları sadece çocuğa, bazıları sadece bakım verenlere ve bazıları da her ikisine birden sorular sormayı gerektiren ölçeklerdir. Çocuk Sağlık Anketi (Child Health Questionnaire-CHQ) [201], Serebral Palside Yaşam Kalitesi Anketi (Cerebral Palsy Quality of Life Questionnaire for Children-CPQOL) ve Çocuklar İçin Yaşam Kalitesi Ölçeği-Serebral Palsi Modülü (Pediatric Quality of Life Inventory-Cerebral Palsy-PedsQL-CP) yaşam kalitesini değerlendiren anketler içerisinde en sık kullanılanlarıdır [200].

Çocuk Sağlık Anketi 5-18 yaş arasındaki çocukları 12 alt ölçekle değerlendiren ve SP’de sık kullanılan bir ankettir. 3 ayrı formu bulunmakla birlikte en sık kullanılan ve en geçerli olanı 50 soruluk ebeveyn formudur. Çocukların iyilik hali ve sosyal rollerini sorgular [201]. Türkçe geçerlik ve güvenirlik çalışması bulunmaktadır [202].

Serebral Palside Yaşam Kalitesi Anketi hem çocuk hem de ebeveyn için doldurulabilir formları olan 4-12 yaş arasındaki SP'li çocukların yaşam kalitesini değerlendiren bir ankettir. Yalnızca SP'li çocukların değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. 7 alt alanda değerlendirmesi bulunur [203]. Türkçe geçerlik ve güvenirlik çalışması bulunmaktadır [204].

Çocuklar İçin Yaşam Kalitesi Ölçeği-Serebral Palsi modülü 2-18 yaş arası SP'li çocukların yaşam kalitesini değerlendirir. 7 alt başlığı vardır. 2-7 yaş çocuklar için formu ebeveynler doldururken, 8-18 yaş arasındaki çocuklar formu kendileri doldururlar [205]. Türkçe geçerlik ve güvenirlik çalışması bulunmaktadır [206].

2.6.9. İskelet kas morfolojisinin değerlendirilmesi

İskelet kas morfolojisinin incelenmesi kasın yapısal özelliklerinin ölçülmesini ifade eder. Enine kesit alanı, fasikül uzunluğu, kas kalınlığı, pennasyon açısı ve sarkomer uzunluğunun değerlendirilmesini içerir [50]. Değerlendirmeler sıklıkla *in vivo* radyolojik görüntüleme yöntemleriyle yapılır ancak *ex vivo* kadavra ya da biyopsi çalışmaları ile yapıldığı durumlar da vardır. Kadavradan alınan örneklerde canlı ve hali hazırda çalışan bir kas mevcut değildir. Bu değerlendirme sonuçlarında farklılıklara yol açabilir. Kas biyopsisi ile inceleme yapan çalışmalarda ise histopatolojik değerlendirmeler yapmak mümkündür. Girişimsel olması nedeniyle SP'li çocuklarda kas biyopsisi kullanımı kısıtlıdır ancak açık cerrahi operasyonlar esnasında alınan örneklerle incelemeler yapmak mümkün olabilir. *Ex vivo* değerlendirmelerde daha yüksek çözünürlükte kasın daha küçük elemanlarını -hücre düzeyinde- görmek mümkündür. Örneğin sarkomer uzunluğu ancak histopatolojik bir çalışma ile tespit edilebilir [207, 208].

SP'li çocuklarda iskelet kas morfolojisini değerlendirmek için en sık kullanılan ve en çok bilinen görüntüleme yöntemleri B-mod ultrason görüntüleme, üç boyutlu ultrason görüntüleme ve MRG tabanlı difüzyon tensör görüntülemesidir.

B-mod ultrason görüntüleme:

B-mod ultrason görüntüleme 30 yıldan uzun süredir kullanılan bir yöntemdir [209]. İskelet kasının değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntem olarak karşımıza çıkar [50]. İskelet

kası, tendon ve ligamentleri hem nitelik hem de niceliksel olarak değerlendirebilme özelliğine sahiptir [210]. Çalışma prensibi bir ultrason transduserinden yankı-darbelerinin iletilmesi şeklindedir. Ultrason dalgalarının vücuda nüfuz etme kapasitesi dalga boyuyla doğru orantılıdır ancak görüntünün çözünürlüğü bununla ters orantılıdır. İskelet kası değerlendirmesi için genellikle 5-10 MHz frekanslar kullanılır. Ultrason dalgaları vücut içerisinde farklı akustik empedanslara sahip dokulardan geçerler ve kısmen transdusere geri yansır. Vücuttaki hava boşlukları için akustik empedans en düşükken, kemik için en yüksektir [211]. Transdusere dönen yankı miktarı dokuların empedansına ve ultrason dalgasının yapıya çarptığı açıya bağlıdır [207]. İskelet kas içeriğindeki yüksek su oranı nedeniyle çoğunlukla hipo-ekoik yani karanlık yapılar olarak görünür. Enine düzlemde, iskelet kasına göre nispeten hiper-ekoik perimisyal bağ dokusunun yansımaları kaslara benekli bir görünüm verir. Boyuna düzlemde ise, aksine, perimisyal bağ dokusunun yansımaları beyaz çizgiler olarak görünür, böylece iskelet kaslarının mimarisi ortaya çıkmış olur. Transduseri kas fasikül düzlemine hizalamak ve kas fasiküllerinin ekojenitesini optimize etmek için dikkatli manipülasyon bu ölçüm esnasında oldukça önemlidir [212]. Fasikül uzunluğu, kas kalınlığı, enine kesit alanı ve pannasyon açısı B-mod ultrason görüntüleme aracılığıyla tespit edilebilen ana yapısal parametrelerdir [213-215]. B-mod ultrason görüntülemenin önemli bir özelliği aktif kasılma esnasında ölçüm yapmaya olanak tanımasıdır. Kasılma esnasında otomatik fasikül izlemeye olanak veren bilgisayar algoritmaları kullanılabilmektedir [216].

B-mod ultrason görüntüleme kullanımının son 30 yılda giderek arttığı görülmektedir. Bu durumun nedenleri arasında ultrasonun gerçek zamanlı görüntüleri yakalamaya izin vermesi, radyasyon içermemesi, altın standart olan MRG'ye göre dışlama kriterlerinin neredeyse sınırsız olması bulunur [217]. B-mod ultrason görüntülemenin bir dezavantajı değerlendiriciler arası farklı sonuçlar elde edilebileceği endişesidir. Buradan yola çıkılarak yapılmış çalışmalarda uygun eğitimi almış, tecrübeli değerlendiricilerin yaptığı ölçümlerin değerlendiriciler arası güvenilirliğinin yüksek ve ölçümlerin tekrarlanabilir olduğu görülmüştür [218, 219]. Bir diğer dezavantaj ise B-mod ultrason görüntülemenin transduserin boyutuyla ilgili olarak sınırlı bir görüş alanına sahip olmasıdır. SP'li çocuklarda sıklıkla incelenen gastroknemius medialis kası için lif uzunluğu ortalaması 3 ila 5 cm arasında olduğundan B-mod ultrason görüntüleme ile ölçmek bu anlamda problem yaratmaz ancak çok daha uzun lif uzunluğuna sahip olan sartorius kası için ölçüm kısıtlanabilir ya da daha uzun transduser kullanılması gerekebilir [220, 221].

Üç boyutlu ultrason görüntüleme

B-mod ultrason görüntüleme statik ve dinamik kas mimarisi değişikliklerini tek bir düzlemde ölçmek için yararlıdır ancak sınırlı görüş alanı bazı durumlarda fasikül uzunluğunun tümünün görüntülenmesine izin vermez. Benzer şekilde, kas gövdesi uzunluğu, aponevroz uzunluğu ve kas hacmi ölçülemez. Bu sınırlılıkların üstesinden gelmek için serbest 3 boyutlu ultrason görüntüleme (3-DUS) tekniği geliştirilmiştir. Bu teknikle kas hacmi ve kas gövdesi uzunluğu [222, 223], fasikül uzunluğu [223, 224] ve proksimal-distal pennasyon açıları [225] geçerli ve güvenilir bir biçimde ölçülmüş ve raporlanmıştır.

Kasın 3 boyutlu görüntüsünü değerlendirmeye olanak vermesi, aponevrozları daha net göstermesi nedeniyle pennasyon açısını ölçmenin daha kolay olması, kas volümünü değerlendirmeye olanak vermesi 3 DUS'un avantajları olarak sayılabilir. 3DUS'un limitasyonu olarak ise kasın kasılması esnasındaki ölçümlerin alınabilmesi için uzun bir sürenin gerekmesi ve bu uzun süre içerisinde değerlendiricinin transduserin yönünü ve hızını sabit tutması gerekliliğidir [214].

MRG tabanlı difüzyon tensör görüntüleme

Difüzyon tensör görüntülemenin temel ilkeleri ilk olarak 1980'lerin ortalarında tanımlanmıştır [226]. Dokulardaki çoğunlukla su moleküllerinin hareketleri esnasında hücre içindeki parçacıklar, zarlar veya diğer makro moleküller gibi anatomik engellerle çarpışması nedeniyle hareketlerinin durması prensibine dayanır. Biyolojik dokularda su difüzyonu, iç yapılara paralel yönde hızla meydana gelirken tercih edilen yöne dik yönde engellendiği için anizotropiktir. Bu nedenle, su difüzyonunun anizotropisini inceleyerek, doku yapısını 3 boyutlu uzayda araştırmak mümkündür. Difüzyon tensör görüntülemede kas lifleri ve beyaz cevher yolları gibi tübüler yapıların izlenmesi için traktografi yöntemi kullanılır [214, 227, 228].

Difüzyon tensör görüntüleme ile lif uzunluğu, pennasyon açısı ve enine kesit alanının geçerli ve güvenilir bir şekilde değerlendirilebildiği çalışmalarla gösterilmiştir [229, 230]. Difüzyon tensör görüntüleme doku derinliğine bakılmaksızın geniş bir alanı üç boyutta tarayabilmesi nedeniyle tercih nedenidir [214]. Oldukça detaylı bir görüntü sağlayabilir ancak uzun tarama süreleri, maliyetli oluşu, çocuklarda uygulanmasının zor olması, dışlama kriterlerinin

ultrason görüntülemeye göre daha fazla olması ve kasılmış kasa ait görüntünün bu yöntemle değerlendirilememesi dezavantajları olarak sayılabilir. Ek olarak, tüm MRG çalışmalarında olduğu gibi öznenin hareketinden kaynaklanan görüntüleme artefaktları ortaya çıkabilir [214, 231].

2.7. Spastik Tip Serebral Palside Fizyoterapi ve Rehabilitasyon

Spastik tip SP’de tedavi yaklaşımları fizyoterapi ve rehabilitasyon, ortez-protez, ortopedi, nöroloji, ergoterapi, dil ve konuşma dahil olmak üzere birçok disiplinin bir arada çalışmasıyla sürdürülür. Tüm bu tedavilerin çocuğun hayatında yaşam boyu sürebileceği ve erken dönemde yapılacak iyi ya da hatalı uygulamaların çocuğun yetişkinliği ve yaşlılığına kadar olan sürecinde önemli etkilerinin olacağı unutulmamalıdır.

Fizyoterapi ve rehabilitasyon SP’li çocuğun yaşamında çok büyük bir yer kaplar. Gün geçtikçe gelişen olanaklar ve artan bilgi paylaşımı ile önemi günümüzde daha çok vurgulanan erken müdahale yaklaşımları sayesinde çocuk doğar doğmaz -henüz SP tanısı konmadan- rehabilitasyon sürecini başlatmak mümkündür. Bu kapsamda gerçekleştirilen düzenli takip ve müdahaleler sayesinde ilerleyen dönem komplikasyonları minimuma indirilir [232]. SP fizyoterapi ve rehabilitasyonunda semptomaya yönelik uygulamalar ve belirli klinik karar verme süreçleri çerçevesinde yürütülen müdahale konseptleri sıklıkla kullanılır [233].

Spastik tip SP’li çocuklarda fizyoterapi ve rehabilitasyonun başlıca hedefleri;

- Normal motor gelişimi destekleme
- Duyu ve motor entegrasyonun geliştirilmesi
- Kas tonusunun regülasyonu
- Düzeltme, denge ve koruyucu reaksiyonların fasilasyonu
- Fonksiyonların iyileştirilmesi
- Kas kuvvetinin arttırılması
- Kontrolün arttırılması
- Kontraktürlerin önlenmesi
- Selektif hareketin arttırılması
- Ko-kontraksiyonların kontrol altına alınması

- Oral motor fonksiyonların iyileştirilmesi
- Bağımsızlık seviyesi ve günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirebilme düzeyinin arttırılması olarak sıralanabilir [61, 234].

Rehabilitasyon hedefleri belirlenirken çocuk, aile ve terapist iş birliği çok önemlidir. Gerçekçi kısa dönem ve uzun dönem hedeflerin, bölünerek seçilmesi rehabilitasyon başarısını arttıracaktır. Geçmişten günümüze SP'li çocukların fizyoterapi ve rehabilitasyon sürecinde kullanılmak üzere geliştirilmiş çeşitli tedavi konseptleri bulunmaktadır. Vojta, Phelps, Temple Fay, Kabat, Rood ve Nörogelişimsel Tedavi yıllar içerisinde geliştirilen ve sıklıkla uygulanan bu konseptlerden başlıcalarıdır [61]. Bu konseptlerin yanı sıra gün geçtikçe kanıt dayalı birçok yöntem literatüre kazandırılmaktadır. Novak ve diğerleri, 2019 yılında yaptıkları derlemede SP'de tedavide kullanılan literatürdeki neredeyse bütün yaklaşımları incelemiş kanıt düzeylerini yüksekten düşüğe sıralamışlardır. Son yıllarda yüksek kanıt düzeyi ve etkili sonuçlarıyla öne çıkan rehabilitasyon yaklaşımları kas kuvvetlendirme, Eylem Gözlem Terapisi, Kısıtlayıcı Zorunlu Hareket Tedavisi, Hedef Odaklı Eğitim, Treadmill eğitimi, Hipoterapi, ev programı, Çevresel Zenginleştirme yaklaşımlarıdır. Bunları geleneksel fizyoterapi, yardımcı cihaz kullanımı, sanal gerçeklik, tüm vücut vibrasyon gibi çeşitli uygulamalar takip etmektedir [235]. Fizyoterapist tüm bu seçenekleri klinik karar verme süreçleri ile incelemeli, uygun hedefler belirleyerek çocuğun ihtiyacına en uygun yaklaşımları uygulamalıdır. Tek başına bir yaklaşımı seçmek yerine çocuğun ihtiyacına yönelik çeşitli yaklaşımları kanıt düzeylerini göz önünde bulundurarak seçmek başarı şansını arttıracaktır [233]. Jackman ve diğerleri, 2022 yılında yayınladıkları SP için uluslararası klinik uygulamalar kılavuzunda iyi uygulama önerilerini şu şekilde sıralamışlardır [233]:

- 1- Hasta tarafından seçilen hedefler belirlenmelidir.
- 2- Hastalar hedeflere ulaşmayı engelleyen faktörleri belirlemelidir.
- 3- Müdahale doğrudan çocuğun belirlediği hedeflere yönelik olmalıdır.
- 4- Müdahale çocuk için eğlenceli ve motive edici olmalıdır.
- 5- Amaçların uygulanması mümkünse çocuğun evi ya da sosyal çevresinde yapılmalıdır.
- 6- Uygun eğitim verildiğinde, ebeveyn tarafından sağlanan müdahale, yüz yüze terapiyi desteklemek için kullanılabilir.
- 7- Çocuklar/gençler ve ebeveynler süreç boyunca karar vericiler olarak kalmalıdır.
- 8- Fonksiyonel hedeflere ulaşmak için yeterince yüksek sıklıkta uygulama yapılmalıdır.

9- Hedefler ve müdahaleleri belirlemek için bir ekip yaklaşımı kullanılmalıdır.

Görüldüğü üzere, SP'li çocuğun rehabilitasyonunda farklı uygulamalar seçilebilse de uygulamaların günlük yaşamdaki fonksiyonları içermesi, hedef odaklı olması ve oyun aktiviteleri ile kombine edilerek eğlenceli-motive edici hale getirilmesi önerilmektedir [233].

SP fizyoterapisi ve rehabilitasyonunda yukarıda anlatılan ilkeler ışığında gerçekleştirilecek uygulamalar ile semptomların yönetimi önemli bir yer tutar. Semptomatik yönetim başlıca spastisite, kas güçsüzlüğü ve postüral bozukluklar üzerinde şekillenir. Semptomlara yönelik en sık kullanılan yaklaşımlar germe ve kuvvetlendirme olarak karşımıza çıkar. Germe uygulamaları kasın uzayabilirliğini arttıracığı, fonksiyonel hareket için eklem hareket açıklığını koruyacağı ve ortopedik cerrahi müdahalelere olan ihtiyacı önleyeceği veya geciktireceği varsayımlarına dayanmaktadır [236, 237]. Germe uygulamaları kendi içerisinde pasif germe, aktif germe ve uzun süreli pozisyonlama olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Fizyoterapistler, çocuğun yaşı, spastisite ve kontraktürün şiddeti, çocuğun ve bakıcının uyumu, çocuğun bilişsel düzeyi ve fonksiyonel yeteneklerine göre hangi germe tekniğini seçeceklerine karar verirler [238]. Pasif germenin literatürde raporlanan sonuçlarına bakıldığında eklem hareket açıklığını arttırdığı görülür. Ancak bu açıklığın fonksiyon ve katılım üzerinde ne kadar etkili olacağı tartışmalıdır. Çocuğun aktif olarak katılmadığı, dolayısıyla motor öğrenmeyi teşvik etmeyen ve sıkıcı olabilecek bir yaklaşımın fonksiyonlarda bir iyileşmeyle sonuçlanmayacağı düşünülmektedir. Aktif germe yaklaşımlarının fonksiyonel olarak uygulanıp, günlük yaşam ve oyun içerisinde kullanıldığında daha etkili olacağı öngörülebilir [238, 239].

Uzun süreli pozisyonlama ile germe literatürde 30 dakikalık germeler şeklinde karşımıza çıkmaktadır ve etkinlikleri tartışmalıdır [240]. Daha uzun süreli pozisyonlamalar ile germeler ise ortezerler ve alçılama aracılığı ile uygulanabilecek daha etkili yöntemlerdir [17]. SP'li çocuklarda ortotik destekler çok sık kullanılır. Spastisitenin kontrolü, pozisyonlama ile uzun süreli germe ve vertikalizasyona katkı gibi önemli etkileri bulunur. Eklemdeki serbestlik derecesini sınırlayarak hareketi kolaylaştırır ve enerji tüketimini sınırlandırır [241]. SP'de en sık kullanılan ortezerler ayak bileği ve ayağı içine alan ortezerlerdir (Ankle Foot Orthosis-AFO) [42]. AFO'lar tasarımlarına, malzemelerine göre ve sertliklerine göre büyük farklar gösterirler. Bu üç parametreden herhangi birinin değiştirilmesi AFO'nun yürüyüş

üzerine etkilerini doğrudan değiştirir [242]. Çocuğun ihtiyacı göz önünde bulundurularak daha rahat kullanabileceği cihazlar önermek rehabilitasyon başarısını arttırabilecek bir faktördür. Örneğin daha esnek bir malzeme ile üretilen, tabanlığı ile ayağın arklarına destek veren ve ayak-ayak bileğini tam olarak saran Dinamik AFO'ların (DAFO) kullanımı günümüzde çok yaygındır. DAFO sayesinde bir yandan mediolateral stabilite sağlanırken çocuk ayak bileğini küçük bir serbestlik derecesinde kullanabilir. Bu da ayak bileği çevresindeki kasların kullanımı ve kontrolü için önemlidir [243].

Kuvvetlendirme SP rehabilitasyonunda sıklıkla kullanılan bir başka yöntemdir. Kuvvet daha önce de bahsedildiği gibi SP'de fonksiyonellikle en yakın ilişkideki faktörlerden biridir [99, 100, 168]. Kastaki morfolojik değişiklikler, eklemlerdeki çekiş açılarının değişmesi, kontrol yetersizliği gibi nedenlerle etkilenen kas kuvvetinin yeniden kazanımı için kuvvetlendirme eğitimi büyük önem taşır. Çocuklarda seçilecek kuvvetlendirme yöntemi her ne olursa olsun fonksiyonel, hedef odaklı ve çocuğun eğlenebileceği, oyun şeklindeki yaklaşımlar seçilmelidir. Bu şekilde yapılacak eğitimlerin başarı şansı daha yüksektir [244].

2.8. Serebral Palside Kas Morfolojisine Göre Kuvvetlendirme Eğitimi

SP'de kuvvetlendirme eğitimi verilirken kasın özelliklerine göre egzersiz seçilmesi önemlidir. Tip 1 liflerin yoğun olarak bulunduğu tonik kaslar yavaş kasılır ve geç yorulurlar. Vücuttaki tonik kaslara verilebilecek en iyi örnek soleus kasıdır. Bu kas tiplerinde kasın kısa olduğu pozisyonda izometrik kontraksiyonlarla başlanıp ardından kasın kasılırken bir yandan boyunun uzadığı eksantrik kontraksiyonlara geçilmelidir. Tip 2 liflerin yoğun olarak bulunduğu kaslar ise fazık kaslardır ve hızlı kasılır, çabuk yorulurlar. Gastroknemius kasının medial parçası bu kaslara örnektir. En uzun pozisyondan en kısa pozisyona doğru konsantrik kasılmalar ile kuvvetlendirme eğitiminden fayda görürler [61].

2.9. Spastisite Yönetimi

2.9.1. Oral medikasyonlar

Spastisite yönetiminde baklofen, tizanidin ve diazepam gibi oral medikasyonlar kullanılmaktadır. Uygulama kolaylığı nedeniyle tercih edilebilirler ancak önemli sistemik ve

yan etkileri nedeniyle dezavantajları bulunur [245, 246]. Jeneralize spastisitesi olan ya da tonusta düşük bir azalmanın etkili olacağı çocuklarda daha sık kullanılırlar [246, 247].

2.9.2. Fenol ve alkol

Fenol ve alkol kemodenarvasyonla ilişkili ajanlardır. Fenol ve alkol blokları adını almışlardır. Fenol sinir destrüksiyonuna, alkol nöronal dejenerasyona sebep olur. Bu nedenle çeşitli hastalıklar ilişkili spastisitelerin tedavisinde kullanılmışlardır. Etkileri 1 ay ile 36 ay arasında değişen sürelerde sürmektedir. Her iki yöntemin de yaygın yan etkileri bulunur. SP'li çocuklarda öne çıkan BoNT enjeksiyonları ile popüleriteleri azalmıştır. Fenol blokların duyuşal lifler üzerinde de destrüktif etkileri vardır. Bu nedenle fonksiyon beklentisi olmayan ağır vakalarda rahatlama ve hijyenin sağlanması için kullanılmıştır. BoNT enjeksiyonu efferent lifler üzerine olan seçici etkinliği nedeniyle SP'li çocuklarda daha yaygın kullanılır ve fenol bloklara göre daha etkin olduğu çalışmalarla gösterilmiştir [247, 248]. 2004 yılı itibariyle de fenol blokları SP'de artık önerilmemektedir [8, 248, 249].

2.9.3. İntratekal baklofen

Baklofen spastisiteyi azaltmasıyla bilinen bir medikasyondur. İntratekal baklofen deri altına implante edilen ve programlanabilen bir pompaya bağlı katater yoluyla uygulanır. Baklofenin oral alımına göre beyin omurilik sıvısında daha yüksek ilaç seviyesine ulaşılabilir ancak çeşitli önemli komplikasyonlara da yol açabilir. Programlamada hata kaynaklı doz aşımı olabilir. Doz aşımı ise solunumu deprese ederek komaya yol açabilir. Daha yaygın olarak rezervuarın boşaltılması, pompa arızası ya da kataterin çekilmesi ile ani geri çekilme gibi durumlar meydana gelebilir [247, 250].

2.9.4. Botulinum toksin

Botulinum toksinleri Clostridium botulinum bakterisinin protein ürünleridir. En güçlü biyolojik zehirlerden biri olan nörotoksinlerdir. Bu toksinlerin A'dan G'ye kadar 7 farklı bağışıklık tipi vardır. A ve B toksin tipleri kas spastisitesini azaltmak için kullanılır. BoNT-A spastisitenin tedavisi için 1990'dan beri SP'li çocuklarda kullanılmaktadır. BoNT-A, yalnızca SP'de spastik kasın tedavisinde değil, çeşitli nörolojik hastalıklarda da

kullanılmıştır. İlk olarak şaşılık ve blefarospazm tedavisi için oftalmojide kullanılan BoNT-A, yüz distonileri, spazmodik tortikollis ve spastik disfonide de kullanılmıştır [251, 252].

BoNT-A, kas içine enjekte edildiğinde, nöromüsküler kavşakta asetilkolin salınımını inhibe eder. Bu şekilde nöromusküler sinapsların yok olması ile kas denerve olmuş olur [253]. BoNT-A, bu sayede spastik kasın güçlü kasılmalar oluşturma yeteneğini azaltır, böylece spastik yanıtın gücünü azaltır ve kasın gevşeyerek daha uzun bir pozisyonda işlev görmesini sağlar [254]. BoNT-A'nın klinik etkisi üç ila altı ay sürer. Bu sürenin sonunda nörosinaptik aralıktaki yeni aksonların filizlenmesiyle iyileşme sağlanır [255]. BoNT-A, SP'li çocuklarda dinamik kontraktürleri tedavi etmek için yaygın olarak kullanılır [256]. Tonusun azalması, eklem hareket açıklığının artması ve yürüyüş paternlerinin iyileşmesi gibi klinik etkilerinin yanı sıra eklem korunarak cerrahinin geciktirilmesi gibi etkileri vardır [208, 255]. BoNT-A enjeksiyonlarının olumlu etkilerinin uzun süreli korunabilmesi ve fonksiyona yansıtılabilmesi için fizyoterapi uygulamalarıyla birlikte planlanması önem taşır [8, 9]. BoNT-A çocuklar tarafından iyi tolere edilse de uygulama sonrasında kasta makro ve mikro morfolojik düzeyde değişiklikler görülür. Kas kütlesinin ve kuvvetinin kaybı doğal olarak görülecek ilk değişikliklerdir. Kas morfolojisindeki değişiklikler tartışmalı olmakla birlikte, tekrarlı BoNT-A enjeksiyonlarıyla medial gastrocnemius kasında Tip 1 liflerin kaybının olup, Tip 2 liflerin baskın geldiği saptanmıştır [208]. Ayrıca tekrarlı BoNT-A enjeksiyonlarının kasın büyüme hızını azalttığı raporlanmıştır [257].

2.9.5. Seri Alçılama

Seri alçılama, bir kasın uzun bir süre boyunca uzatılmış bir pozisyonda immobilizasyonunu sağlayan bir dizi alçılama işlemidir. Seri alçılama, kasın ve kası çevreleyen yumuşak doku yapılarının uzayabilirliğini kademeli arttırmayı amaçlar. 5-7 günlük alçının ardından eklem yeni pozisyona alınarak yeniden alçılır. Seri alçılama ile hem kasın hem de sarkomerlerin boyunda artış hedeflenir. Seri alçılama BoNT-A enjeksiyonuyla birlikte uygulanabileceği gibi, tek başına da uygulanabilir. Non-invaziv ve ucuz bir yöntem olması tercih sebebidir. Seri alçılama BoNT-A enjeksiyonunun hemen ardından uygulanabilir ya da BoNT-A enjeksiyonunu takiben 2-3 haftanın sonrasında yapılabilir. Seri alçılamanın etkinliğini inceleyen bir meta analiz, seri alçılamanın pasif dorsifleksiyon eklem hareket açıklığını erken ve orta dönemde arttırdığını, hipertonusu kısa dönemde azalttığını ve orta dönemde fonksiyonel yürüyüşü iyileştirdiğini raporlamıştır [10, 258]. Olası ve mevcut etkileri göz

önünde bulundurulduğunda seri alçılamanın özellikle BoNT-A enjeksiyonuyla birlikte uygulandığında olumlu etkilerinin olduğu sonucuna varılır.

2.9.6. Cerrahi girişimler

SP'li çocukların çoğu hayatlarının bir döneminde mutlaka cerrahi operasyonlar ile karşı karşıya kalırlar. Bu cerrahi girişimler arasında en sık kullanılanlar selektif dorsal rizotomi ve ortopedik uzatma-gevşetme operasyonları olarak ifade edilebilir.

Selektif dorsal rizotomi

Selektif dorsal rizotomi (SDR) SP'de spastisitenin kontrolünde kullanılan önemli bir operasyondur. İlk kez 1908 yılında Foerster ve diğerleri, tarafından tanımlanmıştır [259]. Medulla spinaliste dorsal köklerin tamamının kesilmesi olarak başlayan süreç yıllar içerisinde değişiklik göstermiştir. Köklerin tamamının kesilmesinin ciddi kas kuvveti kaybı, duyuusal etkilenim, sfinkter kontrolünün kaybı gibi etkilere yol açması nedeniyle 1978 yılında Fasano ve diğerleri, liflerin seçici olarak kesilebileceğini ortaya atmıştır [260]. Böylelikle ‘selektif’ dorsal rizotomi adını almıştır. SDR ile alt ekstremitte spastisitesi azalır. SDR sonrası yoğun fizyoterapi ile fonksiyonel birçok olumlu etki elde edilir ancak uygun hasta seçimi çok önemlidir [261]. 10 yaşın altındaki çocuklarda ve özellikle KMFSS 2-3 düzeyindeki hastaların daha çok yarar gördüğü görülmüştür. SDR hasta seçim kriterlerinde fizyoterapi ve rehabilitasyona uyum önemli bir yer tutar [262].

Ortopedik girişimler

SP'de spastisite, dizilim bozuluklukları ve kontraktürler gibi birçok nedenle ortopedik müdahalelere ihtiyaç duyulur. Bunlardan başlıcaları kas-tendon ya da tendon uzatmalar, tendon transferleri, osteotomiler, artrodez ve artroplasti olarak belirtilebilir. Bu girişimler fonksiyonu arttırmak, deformite gelişimini engellemek, yürüyüş parametrelerini iyileştirmek, ağrıyı azaltmak, hijyeni sağlamak ve kozmetik gibi amaçlarla yapılabilir. Son yıllarda ‘aynı seansta çok seviyeli cerrahi (Single Event Multilevel Surgery-SEMLS) ülkemizde yaygın hale gelen bir yaklaşımdır. Yaş günü cerrahisi sendromu adıyla tabir edilen etkilenen yumuşak ya da kemik dokuların tekrarlayan, ardışık girişimlerini tanımlayan sorundan kaçmak üzere geliştirilmiştir. Uygun hastalarda SEMLS yüksek

memnuniyet ile sonuçlanır. Ortopedik girişimler geri dönüşsüz sonuçlar alınmasına yol açar. SP’li çocuklarda önemli iyileşmelerle sonuçlanabilir ancak seçilen cerrahi yöntem ne olursa olsun rehabilitasyon ile bütünleşmediğinde istenen sonuçların elde edilemeyeceği unutulmamalıdır [263].

2.10. Serebral Palside Botulinum Toksin Enjeksiyonu Sonrası Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Uygulamaları

BoNT-A enjeksiyonları SP’de tonusun yönetilmesinde yüksek kanıt düzeyine sahiptir [235, 264]. Tek başına uygulandığında alt ekstremit ve üst ekstremit spastisitesini etki süresi içerisinde (3-6 ay) önemli ölçüde azaltır [235]. Öte yandan BoNT-A enjeksiyonları motor fonksiyonları iyileştirmede tek başına yeterli değildir [8, 265]. Seri alçılama gibi uzun süreli pozisyonlama ve germeye yarayan uygulamalar ve fizyoterapi ve rehabilitasyon yöntemleriyle birlikte BoNT-A etkileri daha uzun süre korunabilir ve motor fonksiyonlarda önemli kazanımlar elde edilebilir [9].

BoNT-A enjeksiyonlarından hemen sonra ya da etkisini göstermeye başladığı 10. gün civarından sonra uygulanmaya başlanan seri alçılama genellikle 3 hafta uygulanır ve her hafta ayağın pozisyonu nötrale daha yakın olacak şekilde yeniden alçılama yapılır. BoNT-A enjeksiyonuna ek seri alçılama ile spastisitenin yalnızca BoNT-A enjeksiyonuna kıyasla daha uzun süre boyunca azaltıldığı görülmüştür [255]. BoNT-A enjeksiyonlarının kasta denervasyon ve atrofi etkilerini en aza indirebilmek için ise dirençli eğitim ve hedef odaklı fonksiyonel eğitimler kullanılır [8]. BoNT-A enjeksiyonları sonrasında azalan Tip 1 lif oranı göz önünde bulundurulduğunda kasta Tip 1 liflerin yeniden inervasyonuna ve hatta artışına yol açacak tipte egzersizlerin seçilmesi uygun olacaktır [208]. Bu egzersizler ise daha çok Tip 1 liflerin yoğunlukta olduğu postür kaslarına yönelik olan eksantrik egzersizlerdir. Enjeksiyonun yapıldığı spastik kasa yönelik uygulanacak egzersizlerin yanı sıra spastik kasın antagonistine kuvvetlendirme eğitimi verilmesi şarttır. Böylelikle eklem hareket açıklığında artış beklenir. Aynı zamanda spastik kasa yapılan enjeksiyonun ardından fonksiyonel, aktif germe egzersizleri de kasın esnekliğine katkıda bulunacaktır. Bahsi geçen egzersizlere ek olarak, ekstrakorporeal şok dalga tedavisi, vibrasyon terapisi, ultrason ve transkutaneal elektrik stimülasyonu gibi fiziksel modalitelerin de BoNT-A sonrası olumlu etkilerin sürdürülmesi ve artırılması yönünde faydalı olduğu yönünde sonuçlar belirten çalışmalar da raporlanmaktadır [8, 9].

2.11. Geri Yokuş İnme Eğitimi

Geri Yokuş İnme (GYİ) eğitimi son yıllarda fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları içerisinde sıklıkla yer bulan bir eğitim olmuştur [19, 21]. Yürüme bandında yapılan düz yürüme, düz yokuş çıkma ve geri yürüme eğitimlerinin etkileri de incelenmiş ve farklı sonuçları raporlanmıştır [14, 19]. Yürüme bandında yapılan eğitimler SP rehabilitasyonunda da kendine yer bulmuştur [14, 19].

GYİ esnasında ayak bileği çevresindeki kasların farklı tipte kasılmaları söz konusudur. GYİ özellikle plantar fleksör kasların yüklenme fazı esnasında, dorsifleksör kasların ise salınım fazı esnasında eksentrik kasılmalarını sağladığı için ön plana çıkan bir yürüyüş eğitimidir [19]. Literatür incelendiğinde GYİ eğitiminin SP'li çocuklarda plantar fleksörleri germek amacıyla da kullanıldığı görülür [19]. Yüksek fonksiyonel düzeye sahip ambule SP'li çocuklarda GYİ'nin dinamik germe refleksi hassasiyetinin azaltılmasına katkı sağladığı ve yürüyüşün hızlanması ile sonuçlandığı belirtilmiştir [19]. Eksentrik kasılmaların yeni sarkomer oluşumunu desteklediği son yıllarda tartışılmakta olan bir durum olduğundan GYİ eğitimi ile sağlanan eksentrik kasılmaların, SP'li çocuklarda tonusu artmış olan plantar fleksör kaslarda sarkomer eklenmesi yolu ile uzamaya yol açacağı bildirilmiştir [19, 21, 266].

GYİ ayak bileği çevresi kasları için etkin bir eğitim olmakla birlikte aynı şekilde kalça ve diz çevresi kasları için de önemli kazanımlar sağlar. Geri adım atma esnasındaki kalça ekstansiyonu ile kalça ekstansörlerinin kas kuvvetinde artış beklenir. Bu yürüyüş esnasında ağırlık merkezinin dizin arkasında kalması ile de diz ekstansörlerinin işi artarak bu grup kaslarda da kuvvette artış beklenir. Dolayısıyla GYİ eğitimi yürüyüşün spatiotemporal parametrelerini iyileştirme ve alt ekstremité kaslarının kuvvetini arttırmada kullanılabilen ve son yıllarda oldukça göz önünde bulunan bir yöntem olarak karşımıza çıkar [14, 19, 21]. SP'li çocuklarda ise özellikle spastisite görülen plantar fleksör kasların esnekliğinin artırılması için kullanılabilir [19].

3. BİREYLER VE YÖNTEM

SP’li çocuklarda BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama sonrası farklı fizyoterapi programlarının etkinliklerini karşılaştırarak incelemeyi amaçlayan bu çalışma Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Pediatrik Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalında gerçekleştirildi. Araştırmanın gerçekleştirilebilmesi için Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu’ndan izin alındı (Sayı: E-77082166-302.08.01-248078). Değerlendirme ve müdahalelere başlamadan önce katılımcıların ebeveynlerinden gönüllü onamları alındı.

3.1. Bireyler

Araştırmaya dahil edilecek katılımcı sayısının belirlenmesi için araştırma öncesinde yapılan örneklem büyüklüğü belirleme analizinde (G*Power 3.1) referans makaleden [11] elde edilen ve çalışmamızın birincil sonuç ölçümü olan kas morfolojisini içeren etki büyüklüğü (ES) sonuçları kullanılmıştır (ES1: 0.73, ES2: 1.09) [11]. Analizde %80 güç, 0.05 α hata katsayısı için, çalışmaya dahil edilmesi gereken toplam etkilenmiş gastroknemius kası sayısı grup içi karşılaştırmalar için 14, gruplar arası karşılaştırmalar için grup başına 12 olarak belirlendi.

Araştırmaya dahil edilme ölçütleri

- SP tanısı olmak (unilateral-bilateral)
- Son 2 ay içerisinde bilateral ya da unilateral medial gastroknemius kasına BoNT-A enjeksiyonu ve ardından seri alçılama müdahalesi geçirmiş olmak
- 5-10 yaş aralığında olmak
- KMFSS’ye göre I-II düzeyinde olmak
- Değerlendirme ve egzersizleri anlayabilecek ve uygulayabilecek bilişsel yeterliliğe sahip olmak
- Gönüllü olmak

Araştırmadan dışlama ölçütleri

- Son 6 ay içerisinde alt ekstremitayı ilgilendiren cerrahi operasyon geçirmiş olmak

- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmamak
- Eşlik eden nörometabolik ya da ortopedik başka rahatsızlığı bulunmak

3.2. Çalışma Planı

Araştırmaya Ankara Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesinde uzman ortopedist hekim tarafından medial gastroknemius kasına Onabotulinum toksin-A enjeksiyonu ve hemen ardından ayak bileği eklemine 3 haftalık (7 günde 1 alçı değişimi ile) seri alçılama uygulanmış, fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarının takibi için Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Gelişimsel Fizyoterapi ve Pediatrik Rehabilitasyon klinik ünitesine yönlendirilen çocuklar dahil edildi. Ortopedist hekim ile kurulan irtibat neticesinde çalışmaya dahil edilen çocukların araştırmadaki iki gruba dağılımları BoNT-A enjeksiyonu öncesinde basit randomizasyon yöntemiyle sağlandı. Ortopedist hekime çocukların hangi gruba dahil edileceği konusunda bilgi verilmedi. Araştırmaya dahil edilmesi planlanan katılımcıların seri alçılamanın bitişini takip eden hafta programa katılması da bu şekilde sağlanmış oldu. Her iki gruba dahil edilen katılımcıların fizyoterapi ve rehabilitasyon ve kas morfolojisi değerlendirmeleri fizyoterapi programın öncesinde ve sonrasında yapıldı. Araştırmaya katılan katılımcılar, ortopedist hekim, radyolog hekim ve istatistiksel analizleri gerçekleştiren araştırmacı çalışma tasarımı ve gruplara kör tutuldu. Bu yönden çalışmamız randomize kontrollü, çift kör çalışma özelliği taşımaktadır.

3.3. Değerlendirme

Araştırmaya dahil edilen çocukların demografik bilgileri ve tıbbi hikayeleri (yaş, cinsiyet, KMFSS seviyesi, tıbbi hikaye, yardımcı cihaz kullanımı, aldığı terapiler gibi) ebeveynleriyle yapılan ilk yüz yüze görüşmede kaydedildi. Ardından çocukların etkilenmiş ve az etkilenmiş taraf ekstremitelerinin kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, spastisite ve selektif motor kontrol değerlendirmeleri alanında 6 yıllık tecrübesi olan bir fizyoterapist tarafından yapıldı. Yürüyüş değerlendirmesi için video kaydı alındı. Çocukların yaşam kalitesi ve fonksiyonel bağımsızlık düzeyini belirlemeye yarayan anketler ise çocuğun ebeveynleriyle yüz yüze görüşme tekniği ile dolduruldu. Bu değerlendirmeler Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Pediatrik Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'nda yapılırken, çocukların gastroknemius kas morfolojisi değerlendirmeleri Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde alanında 5 yıl deneyimli uzman bir radyolog tarafından yapıldı. Radyolog gruplara ve

Çalışma tasarımına kr tutuldu. Yapılan ilk değerlendirmelerin ardından verilen 6 haftalık müdahale programının sonunda değerlendirmeler birebir tekrarlandı.

3.3.1. Kas kuvveti değerlendirmesi

Her iki alt ekstremitenin (etkilenmiş, az etkilenmiş) kalça fleksiyon, ekstansiyon, abdüksiyon, addüksiyon, diz ekstansiyon, fleksiyon, ayak bileği dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon kas kuvveti ölçümleri el dinamometresi (Hand-Held Dinamometre, Lafayette Manual Muscle Tester, Model 01163, Lafayette Instrument Company, Sagamore Parkway North Lafayette, ABD) ile yapıldı. Maksimal istemli izometrik kontraksiyonlar manuel dirence karşı değerlendirildi. El dinamometresi çocuklarda ve SP’li ocuk ve değerlerde yaygın olarak kullanılan geçerli ve güvenilir ölçümler veren, objektif değerlendirmeye olanak tanıyan bir araçtır [171, 267, 268]. Gerçek ölçümlere geçilmeden önce test katılımcılara bir kez anlatılarak deneme tekrarı gerçekleştirildi. Gerekli durumlarda deneme tekrarının sayısı arttırıldı. Ardından test iki kez daha tekrar edilerek ölçümler kaydedildi. Katılımcılara test esnasında ‘‘İtebileceğin kadar güçlü it’’ komutu verildi. İki ölçümden yüksek olan değer Newton (N) cinsinden kaydedildi. Katılımcı bir kas grubunda izole hareketi açığa çıkaramıyor ya da cihazın okuyabileceği yeterli kuvveti açığa çıkaramıyorsa ölçüm değeri 0 olarak kaydedildi. Her bir kas grubunun kuvvet ölçümü spastisiteyi arttırmamak ve yorgunluğu önlemek amacıyla SP’li çocuklar için bazı uyarlamalar yapılmış standart pozisyon ve tekrar sayısında gerçekleştirildi [171, 269]. Oturma ve sırtüstü pozisyonlarda gerçekleşen tüm ölçümlerde katılımcının kollarını gövdesi üzerinde bağlaması sağlandı.

Test pozisyonları

- Kalça ekstansörleri: Sırtüstü pozisyonunda, kalça ve diz 90° fleksiyonda iken uygulandı. Pelvis spina iliaca anterior superior hizasından kemer ile sabitlendi. Femurun posterior izdüşümünde orta noktasına dinamometre probu yerleştirilerek ölçüm gerçekleştirildi.
- Kalça fleksörleri: Oturma pozisyonunda, kalça 90° fleksiyonda iken uygulandı. Dinamometre probu uyluğun anteriorunda, dizin hemen proksimaline yerleştirildi.
- Kalça abdktrleri: Sırtüstü pozisyonunda, kalça ve diz ekstansiyondayken, ölçülmeyen ekstremitte fizyoterapist tarafından stabilize edilerek gerçekleştirildi. Ölçülen taraftaki

dizin ölçüm esnasında fleksiyona gelmemesi sağlandı. Dinamometre probu femurun lateral izdüşümünün orta noktasına yerleştirildi.

- Kalça addüktörleri: Sırtüstü pozisyonda, kalça ve diz ekstansiyondayken, ölçülmeyen ekstremita fizyoterapist tarafından stabilize edilerek gerçekleştirildi. Ölçülen taraftaki dizin ölçüm esnasında fleksiyona gelmemesi sağlandı. Dinamometre probu femurun medial izdüşümünün orta noktasına yerleştirildi.
- Diz fleksörleri: Oturma pozisyonunda, kalça ve diz 90° fleksiyondayken değerlendirildi. Pelvis kemer ile stabilize edildi. Dinamometrenin probu tibianın posterior izdüşümünde bimalleolar çizginin hemen proksimaline yerleştirildi.
- Diz ekstansörleri: Oturma pozisyonunda, kalça 90 ve diz 90° fleksiyondayken değerlendirildi. Pelvis kemer ile stabilize edildi. Dinamometrenin probu tibianın anterior izdüşümünde bimalleolar çizginin hemen proksimaline yerleştirildi.
- Ayak bileği dorsifleksörleri: Sırtüstü pozisyonda kalça ve diz ekstansiyondayken değerlendirildi. Uyluk diz fleksiyonuna izin vermemek amacıyla kemerle sabitlendi. Ayak bileği nötral pozisyondayken ayağın dorsumunda metatars başlarına dinamometre probu yerleştirildi. Katılımcının nötral pozisyonu aktif olarak koruyamaması durumunda skor 0 olarak kaydedildi (Resim 3.1.).
- Ayak bileği plantar fleksörleri: Sırtüstü pozisyonda kalça ve diz ekstansiyondayken değerlendirildi. Uyluk diz fleksiyonuna izin vermemek amacıyla kemerle sabitlendi. Ayak bileği nötral pozisyondayken ayağın plantar yüzeyinde metatars başlarına dinamometre probu yerleştirildi [171, 267-269] (Resim 3.1.).



Resim 3.1. Ayak bileği dorsifleksör ve plantar fleksörleri için kas kuvveti ölçümü

3.3.2. Eklem hareket açıklığı değerlendirmesi

Alt ekstremitenin eklem hareket açıklığının değerlendirilmesi evrensel gonyometre ile, fizyoterapist tarafından, standart pozisyonlarda yapıldı. Evrensel gonyometre SP'li çocuklarda eklem hareket açıklığını ölçmek için geçerli ve güvenilir bir araçtır [270, 271]. Kalça fleksiyonu, ekstansiyonu, abduksiyonu, addüksiyonu, diz fleksiyonu, ayak bileği dorsifleksiyonu ve plantar fleksiyonu ile popliteal açı her iki ekstremit için (etkilenmiş, az etkilenmiş) pasif olarak ölçülerek kaydedildi. Kalça ve dize ait değerlendirmeler sırtüstü ve yüzüstü pozisyonlarda değerlendirildi ve doğrudan açı cinsinden kaydedildi. Ayak bileği dorsifleksiyon eklem hareket açıklığı soleus ve gastrocnemius kaslarının etkilerini ayrı ayrı değerlendirebilmek için silverskiold testine göre sırtüstü pozisyonda diz ve kalça 90 derece fleksiyundayken ve diz ve kalça 90° ekstansiyundayken ayrı ayrı ölçüldü. Her iki pozisyonda aktif ve pasif hareket derecesi ayrı ayrı kaydedildi. Sabit kol fibulanın paraleline yerleştirilirken, pivot lateral malleole yerleştirildi. Hareketli kol ise 5. metatarsal kemiğin orta çizgisine yerleştirildi. Hareket 0° nötral pozisyondan başlatıldı. Plantar fleksiyondaki değerler “-” olarak kaydedildi. Popliteal açı ise sırtüstü pozisyonda kalça ve diz 90° fleksiyundayken değerlendirildi. Sabit kol femurun lateral orta çizgisine paralel tutulurken hareketli kol fibulayı takip etti. Pivot femurun lateral kondiline yerleştirildi. Katılımcının dizi bu pozisyondan ekstansiyona pasif olarak getirilirken geldiği son nokta kaydedildi. Popliteal açı ölçülen açının 180 dereceden çıkarılması ($180-\alpha$) ile kaydedildi [270-272] (Resim 3.2.).



Resim 3.2. Popliteal açı ölçümü

3.3.3. Tonus değerlendirme

Plantar fleksörlerin tonus değerlendirme için MTS kullanıldı. MTS hıza bağımlı ölçüm yapmaya olanak vermesi nedeniyle spastisiteyi değerlendirmede yaygın olarak kullanılan geçerli ve güvenilir bir araçtır [273, 274]. Plantar fleksörlerin değerlendirilmesi için sırtüstü pozisyonda kalça ve diz ekstansiyondayken gonyometre lateral malleole yerleştirildi. R2 hızında (yavaş) eklem hareketi değerlendirildikten sonra R1 hızında (hızlı) değerlendirme yapılarak ölçülen değerler kaydedildi. R1 değerlendirmesinde hıza bağımlı olarak artmış germe refleksinden dolayı ortaya çıkan yakalama hissi değerlendirdi. R2 değerlendirmesinde ise yavaş eklem hareketinde eklem hareket açıklığı kaydedildi. R1 ve R2 ölçümlerinin arasındaki fark kaydedildi. R1 ve R2 ölçümlerinin arasındaki farkın artması spastisite şiddetinin arttığını gösterir [164].

3.3.4. Selektif motor kontrol değerlendirme

Alt ekstremitenin selektif motor kontrol değerlendirme SCALE ile yapıldı [185]. SCALE geçerli, güvenilir, uygulaması esnasında ekipman gerekmeyen ve kolay uygulanan bir araçtır [187]. Kalça eklemindeki hareketlerin selektif motor kontrolünü ölçümü yapılan ekstremitenin üstte kaldığı şekilde yan yatış pozisyonunda değerlendiren skalada, diz, ayak

bileği, subtalar eklem ve ayak parmak eklemleri oturmada değerlendirilir. Değerlendirme bilateral uygulanır. 5 eklem için ayrı ayrı 0 ila 2 arası puanlama yapılır. 0 puan ‘yapılamaz’, 1 puan ‘bozulmuş’, 2 puan ise ‘normal’ olarak kaydedilir. Her ekstremitte için alınabilecek maksimum skor 10 puandır ve yüksek puanlar daha iyi selektif motor kontrolü yansıtır. Kalça eklemi değerlendirmesinde değerlendirilen ekstremitesi üst tarafta kalacak şekilde yatan katılımcıdan izole kalça fleksiyonu yapması istendi. Diz için kalça ve dizin 90 derece fleksiyonda olduğu oturma pozisyonunda izole diz ekstansiyonu, ayak bileği eklemi için izole dorsifleksiyon, subtalar eklem için izole eversiyon ve inversiyon, ayak parmak eklemleri için ise izole parmak fleksiyonu yapması istendi (Resim 3.3.). Her eklem için skor kaydedilerek ekstremitelerin toplam puanı hesaplandı [185].



Resim 3.3. Subtalar eklem selektif motor kontrol değerlendirmesi

3.3.5. Yürüyüş değerlendirmesi

Katılımcıların yürüyüşleri EGYS ile değerlendirildi. EGYS SP’li çocuklarda video kayıtları ile yürüyüşün değerlendirilmesi için geliştirilmiş geçerli ve güvenilir bir yöntemdir. Gözlemsel yürüyüş analizleri içerisinde en yüksek geçerliğe sahip olan analizdir [275]. EGYS basma ve salınım fazında ayak bileği, diz, kalça, pelvis ve gövdeyi değerlendiren 17 maddeden oluşur. Her bir madde 0 ila 2 arasında skorlanır. 0 normal yürüyüş esnasındaki eklem pozisyonlarını ifade ederken, 1 ve 2 normalden sapmayı derecelendiren maddelerdir. Bir ekstremitenin yürüyüş esnasında alabileceği en yüksek skor 34 ve total en yüksek puan 68 iken, daha yüksek skorlar daha kötü yürüyüşü gösterir. Çalışmamızda katılımcıların

yürüyüşleri kamera ile yatay düzlemde anterior, posterior ve lateralden video kayıtları çekilerek kaydedildi. Kamera katılımcıların kalça eklemi yüksekliğinde konumlandırıldı. Daha sonra bu video kayıtları bilgisayar ortamında izlendi. Yürüyüş siklusunda 17 maddenin her birini gözlemlemek için gerekli görüntülerin ekran resimleri video kaydı durdurularak elde edildi (Resim 3.4.). Görüntülerdeki eklem açıları, maddeleri skorlamak amacıyla açölçer yardımıyla ölçüldü. Her bir görüntüye maddeler için 0 ila 2 arasında puan verilerek tüm puanlar toplandı ve her katılımcının etkilenmiş ve az etkilenmiş tarafları için gövde, pelvis, kalça, diz, ayak bileği ve ayağa ait puanlar ile ekstremité için toplam yürüyüş skoru elde edildi [276].



Resim 3.4. EGYs görüntü kayıtlarından alınan ekran görüntüleri

3.3.6. Yaşam kalitesi değeriendirme

Katılımcıların yaşam kaliteleri Çocuk Sağlık Anketi Ebeveyn Formu (Child Health Questionnaire-Parent Form 50 – CHQ-PF50) ile değeriendirildi. CHQ-PF50, çocuklarda yaşam kalitesini 12 alt başlıkta (fiziksel fonksiyon, fiziksel nedenlere bağılı rol kısıtlılıkları, ağrı, genel sağlık, emosyonel/davranışsal nedenlere bağılı rol kısıtlılıkları, öz saygı, mental sağlık, davranış, ebeveynler üzerindeki emosyonel etki, ebeveyn üzerindeki zaman etkisi, aile aktiviteleri ve aile uyumu) değeriendirir. Çocuk ve ailenin son 4 haftadaki yaşantısı hakkında ebeveyne sorulan 50 sorudan oluşur. Anket, çocuğun bir yıl önceki sağlığı ile

bugünkü sağlığını karşılaştırmayı gerektiren bir soruyu da içermektedir. 5-18 yaş arasındaki çocuklarda kullanma imkanının olması bu çalışma için önemli tercih sebeplerinden biri olmuştur. Türkçe geçerliği ve güvenirliği olan anket SP’li çocuklarda sıklıkla kullanılır. Anketteki her alt bölüm için 0 ila 100 arasında bir skor hesaplanır. Yüksek skorlar daha yüksek yaşam kalitesi anlamına gelir [201, 202]. Katılımcıların ebeveynlerinden alınan cevaplarla doldurulan anketlerin skorları her bir ocuk için kaydedildi. Her değerlendirmede soruları aynı ebeveynin cevaplaması sağlandı.

3.3.7. Günlük yaşam aktivitesi değerlendirmesi

Çalışmamıza dahil olan katılımcıların günlük yaşam aktiviteleri WeeFIM ile değerlendirildi. WeeFIM 6 alt başlıkta (kendine bakım, sfinkter kontrolü, transferler, hareket, iletişim, sosyal durum) toplam 18 maddeden oluşur. Her madde 1 (tam yardım) ila 7 (tam olarak bağımsız) arasında skorlanır. Ölçeğin uygulaması kolay ve anlaşılabilirliği yüksektir. Çocukların günlük yaşam aktivitelerini bağımsız olarak gerçekleştirmede ne kadar bağımsız olduğunu sorgulayan maddeleri içerir. Alt başlıklar motor ve kognitif olarak sınıflandırılır. SP’li çocuklarda ve Türkçe dilinde geçerliği ve güvenirliği bulunan bu ölçekten alınabilecek en yüksek puan 126 iken daha yüksek skorlar günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığın daha yüksek olduğunu gösterir [195, 277, 278]. Çalışmamızda, her bir çocuğın ebeveyniyle yapılan yüz yüze görüşme ile WeeFIM dolduruldu ve toplam skor hesaplanarak kaydedildi.

3.3.8. Kas morfolojisi değerlendirmesi

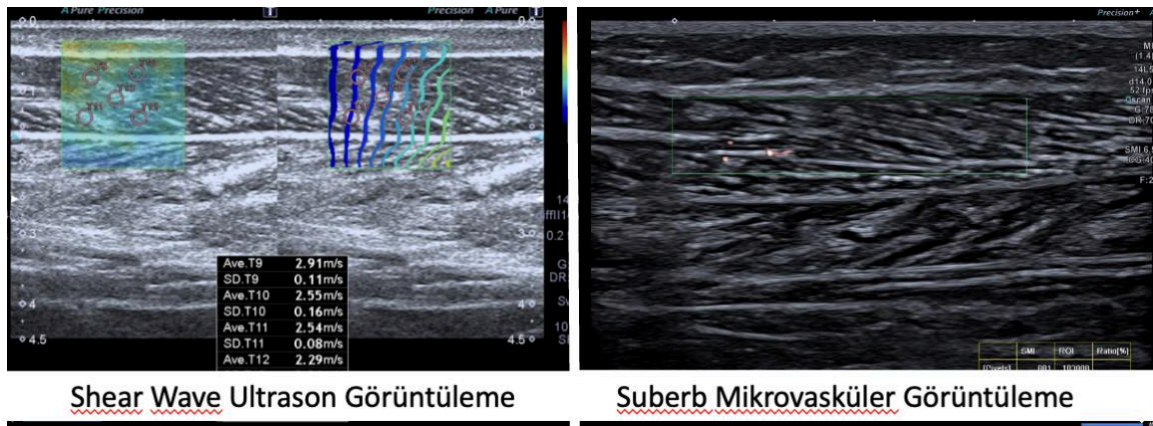
Katılımcıların BoNT uygulanmış (etkilenmiş) ve uygulanmamış (az etkilenmiş) medial gastroknemius kaslarının enine kesit alanı, kas kalınlığı, fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı lmleri B-mod ultrason görüntüleme yöntemi ile değerlendirildi. Kas sertliği ultrason elastografi yöntemi ile kas vaskülarizasyonu ise Suberb Microvascular Imaging (SMI) yöntemi ile değerlendirildi. Kas morfolojisini değerlendirmek için altın standart MRG’dir ancak MRG’nin çocuklar için anestezi gerektirmesi, pahalı olması, uzun sürmesi ve dışlama kriterlerinin fazlalığı gibi nedenlerle çalışmamızda klinikte daha sık ve yaygın olarak kullanılan ve SP’li çocuklarda geçerliği ve güvenirliği gösterilmiş olan B-mod ultrason görüntüleme yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir [50, 217, 279].

Ultrason değerlendirmeleri çocuklar yüz üstü rahat bir pozisyonda dizleri ekstansiyonda, ayak bilekleri plantar fleksiyonda iken yapıldı. Değerlendirmeler için Aplio 500 Platinum ultrason cihazı (Toshiba-Canon Medical Systems Corporation, Japan), yüksek frekanslı (5-14 MHz) doğrusal transduser ile kullanıldı. Medial gastroknemius kasının enine kesit alanı için aksiyel düzlemde, kas kalınlığı, fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı için ise longitudinal düzlemde radyolog tarafından elle (manuel) çizim yapıldı. Ardından bu çizimler kaydedilerek bilgisayar ortamında Radiant DICOM görüntüleyici ile değerlendirildi (Resim 3.5.). Her değer için beş ölçüm yapılarak kaydedildi ve bu ölçümlerin ortalaması alındı. Kasın enine kesit alanı cm^2/kg cinsinden, kas kalınlığı mm cinsinden, fasikül uzunluğu mm cinsinden, pennasyon açısı ise açı olarak kaydedildi [279].

Medial gastroknemius kasının sertliği shear wave elastografi yöntemi ile aksiyel düzlemde değerlendirildi. Radyolog tarafından deri, kemik, fasya, damarlar, tendonlar hariç tutulacak şekilde gastroknemius kası üzerinde dairesel ilgi bölgeleri (Region of Interest-ROI) belirlendi (Resim 3.6.). Cihazın değerlendirmede sunduğu on üç ölçüm sonrasında ortalama değerler yine cihaz tarafından hesaplandı. Kas sertliği ölçümleri kilopaskal kPa cinsinden kaydedildi [280]. Medial gastroknemius kasının vaskülaritesi, mikrovasküler kanlanmayı değerlendiren yeni bir Doppler yöntemi olan SMI ile incelendi (atım tekrar frekansı: 200-230 Hz, kare hızı >50 Hz, renk kazancı: 37-42 desibel). Prob, alt bacak uzunluğunun %30'una (popliteal kıvrımdan lateral malleole), popliteal kıvrımın distaline yerleştirildi. Gastroknemius kası kan akımının kantitatif analizi için vasküler indeks ölçüm yöntemi kullanıldı (Resim 3.6.). Ölçüm değerleri cihaz tarafından otomatik olarak hesaplandı [281]. Vaskülarizasyon ölçüm sonuçları % cinsinden kaydedildi.



Resim 3.5. Kas morfolojisi değ erlendirmesi



Resim 3.6. Vaskülarizasyon ve sertlik değ erlendirmesi

3.4. Fizyoterapi Programları

3.4.1. Yapılandırılmış Fizyoterapi grubu

Yapılandırılmış fizyoterapi (YF) grubuna 6 hafta boyunca haftada 3 gün olacak şekilde fonksiyonel kuvvetlendirme yoğunluklu yapılandırılmış fizyoterapi uygulandı. Seanslar

katılımcıların rutinde devam etmekte oldukları özel eğitim merkezlerindeki fizyoterapistleri tarafından uygulandı. Program öncesinde özel eğitim merkezinde çalışmakta olan fizyoterapist ile yapılan yüz yüze bir görüşme ile tüm egzersizler bir kez anlatıldı. Programa devam edilirken ise haftada 1 kez görüşme sağlanarak programın ilerleyişi hakkında bilgi alışverişi sağlandı. Aynı zamanda katılımcılara verilen bir egzersiz tablosu ve çıkartma demeti ile çocukların gerçekleştirilen her seansın sonunda tabloya bir çıkartma yapıştırılmaları sağlanarak motivasyon artışı hedeflendi. YF grubuna verilen egzersizler şunlardır:

Oturmada ayak bileği dorsifleksiyonu

Dorsifleksör kasların BoNT enjeksiyonu sonrası gevşemiş plantar fleksörlere karşı kuvvetinin artırılması amacıyla oturmada ayak bileği dorsifleksiyon egzersizi aktif ya da aktif yardımcı olarak çalışıldı. Egzersiz her set 10 tekrardan oluşacak şekilde toplamda 3 set şeklinde yapıldı. Egzersizin fonksiyonel ve keyifli bir hale getirilmesi için ayağın dorsumundan 3-5 cm'lik mesafelere oyuncak konması sağlandı ve çocuğun ayaklarını kendine doğru çekerek bu oyuncığa dokunması istendi. Tüm katılımcılarda her iki ekstremitede çalışıldı.

Pasif germe

Plantar fleksör kaslara diz-kalça 90 derecede fleksiyonda iken ve diz-kalça ekstansiyondayken fizyoterapist tarafından pasif germe uygulandı. Her bir germe 45 sn sürerken, 15 sn dinlenme aralıkları verildi. Diz fleksiyonda ve ekstansiyondayken 5'er tekrar yapıldı. Pasif germe tüm katılımcılarda her iki ekstremiteye uygulandı.

Parmak ucu yükselme egzersizi

BoNT-A enjeksiyonu sonrası zayıflayan plantar fleksör kasların kuvvetlendirilmesi için parmak ucuna kalkma egzersizi uygulandı. Hareketin başlangıcındaki plantar fleksiyon açısı değiştirilerek zorluk derecesi ayarlandı. İlk 2 hafta rampa aşağı yönde, kasların kısa olduğu pozisyonda başlandı. Ortadaki 2 hafta düz zeminde, son 2 hafta ise rampa yukarı, kasların en uzun olduğu pozisyonda uygulandı. Hareket açıklığı yetersizliğiyle bir sonraki zorluk seviyesine geçilemeyen çocuklarda aynı seviyede devam edildi. Egzersiz her set 10

tekrardan oluşacak şekilde toplamda 3 set şeklinde yapıldı. Egzersizin fonksiyonel ve keyifli bir hale getirilmesi için oyunlar kullanıldı.

Duvar kenarında çömelme egzersizi

Plantar fleksör kasların aktif gemesi ve diz ekstansörlerinin kuvvetlendirilmesi amacıyla çocuğun sırtı duvara yaslıyken topuklar yerden kalkmayacak ve dizler birbirine yaklaşmayacak şekilde 45 derece çömelme egzersiz uygulandı. Egzersiz her set 10 tekrardan oluşacak şekilde toplamda 3 set şeklinde yapıldı.

Rampada aktif germe

Plantar fleksör kasların aktif gemesi için rampa kullanıldı. Tüm çocuklar önce bir ekstremitayı sonra diğer ekstremitayı önde pozisyonlayarak ve her bir germe 20 saniye sürecek şekilde egzersizi uyguladı. Her ekstremita için 5 tekrar uygulandı, setler arasında 15 sn dinlenme araları verildi [282].

Köprü egzersizi

Kalça ekstansör kaslarının kuvvetlendirilmesi için sırt üstü çengel pozisyonundan başlanarak köprü egzersizleri uygulandı. Egzersiz her set 10 tekrardan oluşacak şekilde toplamda 3 set şeklinde yapıldı.

3.4.2. Geri yokuş inme grubu

GYİ grubuna 6 hafta boyunca haftada 3 gün olacak şekilde YF grubuna uygulanan egzersizlere ek olarak yürüme bandında geri yokuş inme egzersizi verildi. Geri yokuş inme egzersizi plantar fleksör kasların eksantrik kasılmalarını diğer yürüyüş tiplerine göre (düz yürüme, yokuş çıkma) daha çok sağlayan bir yöntemdir [19]. Eksantrik kasılmaların kasta sarkomer artışını sağladığı iddia edilmektedir. Aynı zamanda geri yokuş inme egzersizinin ambulatuar çocuklarda plantar fleksörlerin pasif gemesine göre yürüyüş üzerinde daha iyi etkilerinin olduğu gösterilmiştir [19].

Egzersizin gerçekleştirilmesi için Activa Fitness-Leisure markalı yürüme bandı kullanıldı. Yürüme bandının açısı 12 derece olarak ayarlandı [19]. Her bir geri yürüme seansı 15 dakika

sürdü. Yürüme bandının hızı her seansın başlangıcında 0.1 km/h'den başlatılarak artırıldı. Katılımcı tarafından belirlenen rahat yürüme hızında sabitlenerek egzersiz gerçekleştirildi. Egzersizler çıplak ayakla gerçekleştirildi [19]. Güvenliğin sağlanması ve korkunun engellenmesi için katılımcının bir yanında ebeveyni, diğer yanında ise fizyoterapist konumlandı. Gerekli durumlarda katılımcı ihtiyaç duyduğu yöndeki kişinin elini ya da yürüme bandının trabzanlarını tuttu (Resim 3.7.).



Resim 3.7. Geri yokuş inme egzersizi

GYİ grubundaki katılımcılar da YF grubundaki katılımcılardaki prosedürün aynısı ile, yapılandırılmış fizyoterapiden oluşan haftalık 3 seansı özel eğitim merkezindeki fizyoterapistleri ile gerçekleştirdiler. GYİ egzersizi haftada 3 gün Gelişimsel Fizyoterapi ve Pediatrik Rehabilitasyon Ünitesinde gerçekleştirildi. GYİ seansları YF seansları ile aynı gün içerisinde yapıldı.

3.5. İstatiksel analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 26.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılarak yapıldı. Görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler

(Shapiro–Wilk testi, çarpıklık ve basıklık değerleri, varyasyon katsayısı) kullanılarak sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu incelendi. Tanımlayıcı istatistikler; nominal ve ordinal değişkenler için frekans ve yüzde, sayısal değişkenler için ortanca ve 25-75 persantiller ya da ortalama ve standart sapma kullanılarak verildi [283, 284].

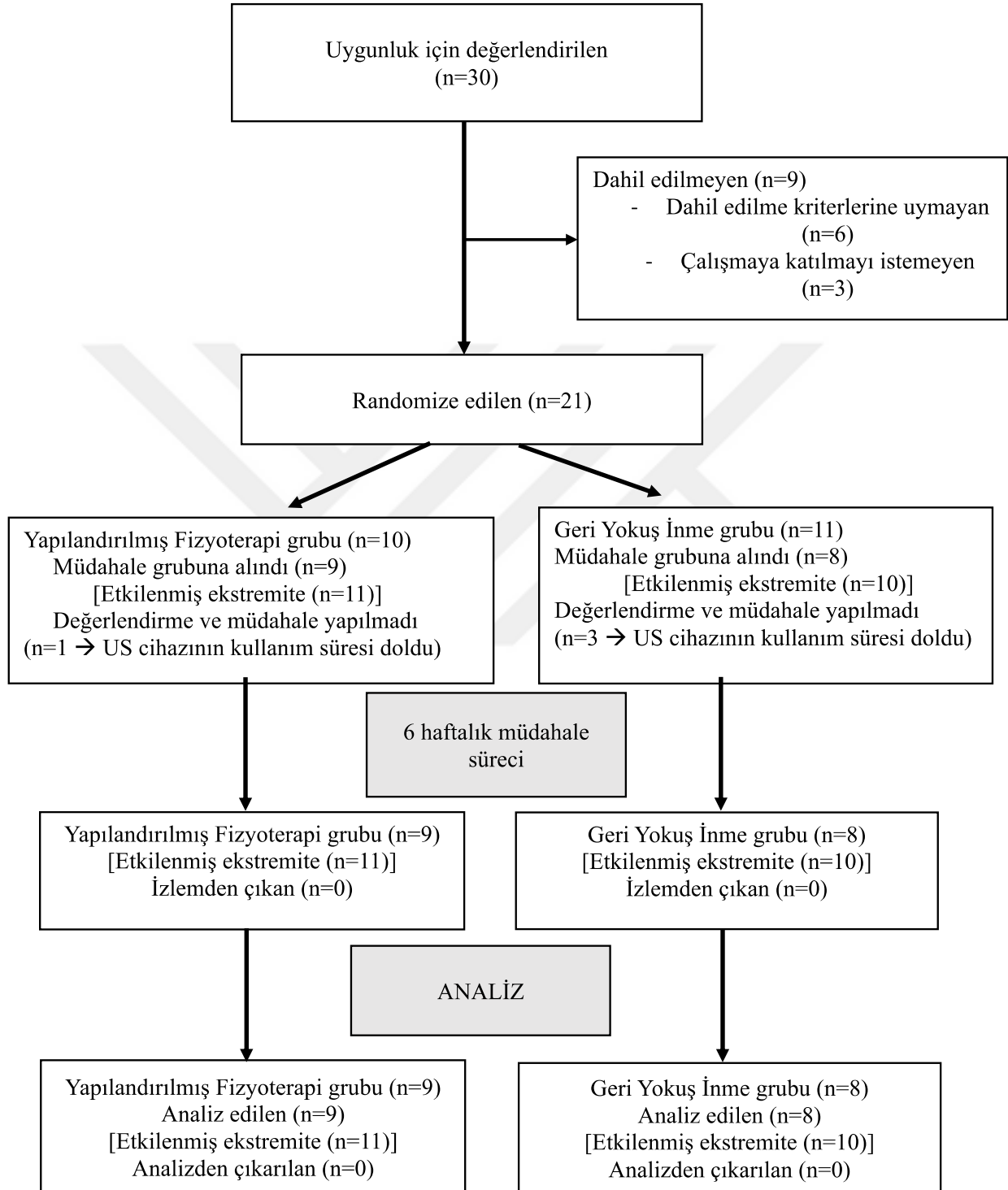
Bağımsız iki kategorik değişkenin kıyaslanmasında Ki-Kare Testi kullanılırken, gözlerdeki beklenen değerlerin durumuna göre Pearson Ki-Kare ya da Fisher'in Kesin Test istatistiklerinden birinin kullanımı tercih edildi. Bağımlı gruplarda pretest ve posttest sayısal değişkenlerin (grup-içi) kıyaslanmasında parametrik test olarak 'Bağımlı Gruplar T Testi', non-parametrik test olarak ise 'Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi' kullanıldı. Bağımsız gruplarda sayısal değişkenlerin (gruplar-arası) kıyaslanmasında parametrik test olarak 'Student T Testi', non-parametrik test olarak ise 'Mann-Whitney U Testi' kullanıldı [283, 284].

Tek yönlü kovaryans analizi (ANCOVA), iki bağımsız grup (yapılandırılmış fizyoterapi ve geri yokuş inme grubu) arasında bağımlı değişken (posttest değerleri) açısından anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için kullanıldı. ANCOVA varsayımları (bağımlı değişkenin her iki grupta da normal dağılıma sahip olması, gruplar arası varyans homojenitesinin olması, residüellerin normal dağılıma sahip olması, ortak değişken ve bağımlı değişken arasında doğrusal ilişki olması ve regresyon eğrilerinin homojen olması) test edildi. Bağımlı değişkene tedavi sonrası değerleri, bağımsız değişkene gruplama değişkeni, ortak değişkene (co-variare) ise tedavi öncesi değerleri atandı. Analiz sonucu elde edilen partial (kısmi) eta squared (η^2) değerleri etki büyüklüğünün belirlenmesinde kullanıldı [283, 284]. Partial eta squared değerleri $\eta^2 > 0.059$: orta ve $\eta^2 > 0.138$: geniş etki büyüklüğü olarak yorumlandı [285]. Tip 1 hata düzeyinin %5'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Post-hoc güç analizi için G* Power programı (versiyon 3.1.9 Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Almanya) kullanıldı. Geri yürüme grubuna ait enine kesit alanı (cm^2/kg), vaskülarizasyon (color) (%), kas sertliği (kpa), etkilenmiş ekstremitte yürüyüş ve etkilenmiş ekstremitte selektif motor kontrol değişkenlerinin tedavi öncesi ve tedavi sonrası değerleri post-hoc güç analizinde kullanıldı. Alfa'nın istatistiksel anlamlılığı %5 ve örneklem genişliğinin 10 olduğu öncesi-sonrası kıyaslamaların yapıldığı analizler için post-hoc gücün ($1-\beta$) sırasıyla %92.9, %93.5, %92.2, %98,27 ve %94,80 olduğu bulundu [286].



4. BULGULAR



Şekil 4.1. Çalışmaya dahil edilen katılımcıların CONSORT diyagramı

4.1. Grupların Demografik Özellikleri ve Tıbbi Hikayeleri

Çalışmaya 9'u YF grubuna, 8'i ise GYİ grubuna olmak üzere toplamda 17 katılımcı çocuk dahil edildi. Çocukların tümünün 6 hafta boyunca toplamda 18 seansa katılımları çıkartmalı çizelgelerinden takip edilerek kesin olarak sağlandı. Gruplardaki çocukların demografik özellikleri ve tıbbi hikayeleri açısından gruplar arasında istatistiksel fark yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Grupların demografik özellikleri

		Geri Yokuş İnme (GYİ) grubu		Yapılandırılmış Fizyoterapi (YF) grubu		p ^a
		n	%	n	%	
Cinsiyet	Kız	4	50,0	2	22,2	0.335
	Erkek	4	50,0	7	77,8	
KMFSS	Seviye I	7	87,5	8	88,9	1.000
	Seviye II	1	12,5	1	11,1	
Etkilenim tipi	Unilateral	6	75,0	7	77,8	1.000
	Bilateral	2	25,0	2	22,2	
Etkilenmiş ekstremiteler sayısı	Etkilenmiş	10	66,7	11	57,9	0.601
	Az etkilenmiş	6	46,15	7	53,84	
BoNT enjeksiyonu öyküsü	Var	3	37,5	6	66,7	0.347
	Yok	5	62,5	3	33,3	
Önceki BoNT enjeksiyonu sayısı	0	5	62,5	3	33,3	0.667
	1	2	25,0	3	33,3	
	2	1	12,5	1	11,1	
	3	0	0	2	22,2	
Müdahale süresince ortez kullanımı	Evet	6	75,0	7	77,8	1.000
	Hayır	2	25,0	2	22,2	
		Geri Yokuş İnme (GYİ) grubu		Yapılandırılmış Fizyoterapi (YF) grubu		p ^b
		Ortanca (IQR)		Ortanca (IQR)		
Yaş (yıl)		5,75 (5,5-6,50)		6,5 (6,0-6,5)		0.182
Bir önceki BoNT enjeksiyonu üzerinden geçen süre (yıl)		3 (1-3)		3 (2-4)		0.593
Seanslara katılım oranı x/18		18/18		18/18		1.000

p^a: Ki kare ya da Fisher exact testi, p^b: Mann Whitney U testi, Anlamlılık düzeyi: p<0.05, KMFSS: Kaba Motor Fonksiyon Sınıflandırma Sistemi, BoNT: Botulinum toksin, IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık)

4.2. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Alt Ekstremiteler Kas Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması

Gruplardaki çocukların tedavi öncesinde etkilenmiş ekstremiteler dorsifleksiyon, diz fleksiyon, diz ekstansiyon ve kalça fleksiyonu kas kuvveti değerleri arasında GYİ grubu lehine

istatistiksel olarak anlamlı fark varken ($p<0.05$, Çizelge 4.2.), diğer kuvvet ölçümlerinde ve az etkilenmiş ekstremitelerde verilerinde istatistiksel olarak benzerlik vardı ($p>0.05$, Çizelge 4.4.).

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi sonrasında YF grubunun etkilenmiş ekstremitelerde dorsifleksiyon, diz fleksiyon ve diz ekstansiyon kas kuvveti değerleri tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı artarken ($p<0.05$, Çizelge 4.2.) az etkilenmiş ekstremitelerde kas kuvveti değerlerinde anlamlı fark yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.4.). GYİ grubunun tedavi sonrasında etkilenmiş ekstremitelerde dorsifleksiyon ve kalça abduksiyon kas kuvveti değerlerinde tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış varken ($p<0.05$, Çizelge 4.2.), az etkilenmiş ekstremitelerde yalnızca diz ekstansiyon kuvvetinde anlamlı fark yoktu ($p<0.05$, Çizelge 4.4.).

YF ve GYİ gruplarına uygulanan tedavilerin etkilenmiş ve az etkilenmiş ekstremitelerde kas kuvveti değerleri için istatistiksel anlamlılık bazında birbirine üstünlüğü yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.3., Çizelge 4.4.) ancak GYİ eğitiminin etkilenmiş ekstremitelerde kalça ekstansiyon ve addüksiyonda orta ($\eta^2>0.059$), kalça abduksiyonunda ise yüksek etki büyüklüğüne ($\eta^2>0.138$) sahip olduğu bulunmuştur ki bu kas kuvvetini arttırmada GYİ'nin YF'ye üstün olduğunu gösterir (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.2. Grupların etkilenmiş alt ekstremitte kas kuvvetinin tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

		GYİ grubu (n=10)			YF grubu (n=11)		
		Tedavi öncesi Ortalama+SS	Tedavi sonrası Ortalama+SS	P	Tedavi öncesi Ortalama+SS	Tedavi sonrası Ortalama+SS	P
Etkilenmiş ekstremitte kas kuvveti (N)	Dorsifleksiyon	62,23±20,52*	76,39±24,08	0.014	27,85±17,77*	51,19±17,6	<0.001
	Plantar fleksiyon	113,71±34,95	132,05±41,91	0.062	89,05±29,38	104,33±45,88	0.123
	Diz fleksiyon	65,56±20,53*	73,96±19,02	0.185	43,79±15,06*	57,74±17,26	0.017
	Diz ekstansiyon	101,19±22,77*	112,53±22,25	0.145	80,25±19,74*	93,85±29,53	0.049
	Kalça fleksiyon	86,02±17,84*	90,97±22,35	0.490	69,32±14,13*	80,17±27,95	0.089
	Kalça ekstansiyon	84,71±34,61	96,28±25,81	0.142	56,73±45,13	61,19±43,85	0.379
	Kalça abduksiyon	82,9±19,22	101,96±24,51	0.037	73,8±22,43	82,72±16,94	0.107
	Kalça addüksiyon	64,82±27,23	85,51±33,47	0.059	61,43±21,44	69,27±18,03	0.282

*: Student t testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler, p: Eşleştirilmiş t testi, Anlamlılık düzeyi: p<0.05, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SS: Standart sapma

Çizelge 4.3. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremita kas kuvveti üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması

		GYİ grubu (n=10)	YF grubu (n=11)	ANCOVA		
		Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	F _{1,18}	p	Partial η ²
Etkilenmiş ekstremita kas kuvveti (N)	Dorsifleksiyon	61,49±5,38	64,73±5,06	0.147	0.706	0.008
	Plantar fleksiyon	118,63±9,72	116,51±9,24	0.023	0.881	0.001
	Diz fleksiyon	67,75±5,47	63,38±5,17	0.288	0.598	0.016
	Diz ekstansiyon	104,11±7,18	101,49±6,80	0.063	0.805	0.003
	Kalça fleksiyon	9,03±0,37	9,24±0,35	0.150	0.703	0.008
	Kalça ekstansiyon	8,85±0,58	7,66±0,55	2.055	0.169	0.102^a
	Kalça abduksiyon	99,57±5,93	84,88±5,65	3.128	0.094	0.148^b
	Kalça addüksiyon	9,06±0,41	8,29±0,39	1.827	0.193	0.092^a

ANCOVA p-değeri tedaviler arasındaki farkı ifade eder. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$, Bağımlı değişkene tedavi sonrası değerleri, bağımsız değişkene gruplama değişkeni, ortak değişkene ise tedavi öncesi değerleri atandı. Partial η^2 : orta etki büyüklüğü için $>0,059$ (a) ve geniş etki büyüklüğü için $>0,138$ (b) sınırları kullanıldı. SH: Standart Hata. YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme

Çizelge 4.4. Grupların az etkilenmiş alt ekstremitte kas kuvvetinin tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

Az etkilenmiş ekstremitte	GYİ grubu (n=6)				YF grubu (n=7)				p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	
Dorsifleksiyon	86,8 (80,9-107,3)	97,95 (92,2-114,4)	19 (8,8-24,2)	0.075	87 (74,3-113,7)	92,8 (87-104,6)	0,5 (-9,1-12,7)	0.237	0.295
Plantar fleksiyon	121,5 (90,9-140,1)	121,25 (112,2-140,7)	1,3 (-0,1-19,5)	0.345	92,3 (83-132,3)	106 (91,3-130,1)	5,3 (-0,2-23)	0.063	0.534
Diz fleksiyon	75,15 (65,6-84,8)	92,45 (76,8-110,1)	11,3 (1,5-36,5)	0.075	64,3 (50,7-76,2)	76,1 (61,1-101,4)	19,9 (-3,2-32,5)	0.063	0.945
Diz ekstansiyon	111,65 (101,2-121,1)	120,45 (117-138,2)	16,45 (15-17,9)	0.046	100,3 (88,5-109,9)	116,2 (98,2-146,9)	28,5 (-2,1-33,2)	0.091	0.534
Kalça fleksiyon	85,1 (80,6-91,1)	88,8 (83-103,3)	7,45 (2,4-18)	0.173	73,9 (66,6-87,2)	95,3 (72,6-102,7)	22,1 (-1,8-29,3)	0.091	0.628
Kalça ekstansiyon	108,65 (99,5-178,3)	107,1 (92,1-116,8)	-17,2 (-37,5--0,4)	0.116	89,2 (42,2-104,7)	98,9 (45,6-122,3)	3,9 (0-9,7)	0.116	0.073
Kalça abduksiyon	94,9 (73,8-100,8)	98,65 (90,7-127,9)	22,25 (-6,5-35,3)	0.249	87 (72-102,8)	105,9 (75,7-112,4)	3,7 (-0,5-30,2)	0.128	0.836
Kalça addüksiyon	87,7 (78,3-91,3)	83 (78,7-103,8)	7,8 (-12,1-21,2)	0.249	71,6 (52,7-77)	62,1 (50,6-96,4)	2,6 (-9,5-19,4)	0.866	1.000

^a: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, ^b: Mann-Whitney U-testi, Δ: değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi p<0.05, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi
GYİ: Geri Yokuş İnme , IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık)

4.3. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Alt Ekstremitte Eklem Hareket Açıklığı Değerlerinin Karşılaştırılması

Gruplardaki çocukların tedavi öncesinde etkilenmiş ekstremitte dorsifleksiyon değerleri ile az etkilenmiş ekstremitte diz ekstansiyondayken pasif dorsifleksiyon dışındaki dorsifleksiyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü ($p<0.05$, Çizelge 4.5, Çizelge 4.7.). Diz ve kalça eklem hareket açıklığı değerlerinde her iki ekstremitte için gruplar benzerdi ($p>0.05$, Çizelge 4.5., Çizelge 4.7.).

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi sonrasında YF grubunun etkilenmiş ekstremitte diz ekstansiyonda aktif dorsifleksiyon dışındaki dorsifleksiyon eklem hareket açıklığı değerleri tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış gösterirken ($p<0.05$, Çizelge 4.5.) az etkilenmiş ekstremitede eklem hareket açıklığı değerlerinde anlamlı bir fark görülmemiştir ($p>0.05$, Çizelge 4.7.). GYİ grubunun da tedavi sonrasında etkilenmiş ekstremitte dorsifleksiyon eklem hareket açıklığı değerlerinde tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış vardı ($p<0.05$, Çizelge 4.5.), az etkilenmiş ekstremitede ise tedavi öncesine göre herhangi bir fark yoktu ($p<0.05$, Çizelge 4.5.).

YF ve GYİ gruplarına uygulanan tedavilerin etkilenmiş ve az etkilenmiş ekstremitte eklem hareket açıklığı değerleri için istatistiksel anlamlılık bazında birbirine üstünlüğü görülmemiştir ($p>0.05$, Çizelge 4.6., Çizelge 4.7.) ancak GYİ eğitiminin etkilenmiş ekstremitte kalça ekstansiyon eklem hareket açıklığında orta ($\eta^2>0.059$), diz ekstansiyondayken aktif dorsifleksiyon eklem hareket açıklığında ise yüksek etki büyüklüğüne ($\eta^2>0.138$) sahip olduğu bulunmuştur ki bu eklem hareket açıklığını arttırmada GYİ'nin YF'ye üstün olduğunu gösterir (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.5. Grupların etkilenmiş alt ekstremitte eklem hareket açıklığının tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

		GYİ grubu (n=10)			YF grubu (n=11)		
		Tedavi öncesi Ortalama±SS	Tedavi sonrası Ortalama±SS	P	Tedavi öncesi Ortalama±SS	Tedavi sonrası Ortalama±SS	P
Etkilenmiş ekstremitte EHA (°)	DF (diz ekstansiyonda-A)	-5,8±10,2*	-2±9,09	0.021	-26,55±11,08*	-23,82±9,56	0.241
	DF (diz ekstansiyonda-P)	7,3±5,62*	12,4±4,65	0.005	-2,55±7,72*	2,55±10,3	0.035
	DF (Diz fleksiyonda-A)	1,1±5,95*	4,5±5,36	0.005	-19,45±8,12*	-12,73±8,13	0.023
	DF (Diz fleksiyonda-P)	12±6,32*	14,9±5,84	0.018	4,82±5,65*	8,27±7,16	0.031
	PF	58,4±2,46	57,6±4,5	0.107	57±6,74	58,18±3,74	0.109
	Popliteal aç	35,8±10,21	33,8±12,59	0.314	39,45±10,51	38,27±9,83	0.826
	Diz fleksiyon	141,3±5,29	142,5±5,36	0.426	135,09±9,48	138,18±6,55	0.073
	Kalça fleksiyon	127,3±7,07	130,2±5,98	0.793	126,18±6,08	128,45±4,48	0.778
	Kalça ekstansiyon	16,8±3,99	18,2±3,05	0.363	15,27±3,64	15,82±3,57	0.677
	Kalça abduksiyon	30,5±4,35	31,5±5,58	0.771	27,82±12,33	27,91±8,09	0.600
	Kalça addüksiyon	21,3±2,98	21,1±2,23	0.102	17,82±5,08	19,91±2,91	0.569

*: Student t testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler, p: Eşleştirilmiş t testi, Anlamlılık düzeyi: p<0.05, EHA: Eklem Hareket Açıklığı
DF: Dorsifleksiyon, PF: Plantar Fleksiyon, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SS: Standart sapma, A: Aktif, P: Pasif

Çizelge 4.6. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremitte eklem hareket açıklığı üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması

		GYİ grubu (n=10)	YF grubu (n=11)	ANCOVA		
		Adj. Tedavi Sonrası Ortalama±SH	Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	F _{1,18}	p	Partial η ²
Etkilenmiş ekstremitte EHA (°)	DF (diz ekstansiyonda-A)	-9,860±2,126	-16,672±1,994	4.070	0.059	0.184^b
	DF (diz ekstansiyonda-P)	8,044±2,129	6,506±2,008	0.226	0.640	0.012
	DF (Diz fleksiyonda-A)	-1,743±2,677	-7,052±2,488	1.380	0.255	0.071
	DF (Diz fleksiyonda-P)	7,907±2,108	11,084±1,994	1.028	0.324	0.054
	PF	0,719±0,086	0,679±0,082	0.113	0.741	0.006
	Popliteal açı	35,663±1,610	36,579±1,534	0.167	0.687	0.009
	Diz fleksiyon	3,124±0,206	3,147±0,196	0.006	0.939	0.000
	Kalça fleksiyon	129,787±0,798	128,830±0,761	0.75	0.398	0.040
	Kalça ekstansiyon	17,666±0,709	16,303±0,676	1.895	0.186	0.095^a
	Kalça abduksiyon	30,655±1,350	28,677±1,287	1.113	0.305	0.058
	Kalça addüksiyon	20,401±0,699	20,545±0,664	0,021	0,887	0,001

ANCOVA p-değeri tedaviler arasındaki farkı ifade eder. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$, Bağımlı değişkene tedavi sonrası değerleri, bağımsız değişkene gruplama değişkeni, ortak değişkene ise tedavi öncesi değerleri atandı. Partial η²: orta etki büyüklüğü için $> 0,059$ (a) ve geniş etki büyüklüğü için $> 0,138$ (b) sınırları kullanıldı. SH: Standart Hata.

DF: Dorsifleksiyon, PF: Plantar Fleksiyon, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, EHA: Eklem Hareket Açıklığı, A: Aktif, P: Pasif.

Çizelge 4.7. Grupların az etkilenmiş alt ekstremitte eklem hareket açıklığının tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

Az etkilenmiş ekstremitte	GYİ grubu (n=6)				YF grubu (n=7)				p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	
DF (diz ekstansiyonda-A)	10 (10-19)*	12 (10-15)	1 (0-3)	0.496	7 (5-9)*	7 (7-13)	0 (0-4)	0.141	0.836
DF (diz ekstansiyonda-P)	19,5 (15-22)	19 (19-22)	1,5 (0-3)	0.141	15 (10-17)	13 (11-19)	1 (0-2)	0.414	0.836
DF (Diz fleksiyonda-A)	21 (18-23)*	20 (17-25)	0 (-1-1)	0.705	10 (8-17)*	10 (8-17)	0 (0-1)	0.102	0.534
DF (Diz fleksiyonda-P)	24,5 (23-27)*	25 (22-30)	0 (-1-1)	0.705	15 (11-21)*	17 (12-23)	2 (0-2)	0.059	0.295
PF	60 (60-61)	60 (60-61)	0 (-1-0)	1.000	59 (50-61)	60 (50-61)	1 (0-2)	0.102	0.234
Popliteal aç	38 (25-40)	35 (30-39)	-2,5 (-5-0)	0.416	32 (30-40)	37 (30-40)	0 (-2-2)	0.854	0.234
Diz fleksiyon	144 (142-147)	146 (142-148)	1,5 (1-3)	0.071	135 (120-145)	144 (125-145)	2 (0-6)	0.056	0.534
Kalça fleksiyon	129 (125-132)	131 (130-137)	1,5 (0-5)	0.104	130 (119-135)	130 (125-132)	3 (-5-10)	0.352	1.000
Kalça ekstansiyon	18 (15-20)	18 (15-20)	0 (0-0)	0.317	15 (13-20)	15 (13-20)	0 (0-2)	0.414	0.945
Kalça abduksiyon	31 (31-32)	34 (32-39)	2 (0-3)	0.136	29 (26-40)	31 (28-37)	2 (-3-4)	0.498	0.836
Kalça addüksiyon	21 (20-25)	22 (21-23)	0,5 (-2-1)	1.000	20 (12-28)	20 (19-22)	1 (-3-3)	0.671	0.628

*: Mann whitney u testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler

p^a: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, p^b: Mann-Whitney U-testi, Δ: değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi p<0.05, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi
GYİ: Geri Yokuş İnme, DF: Dorsifleksiyon, PF: Plantar Fleksiyon, EHA: Eklem hareket açıklığı, A: Aktif, P: Pasif, IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık)

4.4. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Plantar Fleksör Spastisite Değerlerinin Karşılaştırılması

Gruplardaki çocukların tedavi öncesinde etkilenmiş ekstremitede R2 dorsifleksiyon değerleri (yavaş ölçüm) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark varken ($p<0.05$), R1 dorsifleksiyon (hızlı) ve R1-R2 fark değerleri benzerdi ($p>0.05$, Çizelge 4.8.). Az etkilenmiş ekstremitede plantar fleksör spastisite değerleri tedavi öncesinde benzerdi ($p>0.05$, Çizelge 4.10.).

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi sonrasında her iki grubun da etkilenmiş ekstremitede R2 dorsifleksiyon (yavaş ölçüm) değerleri tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiştir ($p<0.05$, Çizelge 4.8.). Az etkilenmiş ekstremitede değerlerinde tedavi öncesi ve sonrası arasında fark yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.10.).

YF ve GYİ gruplarına uygulanan tedavilerin etkilenmiş ve az etkilenmiş ekstremitede için plantar fleksör spastisitesi değerlerini değiştirmede istatistiksel anlamlılık bazında birbirine üstünlüğü yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.9., Çizelge 4.10.) ancak GYİ eğitiminin etkilenmiş ekstremitede R1 dorsifleksiyon (hızlı ölçüm) değerinde orta etki büyüklüğüne ($\eta^2>0.059$) sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.8. Grupların etkilenmiş alt ekstremitede plantar fleksör spastisitesi tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

		GYİ grubu (n=10)			YF grubu (n=11)		
		Tedavi öncesi Ortalama $\pm$ S	Tedavi sonrası Ortalama $\pm$ S	p	Tedavi öncesi Ortalama $\pm$ SS	Tedavi sonrası Ortalama $\pm$ SS	p
Etkilenmiş ekstremitede plantar fleksör spastisite (°)	R1 (hızlı)	-3,11 $\pm$ 4,62	1,33 $\pm$ 6,22	0.090	-6,82 $\pm$ 5,95	-4,64 $\pm$ 5,48	0.057
	R2 (yavaş)	7,11 $\pm$ 5,93*	12,67 $\pm$ 4,85	0.005	-0,18 $\pm$ 7,85*	4,45 $\pm$ 8,58	0.006
	R1-R2 fark	10,22 $\pm$ 4,68	11,33 $\pm$ 6,91	0.707	7,55 $\pm$ 4,57	9,45 $\pm$ 6,15	0.159

*: Student t testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler, p: Eşleştirilmiş t testi, Anlamlılık düzeyi: $p<0.05$, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SS: Standart Sapma

Çizelge 4.9. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremitte plantar fleksör spastisitesi üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması

		GYİ grubu (n=10)	YF grubu (n=11)	ANCOVA		
		Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	F _{1,18}	p	Partial η ²
Etkilenmiş ekstremitte plantar fleksör spastisite (°)	R1 (hızlı)	0,091±1,706	-3,620±1,534	2.467	0.135	0.127 ^a
	R2 (yavaş)	9,377±1,563	7,146±1,396	1.006	0.330	0.056
	R1-R2 fark	10,592±2,134	10,061±1,922	0.033	0.859	0.002

ANCOVA p-değeri tedaviler arasındaki farkı ifade eder. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$, Bağımlı değişkene tedavi sonrası değerleri, bağımsız değişkene gruplama değişkeni, ortak değişkene ise tedavi öncesi değerleri atandı. Partial η²: orta etki büyüklüğü için > 0.059 (a) ve geniş etki büyüklüğü için > 0.138 (b) sınırları kullanıldı. YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SH: Standart Hata.

Çizelge 4.10. Grupların az etkilenmiş alt ekstremitte plantar fleksör spastisitesi tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

Az etkilenmiş ekstremitte plantar fleksör spastisite	GYİ grubu (n=6)				YF grubu (n=7)				p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	
R1 (hızlı)	19,5 (5-22)	19 (12-22)	0 (0-3)	0.285	11 (7-17)	13 (11-19)	2 (0-4)	0.052	0.445
R2 (yavaş)	19,5 (15-22)	19 (15-22)	0 (0-3)	0.276	15 (10-17)	13 (11-19)	1 (0-2)	0.414	0.836
R1-R2 farkı	0 (0-6)	0 (0-2)	0 (0-0)	0.317	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.317	1.000

p^a: Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi, p^b: Mann-Whitney U-testi, Δ: değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi

GYİ: Geri Yokuş İnme, IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık)

4.5. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Alt Ekstremitte Selektif Motor Kontrol Değerlerinin Karşılaştırılması

Gruplardaki çocukların müdahale öncesinde etkilenmiş ekstremitte selektif motor kontrol değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardı ($p < 0.05$, Çizelge 4.11.) ancak az etkilenmiş ekstremitte skorları benzerdi ($p > 0.05$, Çizelge 4.13.).

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi sonrasında her iki grupta da etkilenmiş ekstremitte selektif motor kontrol değerleri tedavi öncesi ile benzerdi ($p > 0.05$, Çizelge 4.11.). Az etkilenmiş ekstremitte de tedavi sonrası selektif motor kontrol değerleri tedavi öncesi ile benzerdi ($p > 0.05$, Çizelge 4.13.).

YF ve GYİ gruplarına uygulanan tedavilerin etkilenmiş ve az etkilenmiş ekstremiteler için selektif motor kontrol değerlerini değiştirmede birbirine üstünlüğü yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.12., Çizelge 4.13.).

Çizelge 4.11. Grupların etkilenmiş alt ekstremiteler selektif motor kontrol tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

	GYİ grubu (n=10)			YF grubu (n=11)		
	Tedavi öncesi Ortalama±SS	Tedavi sonrası Ortalama±SS	p	Tedavi öncesi Ortalama±SS	Tedavi sonrası Ortalama±SS	p
Etkilenmiş ekstremiteler selektif motor kontrol	7,40±0,97*	7,80±1,55	0.223	5,00±1,00*	6,00±2,24	0.128

*: Student t testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler, p: Eşleştirilmiş t testi, Anlamlılık düzeyi: $p<0.05$, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SS: Standart Sapma

Çizelge 4.12. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremiteler selektif motor kontrolü üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması

	GYİ grubu (n=10)	YF grubu (n=11)	ANCOVA		
	Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	F _{1,18}	p	Partial η^2
Etkilenmiş ekstremiteler selektif motor kontrol	6,379±0,705	7,292±0,658	0.619	0.442	0.033

ANCOVA p-değeri tedaviler arasındaki farkı ifade eder. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$, Bağımlı değişkene tedavi sonrası değerleri, bağımsız değişkene gruplama değişkeni, ortak değişkene ise tedavi öncesi değerleri atandı. Partial η^2 : orta etki büyüklüğü için $> 0,059$ ve geniş etki büyüklüğü için $> 0,138$ sınırları kullanıldı. YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SH: Standart Hata.

Çizelge 4.13. Grupların az etkilenmiş alt ekstremiteler selektif motor kontrol tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

	GYİ grubu (n=6)				YF grubu (n=7)			p ^a	p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)		
Az etkilenmiş ekstremiteler selektif motor kontrol	10 (10-10)	10 (9-10)	0 (0-0)	0.317	10 (9-10)	10 (9-10)	0 (0-0)	0.317	0.945

p^a: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, p^b: Mann-Whitney U-testi, Δ : değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi $p<0.05$, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi GYİ: Geri Yokuş İnme, IQR: IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık)

4.6. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Yürüyüş Değerlerinin Karşılaştırılması

Gruplardaki çocukların tedavi öncesinde EGYS'ye ait ayak bileği, ayak ve total yürüyüş puanları her iki ekstremitte için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklıydı ($p<0.05$). Gövde, pelvis, kalça ve dize ait alt puanlar her iki ekstremitte için tedavi öncesinde gruplar arası karşılaştırmada benzerdi ($p>0.05$, Çizelge 4.14, Çizelge 4.16., Çizelge 4.17.).

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi sonrasında her iki grupta da etkilenmiş ekstremitte EGYS toplam değerleri tedavi öncesine göre istatistiksel olarak iyileşti ($p<0.05$, Çizelge 4.14.). GYİ grubunun etkilenmiş ekstremitte EGYS'ye ait kalça alt skorları tedavi sonrasında tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde iyileşti ($p<0.05$, Çizelge 4.16.). YF grubunda ise tedavi sonrasında etkilenmiş ekstremitenin EGYS'ye ait alt parametrelerden hiçbirinde tedavi öncesine göre anlamlı fark yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.16.). Az etkilenmiş ekstremitte de her iki grupta da tedavi sonrası EGYS alt değerleri tedavi öncesi ile benzerdi ($p>0.05$, Çizelge 4.17.).

YF ve GYİ gruplarına uygulanan tedavilerin etkilenmiş ekstremitte için EGYS total puanlarını değiştirmede istatistiksel anlamlılık bazında birbirine üstünlüğü yoktu ($p>0.05$) ancak GYİ eğitiminin etkilenmiş ekstremitte EGYS toplam değerinde yüksek etki büyüklüğüne ($\eta^2>0.138$) sahip olduğu görüldü (Çizelge 4.15.). Ek olarak, etkilenmiş ekstremitte EGYS'ye ait kalça alt skorunu iyileştirmede GYİ grubuna uygulanan tedavinin daha etkili olduğu görüldü ($p<0.05$, Çizelge 4.16.). Az etkilenmiş ekstremitte için ise hiçbir yürüyüş puanında YF ve GYİ gruplarına uygulanan tedavilerinin birbirine yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.14. Grupların etkilenmiş alt ekstremitte tedavi öncesi ve sonrası EGYS değerlerinin karşılaştırılması

Etkilenmiş taraf EGYS	GYİ grubu (n=10)			YF grubu (n=11)		
	Tedavi öncesi Ortalama±SS	Tedavi sonrası Ortalama±SS	P	Tedavi öncesi Ortalama±SS	Tedavi sonrası Ortalama±SS	P
Toplam Skor	7,67±2,29*	5,10±1,97	0.005	11,36±3,11*	9,27±2,76	0.018

*: Student t testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler, p: Eşleştirilmiş t testi, Anlamlılık düzeyi: $p<0.05$, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SS: Standart Sapma

EGYS: Edinburgh Gözlemsel Yürüyüş Skalası

Çizelge 4.15. Gruplara uygulanan tedavilerin etkilenmiş alt ekstremitte EGYS skorları üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması

	GYİ grubu (n=10)	YF grubu (n=11)	ANCOVA		
Etkilenmiş taraf EGYS Toplam Skor	Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	F _{1,18}	p	Partial η ²
	6,259±0,745	8,333±0,661	3.635	0.074	0.176 ^b

ANCOVA p-değeri tedaviler arasındaki farkı ifade eder. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$, Bağımlı değişkene tedavi sonrası değerleri, bağımsız değişkene gruplama değişkeni, ortak değişkene ise tedavi öncesi değerleri atandı. Partial η^2 : orta etki büyüklüğü için > 0.059 (a) ve geniş etki büyüklüğü için > 0.138 (b) sınırları kullanıldı. YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SH: Standart Hata, EGYS: Edinburgh Gözlemsel Yürüyüş Skalası

Çizelge 4.16. Grupların etkilenmiş taraf EGYS alt skorlarının tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırılması

Etkilenmiş taraf EGYS alt skorları	GYİ grubu (n=10)				YF grubu (n=11)				p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	
Gövde	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.564	0 (0-1)	0 (0-2)	0 (-1-0)	0.414	0.824
Pelvis	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.564	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.414	1.000
Kalça	1 (0-2)	0 (0-1)	-1 (-1-0)	0.023	0 (0-1)	0 (0-2)	0 (0-0)	0.564	0.012
Diz	2 (1-2)	1,5 (1-2)	0 (-1-0)	0.129	3 (2-3)	2 (1-2)	-1 (-2-0)	0.052	0.603
Ayak bileği	2 (2-3)*	1,5 (1-2)	-1 (-1-0)	0.096	3 (3-4)*	3 (2-5)	0 (-1-1)	0.490	0.503
Ayak	1 (1-2)*	1 (1-2)	0 (0-0)	0.180	3 (2-4)*	3 (2-3)	0 (-1-1)	0.558	1.000

*: Mann whitney u testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler: p^a: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, p^b: Mann-Whitney U-testi, Δ: değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık), EGYS: Edinburgh Gözlemsel Yürüyüş Skalası

Çizelge 4.17. Grupların az etkilenmiş taraf EGYS alt skorlarının tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırılması

Az etkilenmiş taraf EGYS alt skorları	GYİ grubu (n=6)				YF grubu (n=7)				p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	
Gövde	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.317	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (-1-0)	0.157	0.876
Pelvis	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	1.000	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	1.000	1.000
Kalça	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.317	1 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0.317	0.432
Diz	2 (1-2)	1,5 (0-2)	-1 (-1-0)	0.083	2 (1-3)	1 (0-2)	-1 (-2-1)	0.453	1.000
Ayak bileği	0 (0-0)*	0 (0-1)	0 (0-0)	0.317	1 (1-2)*	1 (1-2)	0 (0-0)	0.317	0.432
Ayak	0 (0-1)*	0 (0-1)	0 (0-0)	1.000	2 (1-2)*	1 (0-1)	-1 (-2-0)	0.063	0.106
Toplam	2 (2-4)*	1,5 (1-3)	-1 (-1-0)	0.083	6 (5-7)*	5 (3-5)	-1 (-4-0)	0.066	0.530

*: Mann whitney u testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler: p^a: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, p^b: Mann-Whitney U-testi, Δ: değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık), EGYS: Edinburgh Gözlemsel Yürüyüş Skalası

4.7. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Gastroknemius Kas Morfolojisi Değerlerinin karşılaştırılması

Gruplardaki çocukların tedavi öncesinde etkilenmiş ekstremiteleri için BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastroknemius kas sertliği değerlerinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardı ($p<0.05$, Çizelge 4.18.) ancak az etkilenmiş ekstremitelerde gruplar arasında istatistiksel fark yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.20.).

Grup içi karşılaştırmalarda tedavi sonrasında YF grubunun BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastroknemius kası enine kesit alanı, kas kalınlığı, fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı değerleri tedavi öncesine göre istatistiksel olarak arttı ($p<0.05$, Çizelge 4.18.). YF grubunda BoNT-A enjeksiyonu yapılmamış gastroknemius kasında ise kas kalınlığı ve pennasyon açısı değerleri tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttı ($p<0.05$, Çizelge 4.20.).

GYİ grubunda tedavi sonrasında BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastroknemius kasının enine kesit alanı, fasikül uzunluğu, vaskülarizasyon ve kas sertliği değerlerinde tedavi öncesine göre istatistiksel olarak arttı ($p<0.05$, Çizelge 4.18). GYİ grubunda BoNT-A enjeksiyonu yapılmamış gastroknemius kasında ise enine kesit alanı değerlerinde tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış vardı ($p<0.05$, Çizelge 4.20.).

Tedaviler karşılaştırıldığında, YF grubuna uygulanan tedavinin BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastroknemius kası pennasyon açısını arttırmada GYİ grubuna uygulanan tedaviye göre üstün olduğu görüldü ($p<0.05$, Çizelge 4.19.), GYİ eğitiminin ise BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastroknemius kası vaskülarizasyon değerinde yüksek etki büyüklüğüne ($\eta^2>0.138$) sahip olduğu görüldü (Çizelge 4.19.). Ek olarak BoNT-A enjeksiyonu yapılmamış gastroknemius değerlerini değiştirmede ise gruplara uygulanan tedavilerin birbirlerine üstünlükleri yoktu ($p>0.05$, Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.18. Grupların BoNT-A yapılmış gastroknemius kas morfolojisi tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

		GYİ grubu (n=10)			YF grubu (n=11)		
		Tedavi öncesi Ortalama±SS	Tedavi sonrası Ortalama±SS	p	Tedavi öncesi Ortalama±SS	Tedavi sonrası Ortalama±SS	p
BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastroknemius kasi	Enine kesit alanı (cm ² /kg)	3,95±0,6	4,52±0,87	0.008	4,06±0,66	4,71±0,73	0.004
	Kas kalınlığı (mm)	9,59±0,89	10,2±1,59	0.074	9,78±0,93	10,8±1,09	0.004
	Fasikül uzunluğu (mm)	23,3±3,2	26,66±4,71	0.037	25,5±2,8	27,05±2,24	0.037
	Pennasyon açısı (°)	23,8±2,5	23,6±2,07	0.719	23,36±1,36	25,27±2	0.008
	Vaskülarizasyon (color) (%) ^x	0,2±0,1	0,39±0,22	0.005	0,2±0,1	0,31±0,21	0.192
	Kas sertliği (kPa) ^x	15,32±2,9*	20,9±5,87	0.009	21,74±8,17*	20,95±5,05	0.743

^x: logaritmik dönüşüm uygulanan değişkenleri gösterir. *: Student t testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler, p: Eşleştirilmiş t testi, Anlamlılık düzeyi: p<0.05, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, SS: Standart Sapma, BoNT-A: Botulinum toksin A

Çizelge 4.19. Gruplara uygulanan tedavilerin BoNT-A yapılmış gastroknemius kas morfolojisi üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması

		GYİ grubu (n=10)	YF grubu (n=11)	ANCOVA		
		Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	Adj. Tedavi sonrası Ortalama±SH	F _{1,18}	p	Partial η ²
BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastroknemius	Enine kesit alanı (cm ² /kg)	4,569±0,182	4,669±0,173	0.159	0.695	0.009
	Kas kalınlığı (mm)	10,308±0,300	10,701±0,286	0.893	0.357	0.047
	Fasikül uzunluğu (mm)	27,375±1,070	26,395±1,016	0.410	0.530	0.022
	Pennasyon açısı (°)	23,462±0,536	25,398±0,511	6.798	0.018	0.274 ^b
	Vaskülarizasyon (color) (%) ^x	-0,432±0,073	-0,627±0,070	3.594	0.074	0.166 ^b
	Kas sertliği (kPa) ^x	1,325±0,036	1,292±0,034	0.400	0.535	0.022

^x: logaritmik dönüşüm uygulanan değişkenleri gösterir. Anlamlılık düzeyi p<0.05 ANCOVA p-değeri tedaviler arasındaki farkı ifade eder. Bağımlı değişkene tedavi sonrası değerleri, bağımsız değişkene gruplama değişkeni, ortak değişkene ise tedavi öncesi değerleri atandı. Partial η²: orta etki büyüklüğü için > 0.059 (a) ve geniş etki büyüklüğü için > 0.138 (b) sınırları kullanıldı. SH: Standart Hata, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi, GYİ: Geri Yokuş İnme, BoNT-A: Botulinum toksin A

Çizelge 4.20. Grupların BoNT-A yapılmamış gastroknemius kas morfolojisi tedavi öncesi ve sonrası değerlerinin karşılaştırılması

BoNT-A enjeksiyonu yapılmamış gastroknemius kası	GYİ grubu (n=6)				YF grubu (n=7)				p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ Ortanca (IQR)	p ^a	
Enine kesit alanı (cm ² /kg)	4,16 (4,01-4,73)	4,77 (4,52-5,75)	0,61 (0,28-0,73)	0.046	4,53 (4,38-5,49)	4,79 (4,52-5,71)	-0,01 (-0,22-0,56)	0.672	0.138
Kas kalınlığı (mm)	10,6 (9,5-11,3)	10,85 (9,4-11,7)	0 (-0,2-0,6)	0.672	10,5 (10-10,9)	11,5 (10,6-12)	0,6 (0,1-1,8)	0.034	0.101
Fasikül uzunluğu (mm)	26,3 (25,2-29)	28,2 (25,4-33,4)	1,05 (0,1-3,9)	0.116	27,2 (25,9-29,3)	30 (28,4-31,9)	1,4 (0,9-5,3)	0.090	0.731
Pennasyon açısı (°)	24 (22-24)	22,25 (21-24)	-1,5 (-3-3)	0.891	23 (22-24)	25 (24-26)	3 (1-4)	0.034	0.181
Vaskülarizasyon (color) (%)	0,2 (0,1-0,4)	0,45 (0,1-0,7)	0,15 (0-0,4)	0.109	0,2 (0,2-0,2)	0,3 (0,1-0,6)	0,1 (-0,1-0,4)	0.263	0.534
Kas sertliği (kPa)	22,35 (18,7-26,2)	21,4 (19-22,8)	1,35 (-4,8-5,1)	0.893	17,6 (13,4-24,5)	17,9 (13,2-22,7)	1,38 (-0,3-7,6)	0.352	0.731

*: Mann whitney u testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler; p^a: Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi, p^b: Mann-Whitney U-testi, Δ: değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi p<0.05, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi GYİ: Geri Yokuş İnme, IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık), BoNT-A: Botulinum toksin A

4.8. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Yaşam Kalitesi Puanlarının Karşılaştırılması

Gruplardaki çocukların müdahale öncesinde CHQ-PF50 ile değerlendirilen yaşam kalitesi alt bölümlerinden ağrı ve ebeveyn üzerindeki emosyonel etki alt skorlarında GYİ grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı fark vardı (p<0.05). Ölçeğin diğer 10 alt skoru iki grup için benzer bulundu (p>0.05, Çizelge 4.21.).

YF grubuna uygulanan tedavi sonrasında CHQ-PF50 ile değerlendirilen yaşam kalitesi alt bölümlerinden fiziksel fonksiyon, fiziksel nedene bağlı rol kısıtlılıkları, emosyonel/davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları, öz saygı ve ebeveyn üzerindeki emosyonel etki değerleri tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttı (p<0.05, Çizelge 4.21)

GYİ grubuna uygulanan tedavi sonrasında CHQ-PF50 ile değerlendirilen yaşam kalitesi alt bölümlerinden fiziksel fonksiyon, fiziksel nedene bağlı rol kısıtlılıkları ve

emosyonel/davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları değerleri tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttı ($p<0.05$, Çizelge 4.21).

Tedaviler karşılaştırıldığında, YF grubuna uygulanan tedavinin ebeveyn üzerindeki emosyonel etki değerlerini iyileştirmede GYİ grubuna uygulanan tedaviye göre üstün olduğu görüldü ($p<0.05$, Çizelge 4.21.).

4.9. Grupların Tedavi Öncesi ve Sonrası Günlük Yaşam Aktiviteleri Puanlarının Karşılaştırılması

Çocukların müdahale öncesinde WeeFIM ile değerlendirilen günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık skorları iki grup için benzerdi ($p>0.05$, Çizelge 4.22.)

YF ve GYİ gruplarına uygulanan tedaviler sonrasında grupların WeeFIM ile değerlendirilen günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık skorları tedavi öncesi skorlarla benzerdi ($p>0.05$, Çizelge 4.22).

Tedaviler karşılaştırıldığında, YF ve GYİ gruplarına uygulanan tedavilerin WeeFIM ile değerlendirilen günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık skorlarını değiştirmede birbirlerine üstün olmadıkları görüldü ($p>0.05$, Çizelge 4.22.).

Çizelge 4.21. Grupların tedavi öncesi ve sonrası CHQ-PF50 puanlarının karşılaştırılması

CHQ-PF50	GYİ grubu (n=8)				YF grubu (n=9)				p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ (IQR)	p ^a	
Fiziksel fonksiyon	24,99 (13,89-41,66)	94,44 (75-100)	63,9 (41,67-83,34)	0.012	16,66 (5,55-23,61)	80,21 (55,55-94,44)	66,67 (11,11-88,89)	0.018	0.815
Fiziksel nedene bağlı rol kısıtlılıkları	33,33 (0-50)	100 (66,66-100)	58,34 (24,99-100)	0.035	16,66 (0-16,66)	66,66 (50-100)	50 (33,34-83,34)	0.012	0.963
Ağrı	95* (85-100)	100 (90-100)	0 (0-10)	0.257	70* (40-76,25)	83,75 (60-100)	0 (-10-30)	0.397	1.000
Genel Sağlık	53,75 (47,5-57,92)	57,91 (49,58-71,81)	4,31 (0-13,74)	0.173	50 (39,16-52,39)	51,66 (35-54,39)	-4,16 (-12,5-5)	0.441	0.200
Emosyonel/Davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları	27,78 (0-33,33)	83,32 (72,16-100)	72,16 (38,89-83,33)	0.017	33,33 (27,08-33,33)	66,66 (44,44-73,6)	33,33 (22,22-33,34)	0.011	0.139
Öz saygı	75 (58,33-75)	75 (63-79,16)	2,08 (-2,08-6,75)	0.207	67,19 (58,33-79,16)	75,58 (70,83-83,33)	8,33 (4,17-12,5)	0.018	0.114
Mental sağlık	72,5 (60-77,5)	80 (62,5-90)	7,5 (-10-22,5)	0.292	70 (60-80)	73,44 (65-75)	5 (-5-7,19)	0.321	0.815
Davranış	87,08 (66,25-93,33)	93,33 (80,83-93,33)	4,16 (-4,17-9,59)	0.203	76,56 (55,83-93,33)	85 (76,66-85)	7,87 (0-25,84)	0.080	0.673
Ebeveyn üzerindeki emosyonel etki	87,5* (75-100)	81,25 (68,75-100)	0 (-12,5-6,25)	0.581	62,5* (25-75)	78,13 (62,5-100)	25 (12,5-37,5)	0.011	0.011
Ebeveyn üzerindeki zaman etkisi	72,16 (50-88,88)	66,66 (33,33-88,88)	-11,05 (-27,77-0)	0.345	55,55 (44,44-66,66)	61,1 (33,33-88,88)	0 (-11,11-11)	0.866	0.321
Aile aktiviteleri	70,83 (50-91,66)	64,58 (54,17-81,25)	6,24 (-22,91-12,51)	0.889	69,44 (58,33-77,77)	75 (50-100)	2,17 (0-16,67)	0.128	0.481
Aile uyumu	72,5 (60-92,5)	72,5 (45-85)	0 (-7,5-0)	0.593	75 (60-85)	85 (72,81-85)	0 (-0,62-10)	0.833	0.743

*: Mann whitney u testi ile karşılaştırılan gruplar arası tedavi öncesi fark gösteren değerler p^a: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, p^b: Mann-Whitney U-testi, Δ: değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi p<0.05, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi GYİ: Geri Yokuş İnme, IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık), CHQ-PF50: Child Health Questionnaire Parent Form 50 (Çocuk Sağlık Anketi Ebeveyn Formu)

Çizelge 4.22. Grupların tedavi öncesi ve sonrası WeeFIM puanlarının karşılaştırılması

74

WeeFIM	GYİ grubu (n=8)				YF grubu (n=9)				p ^b
	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ (IQR)	p ^a	Tedavi öncesi Ortanca (IQR)	Tedavi sonrası Ortanca (IQR)	Δ (IQR)	p ^a	
Kendine bakım	36 (30,5-37,5)	35 (32-40)	2 (-1-4)	0.230	28 (25-34)	26 (23-35)	-1 (-2--1)	0.371	0.200
Sfinkter kontrolü	14 (14-14)	14 (14-14)	0 (0-0)	0.317	14 (14-14)	14 (14-14)	0 (0-0)	0.317	0.963
Transferler	21 (21-21)	21 (21-21)	0 (0-0)	0.317	21 (21-21)	21 (21-21)	0 (0-0)	0.317	0.963
Lokomasyon	14 (14-14)	14 (14-14)	0 (0-0)	1.000	14 (13-14)	14 (14-14)	0 (0-1)	0.109	0.277
Motor puan	85 (79,5-86,5)	83,5 (80,5-89)	1,5 (-1-4)	0.268	77 (73-83)	74 (65-84)	-1 (-2--1)	0.310	0.200
İletişim	14 (14-14)	14 (14-14)	0 (0-0)	1.000	14 (14-14)	14 (14-14)	0 (0-0)	1.000	1.000
Sosyal durum	21 (21-21)	21 (20-21)	0 (0-0)	0.655	21 (21-21)	21 (21-21)	0 (0-0)	1.000	1.000
Kognitif puan	35 (35-35)	35 (34-35)	0 (0-0)	0.655	35 (35-35)	35 (35-35)	0 (0-0)	1.000	1.000
Toplam puan	118 (114-122)	118,5 (115,5-123)	1,5 (-1-3)	0.348	112 (108-118)	110 (107-118)	-1 (-2--1)	0.475	0.277

p^a: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, p^b: Mann-Whitney U-testi, Δ: değerlendirmeler arasındaki değişim, Anlamlılık düzeyi p<0.05, YF: Yapılandırılmış Fizyoterapi; GYİ: Geri Yokuş İnme, IQR: Interquartile range (çeyrekler arası aralık), WeeFIM: Çocuklar İçin Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği



5. TARTIŞMA

SP’li çocuklarda BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama sonrası farklı fizyoterapi ve rehabilitasyon protokollerinin etkinliğinin incelenmesini amaçlayan çalışmamızda fonksiyonel kuvvetlendirme yoğunluklu yapılandırılmış YF programı ile bu programa ek uygulanan GYİ eğitiminin gastroknemius kas morfolojisi ile kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, spastisite, selektif motor kontrol, yürüyüş, yaşam kalitesi ve günlük yaşam aktiviteleri üzerine etkileri karşılaştırılarak incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre her iki gruptaki çocukların kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, yürüyüş, kas morfolojisi, ve yaşam kalitesi skorları iyileşmiş, günlük yaşam aktiviteleri, spastisite ve selektif motor kontrol skorları ise anlamlı düzeyde değişmemiştir. YF+GYİ eğitiminin tek başına uygulanan YF eğitime göre kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, spastisite, yürüyüş ve kas morfolojisi parametrelerini iyileştirmede üstünlük gösterdiği saptanmıştır.

5.1. Demografik ve Klinik Özellikler

SP risk faktörleri prenatal, natal ve postnatal olarak sınıflandırılır. Bu risk faktörlerinin (perinatal asfiksi, prematüre doğum, düşük doğum ağırlığı, enfeksiyon, travma vb.) gelişmekte olan beyni cinsiyetten bağımsız olarak etkilediği düşünülür ancak günümüze kadar yapılmış birçok çalışma erkek cinsiyette SP insidansının daha yüksek olduğunu göstermiştir [27, 287-289]. Jarvis ve diğerleri, yaptıkları çalışmada erkeklerde SP insidansının kızlara göre %30 daha yüksek olduğunu raporlamıştır [288]. Türkiye’de yapılan prevalans çalışmasında da erkek çocukların SP prevalansının daha yüksek olduğu görülür [27]. Benzer şekilde çalışmamızda erkek cinsiyete kız cinsiyete göre daha yüksek oranda rastlandı. Erkek cinsiyetin beyin organizasyonundaki farklar, genetik yatkınlık ya da kadın hormonlarının beyin hasarını azaltmaya yönelik olası etkileri gibi çeşitli nedenler bu durumun açıklaması olarak gösterilir [287, 290, 291]. Erkek cinsiyet bu anlamda SP için bir risk faktörü olmakla birlikte, SP’de nöromotor gelişime ilişkin sonuçların erkek ve kız cinsiyet için farklılık gösterebileceği çokça tartışılmış ancak net bir sonuca varılamamıştır [287, 289, 292]. Çalışmamızda iki gruptaki kız/erkek oranları benzerdi. Bu açıdan cinsiyetin çalışmada kullanılan ölçüm yöntemleri üzerindeki olası etkileri ortadan kalkmıştır.

Spastik tip SP etkileniminin topografisine göre unilateral ve bilateral olarak sınıflandırılır. Unilateral SP’de etkilenimin aslında tek taraflı olmadığı, bir tarafın etkileniminin daha

şiddetli olması kaydıyla her iki ekstremitenin de etkilendiği bilinir [25, 289, 293]. Bu nedenle mevcut çalışmaya hem unilateral hem de bilateral etkilenimli çocuklar dahil edilmiş, ekstremitelere bazlı değerlendirmeler unilateral etkilenimli çocukların az etkilenmiş ekstremitelerini de içerecek şekilde yapılmıştır. Bilateral SP’de epilepsi gibi nörolojik bozukluklar ve yürüyüş bozuklukları gibi motor etkilenimler unilateral SP’ye göre daha sık görülür [3, 293-295]. SP’li çocuklarda motor fonksiyonlar değişen düzeylerde etkilenir. Motor bozuklukların şiddeti ise yalnızca etkilenimin topografisindeki farklardan değil, çeşitli birçok faktörden etkilenir [189, 294]. KMFSS SP’li çocuklarda motor fonksiyonların sınıflandırmasına olanak verir [154]. Mevcut çalışmaya ise çalışmada kullanılacak fizyoterapi ve rehabilitasyon yöntemlerinin ambulasyon gerektirmesi nedeniyle KMFSS I ve II düzeyinde çocukların dahil edilmesi planlanmıştır. Çalışmamızda her iki gruba benzer oranda unilateral ve bilateral etkilenimli çocuk ve benzer sayıda KMFSS I ve II düzeylerinde sınıflandırılan çocukların dahil edildiği görülmektedir. Bu şekilde grupların değerlendirmelerinde etkilenimin topografisinden ve motor fonksiyonların derecesinden kaynaklanacak farklar minimuma indirgenmiştir.

SP’de BoNT-A enjeksiyonları özellikle dinamik ekinin tedavisinde sıklıkla kullanılmaktadır. BoNT-A enjeksiyonunun en sık endikasyonu yürüyebilen çocuklarda yürüyüş ve fonksiyonu iyileştirmek için fokal spastisitenin tedavi edilmesidir [6, 254, 256]. Ülkemizde, Sosyal Güvenlik Kurumu, Sağlık Uygulama Tebliği’ne (SUT) göre 5-10 yaş arasındaki çocukların BoNT-A enjeksiyonlarının ücretlerini karşılamaktadır [296]. Buradan yola çıkılarak araştırmaya dahil edilen çocukların yaş aralığı 5-10 yaş olarak seçilmiştir. Ayrıca daha büyük yaş gruplarında BoNT-A enjeksiyonları yerini cerrahi girişimlere bırakmaktadır [6]. Mevcut çalışmadaki grupların yaş ortalaması benzerdir. SP’de yaşın artmasıyla yürüyüş ve denge gibi fonksiyonlar kötüleşir [294, 297]. Bu anlamda grupların yaş ortalamalarının benzer olması grupların homojenliği bakımından önem taşımaktadır.

Spastik kasın tonusunun azalması ve cerrahiye duyulacak ihtiyacın geciktirilmesi gibi etkileri olan BoNT-A enjeksiyonlarının iskelet kasının morfolojisinde çeşitli olumsuz değişikliklerle sonuçlandığı raporlanmaktadır. BoNT-A enjeksiyonu sayısı arttıkça kasta geri dönüşsüz değişikliklerin oluşma riski artar [257, 298, 299]. Çalışmamıza dahil edilen çocukların yarısından fazlasında 1 ila 3 kez BoNT-A enjeksiyonu öyküsü vardı. Gruplar arasında ise BoNT-A enjeksiyonu sayısı ve üzerinden geçen zaman (yıl) açısından istatistiksel

olarak anlamlı bir fark görülmedi. Bu durum ve gruplar arasındaki diğer demografik-klinik özelliklerdeki benzerlikler her iki gruptaki çocukların homojen dağıldığını göstermektedir.

5.2. Kas Kuvveti

Kas zayıflığı SP'de primer klinik bulgulardan biridir. SP'de alt ekstremitelerde kas zayıflığı belirgindir ve yürüyüşle motor fonksiyon bu durumdan doğrudan etkilenir. Kas kuvvetlendirme 1947 yılında Phelps tarafından önerilmiş ancak yakın zamana kadar özellikle spastik kasın kuvvetlendirilmesi klinisyenler tarafından kontraendike olarak görülmüştür [300, 301]. Şimdi ise SP'de motor kontrolün temel bileşeni olan kas kuvvetinin önemi ve spastik kasın zayıf kas olduğu anlaşılmış, bu çocuklarda kuvvetin yetersiz olduğu da çok sayıda kaynak tarafından gösterilmiştir [301-304]. BoNT-A uygulamalarının ardından uygulanan kasta kuvvette azalma ve atrofi meydana gelir [305, 306]. Seri alçılama ise BoNT-A enjeksiyonlarının etki süresini uzatır ancak agonist ve antagonist kaslarda atrofiye neden olur [8, 258]. Çalışmamıza dahil edilen, BoNT-A ve seri alçılama uygulanmış çocukların müdahale öncesi ölçümlerine bakıldığında etkilenmiş ekstremitelerin dorsifleksiyon, diz fleksiyon, diz ekstansiyon ve kalça fleksiyon değerlerinde farklılık görülmektedir. Az etkilenmiş ekstremitelerin değerleri ise birbirine benzerdir. Çalışmaya katılan tüm çocukların BoNT enjeksiyonu ve seri alçılama uygulamaları aynı hekim tarafından standart dozlarda yapılmış ve seri alçılamanın bitişini takiben en kısa sürede (0-2 gün) değerlendirmeleri yapılmıştır. Ek olarak grupların demografik ve klinik özelliklerinin benzerliği, müdahale öncesi kas kuvveti değerlerinde görülen farkın tesadüfi olduğunu düşündürmektedir. SP aynı etkilenim topografisi ve aynı klinik özelliklere sahip olan çocuklarda bile çok farklı derecelerde bozukluklarla seyreden şemsiye bir tanıdır [2, 3]. Bu nedenle gruplar arasında başlangıçta çeşitli farkların bulunması büyük bir olasılık olarak karşımıza çıkabilir ve geçmiş çalışmalarda örnekleri bulunmaktadır [11].

Literatürde BoNT-A enjeksiyonlarının ardından özellikle enjeksiyonun yapıldığı kasın kuvvetlendirildiği fizyoterapi programlarının önemli etkileri göze çarpmaktadır. BoNT-A enjeksiyonu sonrası kuvvetlendirme ile spastisitesi azalmış agonist kasa karşı antagonist kasın fonksiyonu artar. Bunun yanı sıra agonist kas da bu dönemde özel bir dikkat gerektirir. Agonist kasta kuvvetlendirme ile atrofisinin ve kas zayıflığının önüne geçilir [6, 307]. Kuvvetlendirme eğitimi ile yalnızca kas kuvvetinde değil fonksiyonel parametrelerde de iyileşmeler görülmektedir. Bir çalışmada BoNT-A enjeksiyonu sonrası haftada 3 gün olmak

üzere ev programı şeklinde uygulanan 10 haftalık alt ekstremite kuvvetlendirme eğitiminin tedavi sonrası ve 6 aylık takipte dorsifleksörler ve diz fleksörlerinde kuvvet artışı ve geleneksel görüşün aksine spastisitede azalma ile sonuçlandığı gösterilmiştir [11]. BoNT-A enjeksiyonu takiben başarı şansını arttıran yaklaşımları derledikleri çalışmalarında Mathevon ve diğerleri, dirençli eğitimin kanıt değerinin olduğunu belirtmişlerdir [8]. Çalışmamızda fonksiyonel kuvvetlendirme yoğunluklu çalışılan YF grubunun literatürdeki çalışmalara benzer şekilde etkilenmiş ekstremite dorsifleksiyon, diz fleksiyon ve diz ekstansiyon kuvvetinde anlamlı artış görülmüştür. GYİ eğitimi yapılan grupta ise etkilenmiş ekstremite dorsifleksiyon ve kalça abduksiyon kuvvetiyle, az etkilenmiş ekstremite diz ekstansiyon kuvvetinde anlamlı artış saptanmıştır. Alt ekstremitenin diğer tüm kaslarının kuvvetinde de sayısal artış gözlenmiştir. BoNT-A enjeksiyonunun etkileri 4 ila 6 ay boyunca sürer [6]. Çalışmamızdaki gruplar BoNT-A'ya ek seri alçılama ile tedavi edilmiştir. Bu durumda atrofi ve kas zayıflığının daha büyük oranda ortaya çıkması beklenir ancak çalışmamızın sonuçları her iki gruba uygulanan eğitimin kas kuvvetini arttırmada ve BoNT-A ile seri alçılamanın olası negatif etkilerinin önüne geçmede etkili olabileceğini göstermiştir. Mevcut çalışmada her iki grubun da plantar fleksörleri kuvvetlendirmeye yönelik egzersiz yapmalarına rağmen, önceki çalışmalarla benzer şekilde, etkilenmiş ekstremitedeki bu kaslarda kuvvet artışı istatistiksel olarak anlamlı düzeyde gözlenmemiştir. Bu durum BoNT-A'nın gastroknemius kası üzerindeki olumsuz etkilerinin sürmesi ve çalışmamıza dahil edilen ekstremite sayısının kısıtlı olması nedeniyle ortaya çıkmış olabilir.

SP'li çocuklarda kuvvetlendirme egzersizinin tipini doğru seçmek edinilecek kazanımlar açısından önemlidir. Konsantrik kasılmanın hakim olduğu egzersizleri uygulamak daha kolaydır ama eksantrik kasılmalar günlük yaşamdaki fonksiyonel aktiviteler için çok önemlidir. Bu nedenle ambule SP'li çocuklarda eksantrik kasılmaları içeren egzersizler önerilir [307-309]. Çalışmamızda GYİ ve YF gruplarına uygulanan müdahalelerin kas kuvvetine etkileri karşılaştırıldığında GYİ eğitiminin etkilenmiş ekstremite kalça ekstansiyon ve addüksiyonunda orta, kalça abduksiyonunda ise yüksek etki büyüklüğüne sahip olduğu, yani bu değerleri arttırmada YF eğitime ek uygulandığında daha etkili olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu durumun nedeni olarak GYİ eğitiminin alt ekstremite kasları için eksantrik kasılmaları içermesi gösterilebilir. Ayrıca YF'den farklı olarak GYİ eğitimi yürüyüşü içermektedir ve yürüyüş esnasında kalça çevresi kasları aktif olarak kasılır. Yürüme bandı ile geri yokuş inerek yürüme ritmik ve simetrik alt ekstremite hareketini- özellikle kalça ekstansiyonunu- gerektirir. Gruplar arasında oluşan fark bu nedenden

kaynaklanmış olabilir. Çalışmamıza çok benzeyen bir başka çalışmada, BoNT enjeksiyonu sonrası rutin fizyoterapiye ek düz zeminde ileri ve geri yürüme eğitiminin çalışmamızın sonuçlarına paralel olarak kalça kaslarının kuvvetini arttırmada daha etkili olduğu görülmüştür. Yazarlar bu nedenle yürüme bandında yapılan eğitimin BoNT-A enjeksiyonu sonrasında özellikle kalça kaslarını kuvvetlendirme amacıyla önerilebileceğini ifade etmiştir [14].

Özetle Özetle BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama sonrası uygulanan YF ve YF'ye ek GYİ eğitimi özellikle dorsifleksör, diz ekstansör ve diz fleksörlerinin kuvvetini arttırmada ve korumada etkili gözükmemektedir. GYİ eğitimi ise kalça kaslarının kuvvetlendirilmesinde daha etkin bir şekilde kullanılabilir.

5.3. Eklem Hareket Açıklığı

Eklem hareket açıklığı spastik tip SP'li çocuklarda tonusa bağlı değişiklikler ve kontraktürler nedeniyle özellikle ayak bileği eklemünde sıklıkla kısıtlanır. Plantar fleksörlerin spastisitesi ve dorsifleksörlerin zayıflığı ile ekin deformitesi açığa çıkar [310, 311]. BoNT-A enjeksiyonları ayak bileğinin dinamik kontraktürlerinin ve fokal spastisitenin tedavisinde etkilidir ve bu amaçla sık kullanılan bir araçtır [235, 251, 253]. BoNT-A enjeksiyonunu takiben 10 gün içerisinde etkisi görülmeye başlar. Enjeksiyondan sonra erken dönemde pasif eklem hareket açıklığında hızlı değişimler görülür. Aktif eklem hareketi ise dorsifleksörlerin zayıflığına bağlı olarak pasif eklem hareketi kadar artmayabilir [254, 255]. Seri alçılama ise eklem hareket açıklığını arttırmada önemli pozitif etkileri bulunan bir tekniktir [258]. Çalışmamıza dahil edilen, BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama prosedürü uygulanmış çocukların tedavi öncesinde aktif ve pasif dorsifleksiyon değerleri farklılık göstermekteydi. Standart BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama prosedürü ile benzer demografik ve klinik özelliklere rağmen bu farkın ortaya çıkması başlangıçtaki dorsifleksiyon kas kuvveti farkından kaynaklanmış olabilir.

Literatürde BoNT-A enjeksiyonlarının tek başına spastisiteyi azaltmakta etkili olduğu ancak fonksiyonel sonuçlar kazanılması ve kontraktürlerin önlenmesi için tek başına yeterli olmadığı ifade edilmiştir. BoNT-A enjeksiyonlarının etkinliği ek uygulamalarla artırılabilir [8, 9]. Seri alçılama özellikle eklem hareket açıklığının iyileştirilmesinde kasın pasif mekanik özelliklerini değiştirerek ve sarkomer sayısını artırarak etkili olan, ek

uygulamalardan biridir [258]. BoNT-A enjeksiyonunu takiben fizyoterapi programlarının uygulandığı çalışmalarda ise çalışmamıza benzer şekilde kuvvetlendirmeye ek aktif ve pasif germelere yer verilmiştir [11, 12, 307]. SP’de germe protokolleri temel olarak kas tonusunu normalize ederek eklem mobilitesini ve yumuşak doku uzayabilirliğini arttırmayı ve kontraktürleri azaltmayı hedefler [17, 282]. Literatürde BoNT-A enjeksiyonlarını takiben uygulanan ve hem kuvvetlendirme hem de özellikle aktif germeyi içeren fizyoterapi programları, eklem hareket açıklığında artışla sonuçlanmıştır [11, 18, 312]. BoNT-A enjeksiyonu ve takiben uygulanan seri alçılama ile sonrasında 3 ay boyunca haftada iki kez uygulanan fizyoterapinin etkinliğini inceleyen bir vaka çalışmasının sonuçları ise tartışmalıdır. Yazarlar fizyoterapinin yürüyüşü iyileştirmede etkili olduğunu ancak enjeksiyon sonrası 26. haftada fizyoterapiye devam edilmesine rağmen BoNT-A ile sağlanan eklem hareket açıklığındaki artışın korunamadığını belirtmişlerdir [18]. Mevcut çalışmada her iki gruba uygulanan tedavide de aktif ve pasif germelere ve fonksiyonel kuvvetlendirmelere yer verilmiş, her iki grupta da etkilenmiş ekstremitelerde çeşitli dorsifleksiyon eklem hareket açıklığı değerlerinde artış görülmüştür ancak YF grubunda diz ekstansiyondayken ölçülen aktif dorsifleksiyon değerinde anlamlı bir değişikliğe rastlanmazken, GYİ grubunda bu değer tedavi sonrasında anlamlı düzeyde iyileşmiştir. Diz ekstansiyondayken dorsifleksiyon kısıtlılığı spesifik olarak gastroknemius kasındaki gerginliği gösterir. Çalışmamızda YF grubuna uygulanan tedavinin dorsifleksiyon kas kuvvetini arttırmakta etkili olduğu zaten gösterilmiştir. Bu yönden bakıldığında YF grubundaki çocukların dorsifleksör kaslarının kuvvetinin gastroknemius kasına karşı koymak için yeterince artmadığı bu nedenle diz ekstansiyondayken aktif dorsifleksiyon eklem hareket açıklığında anlamlı artış olmadığı kanısına varılabilir. Öte yandan bir hareketin izole ve aktif biçimde ortaya çıkarılabilmesi yalnızca kuvvet sayesinde olmaz. Dorsifleksiyon hareketinin motor öğrenilmesi ve selektif motor kontrolündeki yetersizlik de bu sonucu ortaya çıkaran önemli bir parametre olabilir [87, 182]. GYİ grubuna uygulanan geriye doğru yokuş aşağı eğimde yürüyüş eğitiminde hem dorsifleksör kaslar hem de gastroknemius kası eksantrik olarak kasılır [19]. Eksantrik kasılmalar kasın hem kuvvetlenmesi hem de uzayabilirliğinin artırılması amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır [19, 22, 313]. Bu açıdan bakıldığında GYİ eğitimi sonrasında dorsifleksör kasların kuvvet artışı ve gastroknemius kasının uzayabilirliğinin artışının kombine etkisi ile diğer dorsifleksiyon değerlerinde olduğu gibi diz ekstansiyondayken aktif dorsifleksiyon eklem hareket açıklığında da anlamlı iyileşme görülmüş olabilir.

Gruplara uygulanan tedavilerin birbirlerine üstünlükleri incelendiğinde de GYİ grubuna uygulanan eğitimin diz ekstansiyondayken pasif dorsifleksiyon eklem hareket açıklığında yüksek etki büyüklüğüne sahip olduğu bu nedenle tek başına uygulanan YF eğitime göre daha etkili olabileceği görülmüştür. Grupların başlangıçtaki aktif dorsifleksiyon eklem hareket açıklığı değerlerinin farklı olması okuyucunun aklına daha iyi başlangıç değerleri olan GYİ grubunun daha çok etki göreceği düşüncesini getirebilir ancak çalışmamızda uygulanan kovaryans analizi böyle durumlarda kullanılan bir analiz olup, başlangıçtaki farklardan bağımsız olarak tedavinin etkinliğini tek başına gösterebilmektedir [314]. Bunun yanı sıra Jang ve diğerleri, BoNT-A enjeksiyonu sonrası fizyoterapinin etkinliğini inceledikleri çalışmalarında başlangıçta daha kısıtlı dorsifleksiyon eklem hareket açıklığına sahip çocukların BoNT enjeksiyonu sonrası 12. haftada dorsifleksiyon eklem hareket açıklığında daha büyük iyileşme gösterdiklerini ifade etmişlerdir. Bu durumun nedenini net bir şekilde açıklayamamışlar ancak başlangıçta değerleri daha kötü olan çocukların iyileşme şansının daha yüksek olacağını savunmuşlardır. Çalışmamızda BoNT-A enjeksiyonu sonrası 3 haftalık seri alçılama ve ardından uygulanan 6 haftalık tedavi ile son değerlendirmeler 9. Haftanın bitişine denk gelmiştir. Bu açıdan Jang ve ark.'ın çalışmasına göre farklar ortaya çıkmış olabilir [312].

Çalışmamızda, GYİ grubuna uygulanan eğitimin kalça ekstansiyon eklem hareket açıklığında da orta etki büyüklüğüne sahip olduğu bu nedenle tek başına uygulanan YF eğitime göre daha etkili olabileceği görülmüştür. Kas kuvveti değerlerinde de GYİ grubunun kalça çevresi kaslarda daha etkili olduğu tartışılmıştı. Geri yürüyüşün kalça kaslarını aktif olarak kullanmayı gerektirmesi nedeniyle bu fark ortaya çıkmış olabilir. Çalışmamıza benzer şekilde Seyhan ve diğerleri, da kalça eklemi parametrelerindeki değişimleri bu şekilde yorumlamışlardır [14].

Gruplara uygulanan her iki eğitimin de temel olarak ayak bileği eklem hareket açıklığında değişikliklerle sonuçlandığı ancak diz ekleminde ve az etkilenmiş ekstremitelerde anlamlı fark oluşturan değerlere ulaşılmadığı görülmüştür. Çalışmaya dahil edilen çocukların KMFSS düzeylerinin yüksek ve başlangıçta etkilenmiş ekstremitelerde diz değerleri ile ve az etkilenmiş ekstremitelerde fonksiyonel durumlarının iyi olması bu durumun nedeni olarak gösterilebilir. Bu durum da yine Jang ve diğerleri, yaptıkları daha kötü durumdaki çocukların daha çok iyileşme şansının olacağı, daha iyi durumdaki çocukların ise daha az iyileşebileceği iddialarına paraleldir [312].

Özetle BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama sonrası uygulanan YF ve YF'ye ek GYİ eğitimi dorsifleksiyon eklem hareket açıklığını arttırmada etkili görünmektedir. Eksantrik kasılmalar içeren GYİ eğitimi ise aktif dorsifleksiyon ve kalça ekstansiyon hareket açıklığını arttırmada daha etkin bir şekilde kullanılabilir.

5.4. Spastisite

Spastik tip SP'de spastisite; yürüyüş, postür ve motor fonksiyonu etkileyen temel problemlerden biri olarak karşımıza çıkar [4, 168]. Spastisitenin yol açtığı tekrarlı yanlış pozisyon ve sonrasında açığa çıkan kontraktür ya da deformitelerden kaçınmak için erken dönemde ortez kullanımı, fizyoterapi, BoNT-A enjeksiyonu gibi yaklaşımlar uygulanır [8, 9]. BoNT-A enjeksiyonlarının dinamik ekini tedavi etmede spastisiteyi fokal olarak azaltması sayesinde etkili olduğu bilinir [6, 264]. Ancak BoNT-A enjeksiyonunun tek başına fokal spastisiteyi azaltsa da [264] spastisitedeki iyileşmelerin korunması ve motor fonksiyonda kazanımlar elde edilmesi için yeterli olmadığı gün geçtikçe daha iyi anlaşılmıştır [8, 9]. Spastisitenin tedavisinde BoNT-A enjeksiyonu sonrasında alçılama ve splint uygulamaları, hedef odaklı rehabilitasyon programları ve kuvvetlendirme eğitiminin kanıt değeri bulunmaktadır [8].

SP'li çocuklarda seri alçılamanın BoNT-A enjeksiyonuna ek uygulanmasıyla yalnızca BoNT-A enjeksiyonuna göre belirgin farklar elde edildiği birçok çalışmada görülmüştür [13, 255, 315, 316]. BoNT-A enjeksiyonu ile elde edilen spastisitedeki iyileşmenin (3 ay) seri alçılama ile daha uzun süre (12 ay) korunabildiği gösterilmiştir [255]. Çalışmamızda aynı hekim tarafından aynı standartlarda BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama protokolü uygulanmış çocukların iki grup için fizyoterapi uygulamaları öncesi MTS ile ölçülen spastisite değerleri karşılaştırıldığında, R1 (hızlı) dorsifleksiyon ile R2-R1 farkının gruplar arasında benzer olduğu, yani iki grubun benzer spastisite şiddetine sahip olduğu görülmüştür [166]. Yalnızca R2 (yavaş) dorsifleksiyon değerlerinde gruplar arasında GYİ grubu lehine fark görülmüştür. R2 değeri ise diz ekstansiyondayken ölçülen pasif dorsifleksiyon değeri ile örtüştüğünden gruplar arası görülen bu farkın gruplar arasındaki dorsifleksiyon eklem hareket açıklığı ve kas kuvveti farklarından kaynaklandığı düşünülebilir ki, SP geniş kapsamlı bir tanım olduğundan oluşan bu farkın tesadüfi olabileceği de yukarıda tartışılmıştı [166].

Mevcut çalışmada hem dorsifleksörlerin hem plantar fleksörlerin dahil edildiği alt ekstremiteye yönelik fonksiyonel kuvvetlendirme egzersizleri, aktif ve pasif germe egzersizleri iki gruba da uygulanmıştır. GYİ grubuna ise ek olarak eksentrik kasılmaların deneyimleneceği GYİ eğitimi verilmiştir [19, 21]. SP’de kuvvetlendirme egzersizlerinin etkinliğini inceleyen bir sistematik derlemede, plantar fleksörlere uygulanan kuvvetlendirme eğitiminin spastisiteyi arttırmadan fonksiyonel iyileşme ile sonuçlandığı raporlanmıştır [317]. Bir çalışmada spastik tip SP’li çocuklardan oluşan 3 gruptan birine dorsifleksörlerin, diğerine plantar fleksörlerin, üçüncü gruba ise hem plantar fleksör hem de dorsifleksör kasların kuvvetlendirmesini kapsayacak egzersizler verilmiş, 3 grupta da kuvvetlendirme egzersizlerinin spastisiteyi azaltmada etkili olduğu görülmüştür [318]. Bu çalışmalar SP’li çocuklarda yapılmıştır ancak SP’de BoNT enjeksiyonu sonrası kuvvetlendirme eğitiminin spastisite üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar sınırlıdır [11, 307]. Bir çalışmada BoNT-A enjeksiyonu sonrasında ev programı olarak uygulanan kuvvetlendirme eğitiminin spastisite skorlarında anlamlı fark yaratmadığı sonucuna varılmış fakat bu çalışmada kuvvetlendirmenin hangi kasları kapsadığına dair detay verilmemiştir [11]. Bizim çalışmamızda da, her iki gruptaki çocukların hem plantar fleksör hem dorsifleksör kaslarına yönelik kuvvetlendirme egzersizi uygulanmış, bahsi geçen çalışmaya benzer şekilde, tedavi sonrası tedavi öncesine göre her iki grupta da grup içi ölçümlerde plantar fleksörlerin spastisite skorlarında anlamlı değişikliklere rastlanmamıştır. Çalışmamızın sonuçları bir başka açıdan bakıldığında, kuvvetlendirme egzersizlerinin spastisiteyi arttırmadığı görüşünü destekler niteliktedir [11, 319].

SP’de BoNT enjeksiyonu sonrası ek uygulamaların etkinliğini bir literatür özetiyle sunan Picelli ve ark., tek başına aktif ve pasif germe egzersizlerinin BoNT-A enjeksiyonu sonrası etkinliklerinin yeterince tartışılmadığını raporlamışlardır [9]. Germe egzersizlerinin BoNT-A enjeksiyonu sonrası spastisite üzerine etkilerine dair literatür kısıtlıdır [9, 19]. Seri alçılama uzun süreli pasif germeye örnek teşkil eden bir uygulamadır ve BoNT-A enjeksiyonu sonrası azalmış spastisitenin daha uzun süre korunmasına yol açar [255, 320]. Bir çalışmada SP’li çocuklarda eksentrik kasılmalar sağlaması nedeniyle tercih edilen geri yokuş inme eğitimi [21] ile plantar fleksörlerin manuel statik germesinin etkinliği karşılaştırılmıştır. İki tedavinin plantar fleksörlerin spastisitesini iyileştirmede birbirine üstünlüğü görülmemiştir ancak spastisite skorları sadece geri yokuş inme eğitimi verilen grupta grup içi ölçümlerde anlamlı düzeyde iyileşmiştir [19]. Çalışmamızın sonuçları, bahsi geçen çalışmadan farklı olarak, hem YF hem de GYİ gruplarına uygulanan eğitimler

sonucunda grupların kendi içerisinde tedavi öncesinde ve sonrasında plantar fleksörlerin spastisite değerlerinde anlamlı değişikliklerin olmadığını göstermiştir. Buna rağmen, bahsi geçen çalışmada iki tedavinin birbirine üstünlüğü bulunmasa da, gerçekleştirdiğimiz çalışmada GYİ eğitiminin R1 (hızlı) dorsifleksiyon değerinde orta etki büyüklüğüne sahip olduğu görülmüştür ki bu durum YF'ye ek GYİ eğitiminin R1 (hızlı) dorsifleksiyon değerini arttırmada YF'ye göre daha etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir. Yakalama cevabının alındığı R1 değeri spastisitenin dinamik komponentini değerlendirmek açısından oldukça önemlidir [166]. Önceki çalışmada GYİ eğitimi verilerek eksentrik kasılmaların çalışıldığı grupta yürüyüş hızının da arttığı bunun nedeninin ise artan nöromusküler kontrol olabileceği belirtilmiştir [19, 20]. Hızlı yürüme esnasında gastroknemius kas tendon ünitesinin gerilme hızının artışı ile pasif değerlendirmede daha yüksek germe refleksi eşiğinin ortaya çıkışı ise önceki çalışmalarda ilişkilendirilmiştir [321]. Bahsi geçen çalışmanın yazarları GYİ grubunun artmış yürüme hızı nedeniyle spastisite değerlerinde iyileşme sergilemiş olabileceklerini ifade etmişlerdir [19]. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada yürüme hızı ile ilgili bir değerlendirme sonucu kaydedilmemiş olmakla birlikte, GYİ grubunun yakalama cevabının alındığı R1 değerleri üzerindeki etkisi önceki çalışmayla benzer şekilde, muhtemelen artmış yürüme hızı ile ilişkili gözükmemektedir [19]. Öte yandan mevcut çalışmada uygulanan fizyoterapi ve rehabilitasyon yöntemlerinin R2-R1 dorsifleksiyon fark değerini azaltmada etkili olması beklenmiştir ancak böyle bir etkinin görülmemesi çocukların R2 (yavaş) dorsifleksiyon değerlerinin artmış eklem hareket açıklığı nedeniyle iyileşirken, R1 (hızlı) değerlerinin tedavi sonrasında tedavi öncesine göre istatistiksel olarak benzer seyretmesi nedeniyle olabilir. Çünkü MTS'ye göre R2-R1 farkının artışı spastisitenin şiddetinin arttığını ifade eder. Aslında çalışmamızda iki grupta da R1 (hızlı) dorsifleksiyon değerleri sayısal olarak artmış yani iyileşmiştir ancak grup içindeki bu artışlar istatistiksel anlamlılık düzeyinde değildir ve bu artışların R2 (yavaş) dorsifleksiyon değerlerindeki artış kadar yüksek olmadığı anlaşılabılır [166].

Özetle, BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama sonrası uygulanan YF ve YF'ye ek GYİ eğitiminin plantar fleksör spastisite şiddetini azaltmada etkin olmadığı ya da varsa etkilerinin sınırlı olduğu ancak YF'ye ek GYİ eğitiminin R1 (hızlı) dorsifleksiyon değerini iyileştirmede üstün olduğu anlaşılmıştır.

5.5. Selektif Motor Kontrol

Bir eklemden istenen ve beklenen hareketin izole bir şekilde açığa çıkarılması yeteneği olarak tanımlanan selektif motor kontrol SP'li çocuklarda yürüyüş, kaba motor fonksiyon, kas kuvveti ve fonksiyonel denge ile yakından ilişkilidir [83, 322, 323]. Çalışmamızda YF ve GYİ grubunun selektif motor kontrol başlangıç değerleri etkilenmiş ekstremiteler için GYİ grubunun lehine anlamlı fark göstermekteydi. Başlangıçta gruplar arasında oluşan bu farkın yine diğer parametrelerdeki farklılıklara bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülebilir.

Literatürde kısıtlı sayıda çalışmada, BoNT-A enjeksiyonu sonrası uygulanan farklı fizyoterapi protokollerinin alt ekstremitelerdeki selektif motor kontrol üzerindeki etkileri incelenmiştir. Löwing ve diğerleri, BoNT-A enjeksiyonu sonrası 4-12 yaş arasındaki ambulator SP'li çocuklara uygulanan hedef odaklı terapinin ayak bileği selektif motor kontrol skorlarını iyileştirmede etkili olduğunu raporlamışlardır [15]. Çalışmamıza benzeyen bir başka çalışmada ise BoNT-A enjeksiyonu sonrası rutin fizyoterapiye ek olarak haftada iki gün uygulanan yürüme bandında ileri ve geri yürüme eğitiminin alt ekstremitelerdeki selektif motor kontrol skorlarını 8. haftada iyileştirdiği raporlanmıştır. Yazarlar bu durumun sebebi olarak yürüyüş eğitiminin motor öğrenme ilkelerine uygun olarak agonist, antagonist ve sinerjistik kasların arasındaki dengenin kurulmasına yardım etmesi ve tekrarlayan adımlama hareketi sayesinde koordinasyonu geliştirmesini göstermişlerdir [14]. Mevcut çalışmada, geçmişteki çalışmalara karşıt şekilde, grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarda YF ve GYİ gruplarına uygulanan eğitimlerin SCALE ile ölçülen etkilenmiş ve az etkilenmiş ekstremitelerdeki selektif motor kontrol değerlerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştirmediği ve eğitimlerin de bu anlamda birbirlerine üstünlük göstermediği bulgularına ulaşılmıştır. Mevcut çalışmada uygulanan eğitimin süresinin karşılaştırılan çalışmalara göre daha kısa olması, motor öğrenmenin sağlanabilmesi için daha uzun süre ve daha çok tekrarın gerekmesi nedeniyle ortaya çıkan durumun sebebi olabilir. Bunlara rağmen, etkilenmiş ekstremitelerde her iki grupta da selektif motor kontrol değerlerinde sayısal artış göze çarpmaktadır. Literatür incelendiğinde, SCALE için yapılmış minimal klinik anlamlılık çalışmalarına rastlanmamıştır. Bu nedenle başlangıçta gruplar arasındaki ve grup içinde tedavi öncesinde ve sonrasında ortaya çıkan sayısal değişikliklerin klinik olarak anlamlı olup olmadığının yorumu da yapılamamıştır.

5.6. Yürüyüş

SP'li çocuklarda yürüme bozuklukları en önemli etkilenimlerden biri olarak kabul görmektedir [324, 325]. SP'li çocuklar yürüyüşlerinde düşme riskini arttıran çeşitli varyasyonlar gösterirler [325]. Nöral bozukluklar ve kas zayıflığı gibi sebepler yürüyüşü ve yürüme dengesini doğrudan etkileyen faktörler olarak karşımıza çıkar [4, 326]. Ek olarak çocukluktan ergenliğe geçiş sürecinde spastisite ve dizilim bozuklukları nedeniyle ortaya çıkan kontraktürler ile denge bozuklukları da çocukların kompensatuar stratejiler kullanması ile sonuçlanır, bu da yürüyüş gibi denge gerektiren aktivitelerde bozukluklara neden olur [4, 327].

SP'li çocuklarda BoNT-A kullanımının en yaygın endikasyonlarından biri yürüyüşü iyileştirmektir [6]. Yaşça daha küçük SP'li çocuklarda yürüyüş problemlerinin temel sebebi spastik ekin iken, daha büyük çocuklarda diz çevresinde belirgin hale gelen sertlik ile oluşan bükük dizdir [294, 328]. Plantar fleksörlere uygulanan BoNT-A enjeksiyonu sonrasında spastisitenin azaldığı net bir biçimde raporlanmıştır [6]. BoNT-A enjeksiyonu sonrasında yürüyüşü değerlendiren çalışmaların sonuçları ise gözlemsel yürüme analizleri ile elde edilen skorları iyileştirmede BoNT-A enjeksiyonlarının orta kanıt düzeyine sahip olduğunu göstermiştir [6, 165, 329]. BoNT-A enjeksiyonunun ardından uygulanan seri alçılamanın ise yalnızca BoNT-A enjeksiyonuna göre yürüyüşü daha çok iyileştirdiği raporlanmıştır [309]. Mevcut çalışmada BoNT-A enjeksiyonu uygulanmış ve ardından 3 haftalık seri alçılama protokolüne tabi tutulmuş SP'li çocukların EGYS ile incelenen yürüyüş skorlarının bazılarının gruplar arasında fizyoterapi uygulamaları öncesinde farklılık gösterdiği bulunmuştur. Etkilenmiş ve az etkilenmiş ekstremitenin total yürüyüş skoruyla birlikte ayak bileği ve ayak alt skorlarında gruplar arasında tedavi öncesinde anlamlı farka rastlanmıştır. Bu durumun yukarıda da tartışıldığı üzere, gruplar arasında tedavi öncesinde fark gösteren ayak bileği eklem hareket açıklığı ve kas kuvvetiyle birlikte SP'nin heterojen doğası nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.

BoNT-A enjeksiyonunun fokal spastisite üzerindeki olumlu etkileri oldukça açıktır [6]. Yürüyüş ise içerisinde denge ve motor kontrol gibi pek çok parametreyi barındıran kompleks bir hareket olup, SP'de daha iyi bir yürüyüş için yalnızca spastisitenin azalması ya da eklem hareket açıklığının artışı yeterli olmayabilir [42]. BoNT-A enjeksiyonları bu anlamda fizyoterapi ile desteklenmelidir [8]. Literatürdeki çalışmalar da bu görüşü destekler

niteliktedir ancak fizyoterapi programının içeriğinin nasıl olması gerektiğine dair net bir görüş bulunmamaktadır [330]. Novak ve diğerleri, 2020 yılında yayınladıkları derlemelerinde BoNT-A enjeksiyonu sonrası fizyoterapinin kaba motor fonksiyon ve yürüyüş üzerinde olumlu etkilerinin olabileceğini vurgulamışlardır. Elektrik stimülasyonu da yazarlar tarafından BoNT-A enjeksiyonu sonrası yürüyüşü iyileştirmede önerilen bir uygulama olmuştur [235]. 2011 yılında yapılan bir çalışmada plantar fleksör kaslarına BoNT-A enjeksiyonu yapılan SP'li çocuklara 12 hafta boyunca haftada 5 gün olmak üzere germe, kuvvetlendirme ve yürüyüş eğitimi içeren yoğun fizyoterapi uygulanmıştır. Yazarlar, BoNT-A enjeksiyonun tek başına alt ekstremitte kaslarının yürüyüş esnasındaki kas aktivasyonunu geliştirmediğini ancak fizyoterapi uygulanan grubun yürüyüş kinematiklerinin iyileştiğini ifade etmişlerdir [331]. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada da gruplardan birine aktif kuvvetlendirme ve germe egzersizleri uygulanırken, diğer gruba bu egzersizlere ek GYİ eğitimi uygulanmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmamızın sonuçları her iki grubun da tedavi sonrasındaki etkilenmiş ekstremitte EGYS ile ölçülen total yürüyüş skorlarının tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azaldığını göstermiştir. EGYS 3 boyutlu yürüme analizinin yapılamadığı durumdaki en iyi gözlemsel skala olarak kayda geçmiştir ve EGYS skorlarındaki azalmalar yürüyüşün normal yürüyüşten sapmalarının da azaldığını ifade eder [6, 332]. EGYS için minimal klinik anlamlılık değeri ekstremitte total puanı için 2,4 olarak belirlenmiştir [333] ve çalışmamızda YF grubunun tedavi sonrası etkilenmiş ekstremitte total EGYS skoru değişim değerinin 2,1 civarındayken, GYİ grubunda bu değer yaklaşık 2,5 olduğu görülmüştür. Bu bulgular ise literatürdeki çalışmalara benzer olarak, çalışmamızda yapılan YF ve GYİ eğitimlerinin EGYS ile ölçülen yürüyüş skorlarını iyileştirmede etkili olduğu ve özellikle YF'ye ek olarak uygulanan GYİ eğitiminin yürüyüşte klinik anlamlılık düzeyinde iyileşme ile sonuçlandığını göstermiştir.

Literatürde SP'li çocuklarda yürüyüşü içeren eğitimlerin yürüme parametreleri üzerine etkilerini inceleyen çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Cho ve diğerleri, 2016 yılında yaptıkları çalışmada sanal gerçeklik tabanlı yürüme bandı eğitiminin fonksiyonel yürüme testlerinde olumlu sonuçlara yol açtığını raporlamışlardır [334]. Booth ve diğerleri, ise yayınladıkları sistematik derleme ve meta-analizde fonksiyonel yürüme eğitiminin SP'li çocuklarda yürüyüşü iyileştirmede etkin, aynı zamanda ucuz ve güvenilir bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır [335]. BoNT-A enjeksiyonu sonrası yürüme bandında ileri ve geri yürüme eğitiminin etkilerini inceleyen bir çalışmada ise yürüyüş hızı ve adım uzunluğu

parametrelerinde artış saptanmıştır [14]. Mevcut çalışmamızın sonuçları YF'ye ek uygulanan yürüme bandında GYİ eğitiminin etkilenmiş ekstremite EGYS total skorunda yüksek etki büyüklüğüne sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Aynı zamanda YF'ye ek GYİ eğitimi EGYS'nin kalça alt skorunu iyileştirmede tek başına YF'ye göre üstün bulunmuştur. YF grubuna uygulanan eğitim kuvvetlendirme ile aktif-pasif germeleri içermekteydi. Literatürde SP'li çocuklarda plantar fleksörlerin ilerleyici dirençli egzersiz ile kuvvetlendirme eğitimine tabi tutulması ile yürüyüş skorlarında iyileşme görülmediği raporlanmıştır [336]. Çalışmamızda YF yürüyüş skorlarında grup içi anlamlı değişikliklerle sonuçlansa da GYİ eğitiminin bu anlamda daha üstün olduğu anlaşılmaktadır. Çalışmamıza benzer şekilde GYİ eğitimi kullanan bir çalışmada, GYİ eğitiminin statik germe egzersizleri ile karşılaştırıldığında yürüme hızını arttırarak yürüyüş skorlarını iyileştirdiği gösterilmiştir [19]. Yine GYİ eğitiminin SP'li çocuklarda yürüyüş yeteneği üzerine etkilerini özetleyen bir sistematik derlemede GYİ'nin adım uzunluğu ve yürüyüş hızını arttırmada orta kanıt düzeyine sahip olduğu ifade edilmiştir [337]. Yazarlar bu durumun nedenini geriye doğru yokuş inme esnasında ayağın ağırlık merkezinin arkasında kalması nedeniyle kalça ekstansiyonunun kolaylaşması ve ağırlık merkezinin ön-arka yer değiştirmesinin azalması ile stabilitenin artışına bağlamışlardır [337]. Aynı zamanda geriye doğru yokuş inmede, düz yürümeyle kıyaslandığında daha uzun süreli kas aktivasyonu görülür ve alt ekstremite kas kuvveti daha çok artar. Bu da bir başka neden olarak benzer yöntemleri kullanan yazarlar tarafından tartışılmıştır [337-339]. Çalışmamızdaki sonuçların da önceki çalışmalardaki sonuçları destekler nitelikte olduğu görülmüştür ancak yürümenin spatiotemporal parametreleri değerlendirilmemiştir. Çalışmaya dahil edilen SP'li çocukların normal yürüyüşten sapma gösteren değerlerindeki iyileşmeler kas kuvveti, eklem hareket açıklığı ve spastisitedeki iyileşmelerle birlikte GYİ eğitiminin yürüme adına motor öğrenmeyi destekleyici etkisi sebebiyle de açıklanabilir. GYİ eğitiminin EGYS alt maddelerinden kalça skorlarını iyileştirmede de YF'ye göre üstün olduğu görülmüştür. Çalışmamızda buna benzer bir sonuç kalça ekstansiyonu eklem hareket açıklığında da görülmüştü. GYİ'nin kalça çevresi kaslarının kuvveti üzerindeki olumlu etkisi bu sonucun nedeni olarak gösterilebilir.

Özetle YF ve YF'ye ek GYİ eğitiminin EGYS ile ölçülen etkilenmiş ekstremite total puanlarını iyileştirmede etkili olduğu, GYİ eğitiminin ise klinik olarak anlamlı fark düzeyinde iyileşmelerle sonuçlandığı ve yürüyüş bazında YF'ye göre üstün olduğu saptanmıştır.

5.7. Kas Morfolojisi

İskelet kasının morfolojik özellikleri, fonksiyonun önemli belirleyicilerindendir [50]. Kasın enine kesit alanı, kas kalınlığı, fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı literatürde en sık tartışılan morfolojik özellikler olup, çalışmamızda iskelet kasının önemli diğer özellikleri olan sertlik ve vaskülarizasyon da incelenmiştir ve bu başlık altında tartışılacaktır [50, 340].

Literatürde SP'li çocukların başta gastroknemius kası olmak üzere iskelet kaslarının morfolojik özellikleri incelenmiştir [340]. BoNT-A enjeksiyonu sonrasında ise iskelet kasının morfolojisinde ne gibi değişikliklerin olduğu da merak konusu olmuştur. SP'li çocuklarda BoNT-A enjeksiyonu sonrasında 29 gastroknemius kasının incelendiği bir çalışmada pennasyon açısının azaldığı, fasikül uzunluğunun arttığı ve kas kalınlığının değişmediği gösterilmiştir [341]. Seri alçılama ve BoNT-A enjeksiyonunun birlikte uygulandığı durumda BoNT-A enjeksiyonunun kasta germe refleksini azaltarak, seri alçılamanın ise kas ve tendonda mekanik uzamayı sağlayarak eklem hareket açıklığını arttırdığı ifade edilmiştir [315]. Çalışmamızda BoNT-A enjeksiyonu ve ardından 3 haftalık seri alçılamayı içeren protokolün ardından yapılan değerlendirmelerde YF ve GYİ gruplarında kas morfolojisi değerleri benzer bulunmakla birlikte, kas sertliği değerlerinin gruplar arasında farklılık gösterdiği görülmüştür. Tedavi sonrası değerlerin incelenmesinde, başlangıç değerlerinin farklılık göstermesi nedeniyle ve tedavilerin etkinliğinin net bir şekilde ortaya konabilmesi için kovaryans analizi kullanılmış ve tedavi öncesi gruplar arasındaki farkların olası etkileri minimuma indirilmiştir.

SP'li çocuklarda alt ekstremiteye yapılan fizyoterapi müdahalelerinin kas morfolojisine etkileri farklı çalışmalarda farklı şekillerde gösterilmiştir. Boyacı ve diğerleri, BoNT-A enjeksiyonu sonrasında 4 haftalık germe, progresif kuvvetlendirme ve yürüyüş eğitimini içeren fizyoterapinin gastroknemius ve soleus kaslarının morfolojisi üzerine etkilerini incelemiş ve her iki kasta da kas kalınlığında artış görüldüğünü raporlamışlardır [342]. Zhao ve diğerleri, 2011 yılında yaptıkları çalışmada çalışmamıza benzer şekilde uygulanan 6 haftalık pasif germe ve aktif kuvvetlendirme eğitiminin gastroknemius ve soleus kaslarında fasikül uzunluğunda artış ile pennasyon açısı ve kas sertliğinde azalma ile sonuçlandığını raporlamışlardır. Yazarlar verilen programın triseps surae kaslarında elongasyon ve gevşemeye neden olduğunu ifade etmişlerdir [343]. Lee ve diğerleri, 2015 yılında 26 SP'li çocuk ile gerçekleştirdikleri çalışmada kontrol grubuna haftada 3 kez ve 6 hafta boyunca

standart nörogelişimsel tedavi, tedavi grubuna ise ek olarak progresif fonksiyonel eğitim uygulamışlardır. Çalışmanın sonunda tedavi grubunun gastroknemius kaslarının kas kalınlığı, enine kesit alanı ve pennasyon açısının kontrol grubuna göre artmış olduğu saptanmıştır [344]. Benzer şekilde ev tabanlı kuvvetlendirme eğitimi içeren bir çalışmada da gastroknemius kasının fasikül uzunluğu ile pennasyon açısı değerlerinin tedavi öncesine göre değişmediği ifade edilmiştir [345]. Çalışmamıza benzeyen bir başka çalışmada ise bir grupta plantar fleksörlere statik germe, diğer gruba GYİ uygulanmış, her iki grupta da enine kesit alanı ve fasikül uzunluklarında artış saptanmıştır [19]. Görüldüğü üzere, çalışmalarda ortak olarak kuvvetlendirme ve germeyi içeren programların gastroknemius kasında kas kuvvetiyle ilişkili olan enine kesit alanı ve kas kalınlığı değerleri ile kasın uzayabilirliği ve esnekliğiyle ilişkili olan fasikül uzunluğu değerini arttırdığı saptanmıştır ancak pennasyon açısı için net bir sonuç ifade edilememektedir. Bizim çalışmamızda ise YF ve GYİ gruplarının BoNT-A enjeksiyonu yapılmış medial gastroknemius kas morfolojisi tedavi öncesi ve sonrası değerleri karşılaştırıldığında, YF grubundaki çocukların medial gastroknemius enine kesit alanı, kas kalınlığı, fasikül uzunluğu ve pennasyon açısı değerlerinin anlamlı düzeyde arttığı görülmüştür. GYİ grubunda ise enine kesit alanı ve fasikül uzunluğunda tedavi öncesine göre anlamlı düzeyde artış saptanmıştır. GYİ grubunda kas kalınlığı da sayısal olarak artmış ama istatistiksel anlamlılık oluşturamamıştır. Yine GYİ grubunda pennasyon açısında küçük bir düzeyde azalma görülmekle birlikte tedavi öncesi ve sonrası değerlerin oldukça benzer olduğu sonucuna varılmıştır. YF'nin ise pennasyon açısını arttırmada GYİ eğitimine göre üstün olduğu saptanmıştır.

Çalışmamıza dahil edilen gruplarda BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastroknemius kasının enine kesit alanının artışının, kasın kuvvetlendirme egzersizlerine hipertrofi cevabı oluşturması nedeniyle ortaya çıktığı sonucuna varılmıştır [50]. Bu durumda kas kuvveti sonuçlarında tartışıldığı üzere BoNT-A enjeksiyonunun kısmi denervasyon etkisine karşılık kuvvetlendirme egzersizlerinin kası koruyucu etkisi gözler önüne serilmektedir [6]. Yine çalışmamıza dahil edilen iki grubun da gastroknemius kasının fasikül uzunluğu değerleri anlamlı düzeyde artmıştır. Her iki gruba YF çerçevesinde uygulanan aktif ve pasif germe egzersizleri ile GYİ grubuna ek olarak verilen GYİ eğitiminin kasın uzayabilirliğini artırma etkilerinin bu sonucu doğrulduğunu düşünmekteyiz. Peki gruplar arasında ve benzer çalışma sonuçlarında da farklılık gösteren pennasyon açısındaki değişiklikler nasıl yorumlanabilir? Bilindiği üzere pennasyon açısı geçmişten bugüne kadar kasın maksimum kuvvet üretme kapasitesi ile ilişkilendirilmiş ve pennasyon açısına fonksiyonellik ile ilgili ciddi anlamlar

yüklenmiştir [50]. Tonik özellikteki sağlıklı kasların pennasyon açılarının daha yüksekken, fazik özellikteki kasların pennasyon açılarının daha düşük olduğu ifade edilmişti [50]. Kas morfolojisi konusunda önemli çalışmaları olan ve bu konudaki öncülerden biri olan Richard Lieber, 2022 yılında yayınlanan bir çalışmada, pennasyon açısının yorumlanmasında günümüze kadar kendisinin de yanlış bir yol izlediğini, kas liflerinin rotasyonel dizilimleri nedeniyle kasın kuvvet oluşturma kapasitesi yorumu yapılırken pennasyon açısının etkisinin değişken olabileceğini ifade etmiştir. Ek olarak pennasyon açısının yalnızca kısa kas liflerinin sınırlı bir hacme paketlenmesi stratejisi olduğunu savunmuştur. Bu nedenle pennasyon açısının fonksiyonellikte çok küçük bir ilişkisinin olabileceği ve yorumlamaların dikkatli yapılması gerektiği sonucuna varmıştır [346]. Çalışmamızda YF grubunun gastrocnemius pennasyon açısı değerindeki artış, enine kesit alanındaki artışın fasikül uzunluğundaki artıştan daha yüksek olması nedeniyle ortaya çıkmış olabilir. YF programına dahil edilen egzersizler konsantrik kasılmayı içeren egzersizlerdir ve konsantrik kasılmalar sonucunda oluşan hipertrofinin sarkomerlerin paralel olarak eklenmesi nedeniyle olduğu iddia edilmiştir. Bu da konsantrik kasılmalar sonucunda pennasyon açısının ciddi oranda arttığı (%30), fasikül uzunluğu artışının ise daha sınırlı olduğu sonucunu doğurmuştur (%5) [266]. Bizim çalışmamızda da YF grubunda pennasyon açısında görülen anlamlı artışın nedeninin bu durum olabileceği düşünülmüştür. GYİ eğitimi ile eksentrik kasılmaların da yoğun olarak deneyimlendiği GYİ grubumuzdaki veriler ise pennasyon açısının tedavi öncesine göre değişmediğini göstermiştir. Konsantrik kasılmalara zıt şekilde, eksentrik kasılmalar sarkomer eklenimindeki muhtemel fark nedeniyle, fasikül uzunluğunda daha fazla artış sağlarken (%12), pennasyon açısını arttırmada kısıtlıdır (%5) [266]. GYİ grubunda pennasyon açısına dair elde edilen verilerin de bu sebeple ortaya çıktığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızın sonuçları GYİ grubunun BoNT-A enjeksiyonu yapılmış gastrocnemius kas sertliği değerlerinin de tedavi sonrasında tedavi öncesine göre arttığını göstermiştir. GYİ grubuna YF'ye ek uygulanan yokuş aşağı geri yürüme eğitimi triceps surae kaslarında eksentrik kasılmalar neden olmuştur ve mevcut çalışmada da bu yüzden bu yöntem uygulanmıştır. Çünkü eksentrik kasılmalar kasın uzayabilirliğini, dolayısıyla esnekliğini artırır ve kuvvetlendirme noktasında kasa daha fazla yüklenmeyi gerektirir [266]. BoNT-A enjeksiyonu sonrasında kasta ortaya çıkan olumsuz sonuçların azaltılması ve esnekliğin korunması-arttırılması için eksentrik egzersizlerin faydalı olacağı düşünülmüştür. Eksentrik kasılma içeren egzersizlerin dezavantajları egzersizin ertesi gününde ortaya çıkan ağrı ve

yaklaşık 4 gün boyunca süren kas sertliğinde artıştır. Egzersiz sonrası sertlikteki ani artışın, germeyle etkinleştirilen Ca^{2+} salınımından kaynaklandığı varsayılmıştır [347, 348]. Bu dezavantajlar sağlıklı bireylerde gösterilmekle birlikte literatürde SP’de eksentrik kasılmaların deneyimlendiği GYİ eğitimlerinde böyle bir sonuca rastlanmamıştır. Çalışmamıza dahil edilen çocuklarda da egzersizi takiben ya da ertesi gününde ağrı şikâyeti olmamıştır ancak çalışmanın sonuçlarında net bir şekilde görülen GYİ grubundaki kas sertliği artışının nedeni eksentrik egzersizin kas sertliğini arttırması olarak gözükmemektedir. Bu anlamda çalışmaya dahil edilen çocukların tedavi sonrası değerlendirmeleri için son GYİ egzersizi üzerinden en az 4 gün geçmesinin beklenmemiş olması çalışmamızın bir limitasyonu olarak kaydedilebilir.

Çalışmamızda elde edilen bir başka önemli sonuç ise GYİ grubunda göze çarpan vaskülarizasyon artışıdır. Vaskülarizasyon oksijen talebi, mitokondrilerin düzgün çalışması ve uygun kapiller ağ ile sağlanır [104]. Daha önce spastik kaslarda vaskülarizasyonun azalan hareket ve buna bağlı olarak azalmış oksijen talebi nedeniyle etkilendiği ifade edilmiştir. Ayrıca SP’li ratlarda spastik kasta Tip 1 (yavaş kasılan-aerobik) liflerin azalması da, azalmış oksijen talebiyle birlikte vaskülarizasyonun azalmasına bir sebep olarak gösterilmiştir [106]. Literatürde BoNT-A enjeksiyonları sonrasında enjeksiyon yapılan kasın vaskülarizasyonunu inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır ancak, BoNT-A enjeksiyonlarının da tek başına kasta Tip 1 liflerin sayısının azalmasıyla sonuçlandığı gösterilmiştir [124]. Bu nedenle BoNT-A enjeksiyonlarının vaskülarizasyonu da azaltılabileceği düşünülebilir. SP’li çocuklarda 3 farklı yürüyüşün (yokuş yukarı ileri, düz ileri, yokuş aşağı geri) kastaki etkilerini inceleyen bir çalışmada GYİ eğitiminin eksentrik kasılmalara yol açtığı, eksentrik kasılmaların ise yeni sarkomer oluşumunu desteklemesi nedeniyle SP’li çocuklarda önerilebileceği sonucuna varılmıştır [21]. Vaskülarizasyondaki artış göz önünde bulundurulduğunda, çalışmamızda uyguladığımız GYİ eğitiminin bu anlamda Tip 1 lif oluşumunu desteklemiş olduğu düşünülebilir. Bu açıdan bakıldığında çalışmamızın sonunda BoNT-A enjeksiyonu sonrası azalması beklenen Tip 1 liflerin kaybının önüne geçilmesi ya da yeniden kazanılması konusunda GYİ eğitiminin etkili olabileceği düşüncesi doğmuştur ancak kesin sonuçlara ulaşılabilmesi için lif tiplerinin incelendiği histopatolojik çalışmalara ihtiyaç vardır.

Özetle, BoNT-A enjeksiyonu sonrası germe ve kuvvtlendirmeleri içeren YF, ve YF’ye ek GYİ eğitimi gastroknemius kasının enine kesit alanının ve fasikül uzunluğunun artışıyla

sonuçlanmıştır. Eksentrik egzersizler içeren GYİ eğitimi ise kasın sertliğinde artış ve vaskülarizasyonunun iyileşmesi sonuçlarını doğurmuştur.

5.8. Yaşam Kalitesi

SP'li çocuklarda yaşam kalitesi postüral deformiteler, ağrı ve sosyal ilişkiler gibi pek çok nedenden etkilenmektedir [68, 69]. SP'li çocuğun biyopsikososyal model içerisinde değerlendirilmesi açısından yaşam kalitesi önemli bir yer tutar [196]. SP'li çocuklarda yaşam kalitesinin belirleyicilerini araştıran çalışmaları özetleyen bir sistematik derlemede ICF'e göre vücut yapılarının %48 oranında, aktivitelerin %52 oranında, çevresel faktörlerin ise %26 oranında incelenerek, yaşam kalitesiyle ilişkilendirildiği ifade edilmiştir [349]. 2022 yılında yayınlanan bir çalışmada BoNT-A enjeksiyonları sonrasında 4. ve 28. haftalarda yapılan değerlendirmelerde ağrının azaldığı ve yaşam kalitesinin arttığı raporlanmıştır[350]. Spastisitenin çocuğun yaşantısını etkileyen önemli bir sorun olması ve BoNT-A enjeksiyonun spastisiteyi azaltması nedeniyle bu sonucun ortaya çıktığı düşünülmektedir. Çalışmamızda gastroknemius kaslarına BoNT-A enjeksiyonu uygulanmış ve ardından 3 haftalık seri alçılama protokolüne tabi tutulmuş çocukların Çocuk Sağlık Anketi verilerine göre fizyoterapi öncesi değerlerinde fiziksel fonksiyon, ağrı ve ebeveyn üzerindeki emosyonel etki alt skorlarında iki grup arasında anlamlı fark vardı. Tedavi sonrasında ise YF grubunun fiziksel fonksiyon, fiziksel nedene bağlı rol kısıtlılıkları, emosyonel/davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları, öz saygı ve ebeveyn üzerindeki emosyonel etkisi alt skorlarında tedavi öncesine göre iyileşmeler görülmüştür. GYİ grubunun ise fiziksel fonksiyon, fiziksel nedene bağlı rol kısıtlılıkları ve emosyonel/davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları alt skorlarında tedavi öncesine göre gelişmeler gösterdiği saptanmıştır. Her iki gruptaki çocuklarda ortaya çıkan ve yukarıda tartışılan kas kuvveti, eklem hareket açıklığı gibi değerlerde artışla birlikte spastisitede azalma görülmesinin ebeveyn tarafından doldurulan ankette çocukların fiziksel fonksiyonlarıyla ilişkili yaşam kalitesi puanlarının artmasına neden olduğunu düşünmekteyiz. Yine her iki grupta görülen yürüyüşteki iyileşmeler de bu sonucun nedeni olarak yorumlanabilir. YF grubunda, GYİ grubundan farklı olarak öz saygı ve emosyonel/davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları alt skorlarında iyileşme görülmüştür. Bu durum ise GYİ eğitimi için rutinde gidilen özel eğitim merkezi dışında bir merkeze gidilmesi, yeni insanlarla tanışılması ve çocuklar için sıkıcı olarak tanımlanabilecek yürüme aktivitesinin, yeni tanışılan bir fizyoterapistle yapılması nedeniyle çocukta başarı kaygısı

oluşturması gibi nedenlere bağlanabilir. Ayrıca gruplara uygulanan tedaviler birbiri ile karşılaştırıldığında YF grubunda ebeveyn üzerindeki emosyonel etki alt skorunun GYİ grubuna göre daha çok iyileştiği görülmüştür. Bunun nedeninin ise, ebeveynin çocuğu rutindeki seansları için gitmedikleri bir merkeze götürmesi ve uygulanan tedavinin etkinliğiyle ve sonuçları ile ilgili kaygı hissetmesinin olabileceği düşünülmüştür.

5.9. Günlük Yaşam Aktiviteleri

Günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlık SP’de önemli düzeyde etkilenebilir. SP’de uygulanan fizyoterapi yaklaşımları ise büyük oranda çocuğun fonksiyonlarının iyileşmesi ve bu sayede günlük yaşamda daha bağımsız bir şekilde hareket edebilmesini hedefler [277, 328]. Vücut yapılarındaki iyileşmeler çocuğun günlük yaşamı aktivitelerine katkısı olduğunda hem çocuk hem aile için daha anlamlı hale gelecektir. SP’li çocuklarda fizyoterapinin günlük yaşam aktivitelerini inceleyen araştırmalarda daha çok hedef odaklı eğitimler dikkati çekmektedir. [233] Alt ekstremiteye yönelik kuvvetlendirme eğitimlerinin de kaba motor fonksiyon ve yürüyüşü iyileştirmede kanıt düzeyinin olduğu gösterilmiştir [351]. Literatürde özellikle üst ekstremiteye yapılan BoNT-A enjeksiyonlarının günlük yaşam aktivitelerine etkileri incelenmiştir ancak alt ekstremiteye uygulanan BoNT-A enjeksiyonu ve sonrasında uygulanan fizyoterapinin günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlığına etkileyen araştırmalar kısıtlıdır [14, 352]. Çalışmamıza benzer bir çalışmada plantar fleksörlerine BoNT-A enjeksiyonu uygulanmış SP’li çocuklara verilen 8 haftalık rutin fizyoterapi ve GYİ eğitiminin sonunda Pediatrik Özürlülük Envanteri ile ölçülen günlük yaşam aktiviteleri skorlarında iyileşmeler görülmüştür [14]. Bizim çalışmamızda WeeFIM ile değerlendirilen günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlık skorlarında ve alt skorlarında gruplar tedavi öncesinde ve sonrasında anlamlı iyileşme göstermemişlerdir. Fonksiyonel kuvvetlendirme ve germe egzersizlerini içeren programların uygulandığı çalışmamızda günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık skorlarında iyileşme beklemekteydik ancak çocukların KMFSS düzeylerinin, fonksiyonel düzeylerinin ve dolayısı ile WeeFIM skorlarının başlangıçta zaten yüksek olmasının çalışmamızdan elde edilen sonucun temel nedeni olduğunu düşünmekteyiz. Ayrıca bu durumun diğer nedenlerinin tedavilerin 6 hafta gibi kısa bir süre sürmesi ve katılımcı sayısının azlığı olduğu düşünülmektedir.

5.10. Araştırmanın Güçlü Yönleri ve Sınırlılıkları

Bu çalışma BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama uygulanan SP'li çocuklarda farklı fizyoterapi protokollerinin etkinliğini karşılaştırarak incelemek için tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan fizyoterapi müdahalelerinin aktif ve pasif germe, fonksiyonel kuvvetlendirme ve son yıllarda oldukça popüler olan GYİ eğitimi içermesi ve özellikle objektif yöntemlerle ölçülen kas morfolojisindeki değişimleri saptaması çalışmanın güçlü yönüdür. Literatürde BoNT-A enjeksiyonu ve seri alçılama sonrası fizyoterapinin etkinliğini inceleyen çalışmalar vaka raporuyla sınırlı görünmektedir. Bu anlamda randomize kontrollü çalışma düzeninde gerçekleştirilen çalışmamız literatüre katacakları bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca çalışmada hedeflenen ekstremité sayısının altında ekstremitenin dahil edilmesine rağmen post-hoc güç analizinde yeterli ve hatta yüksek güce ulaşılmış olması çalışmanın bir başka güçlü yönüdür.

Araştırmaya katılan çocuk sayısının kişi bazında değerlendirilen günlük yaşam aktiviteleri ve fonksiyonel bağımsızlık skorlarındaki değişimleri saptamak açısından yetersiz olması çalışmanın bir limitasyonudur. Çalışmaya dahil edilen çocukların daha önceden geçirdikleri BoNT-A enjeksiyonu sayısının farklılık göstermesi de araştırmamızın bir diğer limitasyonu olarak gösterilebilir. Eksentrik kasılmaların egzersizin ardından 4 gün boyunca kas sertliğinde artışla sonuçlanması, ancak çalışmamızda tedavi sonrası değerlendirmeler için 4 gün gibi spesifik bir bekleme süresinin seçilmemesi de araştırmamızın bir başka sınırlılığı olarak kaydedilebilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada SP’li çocuklarda BoNT-A ve seri alçılama protokolü sonrasında uygulanan YF ve YF’ye ek GYİ eğitiminin kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, spastisite, yürüyüş, selektif motor kontrol, kas morfolojisi, yaşam kalitesi ve günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık üzerine etkileri karşılaştırılarak incelenmiştir.

Çalışmamızın sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 1- Çalışmanın sonuçlarına göre YF ve YF’ye ek GYİ eğitimleri SP’li çocukların kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, yürüyüş, kas morfolojisi ve yaşam kalitesi skorlarını olumlu yönde etkilemiş, günlük yaşam aktiviteleri, spastisite ve selektif motor kontrol skorlarını ise etkilememiştir. YF+GYİ eğitiminin tek başına uygulanan YF eğitime göre kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, spastisite, yürüyüş ve kas morfolojisi parametrelerini iyileştirmede üstünlük gösterdiği saptanmıştır. Bu sonuçlar çalışmamızın H1₁, H2₁, H3₁, H5₁ ve H6₁ hipotezlerinin kısmen, H4₀, H7₀ ve H8₀ hipotezlerinin ise tamamen doğrulandığını göstermektedir.
- 2- Eksentrik kasılmaları içeren GYİ eğitimi ile fiziksel ve motor parametrelerdeki iyileşmeye ek olarak kasın morfolojisinde de önemli değişiklikler elde edilmiştir. GYİ ile BoNT-A uygulanmış kasta meydana gelen vaskülarizasyon artışı kasın ve kastaki dolaşımın iyileşmesi adına umut vadetmektedir.
- 3- Çalışmamızda fonksiyonel kuvvetlendirme ve aktif-pasif germe egzersizlerinden oluşan YF’nin de grup içerisinde kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, yürüyüş ve kas morfolojisinde önemli olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür.

Çalışmamızın ve önceki çalışmaların sonuçlarından yola çıkılarak belirlediğimiz öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 1- YF’nin grup içindeki olumlu etkileri göz önünde bulundurularak, SP’li çocuklarda fizyoterapi ve rehabilitasyon müdahalelerinin bu bakış açısıyla şekillendirilmesi önerilir.
- 2- SP’li çocuklarda BoNT-A enjeksiyonları sonrasındaki olumlu etkilerin korunması, olası olumsuz etkilerin ise hızlı bir şekilde ortadan kaldırılması için fizyoterapi ve rehabilitasyona ihtiyaç vardır. Özellikle motor fonksiyonun iyileştirilmesi için

BoNT-A enjeksiyonları tek başına yeterli değildir. Bu konuda devam eden çalışmalara ihtiyaç vardır.

- 3- BoNT-A, fizyoterapi ve rehabilitasyon ile kombine edildiğinde, rekürrensin gecikeceği ve ortopedik girişimlerin erteleneceği düşünülmektedir. Bu anlamda ortopedik girişimlerin ardından uygulanacak fizyoterapi ve rehabilitasyon programları ile maliyet etkin bir yaklaşım çizilebilir.
- 4- Ülkemizde SP'li çocukların rehabilitasyonunda ve bu çocuklarda özellikle BoNT-A enjeksiyonu ve alçılama gibi ortopedik müdahalelerin ardından neler yapılabileceğine dair bir görüş birliğinin bulunması ve ülkenin her yerinde SP'li çocuklara uygun politikaların geliştirilerek standart uygulamaların yapılması önem taşımakta ve önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bax, M. C. (1964). Terminology and classification of cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 6(3), 295-297.
2. Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., Dan, B., and Jacobsson, B. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 109(suppl 109), 8-14.
3. Cans, C., Dolk, H., Platt, M. J., and Colver, A. (2007). Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 35.
4. Papageorgiou, E., Simon-Martinez, C., Molenaers, G., Ortibus, E., Van Campenhout, A., and Desloovere, K. (2019). Are spasticity, weakness, selectivity, and passive range of motion related to gait deviations in children with spastic cerebral palsy? A statistical parametric mapping study. *PloS one*, 14(10).
5. Sato, H. (2020). Postural deformity in children with cerebral palsy: Why it occurs and how is it managed. *Physical therapy research*, 23(1), 8-14.
6. Multani, I., Manji, J., Hastings-Ison, T., Khot, A., and Graham, K. (2019). Botulinum toxin in the management of children with cerebral palsy. *Pediatric Drugs*, 21(4), 261-281.
7. Hastings-Ison, T., Sangeux, M., Thomason, P., Rawicki, B., Fahey, M., and Graham, H. (2018). Onabotulinum toxin-A (Botox) for spastic equinus in cerebral palsy: a prospective kinematic study. *Journal of Children's Orthopaedics*, 12(4), 390-397.
8. Mathevon, L., Bonan, I., Barnais, J.-L., Boyer, F., and Dinomais, M. (2019). Adjunct therapies to improve outcomes after botulinum toxin injection in children: A systematic review. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 62(4), 283-290.
9. Picelli, A., Santamato, A., Chemello, E., Cinone, N., Cisari, C., Gandolfi, M., Ranieri, M., Smania, N., and Baricich, A. (2019). Adjuvant treatments associated with botulinum toxin injection for managing spasticity: An overview of the literature. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 62(4), 291-296.
10. Preissner, K. S. (2002). The effects of serial casting on spasticity: a literature review. *Occupational Therapy in Health Care*, 14(2), 99-106.
11. Williams, S. A., Elliott, C., Valentine, J., Gubbay, A., Shipman, P., and Reid, S. (2013). Combining strength training and botulinum neurotoxin intervention in children with cerebral palsy: the impact on muscle morphology and strength. *Disability and Rehabilitation*, 35(7), 596-605.
12. Fonseca Jr, P. R., and Galli, M. (2017). Effect of physiotherapeutic intervention on the gait after the application of botulinum toxin in children with cerebral palsy: systematic review. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 54(5), 757-765.
13. Lee, S. J., Sung, I. Y., Jang, D. H., Yi, J. H., Lee, J. H., and Ryu, J. S. (2011). The effect and complication of botulinum toxin type A injection with serial casting for the treatment of spastic equinus foot. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 35(3), 344-353.
14. Bıyık, K. S., Günel, M. K., and Akyüz, E. Ü. (2023). How does treadmill training contribute to botulinum toxin application plus routine physical therapy in ambulatory children with spastic bilateral cerebral palsy? A randomized controlled trial. *Irish Journal of Medical Science* 192(1), 209-217.

15. Löwing, K., Thews, K., Haglund-Åkerlind, Y., and Gutierrez-Farewik, E. M. (2017). Effects of botulinum toxin-A and goal-directed physiotherapy in children with cerebral palsy GMFCS levels I & II. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 37(3), 268-282.
16. Barrett, R. S., and Lichtwark, G. A. (2010). Gross muscle morphology and structure in spastic cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(9), 794-804.
17. Lorenzo, T. M., Rocon, E., Caballero, I. M., Barragán, A. R., and Lara, S. L. (2017). Prolonged stretching of the ankle plantarflexors elicits muscle-tendon adaptations relevant to ankle gait kinetics in children with spastic cerebral palsy. *Medical Hypotheses*, 109, 65-69.
18. Weide, G., Sloot, L., Oudenhoven, L., Jaspers, R. T., Harlaar, J., Buizer, A. I., and Bar-On, L. (2019). Comprehensive evaluation of gait, spasticity, and muscle morphology: A case report of a child with spastic paresis treated with Botulinum NeuroToxin-A, serial casting, and physiotherapy. *Clinical case reports*, 7(9), 1637-1646.
19. Hösl, M., Böhm, H., Eck, J., Döderlein, L., and Arampatzis, A. (2018). Effects of backward-downhill treadmill training versus manual static plantarflexor stretching on muscle-joint pathology and function in children with spastic Cerebral Palsy. *Gait & posture*, 65, 121-128.
20. Kim, S.-G., Ryu, Y. U., Je, H. D., Jeong, J. H., and Kim, H.-D. (2013). Backward walking treadmill therapy can improve walking ability in children with spastic cerebral palsy: a pilot study. *International Journal of Rehabilitation Research*, 36(3), 246-252.
21. Hösl, M., Böhm, H., Arampatzis, A., Keymer, A., and Döderlein, L. (2016). Contractile behavior of the medial gastrocnemius in children with bilateral spastic cerebral palsy during forward, uphill and backward-downhill gait. *Clinical Biomechanics*, 36, 32-39.
22. Reid, S., Hamer, P., Alderson, J., and Lloyd, D. (2010). Neuromuscular adaptations to eccentric strength training in children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(4), 358-363.
23. Freud, S. (1897). *Die infantile cerebrallähmung* (Vol. 9): A. Hölder, 1-327.
24. Osler, W. (1889). The cerebral palsies of children: A clinical study from the infirmary for nervous diseases. *Philadelphia: Blakiston*.
25. Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., Dan, B., Jacobsson, B., and Damiano, D. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(8), 571-576.
26. Sadowska, M., Sarecka-Hujar, B., and Kopyta, I. (2020). Cerebral palsy: current opinions on definition, epidemiology, risk factors, classification and treatment options. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 1505-1518.
27. Serdaroğlu, A., Cansu, A., Özkan, S., and Tezcan, S. (2006). Prevalence of cerebral palsy in Turkish children between the ages of 2 and 16 years. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(6), 413-416.
28. Colver, A., Gibson, M., Hey, E., Jarvis, S., Mackie, P., and Richmond, S. (2000). Increasing rates of cerebral palsy across the severity spectrum in north-east England 1964–1993. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition*, 83(1), 7-12.
29. Reddiough, D. S., and Collins, K. J. (2003). The epidemiology and causes of cerebral palsy. *Australian Journal of physiotherapy*, 49(1), 7-12.

30. Kułak, W., Sobaniec, W., Okurowska-Zawada, B., Sienkiewicz, D., and Paszko-Patej, G. (2009). Antenatal, intrapartum and neonatal risk factors for cerebral palsy in children in Podlaskie Province. *Neurologia Dziecięca*, 18(36), 19-24.
31. McIntyre, S., Taitz, D., Keogh, J., Goldsmith, S., Badawi, N., and Blair, E. (2013). A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(6), 499-508.
32. Linsell, L., Malouf, R., Morris, J., Kurinczuk, J. J., and Marlow, N. (2016). Prognostic factors for cerebral palsy and motor impairment in children born very preterm or very low birthweight: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(6), 554-569.
33. Ahlin, K., Himmelmann, K., Hagberg, G., Kacerovsky, M., Cobo, T., Wennerholm, U. B., and Jacobsson, B. (2013). Non-infectious risk factors for different types of cerebral palsy in term-born babies: a population-based, case-control study. *International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 120(6), 724-731.
34. Goldsmith, S., McIntyre, S., Badawi, N., and Hansen, M. (2018). Cerebral palsy after assisted reproductive technology: a cohort study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 60(1), 73-80.
35. Oskoui, M., Coutinho, F., Dykeman, J., Jetté, N., and Pringsheim, T. (2013). An update on the prevalence of cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(6), 509-519.
36. Sanger, T. D., Delgado, M. R., Gaebler-Spira, D., Hallett, M., Mink, J. W., and Disorders, T. F. o. C. M. (2003). Classification and definition of disorders causing hypertonia in childhood. *Pediatrics*, 111(1), 89-97.
37. Monbaliu, E., Himmelmann, K., Lin, J.-P., Ortibus, E., Bonouvrié, L., Feys, H., Vermeulen, R. J., and Dan, B. (2017). Clinical presentation and management of dyskinetic cerebral palsy. *The Lancet Neurology*, 16(9), 741-749.
38. Sanger, T. D., Chen, D., Fehlings, D. L., Hallett, M., Lang, A. E., Mink, J. W., Singer, H. S., Alter, K., Ben-Pazi, H., and Butler, E. E. (2010). Definition and classification of hyperkinetic movements in childhood. *Movement Disorders*, 25(11), 1538-1549.
39. Bar-On, L., Molenaers, G., Aertbeliën, E., Van Campenhout, A., Feys, H., Nuttin, B., and Desloovere, K. (2015). Spasticity and its contribution to hypertonia in cerebral palsy. *BioMed research international*, 2015.
40. Lance, J. W. (1980). Symposium synopsis. *Spasticity: disordered motor control*, 487-489.
41. Sakzewski, L., Ziviani, J., and Boyd, R. (2009). Systematic review and meta-analysis of therapeutic management of upper-limb dysfunction in children with congenital hemiplegia. *Pediatrics*, 123(6), 1111-1122.
42. Gage, J. R., Schwartz, M. H., Koop, S. E., and Novacheck, T. F. (2009). *The identification and treatment of gait problems in cerebral palsy*: John Wiley & Sons
43. Barnes, M. P., and Johnson, G. R. (2001). *Upper motor neurone syndrome and spasticity: Clinical management and neurophysiology*: Cambridge University Press
44. Klingels, K., Demeyere, I., Jaspers, E., De Cock, P., Molenaers, G., Boyd, R., and Feys, H. (2012). Upper limb impairments and their impact on activity measures in children with unilateral cerebral palsy. *European Journal of Paediatric Neurology*, 16(5), 475-484.

45. Damiano, D. L., Dodd, K., and Taylor, N. F. (2002). Should we be testing and training muscle strength in cerebral palsy? *Developmental Medicine & Child Neurology*, 44(1), 68-72.
46. Phelps, W. M. (1966). Cerebral Birth Injuries: Their Orthopaedic Classification and Subsequent Treatment. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 47, 9-18.
47. Mockford, M., and Caulton, J. M. (2010). The pathophysiological basis of weakness in children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 22(2), 222-233.
48. Carr, J. H., Shepherd, R. B., and Ada, L. (1995). Spasticity: Research findings and implications for intervention. *Physiotherapy*, 81(8), 421-429.
49. Brown, J. K., Omar, T., and O'Regan, M. (1997). Brain development and the development of tone and movement. *Clinics in developmental medicine*, 1-41.
50. Lieber, R. L., and Fridén, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 23(11), 1647-1666.
51. Pierce, S. R., Barbe, M. F., Barr, A. E., Shewokis, P. A., and Lauer, R. T. (2007). Co-contraction during passive movements of the knee joint in children with cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 22(9), 1045-1048.
52. Ikeda, A. J., Abel, M. F., Granata, K. P., and Damiano, D. L. (1998). Quantification of cocontraction in spastic cerebral palsy. *Electromyography and clinical neurophysiology*, 38(8), 497-504.
53. Domagalska-Szopa, M., and Szopa, A. (2019). Gait pattern differences among children with bilateral cerebral palsy. *Frontiers in Neurology*, 10, 183.
54. Park, K.-B., Park, H., Park, B. K., Abdel-Baki, S. W., and Kim, H. W. (2019). Clinical and gait parameters related to pelvic retraction in patients with spastic hemiplegia. *Journal of Clinical Medicine*, 8(5), 679.
55. Nieuwenhuys, A., Papageorgiou, E., Schless, S.-H., De Laet, T., Molenaers, G., and Desloovere, K. (2017). Prevalence of joint gait patterns defined by a Delphi consensus study is related to gross motor function, topographical classification, weakness, and spasticity, in children with cerebral palsy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 185.
56. Rodda, J., and Graham, H. (2001). Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: a basis for a management algorithm. *European journal of neurology*, 8, 98-108.
57. Aroojis, A., Sagade, B., and Chand, S. (2021). Usability and reliability of the edinburgh visual gait score in children with spastic cerebral palsy using smartphone slow-motion video technology and a motion analysis application: A pilot study. *Indian Journal of Orthopaedics*, 55, 931-938.
58. Simmons, T., Smithson, F., Rodda, J., Starr, R., Boyd, R., and Graham, H. (1998). The high incidence and clinical significance of hip dysplasia in Winters and Gage type 4 hemiplegia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 40, S5.
59. Miller, F. (1995). Complications in cerebral palsy treatment. *Complications in pediatric orthopedic surgery*, 477-544.
60. Borton, D., Walker, K., Pirpiris, M., Nattrass, G., and Graham, H. (2001). Isolated calf lengthening in cerebral palsy: outcome analysis of risk factors. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 83(3), 364-370.
61. Elbasan, B. (2019). *Pediatric Fizyoterapi Rehabilitasyon: İstanbul Tıp Kitabevleri*

62. Gudjonsdottir, B., and Mercer, V. S. (1997). Hip and spine in children with cerebral palsy: musculoskeletal development and clinical implications. *Pediatric Physical Therapy*, 9(4), 179-185.
63. Brown, K. (1985). Positional deformity in children with cerebral palsy. *Physiotherapy Practice*, 1(1), 37-41.
64. Sharrard, W. (1961). The mechanism of deformity in cerebral palsy. In: SAGE Publications.
65. Fulford, G., and Brown, J. (1976). Position as a cause of deformity in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 18(3), 305-314.
66. Hägglund, G., Lauge-Pedersen, H., and Wagner, P. (2007). Characteristics of children with hip displacement in cerebral palsy. *BMC musculoskeletal disorders*, 8, 1-6.
67. Porter, D., Michael, S., and Kirkwood, C. (2008). Is there a relationship between preferred posture and positioning in early life and the direction of subsequent asymmetrical postural deformity in non ambulant people with cerebral palsy? *Child: care, health and development*, 34(5), 635-641.
68. Mercado, E., Alman, B., and Wright, J. G. (2007). Does spinal fusion influence quality of life in neuromuscular scoliosis? *Spine*, 32(19), S120-S125.
69. Boel, L., Pernet, K., Toussaint, M., Ides, K., Leemans, G., Haan, J., Van Hoorenbeeck, K., and Verhulst, S. (2019). Respiratory morbidity in children with cerebral palsy: an overview. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 61(6), 646-653.
70. Holmes, C., Brock, K., and Morgan, P. (2019). Postural asymmetry in non-ambulant adults with cerebral palsy: a scoping review. *Disability and Rehabilitation*, 41(9), 1079-1088.
71. Chan, G., and Miller, F. (2014). Assessment and treatment of children with cerebral palsy. *Orthopedic Clinics*, 45(3), 313-325.
72. Ito, K., Kawakami, N., Miyasaka, K., Tsuji, T., Ohara, T., and Nohara, A. (2012). Scoliosis associated with airflow obstruction due to endothoracic vertebral hump. *Spine*, 37(25), 2094-2098.
73. Horimoto, Y., Osuda, Y., Takada, C., Tsugawa, S., Kozuka, N., Yoshida, S., Otani, T., and Miwa, M. (2012). Thoracic deformity in the transverse plane among adults with severe cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(8), 763-766.
74. Seddon, P., and Khan, Y. (2003). Respiratory problems in children with neurological impairment. *Archives of disease in childhood*, 88(1), 75-78.
75. Howard, C., McKibbin, B., Williams, L., and Mackie, I. (1985). Factors affecting the incidence of hip dislocation in cerebral palsy. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 67(4), 530-532.
76. Bagg, M. R., Farber, J., and Miller, F. (1993). Long-term follow-up of hip subluxation in cerebral palsy patients. *Journal of pediatric orthopedics*, 13(1), 32-36.
77. Hägglund, G., Pettersson, K., Czuba, T., Persson-Bunke, M., and Rodby-Bousquet, E. (2018). Incidence of scoliosis in cerebral palsy: a population-based study of 962 young individuals. *Acta orthopaedica*, 89(4), 443-447.
78. Yoshida, K., Kajiura, I., Suzuki, T., and Kawabata, H. (2018). Natural history of scoliosis in cerebral palsy and risk factors for progression of scoliosis. *Journal of Orthopaedic Science*, 23(4), 649-652.
79. Senaran, H., Shah, S. A., Glutting, J. J., Dabney, K. W., and Miller, F. (2006). The associated effects of untreated unilateral hip dislocation in cerebral palsy scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 26(6), 769-772.

80. Porter, D., Michael, S., and Kirkwood, C. (2007). Patterns of postural deformity in non-ambulant people with cerebral palsy: what is the relationship between the direction of scoliosis, direction of pelvic obliquity, direction of windswept hip deformity and side of hip dislocation? *Clinical rehabilitation*, 21(12), 1087-1096.
81. Häggglund, G., Lauge-Pedersen, H., Persson Bunke, M., and Rodby-Bousquet, E. (2016). Windswept hip deformity in children with cerebral palsy: a population-based prospective follow-up. *Journal of Children's Orthopaedics*, 10(4), 275-279.
82. Letts, M., Shapiro, L., Mulder, K., and Klassen, O. (1984). The windblown hip syndrome in total body cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 4(1), 55-62.
83. Sanger, T. D., Chen, D., Delgado, M. R., Gaebler-Spira, D., Hallett, M., Mink, J. W., and Disorders, T. o. C. M. (2006). Definition and classification of negative motor signs in childhood. *Pediatrics*, 118(5), 2159-2167.
84. Cahill-Rowley, K., and Rose, J. (2014). Etiology of impaired selective motor control: emerging evidence and its implications for research and treatment in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 56(6), 522-528.
85. Fowler, E. G. (2010). Concepts in spasticity and selective motor control in children with spastic cerebral palsy. *Technology and Disability*, 22(4), 207-214.
86. Sargent, B., Havens, K. L., Kubo, M., Wisnowski, J. L., Wu, T.-W., and Fетters, L. (2022). Motivating selective motor control of infants at high risk of cerebral palsy using an in-home kicking-activated mobile task: A pilot study. *Physical Therapy*, 102(2), pzab265.
87. Inoue, T., and Yokoi, Y. (2020). Characteristics of selective motor control of the lower extremity in adults with bilateral spastic cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 32(5), 348-351.
88. Vuong, A., Fowler, E., Matsumoto, J., Staudt, L., Yokota, H., and Joshi, S. (2021). Selective motor control is a clinical correlate of brain motor tract impairment in children with spastic bilateral cerebral palsy. *American Journal of Neuroradiology*, 42(11), 2054-2061.
89. Haas, G., Diener, H., Rapp, H., and Dichgans, J. (1989). Development of feedback and feedforward control of upright stance. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 31(4), 481-488.
90. Shumway-Cook, A., and Woollacott, M. H. (1985). The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *Journal of motor behavior*, 17(2), 131-147.
91. Massion, J. (1998). Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(4), 465-472.
92. Rose, J., Wolff, D. R., Jones, V. K., Bloch, D. A., Oehlert, J. W., and Gamble, J. G. (2002). Postural balance in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 44(1), 58-63.
93. Saxena, S., Rao, B. K., and Kumaran, S. (2014). Analysis of postural stability in children with cerebral palsy and children with typical development: an observational study. *Pediatric Physical Therapy*, 26(3), 325-330.
94. Takakusaki, K. (2017). Functional neuroanatomy for posture and gait control. *Journal of movement disorders*, 10(1), 1.

95. Almutairi, A., Cochrane, G., and Christy, J. (2019). Vestibular and oculomotor function in children with CP: descriptive study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 119, 15-21.
96. De Graaf-Peters, V. B., Blauw-Hospers, C. H., Dirks, T., Bakker, H., Bos, A. F., and Hadders-Algra, M. (2007). Development of postural control in typically developing children and children with cerebral palsy: possibilities for intervention? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 31(8), 1191-1200.
97. Barber, L., Hasting-Ison, T., Baker, R., Barrett, R., and Lichtwark, G. (2011). Medial gastrocnemius muscle volume and fascicle length in children aged 2 to 5 years with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(6), 543-548.
98. Herskind, A., Ritterband-Rosenbaum, A., Willerslev-Olsen, M., Lorentzen, J., Hanson, L., Lichtwark, G., and Nielsen, J. B. (2016). Muscle growth is reduced in 15-month-old children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(5), 485-491.
99. Riad, J., Haglund-Akerlind, Y., and Miller, F. (2008). Power generation in children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Gait & posture*, 27(4), 641-647.
100. Shortland, A. (2009). Muscle deficits in cerebral palsy and early loss of mobility: can we learn something from our elders? *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51, 59-63.
101. Lieber, R. (1992). *Deconstructing morphology: Word formation in syntactic theory*: University of Chicago Press
102. Strasser, E. M., Draskovits, T., Praschak, M., Quittan, M., and Graf, A. (2013). Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age*, 35, 2377-2388.
103. Malaiya, R., McNee, A. E., Fry, N. R., Eve, L. C., Gough, M., and Shortland, A. P. (2007). The morphology of the medial gastrocnemius in typically developing children and children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Journal of electromyography and Kinesiology*, 17(6), 657-663.
104. Noble, J. J., Charles-Edwards, G. D., Keevil, S. F., Lewis, A. P., Gough, M., and Shortland, A. P. (2014). Intramuscular fat in ambulant young adults with bilateral spastic cerebral palsy. *BMC musculoskeletal disorders*, 15(1), 1-8.
105. Abe, T., Kawakami, Y., Suzuki, Y., Gunji, A., and Fukunaga, T. (1997). Effects of 20 days bed rest on muscle morphology. *Journal of gravitational physiology: a journal of the International Society for Gravitational Physiology*, 4(1), S10-14.
106. Choe, Y. R., Kim, J. S., Kim, K. H., and Im Yi, T. (2018). Relationship between functional level and muscle thickness in young children with cerebral palsy. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 42(2), 286-295.
107. Fukutani, A., and Kurihara, T. (2015). Comparison of the muscle fascicle length between resistance-trained and untrained individuals: cross-sectional observation. *Springerplus*, 4(1), 1-6.
108. Matthiasdottir, S., Hahn, M., Yaraskavitch, M., and Herzog, W. (2014). Muscle and fascicle excursion in children with cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 29(4), 458-462.
109. Mohagheghi, A. A., Khan, T., Meadows, T. H., Giannikas, K., Baltzopoulos, V., and Maganaris, C. N. (2008). In vivo gastrocnemius muscle fascicle length in children with and without diplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(1), 44-50.

110. Moreau, N. G., Teefey, S. A., and Damiano, D. L. (2009). In vivo muscle architecture and size of the rectus femoris and vastus lateralis in children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(10), 800-806.
111. Agur, A. M., Ng-Thow-Hing, V., Ball, K. A., Fiume, E., and McKee, N. H. (2003). Documentation and three-dimensional modelling of human soleus muscle architecture. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*, 16(4), 285-293.
112. Lee, D., Li, Z., Sohail, Q. Z., Jackson, K., Fiume, E., and Agur, A. (2015). A three-dimensional approach to pennation angle estimation for human skeletal muscle. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 18(13), 1474-1484.
113. Gans, C., and De Vree, F. (1987). Functional bases of fiber length and angulation in muscle. *Journal of Morphology*, 192(1), 63-85.
114. Kruse, A., Schranz, C., Tilp, M., and Svehlik, M. (2018). Muscle and tendon morphology alterations in children and adolescents with mild forms of spastic cerebral palsy. *BMC pediatrics*, 18(1), 1-9.
115. Gao, F., Zhao, H., Gaebler-Spira, D., and Zhang, L.-Q. (2011). In vivo evaluations of morphologic changes of gastrocnemius muscle fascicles and achilles tendon in children with cerebral palsy. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 90(5), 364-371.
116. Wren, T. A., Cheatwood, A. P., Rethlefsen, S. A., Hara, R., Perez, F. J., and Kay, R. M. (2010). Achilles tendon length and medial gastrocnemius architecture in children with cerebral palsy and equinus gait. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 30(5), 479-484.
117. Mathewson, M. A., Ward, S. R., Chambers, H. G., and Lieber, R. L. (2015). High resolution muscle measurements provide insights into equinus contractures in patients with cerebral palsy. *Journal of Orthopaedic Research*, 33(1), 33-39.
118. Konno, R. N., Nigam, N., Wakeling, J. M., and Ross, S. A. (2022). The contributions of extracellular matrix and sarcomere properties to passive muscle stiffness in cerebral palsy. *Frontiers in Physiology*, 12, 804188.
119. Lallemand-Dudek, P., Vergari, C., Dubois, G., Forin, V., Vialle, R., and Skalli, W. (2021). Ultrasound shearwave elastography to characterize muscles of healthy and cerebral palsy children. *Scientific Reports*, 11(1), 3577.
120. Latroche, C., Gitiaux, C., Chrétien, F., Desguerre, I., Mounier, R., and Chazaud, B. (2015). Skeletal muscle microvasculature: a highly dynamic lifeline. *Physiology*, 30(6), 417-427.
121. Pingel, J., Bartels, E., and Nielsen, J. (2017). New perspectives on the development of muscle contractures following central motor lesions. *The Journal of physiology*, 595(4), 1027-1038.
122. Dhindsa, M. S., Merring, C. A., Brandt, L. E., Tanaka, H., and Griffin, L. (2011). Muscle spasticity associated with reduced whole-leg perfusion in persons with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 34(6), 594-599.
123. Howard, J. J., and Herzog, W. (2021). Skeletal muscle in cerebral palsy: from belly to myofibril. *Frontiers in Neurology*, 12, 620852.

124. Buratti, P., Covatti, C., Centenaro, L. A., Brancalh o, R. M. C., and Torrejais, M. M. (2019). Morphofunctional characteristics of skeletal muscle in rats with cerebral palsy. *International journal of experimental pathology*, 100(1), 49-59.
125. Hufschmidt, A., and Mauritz, K. (1985). Chronic transformation of muscle in spasticity: a peripheral contribution to increased tone. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 48(7), 676-685.
126. Marbini, A., Ferrari, A., Cioni, G., Bellanova, M., Fusco, C., and Gemignani, F. (2002). Immunohistochemical study of muscle biopsy in children with cerebral palsy. *Brain and Development*, 24(2), 63-66.
127. Booth, C. M., Cortina-Borja, M. J., and Theologis, T. N. (2001). Collagen accumulation in muscles of children with cerebral palsy and correlation with severity of spasticity. *Developmental medicine and child neurology*, 43(5), 314-320.
128. Cans, C. (2000). Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(12), 816-824.
129. Singhi, P., Jagirdar, S., Khandelwal, N., and Malhi, P. (2003). Epilepsy in children with cerebral palsy. *Journal of Child Neurology*, 18(3), 174-179.
130. Pruitt, D. W., and Tsai, T. (2009). Common medical comorbidities associated with cerebral palsy. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 20(3), 453-467.
131. Ghasia, F., Brunstrom, J., Gordon, M., and Tychs n, L. (2008). Frequency and severity of visual sensory and motor deficits in children with cerebral palsy: gross motor function classification scale. *Investigative ophthalmology & visual science*, 49(2), 572-580.
132. Nordmark, E., Hägglund, G., and Lagergren, J. (2001). Cerebral palsy in southern Sweden II. Gross motor function and disabilities. *Acta paediatrica*, 90(11), 1277-1282.
133. Himmelmann, K., Beckung, E., Hagberg, G., and Uvebrant, P. (2006). Gross and fine motor function and accompanying impairments in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(6), 417-423.
134. Jones, M. W., Morgan, E., and Shelton, J. E. (2007). Primary care of the child with cerebral palsy: a review of systems (part II). *Journal of Pediatric Health Care*, 21(4), 226-237.
135. Borg, E. (1997). Perinatal asphyxia, hypoxia, ischemia and hearing loss: an overview. *Scandinavian audiology*, 26(2), 77-91.
136. Graziani, L. J., Baumgart, S., Desai, S., Stanley, C., Gringlas, M., and Spitzer, A. R. (1997). Clinical antecedents of neurologic and audiologic abnormalities in survivors of neonatal extracorporeal membrane oxygenation. *Journal of Child Neurology*, 12(7), 415-422.
137. Odding, E., Roebroek, M. E., and Stam, H. J. (2006). The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors. *Disability and Rehabilitation*, 28(4), 183-191.
138. Reid, S. M., Meehan, E. M., Arnup, S. J., and Reddihough, D. S. (2018). Intellectual disability in cerebral palsy: a population-based retrospective study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 60(7), 687-694.
139. Fennell, E. B., and Dikel, T. N. (2001). Cognitive and neuropsychological functioning in children with cerebral palsy. *Journal of Child Neurology*, 16(1), 58-63.

140. Newman, C. J., O'Regan, M., and Hensey, O. (2006). Sleep disorders in children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 48(7), 564-568.
141. Houlihan, C. M., O'Donnell, M., Conaway, M., and Stevenson, R. D. (2004). Bodily pain and health-related quality of life in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 46(5), 305-310.
142. Dodge, N. N. (2008). Cerebral palsy: medical aspects. *Pediatric Clinics of North America*, 55(5), 1189-1207.
143. Russo, R. N., Miller, M. D., Haan, E., Cameron, I. D., and Crotty, M. (2008). Pain characteristics and their association with quality of life and self-concept in children with hemiplegic cerebral palsy identified from a population register. *The Clinical journal of pain*, 24(4), 335-342.
144. Sullivan, P. B. (2008). Gastrointestinal disorders in children with neurodevelopmental disabilities. *Developmental disabilities research reviews*, 14(2), 128-136.
145. Caramico-Favero, D. C. O., Guedes, Z. C. F., and Morais, M. B. d. (2018). Food intake, nutritional status and gastrointestinal symptoms in children with cerebral palsy. *Arquivos de gastroenterologia*, 55, 352-357.
146. Campanozzi, A., Capano, G., Miele, E., Romano, A., Scuccimarra, G., Del Giudice, E., Strisciuglio, C., Militeri, R., and Staiano, A. (2007). Impact of malnutrition on gastrointestinal disorders and gross motor abilities in children with cerebral palsy. *Brain and Development*, 29(1), 25-29.
147. Blair, E., Langdon, K., McIntyre, S., Lawrence, D., and Watson, L. (2019). Survival and mortality in cerebral palsy: observations to the sixth decade from a data linkage study of a total population register and National Death Index. *BMC neurology*, 19, 1-11.
148. Blair, E., Watson, L., Badawi, N., and Stanley, F. (2001). Life expectancy among people with cerebral palsy in Western Australia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43(8), 508-515.
149. Marpole, R., Blackmore, A. M., Gibson, N., Cooper, M. S., Langdon, K., and Wilson, A. C. (2020). Evaluation and management of respiratory illness in children with cerebral palsy. *Frontiers in pediatrics*, 8, 333.
150. Organization, W. H. (2001). *International Classification of Functioning, Disability and Health*.: World Health Organization
151. Organization, W. H. (2007). *International Classification of Functioning, Disability, and Health: Children & Youth Version: ICF-CY*: World Health Organization
152. Schiariti, V., Selb, M., Cieza, A., and O'Donnell, M. (2015). International Classification of Functioning, Disability and Health Core Sets for children and youth with cerebral palsy: a consensus meeting. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(2), 149-158.
153. Noten, S., Selb, M., Troenosemito, L. A., Thorpe, D. E., Rodby-Bousquet, E., van der Slot, W. M., Roebroek, M. E., Group, I. C. S. f. A. w. C. C., Ayllón, C., and Ballester-Plané, J. (2022). ICF Core Sets for the assessment of functioning of adults with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 64(5), 569-577.
154. Palisano, R. J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., and Livingston, M. H. (2008). Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(10), 744-750.

155. Rosenbaum, P. L., Palisano, R. J., Bartlett, D. J., Galuppi, B. E., and Russell, D. J. (2008). Development of the gross motor function classification system for cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50(4), 249-253.
156. El, Ö., Baydar, M., Berk, H., Peker, Ö., Koşay, C., and Demiral, Y. (2012). Interobserver reliability of the Turkish version of the expanded and revised gross motor function classification system. *Disability and Rehabilitation*, 34(12), 1030-1033.
157. Gracies, J. M. (2005). Pathophysiology of spastic paresis. II: Emergence of muscle overactivity. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 31(5), 552-571.
158. Biering-Sørensen, F., Nielsen, J., and Klinge, K. (2006). Spasticity Assessment: A Review. *Spinal cord*, 44(12), 708-722.
159. Balci, B. P. (2018). Spasticity measurement. *Archives of Neuropsychiatry*, 55(Suppl 1), S49.
160. Ivanhoe, C. B., and Reistetter, T. A. (2004). Spasticity: the misunderstood part of the upper motor neuron syndrome. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 83(10), S3-S9.
161. Ashworth, K. H. (1964). Urban renewal and the university: A tool for campus expansion and neighborhood improvement. *The Journal of Higher Education*, 35(9), 493-496.
162. Bohannon, R. W., and Smith, M. B. (1987). Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical Therapy*, 67(2), 206-207.
163. Fleuren, J. F., Voerman, G. E., Erren-Wolters, C. V., Snoek, G. J., Rietman, J. S., Hermens, H. J., and Nene, A. V. (2010). Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 81(1), 46-52.
164. Tardieu, G., Shentoub, S., and Delarue, R. (1954). Research on a technic for measurement of spasticity. *Revue neurologique*, 91(2), 143-144.
165. Boyd, R. N., and Graham, H. K. (1999). Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *European journal of neurology*, 6, s23-s35.
166. Ben-Shabat, E., Palit, M., Fini, N. A., Brooks, C. T., Winter, A., and Holland, A. E. (2013). Intra-and interrater reliability of the Modified Tardieu Scale for the assessment of lower limb spasticity in adults with neurologic injuries. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 94(12), 2494-2501.
167. Fosang, A. L., Galea, M. P., McCoy, A. T., Reddihough, D. S., and Story, I. (2003). Measures of muscle and joint performance in the lower limb of children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45(10), 664-670.
168. Ross, S. A., and Engsberg, J. R. (2007). Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88(9), 1114-1120.
169. Zatsiorsky, V. M., and Prilutsky, B. I. (2012). *Biomechanics of skeletal muscles: Human Kinetics*
170. Dekkers, K. J., Rameckers, E. A., Smeets, R. J., and Janssen-Potten, Y. J. (2014). Upper extremity strength measurement for children with cerebral palsy: a systematic review of available instruments. *Physical Therapy*, 94(5), 609-622.

171. Crompton, J., Galea, M. P., and Phillips, B. (2007). Hand-held dynamometry for muscle strength measurement in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(2), 106-111.
172. Mulder-Brouwer, A. N., Rameckers, E. A., and Bastiaenen, C. H. (2016). Lower extremity handheld dynamometry strength measurement in children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 28(2), 136-153.
173. Willemse, L., Brehm, M. A., Scholtes, V. A., Jansen, L., Woudenberg-Vos, H., and Dallmeijer, A. J. (2013). Reliability of isometric lower-extremity muscle strength measurements in children with cerebral palsy: implications for measurement design. *Physical Therapy*, 93(7), 935-941.
174. Aertssen, W., Smulders, E., Smits-Engelsman, B., and Rameckers, E. (2019). Functional strength measurement in cerebral palsy: feasibility, test-retest reliability, and construct validity. *Developmental Neurorehabilitation*, 22(7), 453-461.
175. Gage, J. R., Fabian, D., Hicks, R., and Tashman, S. (1984). Pre-and postoperative gait analysis in patients with spastic diplegia: a preliminary report. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 4(6), 715-725.
176. Richards, J., Levine, D., and Whittle, M. W. (2022). *Whittle's Gait Analysis-E-Book*: Elsevier Health Sciences
177. Orozco, M. d. P. D., Abousamra, O., Church, C., Lennon, N., Henley, J., Rogers, K. J., Sees, J. P., Connor, J., and Miller, F. (2016). Reliability and validity of Edinburgh visual gait score as an evaluation tool for children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 49, 14-18.
178. Seyhan, K., Çankaya, Ö., Tarsuslu Şimşek, T., and Kerem Günel, M. (2018). Serebral palsili çocuklarda gillette fonksiyonel yürüme değerlendirme anketinin gözlemci içi güvenilirlik ve geçerliğinin araştırılması. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 29(3), 73-78.
179. Ammann-Reiffer, C., Bastiaenen, C. H., and Van Hedel, H. J. (2019). Measuring change in gait performance of children with motor disorders: assessing the Functional Mobility Scale and the Gillette Functional Assessment Questionnaire walking scale. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 61(6), 717-724.
180. Graham, H. K., Harvey, A., Rodda, J., Nattrass, G. R., and Pirpiris, M. (2004). The functional mobility scale (FMS). *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 24(5), 514-520.
181. Harvey, A., Graham, H., Baker, R., and Morris, M. (2009). Responsiveness of the functional mobility scale for children with cerebral palsy. *Journal of Physical Medicine and Rehabilitation Sciences*, 12(2).
182. Chruscikowski, E., Fry, N. R., Noble, J. J., Gough, M., and Shortland, A. P. (2017). Selective motor control correlates with gait abnormality in children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 52, 107-109.
183. Balzer, J., van der Linden, M. L., Mercer, T. H., and van Hedel, H. J. (2017). Selective voluntary motor control measures of the lower extremity in children with upper motor neuron lesions: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(7), 699-705.
184. Lieber, J., Gartmann, T., Keller, J. W., and van Hedel, H. J. (2022). Validity and reliability of the Selective Control of the Upper Extremity Scale in children with upper motor neuron lesions. *Disability and Rehabilitation*, 44(14), 3694-3700.
185. Fowler, E. G., Staudt, L. A., Greenberg, M. B., and Oppenheim, W. L. (2009). Selective Control Assessment of the Lower Extremity (SCALE): development, validation, and

- interrater reliability of a clinical tool for patients with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(8), 607-614.
186. Yildiz, A., Yildiz, R., Celik, H. I., Manzak, O. F., and Elbasan, B. (2022). Construct and discriminative validity and reliability of the Selective Control of the Upper Extremity Scale (SCUES) in children with unilateral cerebral palsy. *Physiotherapy Theory and Practice*, 38(7), 919-927.
 187. Tunçdemir, M., Üneş, S., Karakaya, J., and Kerem Günel, M. (2023). Reliability and validity of the Turkish version of the Selective Control Assessment of the Lower Extremity (SCALE) in children with spastic cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, 45(1), 106-110.
 188. Rodby-Bousquet, E., Alriksson-Schmidt, A., and Jarl, J. (2021). Prevalence of pain and interference with daily activities and sleep in adults with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 63(1), 60-67.
 189. Tarfa, H. B., Hassan, A. B., Badaru, U. M., and Abdullahi, A. (2021). Predictors of gross motor function and activities of daily living in children with cerebral palsy. *International Journal of Rehabilitation Research*, 44(4), 330-335.
 190. Viehweger, E. (2013). Importance of hip problems in daily activities for cerebral palsy patients. *Journal of Children's Orthopaedics*, 7(5), 401-406.
 191. Smits, D.-W., Ketelaar, M., Gorter, J. W., van Schie, P., Dallmeijer, A., Jongmans, M., and Lindeman, E. (2011). Development of daily activities in school-age children with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*, 32(1), 222-234.
 192. Haley, S. M., Coster, W., Ludlow, L., Haltiwanger, J., and Andrellos, P. (1992). Pediatric evaluation of disability inventory. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*.
 193. Jang, J.-S., Jeon, J.-Y., Kim, H., and Kim, G.-W. (2022). Validity and reliability of functional independence measure for children (WeeFIM) for children with cerebral palsy. *The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 59, 00469580211072454.
 194. Erkin, G., Elhan, A. H., Aybay, C., Sirzai, H., and Ozel, S. (2007). Validity and reliability of the Turkish translation of the Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI). *Disability and Rehabilitation*, 29(16), 1271-1279.
 195. Tur, B. S., Küçükdeveci, A. A., Kutlay, Ş., Yavuzer, G., Elhan, A. H., and Tennant, A. (2009). Psychometric properties of the WeeFIM in children with cerebral palsy in Turkey. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(9), 732-738.
 196. Group, W. (1995). The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): position paper from the World Health Organization. *Social science & medicine*, 41(10), 1403-1409.
 197. Felce, D., and Perry, J. (1995). Quality of life: Its definition and measurement. *Research in developmental disabilities*, 16(1), 51-74.
 198. Arnaud, C., White-Koning, M., Michelsen, S. I., Parkes, J., Parkinson, K., Thyen, U., Beckung, E., Dickinson, H. O., Fauconnier, J., and Marcelli, M. (2008). Parent-reported quality of life of children with cerebral palsy in Europe. *Pediatrics*, 121(1), 54-64.
 199. Rapp, M., Eisemann, N., Arnaud, C., Ehlinger, V., Fauconnier, J., Marcelli, M., Michelsen, S. I., Nystrand, M., Colver, A., and Thyen, U. (2017). Predictors of parent-reported quality of life of adolescents with cerebral palsy: A longitudinal study. *Research in developmental disabilities*, 62, 259-270.

200. Makris, T., Dorstyn, D., and Crettenden, A. (2021). Quality of life in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review with meta-analysis. *Disability and Rehabilitation*, 43(3), 299-308.
201. McCullough, N., and Parkes, J. (2008). Use of the child health questionnaire in children with cerebral palsy: a systematic review and evaluation of the psychometric properties. *Journal of pediatric psychology*, 33(1), 80-90.
202. Ozdogan, H., Ruperto, N., Kasapçopur, O., Bakkaloglu, A., Arisoy, N., Ozen, S., Ugurlu, U., Unsal, E., Melikoglu, M., and Organisation, P. R. I. T. (2001). The Turkish version of the childhood health assessment questionnaire (CHAQ) and the child health questionnaire (CHQ). *Clinical and experimental rheumatology*, 19(4; SUPP/23), S158-S162.
203. Waters, E., Maher, E., Salmon, L., Reddihough, D., and Boyd, R. (2005). Development of a condition-specific measure of quality of life for children with cerebral palsy: empirical thematic data reported by parents and children. *Child: care, health and development*, 31(2), 127-135.
204. Atasavun Uysal, S., Düger, T., Elbasan, B., Karabulut, E., and Toyman, İ. (2016). Reliability and validity of the cerebral palsy quality of life questionnaire in the Turkish population. *Perceptual and motor skills*, 122(1), 150-164.
205. Varni, J. W., Burwinkle, T. M., Berrin, S. J., Sherman, S. A., Artavia, K., Malcarne, V. L., and Chambers, H. G. (2006). The PedsQL in pediatric cerebral palsy: reliability, validity, and sensitivity of the Generic Core Scales and Cerebral Palsy Module. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(6), 442-449.
206. Kutlay, S., Tur, B. S., Sezgin, M., Elhan, A. H., Gökmen, D., Tennant, A., and Küçükdeveci, A. A. (2023). Validation of the Pediatric Quality of Life Inventory 3.0 Cerebral Palsy Module (Parent Form) for use in Türkiye. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69(1), 52.
207. Franchi, M. V., Raiteri, B. J., Longo, S., Sinha, S., Narici, M. V., and Csapo, R. (2018). Muscle architecture assessment: strengths, shortcomings and new frontiers of in vivo imaging techniques. *Ultrasound in medicine & biology*, 44(12), 2492-2504.
208. Valentine, J., Stannage, K., Fabian, V., Ellis, K., Reid, S., Pitcher, C., and Elliott, C. (2016). Muscle histopathology in children with spastic cerebral palsy receiving botulinum toxin type A. *Muscle & Nerve*, 53(3), 407-414.
209. Rutherford, O., and Jones, D. (1992). Measurement of fibre pennation using ultrasound in the human quadriceps in vivo. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 65, 433-437.
210. Ticinesi, A., Meschi, T., Narici, M. V., Lauretani, F., and Maggio, M. (2017). Muscle ultrasound and sarcopenia in older individuals: a clinical perspective. *Journal of the American Medical Directors Association*, 18(4), 290-300.
211. Baumgarten, R. K. (2009). Review of Ultrasound Imaging for Regional Anesthesia: A Practical Guide. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, 34(3), 275.
212. Lichtwark, G. (2018). Ultrasound technology for examining the mechanics of the muscle, tendon, and ligament. *Handbook of Human Motion. Vol. 1-3.*, 157-176.
213. Narici, M., Franchi, M., and Maganaris, C. (2016). Muscle structural assembly and functional consequences. *Journal of Experimental Biology*, 219(2), 276-284.
214. Franchi, M. V., Longo, S., Mallinson, J., Quinlan, J. I., Taylor, T., Greenhaff, P. L., and Narici, M. V. (2018). Muscle thickness correlates to muscle cross-sectional area in

- the assessment of strength training-induced hypertrophy. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(3), 846-853.
215. Narici, M. (1999). Human skeletal muscle architecture studied in vivo by non-invasive imaging techniques: functional significance and applications. *Journal of electromyography and Kinesiology*, 9(2), 97-103.
 216. Cronin, N. J., Carty, C. P., Barrett, R. S., and Lichtwark, G. (2011). Automatic tracking of medial gastrocnemius fascicle length during human locomotion. *Journal of applied physiology*, 111(5), 1491-1496.
 217. Lopata, R. G., van Dijk, J. P., Pillen, S., Nillesen, M. M., Maas, H., Thijssen, J. M., Stegeman, D. F., and de Korte, C. L. (2010). Dynamic imaging of skeletal muscle contraction in three orthogonal directions. *Journal of applied physiology*, 109(3), 906-915.
 218. Kwah, L. K., Pinto, R. Z., Diong, J., and Herbert, R. D. (2013). Reliability and validity of ultrasound measurements of muscle fascicle length and pennation in humans: a systematic review. *Journal of applied physiology*, 114(6), 761-769.
 219. Aeles, J., Lichtwark, G. A., Lenchant, S., Vanlommel, L., Delabastita, T., and Vanwanseele, B. (2017). Information from dynamic length changes improves reliability of static ultrasound fascicle length measurements. *PeerJ*, 5, 4164.
 220. Heron, M. I., and Richmond, F. J. (1993). In-series fiber architecture in long human muscles. *Journal of Morphology*, 216(1), 35-45.
 221. Wakeling, J. M., Jackman, M., and Namburete, A. I. (2013). The effect of external compression on the mechanics of muscle contraction. *Journal of applied biomechanics*, 29(3), 360-364.
 222. Barber, L., Barrett, R., and Lichtwark, G. (2009). Validation of a freehand 3D ultrasound system for morphological measures of the medial gastrocnemius muscle. *Journal of biomechanics*, 42(9), 1313-1319.
 223. Raiteri, B. J., Cresswell, A. G., and Lichtwark, G. A. (2016). Three-dimensional geometrical changes of the human tibialis anterior muscle and its central aponeurosis measured with three-dimensional ultrasound during isometric contractions. *PeerJ*, 4, 2260.
 224. Hug, F., Goupille, C., Baum, D., Raiteri, B. J., Hodges, P. W., and Tucker, K. (2015). Nature of the coupling between neural drive and force-generating capacity in the human quadriceps muscle. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1819), 20151908.
 225. Hiblar, T., Bolson, E., Hubka, M., Sheehan, F., and Kushmerick, M. (2003). Three dimensional ultrasound analysis of fascicle orientation in human tibialis anterior muscle enables analysis of macroscopic torque at the cellular level. In *Molecular and Cellular Aspects of Muscle Contraction* (pp. 635-645): Springer.
 226. Taylor, D., and Bushell, M. (1985). The spatial mapping of translational diffusion coefficients by the NMR imaging technique. *Physics in medicine & biology*, 30(4), 345.
 227. Damon, B. M., Buck, A. K., and Ding, Z. (2011). Diffusion-tensor MRI based skeletal muscle fiber tracking. *Imaging in medicine*, 3(6), 675.
 228. Budzik, J., Le Thuc, V., Demondion, X., Morel, M., Chechin, D., and Cotten, A. (2007). In vivo MR tractography of thigh muscles using diffusion imaging: initial results. *European radiology*, 17, 3079-3085.

229. Okamoto, Y., Kunimatsu, A., Kono, T., Kujiraoka, Y., Sonobe, J., and Minami, M. (2010). Gender differences in MR muscle tractography. *Magnetic Resonance in Medical Sciences*, 9(3), 111-118.
230. Sinha, S., and Sinha, U. (2011). Reproducibility analysis of diffusion tensor indices and fiber architecture of human calf muscles in vivo at 1.5 Tesla in neutral and plantarflexed ankle positions at rest. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 34(1), 107-119.
231. Heemskerk, A. M., Sinha, T. K., Wilson, K. J., Ding, Z., and Damon, B. M. (2010). Repeatability of DTI-based skeletal muscle fiber tracking. *NMR in biomedicine*, 23(3), 294-303.
232. Morgan, C., Fethers, L., Adde, L., Badawi, N., Bancale, A., Boyd, R. N., Chorna, O., Cioni, G., Damiano, D. L., and Darrah, J. (2021). Early intervention for children aged 0 to 2 years with or at high risk of cerebral palsy: international clinical practice guideline based on systematic reviews. *JAMA pediatrics*, 175(8), 846-858.
233. Jackman, M., Sakzewski, L., Morgan, C., Boyd, R. N., Brennan, S. E., Langdon, K., Toovey, R. A., Greaves, S., Thorley, M., and Novak, I. (2022). Interventions to improve physical function for children and young people with cerebral palsy: international clinical practice guideline. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 64(5), 536-549.
234. Mayston, M. J. (2001). People with cerebral palsy: effects of and perspectives for therapy. *Neural plasticity*, 8(1-2), 51-69.
235. Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., Finch-Edmondson, M., Galea, C., Hines, A., Langdon, K., Namara, M. M., Paton, M. C., and Popat, H. (2020). State of the evidence traffic lights 2019: systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. *Current neurology and neuroscience reports*, 20, 1-21.
236. Holt, S., Baagøe, S., Lillelund, F., and Magnusson, S. (2000). Passive resistance of hamstring muscles in children with severe multiple disabilities? *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42(8), 541-544.
237. Palisano, R., Orlin, M., and Schreiber, J. (2016). *Campbell's Physical Therapy for Children Expert Consult-E-Book*: Elsevier Health Sciences
238. Wiart, L., Darrah, J., and Kembhavi, G. (2008). Stretching with children with cerebral palsy: what do we know and where are we going? *Pediatric Physical Therapy*, 20(2), 173-178.
239. Elshafey, M. A., Abd-Elaziem, A., and Gouda, R. E. (2014). Functional stretching exercise submitted for spastic diplegic children: a randomized control study. *Rehabilitation research and practice*, 2014.
240. Tremblay, F., Malouin, F., Richards, C., and Dumas, F. (1990). Effects of prolonged muscle stretch on reflex and voluntary muscle activations in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 22(4), 171-180.
241. Wright, E., and DiBello, S. A. (2020). Principles of ankle-foot orthosis prescription in ambulatory bilateral cerebral palsy. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 31(1), 69-89.
242. Kobayashi, T., Leung, A. K., Akazawa, Y., and Hutchins, S. W. (2011). Design of a stiffness-adjustable ankle-foot orthosis and its effect on ankle joint kinematics in patients with stroke. *Gait & posture*, 33(4), 721-723.

243. Aboutorabi, A., Arazpour, M., Bani, M. A., Saeedi, H., and Head, J. S. (2017). Efficacy of ankle foot orthoses types on walking in children with cerebral palsy: A systematic review. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 60(6), 393-402.
244. Scholtes, V. A., Dallmeijer, A. J., Rameckers, E. A., Verschuren, O., Tempelaars, E., Hensen, M., and Becher, J. G. (2008). Lower limb strength training in children with cerebral palsy—a randomized controlled trial protocol for functional strength training based on progressive resistance exercise principles. *BMC pediatrics*, 8(1), 1-11.
245. Shamsoddini, A., Amirsalari, S., Hollisaz, M.-T., Rahimnia, A., and Khatibi-Aghda, A. (2014). Management of spasticity in children with cerebral palsy. *Iranian journal of pediatrics*, 24(4), 345.
246. Tickner, N., Apps, J. R., Keady, S., and Sutcliffe, A. G. (2012). An overview of drug therapies used in the treatment of dystonia and spasticity in children. *Archives of Disease in Childhood-Education and Practice*, 97(6), 230-235.
247. Gulati, S., and Sondhi, V. (2018). Cerebral palsy: an overview. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85, 1006-1016.
248. Kirazli, Y., On, A. Y., Kismali, B., and Aksit, R. (1998). Comparison of phenol block and botulinus toxin type a in the treatment of spastic foot after stroke: a randomized, double-blind trial. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 77(6), 510-515.
249. Simon, O., and Yelnik, A. (2010). Managing spasticity with drugs. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 46(3), 401-410.
250. Albright, A. L. (1996). Intrathecal baclofen in cerebral palsy movement disorders. *Journal of Child Neurology*, 11(1_suppl), 29-35.
251. Scott, A. B. (1980). Botulinum toxin injection into extraocular muscles as an alternative to strabismus surgery. In (Vol. 17, pp. 21-25): SLACK Incorporated Thorofare, NJ.
252. Whurr, R., Lorch, M., Fontana, H., Brookes, G., Lees, A., and Marsden, C. (1993). The use of botulinum toxin in the treatment of adductor spasmodic dysphonia. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 56(5), 526-530.
253. Aoki, K., and Guyer, B. (2001). Botulinum toxin type A and other botulinum toxin serotypes: a comparative review of biochemical and pharmacological actions. *European journal of neurology*, 8, 21-29.
254. Cosgrove, A., and Graham, H. (1994). Botunum toxin a prevents the development of contractures in the hereditary spastc mouse. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 36(5), 379-385.
255. Kay, R. M., Rethlefsen, S. A., Fern-Buneo, A., Wren, T. A., and Skaggs, D. L. (2004). Botulinum toxin as an adjunct to serial casting treatment in children with cerebral palsy. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 86(11), 2377-2384.
256. Koman, L. A., Mooney III, J. F., Smith, B. P., Goodman, A., and Mulvaney, T. (1994). Management of spasticity in cerebral palsy with botulinum-A toxin: report of a preliminary, randomized, double-blind trial. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 14(3), 299-303.
257. De Beukelaer, N., Weide, G., Huyghe, E., Vandekerckhove, I., Hanssen, B., Peeters, N., Uytterhoeven, J., Deschrevel, J., Maes, K., and Corvelyn, M. (2022). Reduced cross-sectional muscle growth six months after botulinum toxin type-A injection in children with spastic cerebral palsy. *Toxins*, 14(2), 139.

258. Milne, N., Miao, M., and Beattie, E. (2020). The effects of serial casting on lower limb function for children with Cerebral Palsy: a systematic review with meta-analysis. *BMC pediatrics*, 20, 1-23.
259. Foerster, O. (1911). Die Behandlung spastischer Lähmungen durch Resektion hinterer Rückenmarkswurzeln. *Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie: Zweiter Band*, 174-209.
260. Fasano, V., Barolat-Romana, G., Ivaldi, A., and Sguazzi, A. (1976). Functional posterior radiculotomy, in the treatment of cerebral spasticity. Peroperative electric stimulation of posterior roots and its use in the choice of the roots to be sectioned. *Neuro-chirurgie*, 22(1), 23-34.
261. Josenby, A. L., Wagner, P., Jarnlo, G. B., Westbom, L., and Nordmark, E. (2015). Functional performance in self-care and mobility after selective dorsal rhizotomy: a 10-year practice-based follow-up study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(3), 286-293.
262. Kiter, E., and Çatak, A. (2021). Serebral palsili hastalarda selektif dorsal rizotomi. *TOTBİD Dergisi*(20), 341-343.
263. Yıldız, C. (2021). Serebral palsi tedavisinde ortopedik cerrahide yenilikler: Alt ekstremité. *TOTBİD Dergisi*(20), 322-336.
264. Novak, I., McIntyre, S., Morgan, C., Campbell, L., Dark, L., Morton, N., Stumbles, E., Wilson, S. A., and Goldsmith, S. (2013). A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(10), 885-910.
265. Barrett, R. S. (2011). What are the long-term consequences of botulinum toxin injections in spastic cerebral palsy? *Developmental medicine and child neurology*, 53(6), 485.
266. Franchi, M. V., Atherton, P. J., Reeves, N. D., Flück, M., Williams, J., Mitchell, W. K., Selby, A., Beltran Valls, R., and Narici, M. V. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta physiologica*, 210(3), 642-654.
267. Verreydt, I., Vandekerckhove, I., Stoop, E., Peeters, N., van Tittelboom, V., Van de Walle, P., Van den Hauwe, M., Goemans, N., De Waele, L., and Van Campenhout, A. (2022). Instrumented strength assessment in typically developing children and children with a neural or neuromuscular disorder: A reliability, validity and responsiveness study. *Frontiers in Physiology*, 13, 855222.
268. Verschuren, O., Ketelaar, M., Takken, T., Van Brussel, M., Helders, P. J., and Gorter, J. W. (2008). Reliability of hand-held dynamometry and functional strength tests for the lower extremity in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, 30(18), 1358-1366.
269. Değer, Ü., and Mutlu, A. (2020). Serebral palsili çocuklarda gövde ve alt ekstremité kas kuvveti ile fonksiyonel aktivite arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 31(3), 225-232.
270. Mutlu, A., Livanelioglu, A., and Gunel, M. K. (2007). Reliability of goniometric measurements in children with spastic cerebral palsy. *Medical Science Monitor*, 13(7), 329.
271. Herrero, P., Carrera, P., García, E., Gómez-Trullén, E. M., and Oliván-Blázquez, B. (2011). Reliability of goniometric measurements in children with cerebral palsy: a

- comparative analysis of universal goniometer and electronic inclinometer. A pilot study. *BMC musculoskeletal disorders*, 12, 1-8.
272. Gajdosik, R. L., and Bohannon, R. W. (1987). Clinical measurement of range of motion: review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Physical Therapy*, 67(12), 1867-1872.
 273. Yam, W. K. L., and Leung, M. S. M. (2006). Interrater reliability of Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Child Neurology*, 21(12), 1031-1035.
 274. Numanoglu, A., and Günel, M. (2012). Intraobserver reliability of modified Ashworth scale and modified Tardieu scale in the assessment of spasticity in children with cerebral palsy. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*, 46(3), 196-200.
 275. Rathinam, C., Bateman, A., Peirson, J., and Skinner, J. (2014). Observational gait assessment tools in paediatrics—a systematic review. *Gait & posture*, 40(2), 279-285.
 276. Abe, H., Koyanagi, S., Kusumoto, Y., and Himuro, N. (2022). Intra-rater and inter-rater reliability, minimal detectable change, and construct validity of the Edinburgh Visual Gait Score in children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 94, 119-123.
 277. Jang, J.-S., Jeon, J.-Y., Kim, H., and Kim, G.-W. (2022). Validity and reliability of functional independence measure for children (WeeFIM) for children with cerebral palsy. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 59.
 278. Aybay, C., Erkin, G., Elhan, A. H., Sirzai, H., and Ozel, S. (2007). ADL assessment of nondisabled Turkish children with the WeeFIM instrument. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 86(3), 176-182.
 279. Williams, S. A., Stott, N. S., Valentine, J., Elliott, C., and Reid, S. L. (2021). Measuring skeletal muscle morphology and architecture with imaging modalities in children with cerebral palsy: a scoping review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 63(3), 263-273.
 280. Lee, S. S., Gaebler-Spira, D., Zhang, L.-Q., Rymer, W. Z., and Steele, K. M. (2016). Use of shear wave ultrasound elastography to quantify muscle properties in cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 31, 20-28.
 281. Yan, J., Zhang, T., Broughton-Venner, J., Huang, P., and Tang, M.-X. (2022). Super-resolution ultrasound through sparsity-based deconvolution and multi-feature tracking. *IEEE transactions on medical imaging*, 41(8), 1938-1947.
 282. Theis, N., Korff, T., Kairon, H., and Mohagheghi, A. A. (2013). Does acute passive stretching increase muscle length in children with cerebral palsy? *Clinical Biomechanics*, 28(9-10), 1061-1067.
 283. Barton, B., and Peat, J. (2014). *Medical statistics: A guide to SPSS, data analysis and critical appraisal*: John Wiley & Sons
 284. Field, A. (2017). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics+ Webassign*: Sage Publications
 285. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hillsdale, New Jersey: L. Lea, 56, 102.
 286. Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., and Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.

287. Stanley, F. J., Blair, E., and Alberman, E. (2000). *Cerebral palsies: epidemiology and causal pathways*: Cambridge University Press
288. Jarvis, S., Glinianaia, S., Arnaud, C., Fauconnier, J., Johnson, A., McManus, V., Topp, M., Uvebrant, P., Cans, C., and Krägeloh-Mann, I. (2005). Case gender and severity in cerebral palsy varies with intrauterine growth. *Archives of disease in childhood*, 90(5), 474-479.
289. Romeo, D. M., Venezia, I., Pede, E., and Brogna, C. (2023). Cerebral palsy and sex differences in children: A narrative review of the literature. *Journal of Neuroscience Research*, 101(5), 783-795.
290. Chen, C.-M., Hsu, H.-C., Chen, C.-L., Chung, C.-Y., Chen, K.-H., and Liaw, M.-Y. (2013). Predictors for changes in various developmental outcomes of children with cerebral palsy—A longitudinal study. *Research in developmental disabilities*, 34(11), 3867-3874.
291. Vasileiadis, G. T., Thompson, R. T., Han, V. K., and Gelman, N. (2009). Females follow a more “compact” early human brain development model than males. A case-control study of preterm neonates. *Pediatric research*, 66(5), 551-554.
292. Romeo, D. M., Sini, F., Brogna, C., Albamonte, E., Ricci, D., and Mercuri, E. (2016). Sex differences in cerebral palsy on neuromotor outcome: a critical review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(8), 809-813.
293. Blair, E., Cans, C., and Sellier, E. (2018). Epidemiology of the cerebral palsies. *Cerebral Palsy: A Multidisciplinary Approach*, 19-28.
294. Rethlefsen, S. A., Blumstein, G., Kay, R. M., Dorey, F., and Wren, T. A. (2017). Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy revisited: influence of age, prior surgery, and Gross Motor Function Classification System level. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(1), 79-88.
295. Sellier, E., Uldall, P., Calado, E., Sigurdardottir, S., Torrioli, M. G., Platt, M. J., and Cans, C. (2012). Epilepsy and cerebral palsy: characteristics and trends in children born in 1976–1998. *European Journal of Paediatric Neurology*, 16(1), 48-55.
296. Kurumu, S. G. (2022). Sosyal Güvenlik Kurumu Sağlık Uygulama Tebliği. In: Ankara.
297. Franjoine, M. R., Darr, N., Young, B., McCoy, S. W., and LaForme Fiss, A. (2022). Examination of the effects of age, sex, and motor ability level on balance capabilities in children with cerebral palsy GMFCS levels I, II, III and typical development using the Pediatric Balance Scale. *Developmental Neurorehabilitation*, 25(2), 115-124.
298. Barber, L., Hastings-Ison, T., Baker, R., Kerr Graham, H., Barrett, R., and Lichtwark, G. (2013). The effects of botulinum toxin injection frequency on calf muscle growth in young children with spastic cerebral palsy: a 12-month prospective study. *Journal of Children's Orthopaedics*, 7(5), 425-433.
299. Kahraman, A., Seyhan, K., Değer, Ü., Kutlutürk, S., and Mutlu, A. (2016). Should botulinum toxin A injections be repeated in children with cerebral palsy? A systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(9), 910-917.
300. Hansen, R., Longericli, E., and Longericli, M. (1947). The physical therapy approach to speech problems in spasticity and athetosis. *Physical Therapy*, 27(3), 174-181.
301. Damiano, D., Quinlivan, J., Owen, B., Shaffrey, M., and Abel, M. (2001). Spasticity versus strength in cerebral palsy: relationships among involuntary resistance, voluntary torque, and motor function. *European journal of neurology*, 8, 40-49.

302. Damiano, D. L., Vaughan, C. L., and Abel, M. E. (1995). Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 37(8), 731-739.
303. Wiley, M. E., and Damiano, D. L. (1998). Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 40(2), 100-107.
304. Engsberg, J. R., Olree, K. S., Ross, S. A., and Park, T. (1998). Spasticity and strength changes as a function of selective dorsal rhizotomy. *Neurosurgical focus*, 4(1), E9.
305. Williams, S. A., Reid, S., Elliott, C., Shipman, P., and Valentine, J. (2013). Muscle volume alterations in spastic muscles immediately following botulinum toxin type-A treatment in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(9), 813-820.
306. Hastings-Ison, T., and Graham, H. K. (2013). Atrophy and hypertrophy following injections of botulinum toxin in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(9), 778-779.
307. Franki, I., Bar-On, L., Molenaers, G., Van Campenhout, A., Craenen, K., Desloovere, K., Feys, H., Pauwels, P., De Cat, J., and Ortibus, E. (2020). Tone reduction and physical therapy: strengthening partners in treatment of children with spastic cerebral palsy. *Neuropediatrics*, 51(02), 089-104.
308. Verschuren, O., Peterson, M. D., Balemans, A. C., and Hurvitz, E. A. (2016). Exercise and physical activity recommendations for people with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(8), 798-808.
309. Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., and Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23, 60-79.
310. Vitrikas, K., Dalton, H., and Breish, D. (2020). Cerebral palsy: an overview. *American family physician*, 101(4), 213-220.
311. Horsch, A., Petzinger, L., Ghandour, M., Putz, C., Renkawitz, T., and Götze, M. (2022). Defining equinus foot in cerebral palsy. *Children*, 9(7), 956.
312. Jang, D.-H., and Sung, I. Y. (2014). The influence of physical therapy and anti-botulinum toxin antibody on the efficacy of botulinum toxin-A injections in children with spastic cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation*, 17(6), 414-419.
313. Nelson, R. T. (2006). A comparison of the immediate effects of eccentric training vs static stretch on hamstring flexibility in high school and college athletes. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 1(2), 56.
314. Büyüköztürk, Ş. (1998). Kovaryans analizi (Varyans analizi ile karşılaştırmalı bir inceleme). *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences*, 31(1).
315. Park, E. S., Rha, D.-w., Yoo, J. K., Kim, S. M., Chang, W. H., and Song, S. H. (2010). Short-term effects of combined serial casting and botulinum toxin injection for spastic equinus in ambulatory children with cerebral palsy. *Yonsei medical journal*, 51(4), 579-584.
316. Newman, C. J., Kennedy, A., Walsh, M., O'Brien, T., Lynch, B., and Hensey, O. (2007). A pilot study of delayed versus immediate serial casting after botulinum toxin injection for partially reducible spastic equinus. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 27(8), 882-885.
317. Merino-Andrés, J., Garcia de Mateos-Lopez, A., Damiano, D. L., and Sánchez-Sierra, A. (2022). Effect of muscle strength training in children and adolescents with spastic

- cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Clinical rehabilitation*, 36(1), 4-14.
318. Volkan Yazici, M. Spastik serebral palsili çocuklarda fonksiyonel ayak-ayak bileği kuvvetlendirme eğitiminin yürüyüş ve denge üzerine etkisinin incelenmesi.
 319. Dodd, K. J., Taylor, N. F., and Damiano, D. L. (2002). A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(8), 1157-1164.
 320. Dursun, N., Gokbel, T., Akarsu, M., and Dursun, E. (2017). Randomized controlled trial on effectiveness of intermittent serial casting on spastic equinus foot in children with cerebral palsy after botulinum toxin-A treatment. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 96(4), 221-225.
 321. Bar-On, L., Molenaers, G., Aertbeliën, E., Monari, D., Feys, H., and Desloovere, K. (2014). The relation between spasticity and muscle behavior during the swing phase of gait in children with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*, 35(12), 3354-3364.
 322. Yun, G., Huang, M., Cao, J., and Hu, X. (2023). Selective motor control correlates with gross motor ability, functional balance and gait performance in ambulant children with bilateral spastic cerebral palsy. *Gait & posture*, 99, 9-13.
 323. Noble, J. J., Gough, M., and Shortland, A. P. (2019). Selective motor control and gross motor function in bilateral spastic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 61(1), 57-61.
 324. Armand, S., Decoulon, G., and Bonnefoy-Mazure, A. (2016). Gait analysis in children with cerebral palsy. *EFORT open reviews*, 1(12), 448-460.
 325. Chakraborty, S., Nandy, A., and Kesar, T. M. (2020). Gait deficits and dynamic stability in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Biomechanics*, 71, 11-23.
 326. Woollacott, M., and Burtner, P. (1996). Neural and musculoskeletal contributions to the development of stance balance control in typical children and in children with cerebral palsy. *Acta paediatrica*, 85, 58-62.
 327. Moraes, A. G., Copetti, F., Angelo, V. R., Chiavoloni, L. L., and David, A. C. (2016). The effects of hippotherapy on postural balance and functional ability in children with cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(8), 2220-2226.
 328. Graham, H. K., Rosenbaum, P., Paneth, N., Dan, B., and Lin, J.-P. (2016). Damiano DL et al. *Cerebral palsy. Nat. Rev. Dis. Primers*, 2, 15082.
 329. Read, F. A., Boyd, R. N., and Barber, L. A. (2017). Longitudinal assessment of gait quality in children with bilateral cerebral palsy following repeated lower limb intramuscular Botulinum toxin-A injections. *Research in developmental disabilities*, 68, 35-41.
 330. Graham, H. K., Aoki, K. R., Autti-Rämö, I., Boyd, R. N., Delgado, M. R., Gaebler-Spira, D. J., Gormley Jr, M. E., Guyer, B. M., Heinen, F., and Holton, A. F. (2000). Recommendations for the use of botulinum toxin type A in the management of cerebral palsy. *Gait & posture*, 11(1), 67-79.
 331. Van der Houwen, L., Scholtes, V., Becher, J., and Harlaar, J. (2011). Botulinum toxin A injections do not improve surface EMG patterns during gait in children with cerebral palsy—A randomized controlled study. *Gait & posture*, 33(2), 147-151.

332. Read, H. S., Hazlewood, M. E., Hillman, S. J., Prescott, R. J., and Robb, J. E. (2003). Edinburgh visual gait score for use in cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 23(3), 296-301.
333. Robinson, L., Clement, N., Herman, J., and Gaston, M. (2017). The Edinburgh visual gait score—The minimal clinically important difference. *Gait & posture*, 53, 25-28.
334. Cho, C., Hwang, W., Hwang, S., and Chung, Y. (2016). Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy. *The Tohoku journal of experimental medicine*, 238(3), 213-218.
335. Booth, A. T., Buizer, A. I., Meyns, P., Oude Lansink, I. L., Steenbrink, F., and van der Krogt, M. M. (2018). The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 60(9), 866-883.
336. Ryan, J. M., Lavelle, G., Theis, N., Noorkoiv, M., Kilbride, C., Korff, T., Baltzopoulos, V., Shortland, A., Levin, W., and Team, S. T. (2020). Progressive resistance training for adolescents with cerebral palsy: the STAR randomized controlled trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 62(11), 1283-1293.
337. Elnahhas, A. M., Elshennawy, S., and Aly, M. G. (2019). Effects of backward gait training on balance, gross motor function, and gait in children with cerebral palsy: a systematic review. *Clinical rehabilitation*, 33(1), 3-12.
338. Abdel-Aziem, A. A., and El-Basatiny, H. M. (2017). Effectiveness of backward walking training on walking ability in children with hemiparetic cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 31(6), 790-797.
339. Flynn, T. W., and Soutas-Little, R. W. (1993). Mechanical power and muscle action during forward and backward running. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 17(2), 108-112.
340. Walhain, F., Desloovere, K., Declerck, M., Van Campenhout, A., and Bar-On, L. (2021). Interventions and lower-limb macroscopic muscle morphology in children with spastic cerebral palsy: A scoping review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 63(3), 274-286.
341. Kawano, A., Yanagizono, T., Kadouchi, I., Umezaki, T., and Chosa, E. (2018). Ultrasonographic evaluation of changes in the muscle architecture of the gastrocnemius with botulinum toxin treatment for lower extremity spasticity in children with cerebral palsy. *Journal of Orthopaedic Science*, 23(2), 389-393.
342. Boyaci, A., Tutoglu, A., Boyaci, N., Koca, I., Calik, M., Sakalar, A., and Kilicaslan, N. (2014). Changes in spastic muscle stiffness after botulinum toxin A injections as part of rehabilitation therapy in patients with spastic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation*, 35(1), 123-129.
343. Zhao, H., Wu, Y.-N., Hwang, M., Ren, Y., Gao, F., Gaebler-Spira, D., and Zhang, L.-Q. (2011). Changes of calf muscle-tendon biomechanical properties induced by passive-stretching and active-movement training in children with cerebral palsy. *Journal of applied physiology*, 111(2), 435-442.
344. Lee, M., Ko, Y., Shin, M. M. S., and Lee, W. (2015). The effects of progressive functional training on lower limb muscle architecture and motor function in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(5), 1581-1584.
345. Kruse, A., Schranz, C., Svehlik, M., and Tilp, M. (2019). The effect of functional home-based strength training programs on the mechano-morphological properties of the

- plantar flexor muscle-tendon unit in children with spastic cerebral palsy. *Pediatric Exercise Science*, 31(1), 67-76.
346. Lieber, R. L. (2022). Can we just forget about pennation angle? *Journal of biomechanics*, 132, 110954.
 347. Howell, J., Chleboun, G., and Conatser, R. (1993). Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. *The Journal of physiology*, 464(1), 183-196.
 348. Proske, U., and Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*, 537(2), 333-345.
 349. Almasri, N. A., and Alquaqzeh, F. A. (2023). Determinants of Quality of Life of Children and Adolescents with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 43(4), 367-388.
 350. Wong, C., Westphall, I., and Michelsen, J. S. (2022). Measuring effects on pain and quality of life after abobotulinum toxin A injections in children with cerebral palsy. *Toxins*, 14(1), 43.
 351. Franki, I., Desloovere, K., De Cat, J., Feys, H., Molenaers, G., Calders, P., Vanderstraeten, G., Himpens, E., and Van den Broeck, C. (2012). The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy—a systematic review using the ICF as a conceptual framework. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 44(5), 385-395.
 352. Zhang, Y., Li, R., Miao, X., Cheng, L. J., and Lau, Y. (2022). Virtual motor training to improve the activities of daily living, hand grip, and gross motor function among children with cerebral palsy: Meta-regression analysis. *Gait & posture*, 91, 297-305.



EK 1. Etik Komisyon Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 27.12.2021-E.248078



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-302.08.01-248078
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

27.12.2021

Sayın Prof. Dr. Bülent ELBASAN
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Başkanlığı - Öğretim Üyesi

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı **Doktora Öğrencisi Pelin ATALAN'ın, Prof.Dr.Bülent ELBASAN'ın** danışmanlığında yürüttüğü **"Serebral Palsili Çocuklarda Onabotulinum Toksin-A Enjeksiyonu ve Seri Açılama Sonrası Farklı Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Programlarının Etkinliklerinin Karşılaştırılması"** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **21.12.2021** tarih ve **20** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2021 -1183

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste

DAĞITIM

Gereği:

Sayın Prof. Dr. Bülent ELBASAN

Bilgi:

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Belge Doğrulama Kodu :BS9CR677S2

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Takip Adresi : <https://belgedogrulama.gazi.edu.tr/belgedogrulama.aspx>

Emniyet Mahallesi Bandırma Caddesi No :6/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Tel:0 (312) 202 20 57 - 0 (312) 2... Faks:0 (312) 202 38 76
İnternet Adresi :<http://etikkomisyon.gazi.edu.tr/>
Kep Adresi: gaziuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için :Ayfer Çekmez
Genel Evrak Sorumlusu
Telefon No:202 38 81



Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK 1. (devam) Etik Komisyon Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 27.12.2021-E.248078

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ

TOPLANTI TARİHİ : 21/12/2021		TOPLANTI SAYISI : 20	
ADI – SOYADI		İMZA	
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA BAŞKAN			
Prof.Dr.Kemal ÖZTEMEL BAŞKAN YRD.		KATILAMADI	
Prof.Dr.C.Haluk BODUR			
Prof.Dr.Seçil ÖZKAN		KATILAMADI	
Prof.Dr.Cevriye TEMEL GENCER			
Prof.Dr.İsmet YÜKSEL			
Prof.Dr.Aymelek GÖNENÇ			
Prof.Dr.Gülşay BAYRAMOĞLU			
Prof.Dr.Makbule GEZMEN KARADAĞ			
Prof.Dr.Zehra GÖÇMEN BAYKARA		KATILAMADI	
Doç.Dr.İlyas OKUR		KATILAMADI	
Doç.Dr.Nihan KAFA			
Doç.Dr.Melek Gülşah ŞAHİN			

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ATALAN EFKERE, Pelin
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi/Fizyoterapi ve Fizyoterapi ve Rehabilitasyon A.B.D.	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi/ Nörolojik Fizyoterapi ve Rehabilitasyon A.B.D	2018
Lisans	Ege Üniversitesi/Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	2016
Lise	Bornova Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2017-2018	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Atalan, P., Bērziņa, G. and Sunnerhagen, K. S. (2021). Influence of mobility restrictions on post-stroke pain. *Brain and Behavior*, 11(5), e02092.
- Erturan, S., Atalan, P., Çimen, Y. A., Gökmen, D., Sert, Ö. A., Yılmaz, K. and Elbasan, B. (2022). Reliability and validity of the Turkish version of Fullerton Advanced Balance Scale in cerebral palsy. *Gait & posture*, 96, 295-300.
- Atalan Efker, P. and Tarsuslu, T. (2023). The effects of Kinesio taping on static and dynamic balance in children with down syndrome: a randomized controlled trial. *Somatosensory & Motor Research*, 1-8.





GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..