

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİPLEJİK SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARDA
ALT EKSTREMİTE ERGOMETRİK FONKSİYONEL
ELEKTRİK STİMULASYON EĞİTİMİNİN YÜRÜME
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Uzm. Fzt. Duygu TÜRKER

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
DOKTORA TEZİ**

**ANKARA
2016**

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİPLEJİK SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARDA
ALT EKSTREMİTE ERGOMETRİK FONKSİYONEL
ELEKTRİK STİMULASYON EĞİTİMİNİN YÜRÜME
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Uzm. Fzt. Duygu TÜRKER

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
DOKTORA TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Yavuz Yakut**

**ANKARA
2016**

ONAY SAYFASI

Anabilim Dalı :Fizyoterapi ve Rehabilitasyon
 Program :Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon
 Tez Başlığı :Diplejik Serebral Palsili Çocuklarda Alt Ekstremit
 Ergometrik Fonksiyonel Elektrik Stimulasyon Eğitiminin
 Yürüme Parametreleri Üzerine Etkisinin Araştırılması
 Öğrenci Adı-Soyadı :Duygu TÜRKER
 Savunma Sınavı Tarihi :22.01.2016

Bu çalışma jürimiz tarafından yüksek lisans/doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Nilgün BEK
 Hacettepe Üniversitesi
 Tez danışmanı: Prof. Dr. Yavuz YAKUT
 Hacettepe Üniversitesi
 Üye: Prof. Dr. Mintaze KEREM GÜNEL
 Hacettepe Üniversitesi
 Üye: Prof. Dr. Emine Handan TÜZÜN
 Doğu Akdeniz Üniversitesi
 Üye: Doç. Dr. Evren YAŞAR
 Gülhane Askeri Tıp Akademisi

(İmza)
(İmza)
(İmza)
(İmza)
(İmza)

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

(İmza)

Prof.Dr. Ersin FADILLIOĞLU

Müdür *y.*

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca danışmanlığımı üstlenerek vizyonumu geliştiren, tezimin her aşamasında olduğu gibi istatistiksel analizlerinde de değerli katkılarını esirgemeyen, her zaman yapıcı ve pozitif yaklaşımları ile yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Sayın Yavuz YAKUT'a,

Pediyatrik rehabilitasyon alanında mesleki bilgi ve beceri edinmemde ilgi ve yardımlarını esirgemediğim yetiştirmemi sağlayan. Tez izleme komitesinde yer alarak, tezimin her aşamasında değerli katkılarını ve manevi desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Sayın Mintaze KEREM GÜNEL'e,

Tez izleme komitesinde yer alarak tezin her aşamasında olduğu gibi, bireylerin enerji tüketim miktarları ve yürüme analizlerinin yapılmasında ve yorumlanmasında akademik bilgi ve deneyimleriyle tezime ve bana büyük katkıda bulunan GATA Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Doç. Dr. Sayın Evren YAŞAR'a,

Bireylerin değerlendirme ve tedavilerinin yapılabilmesi için gerekli izinlerin teminini ve uygun çalışma koşullarını sağlayan GATA Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Sayın A. Kenan TAN ve Prof. Dr. Sayın Bilge YILMAZ'a,

Doktora eğitimim boyunca akademik bilgi edinmemde katkılarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Sayın Ayşe LİVANELİOĞLU ve Doç. Dr. Sayın Akmer MUTLU'ya. Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca desteğini her zaman hissettiğim değerli hocam Prof. Dr. Sayın E. Handan TÜZÜN'e

Çalışmanın her aşamasındaki güven, sabır ve hoşgörülerinden dolayı Fzt. Caner TAN, Hemş. Şengül SAYAR, Doç. Dr. Fatih TOK, Dr. Berke ARAS, Uzm. Fzt. Hülya BAYSAL, Fzt. Gülcan AYDIN, Fzt. Duygu KAÇMAZ, Uzm. Fzt. Nimet EVİN, Fzt. Derya ERCAN, Fzt. Özlem BULUT, Arife KARABULUT, Fzt. Ali ERCAN, Fzt. Tarık DEMİROK, Uzm. Fzt. Meltem YAZICI, Fzt. Ayça ELBASAN, Dr. Yasin DEMİR, Dr. Serdar KESİKBURUN'a

Manevi desteklerini ve yardımlarını her daim hissettiğim değerli dostlarım Uzm. Fzt. Duygu KORKEM, Uzm. Fzt. Cemil ÖZAL'a,

Tezimin gerçekleştirilmesinde büyük katkıları olan, gönüllü bir şekilde tedavi ve değerlendirmelere katılan çocuklarıma ve ailelerine,

İnançları ve destekleriyle her zaman yanımda olan annem Nezihe TÜRKER, babam Necmi TÜRKER ve sevgili kardeşim Damla TÜRKER'e

En içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Türker, D. Diplejik Serebral Palsili Çocuklarda Alt Ekstremitte Ergometrik Fonksiyonel Elektrik Stimulasyon Eğitiminin Yürüme Parametreleri Üzerine Etkisinin Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı, Doktora Tezi, Ankara, 2016. Bu çalışmanın amacı; spastik diplejik serebral palsili (SP) çocukların alt ekstremitelerine uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonunun (E-FES), çocukların yürüyüş parametreleri ve günlük yaşam aktivitelerine olan etkilerini araştırmaktır. Çalışmaya Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi (GMFCS)'ne göre seviyeleri I, II olan, yaşları 6-16 yıl arasında değişen 20 spastik diplejik SP'li çocuk dahil edildi. Çocuklar rasgele örneklem yöntemi ile E-FES grubu (n=10) ve kontrol grubu (n=10) olmak üzere iki gruba ayrıldı. Her iki gruptaki çocuklar aynı fizyoterapist tarafından 8 hafta boyunca haftada 3 gün 45'er dk olacak şekilde fizyoterapi programına alındı. E-FES grubuna; ek olarak 8 hafta boyunca haftada 3 gün 30'ar dk E-FES uygulandı. Tedavi öncesi ve tedavi sonrası değerlendirmeler sağlığın, yeti yitiminin ve fonksiyonelliğin uluslararası sınıflandırılması (ICF) ile ilişkili olarak ele alındı. ICF çerçevesinde vücut yapı ve fonksiyonları ile ilişkili olarak; fonksiyonel kas kuvveti, alt ekstremitte kas tonusu (Modifiye Ashworth Skalası; MAS) ve eklem hareket limitasyonu, enerji tüketimi (VO_2max) değerlendirildi. Aktivite kısıtlılıkları ve katılım ile ilişkili olarak ise; kaba motor fonksiyonlar (Kaba Motor Fonksiyon Ölçütü; GMFM-88), denge parametreleri (Pediatrik Denge Ölçeği; PDÖ, Zamanlı Ayağa Kalk Otur Testi; TUG), yürüyüşün zaman mesafe özellikleri, yürüyüşün sagittal plan kinematik değerleri (üç boyutlu yürüme analizi), günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyi (Pediatrik Özürlülük Değerlendirmesi Anketi; PEDI) ve yaşam kalite düzeyi (Çocuk Sağlık Anketi; CHQ-PF50) değerlendirildi. Tedavi öncesinde her iki grubun ölçümleri arasında anlamlı fark yoktu ($p>0,05$). Sekiz haftalık eğitim sonrasında kontrol grubundaki ölçüm parametrelerinde tedavi öncesine göre anlamlı bir fark yoktu ($p>0,05$). Fizyoterapiye ek olarak E-FES uygulanan grupta, ICF'in vücut yapı ve fonksiyon boyutunda; fonksiyonel kas kuvvetinde artış, ve enerji tüketiminde azalma saptandı ($p<0,05$). Kas tonusu ve eklem hareket limitasyonlarında fark yoktu ($p>0,05$). Katılım ve aktivite boyutunda ise kaba motor fonksiyonlarda, dengede, fonksiyonel bağımsızlık düzeyi ve yaşam kalite düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı kazanımlar saptanmasına rağmen ($p<0,05$), yürüyüşün zaman mesafe özelliklerinde ve sagittal plan kinematik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$). Sonuç olarak fizyoterapiye ek olarak uygulanan E-FES, çocukların vücut yapı ve fonksiyonları ile aktivite ve katılım düzeylerine olumlu katkı sağladı. Bu nedenle E-FES'in, spastik diplejik SP'li çocuklarda fizyoterapi programına ek olarak uygulanmasının yararlı olacağı düşünüldü.

Anahtar Kelimeler: Serebral Paralizi, yürüme analizi, fonksiyonel kuvvetlendirme, ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu, oksijen tüketimi, yaşam kalitesi

ABSTRACT

Türker, D. Investigating of Effects of Lower Extremities Cycling Functional Electrical Stimulation Training On Gait Parameters In Children With Diplegic Cerebral Palsy, Hacettepe University, Institute of Health Sciences, Physical Therapy and Rehabilitation Program, PhD Thesis, Ankara, 2016. The aim of this study was to investigate the effects of cycling functional electrical stimulation (E-FES) applied to the lower extremities of children with spastic diplegic cerebral palsy (CP) on the gait parameters and daily living activities. A total of 20 children aged 6 to 16 years with spastic diplegic CP level I and II according to the Gross Motor Function Classification System (GMFCS) were included in the study. The children were divided into two groups with the randomized sampling method as the E-FES group (n=10) and the control group (n=10). Children in both groups were included in a physiotherapy program by the same physiotherapist for 45 minutes a day, 3 days a week for 8 weeks. The E-FES group additionally received E-FES for 30 minutes a day, 3 days a week for 8 weeks. Pre-treatment and post-treatment evaluations were performed with the International Classification of Disability and Functionality (ICF). Functional mass strength, lower extremity muscle tonus (Modified Ashworth Scale; MAS), joint range of motion limitation, and energy consumption (VO₂max) were evaluated related to the body structure and functions within the framework of ICF. Gross motor functions (Gross Motor Function Measure; GMFM-88), balance parameters (Pediatric Balance Scale; PBS, Time up Go; TUG), spatiotemporal characteristics of gait, sagittal plan kinematic gait values (Three Dimensional Gait Analysis), independence level for daily activities (Pediatric Evaluation of Disability Inventory; PEDI) and the quality of life level (The Child Health Questionnaire; CHQ-PF50) were evaluated regarding activity limitations and participation. No significant difference was present between the measurements of the two groups before the treatment ($p>0,05$). No difference was present between the measurement parameters of the control group compared to pre-treatment after eight weeks of training ($p>0,05$). The group where E-FES was added to physiotherapy showed an increase in functional mass strength and decrease in energy consumption ($p<0,05$) in the body structure and function dimension of ICF. There was no difference regarding muscle tonus and joint range of motion limitation ($p>0,05$). Although a statistically significant improvement was found in the participation and activity dimensions with increased gross motor function, balance, functional independence level and quality of life ($p<0,05$), no statistically significant difference was present in the spatiotemporal characteristics and sagittal plan kinematic values of gait ($p>0,05$). In conclusion, E-FES added to physiotherapy made a positive contribution to the body structure and functions of the children and increased their activity and participation levels. The use of E-FES in addition to the physiotherapy protocol should be useful in children with spastic diplegic CP.

Key words: Cerebral palsy, gait analysis, cycling functional electrical stimulation, functional strength training, oxygen consumption, quality of life

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
TABLolar	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Serebral Palsi Tanımı	4
2.2. SP'nin Epidemiyolojisi	4
2.3. SP Etiyolojisi	5
2.4. SP'de Sınıflandırma	6
2.5. Spastik Tip Serebral Palsi	6
2.5.1. Spastik Diplejik Serebral Palsi	7
2.6. Yürüme	8
2.7. Yürüme Döngüsü	9
2.8. Yürüme Analizi	15
2.8.1. Yürümenin Zaman-Mesafe Özellikleri	16
2.8.2. Kinematik Analiz	17
2.8.3. Kinetik Analiz	17
2.9. Enerji Tüketimi	18
2.9.1. Enerji Tüketiminin Hesaplanması	19
2.10. Sağlıklı Çocuklarda Yürüme Prognozu	21
2.11. SP' li Çocuklarda Yürüme Prognozu	22
2.11.1. Spastik Diplejik SP' li Çocuklarda Yürüme	23
2.12. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Uygulamaları	25
2.12.1. Kuvvetlendirme Eğitimi	26
2.12.2. Fonksiyonel Elektrik Stimulasyonu	29
2.12.3. Ergometrik Fonksiyonel Elektrik Stimulasyonu	30

3. BİREYLER ve YÖNTEM	32
3.1. Bireyler	32
3.2. Yöntem	35
3.2.1. Çalışma Planı	35
3.2.2. Değerlendirmeler	35
3.2.3. Tedavi Protokolü	43
3.3. İstatistiksel Analiz	47
4. BULGULAR	48
4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri	48
4.2. Bireylerin Fonksiyonel Kas Kuvvetine Ait Bulguları:	49
4.3. Bireylerin Alt Ekstremita Kas Tonusu ve Eklem Limitasyonlarına Ait Bulguları	51
4.4. Bireylerin Enerji Tüketim Düzeylerine Ait Bulguları:	54
4.5. Bireylerin Kaba Motor Fonksiyon Ölçümüne Ait Bulguları:	56
4.6. Bireylerin Denge Parametrelerine Ait Bulguları:	58
4.7. Bireylerin Yürümenin Zaman Mesafe Özelliklerine Ait Bulguları	60
4.8. Bireylerin Yürümenin Sagittal Plan Kinematiklerine Ait Bulguları	63
4.9. Bireylerin Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerine Ait Bulguları	67
4.10. Bireylerin Yaşam Kalite Düzeylerine Ait Bulguları:	69
5. TARTIŞMA	73
5.1. Limitasyonlar	91
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR	94
EKLER	
Ek 1. Etik Kurul Onayı	

SİMGELER ve KISALTMALAR

Cal	: Kalori
CHQ-PF50	:Çocuk Sağlık Anketi- Ebeveyn formu 50
Cm	:Santimetre
CO ₂	:Karbondiyoksit
DAM	:Destek alan merkezi
Diğ	:Diğerleri
Dk	:Dakika
E-FES	:Ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu
EMG	:Elektromyografi
FES	:Fonksiyonel elektrik stimülasyonu
GMFCS	:Kaba Motor Fonksiyon Sınıflaması
GMFM	:Kaba Motor Fonksiyon Ölçüm Skalası
GYA	:Günlük Yaşam Aktiviteleri
ICF	:Sağlığın, Yeti Yitiminin ve Fonksiyonelliğın Uluslar Arası Sınıflandırılması
Kg	:Kilogram
KH	:Kalp Hızı
m	:Metre
MAS	:Modifiye Ashworth Skalası
ml	:Mililitre
mm	:Milimetre
N	:Newton
PDÖ	:Pediatrik Denge Ölçeğı
PEDI	:Pediatrik Özürlölük Değerlendirmesi Envanteri
S	:Saat
SCPE	:Avrupa CP Sürveyans Grubu
SİAS	:Spina İliaka Anterior Süperior
SP	:Serebral Paralizi
SPSS	:Sosyal Bilimler İçin Hazırlanmış İstatistik Programı
T.Ö	:Tedavi Öncesi

T.S	:Tedavi Sonrası
TUG	:Zamanlı Ayağa Kalk Yürü Testi
VAM	:Vücut Ağırlık Merkezi
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi
VO ₂ max	:Maksimal Oksijen Tüketimi
X ± SD	:Standart Sapma
YTK	:Yer Tepki Kuvveti
°	:Derece
O ₂	:Oksijen
3D	:Üç Boyutlu
%	:Yüzde

TABLOLAR

Tablo	Sayfa No
2.1. Etiyolojik Risk Faktörleri	5
2.2. SCPE SP Sınıflandırması	6
2.3. Yürüme Döngüsü	10
2.4. Cinsiyet ve Yaşa Göre Yürüyüş Parametreleri	17
3.1. Modifiye Ashworth Skalası	38
3.2. E-FES ile Uygulanan Akım Formu	47
4.1. Bireylerin Demografik Bilgileri	48
4.2. Grupların Tedavi Öncesi Fonksiyonel Kas Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	49
4.3. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Fonksiyonel Kas Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	49
4.4. Grupların Tedavi Sonrası Fonksiyonel Kas Testlerinin Karşılaştırılması	50
4.5. Fonksiyonel Kas Kuvvetlerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması	50
4.6. Grupların tedavi öncesi alt ekstremitte kas tonusu ve eklem limitasyonlarının karşılaştırılması	51
4.7. Kontrol Grubunun Tedavi Öncesi ve Sonrası Kas Tonusu ve Alt Ekstremitte Eklem Limitasyonlarının Karşılaştırılması	52
4.8. E-FES Grubunun Tedavi Öncesi ve Sonrası Kas Tonusu ve Alt Ekstremitte Eklem Limitasyonlarının Karşılaştırılması	53
4.9. Grupların Tedavi Sonrası Kas Tonusu ve Alt Ekstremitte Eklem Limitasyonlarının Karşılaştırılması	54
4.10. Grupların Tedavi Öncesi Enerji Tüketim Düzeylerinin Karşılaştırılması	55
4.11. Tedavi Öncesi Ve Sonrası Grup İçi Enerji Tüketim Düzeylerinin Karşılaştırılması	55
4.12. Grupların Tedavi Sonrası Enerji Tüketim Düzeylerinin Karşılaştırılması	55

4.13. Enerji Tüketim Düzeylerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması	56
4.14. Grupların Tedavi Öncesi Kaba Motor Fonksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması	56
4.15. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Kaba Motor Fonksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması	57
4.16. Grupların Tedavi Sonrası Kaba Motor Fonksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması	57
4.17. Kaba Motor Fonksiyonlarda Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması	58
4.18. Grupların Tedavi Öncesi Denge Parametrelerinin Karşılaştırılması	58
4.19. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Denge Parametrelerinin Karşılaştırılması	59
4.20. Tedavi Sonrası Denge Parametrelerinin Karşılaştırılması	59
4.21. Denge Parametrelerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması	59
4.22. Grupların Tedavi Öncesi Yürüyüşün Zaman Mesafe Değerlerinin Karşılaştırılması	60
4.23. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Yürümenin Zaman Mesafe Değerlerinin Karşılaştırılması	61
4.24. Grupların Tedavi Sonrası Yürümenin Zaman Mesafe Değerlerinin Karşılaştırılması	62
4.25. Yürümenin Zaman Mesafe Değerlerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması	62
4.26. Grupların Tedavi Öncesi Yürümenin Sagital Plan Kinematiklerinin Karşılaştırılması	63
4.27. Grup İçi Tedavi Öncesi ve Sonrası Yürümenin Sagital Plan Kinematiklerinin Karşılaştırılması	64
4.28. Grupların Tedavi Sonrası Yürümenin Sagital Plan Kinematiklerinin Karşılaştırılması	65
4.29. Yürümenin Sagital Plan Kinematiklerinde Tedavinin Etkisi ile Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması	66

4.30. Tedavi Öncesi Grupların Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerinin Karşılaştırılması	67
4.31. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerinin Karşılaştırılması	68
4.32. Tedavi Sonrası Grupların Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerinin Karşılaştırılması	68
4.33. Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması	69
4.34. Grupların Tedavi Öncesi Yaşam Kalite Düzeylerinin Karşılaştırılması	70
4.35. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup Yaşam Kalite Düzeylerinin Karşılaştırılması	71
4.36. Grupların Tedavi Sonrası Yaşam Kalite Düzeylerinin Karşılaştırılması	72

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa No
2.1. Yürüme döngüsü	9
2.2. Diplejik SP Çocuklarda Sagital Plan Yürüme Paterni	24
3.1. Çalışmaya Dahil Edilen Bireylerin Akış Diagramı	34
3.2. Çalışmamızın ICF Temelli Değerlendirme Diagramı	36
3.3. Kalça Fleksiyonu Eklem Hareket Açıklığı Ölçümü	37
3.4. Enerji Tüketim Miktarlarının Ölçülmesi	39
3.5. İşaretleyicilerin Yerleştirilme Yerleri ve Statik Veri Kaydı	42
3.6. Fizyoterapi Programından Örnekler	45
3.7. Fizyoterapi Programından Örnekler	45
3.8. RT 300 SLISA FES Sistemi	46

1. GİRİŞ

Çocuklarda etkinliği ve topluma katılımı kısıtlayan serebral palsi (SP), prenatal, perinatal veya postnatal dönemde henüz gelişimini tamamlamamış beynin farklı sebeplerle etkilenmesi sonucu ortaya çıkan kalıcı, ilerleyici olmayan şemsiye terim olarak tanımlanmaktadır (1). Merkezi sinir sistemindeki etkilenme SP' li çocukların sinir-kas, kas-iskelet ve duyu sistemlerinde bozukluklara yol açmakta, bu bozukluklar çocukların duruş ve hareketlerinde yetersizliklere neden olmaktadır (2).

Kas tonusunun artışı ile karakterize olan spastik tip SP'de zayıf selektif kas kontrolü genellikle agonist ve antagonist kas gruplarının aşırı koaktivasyonu ile sonuçlanır (2). Spastisitenin etkilediği kasların antagonistlerinde ikincil kas zayıflıkları gelişerek ince ve kaba motor gelişimde gecikmelere yol açar (3,4). Spastik SP' li çocuklardaki spastisite eklemlerde anormal kuvvet yüklenmelerine neden olur, bu durum çocuk büyüdükçe kemiksel deformitelere, eklem instabilitesine ve kas kontraktürleri gibi kas iskelet sistemi ve postür problemlerine dönüşür (5,6). Bunların doğal sonucu olarak, bağımsızlık ve fiziksel aktivite azalır, sedanter yaşam tarzı gelişebilir ve çocuğun fiziksel gelişimi olumsuz yönde etkilenir. Sağlıklı yaşlılarına kıyasla, SP' li çocuklardaki kuvvet kaybı ve spastisite yürüme bozuklukları ve enerji tüketiminde artış ile sonuçlanmaktadır (7,8). Özellikle gövde ve alt ekstremitedeki kas zayıflıkları ambulasyon açısından son derece önem taşır ve kuvvetlendirme eğitiminini gerektirir (4,9). Bu konudaki ilk çalışmalar, mevcut spastisitenin artması korkusuyla sadece spastik olmayan kasların kuvvetlendirilmesi gerektiğini savunsa da, son dönemde yapılan çalışmalar spastik kasların da kuvvetlendirilmesinin önemli fonksiyonel gelişmeler sağlayabileceği öngörmektedir (10,11).

Son yıllarda SP' li bireylere uygulanan kuvvetlendirme eğitiminin olumlu katkıları gösterilmiş ve kas kuvvetinin aktivite ile olan ilişkisi ortaya konulmuştur. SP' li çocuklarda kuvvetlendirme eğitimleriyle kas kuvveti, esneklik, postür ve dengede kazanımlar sağlanmaktadır. Bunlara ek olarak günlük yaşamlarındaki aktivite düzeylerini yükseltmekte; yürüme ve koşma gibi fonksiyonel aktivitelerini geliştirmektedir (12). Araştırmacılar kuvvetlendirme eğitiminin ancak spesifik motor bir beceri ya da fonksiyonu geliştirme amaçlı olduğu zaman anlamlı olduğunu

savunmaktadırlar (13). Bu amaç doğrultusunda uygulanan fonksiyonel kuvvetlendirme uygulamaları, zayıf olan antagonist ve sorumlu spastik agonist kasların gücünü arttırarak SP' li çocuklarda fonksiyonel faydalar sağlamayı amaçlar (14).

Fonksiyonel egzersiz eğitimlerinden biri olan sabit bisiklet, SP' li bireylerin motor gelişimine destek olarak kullanılabilen dinamik bir yaklaşımdır (15). Sabit kondisyon bisikleti, diğer aerobik egzersizler gibi, kardio respiratuvar sağlığa olumlu katkıda bulunur. Sabit bisiklet, yürüme ve koşma gibi diğer aerobik egzersizlere göre dengeye daha az bağımlıdır bu nedenle nöromotor etkilenimli bireyler için fonksiyonel, güvenli ve geniş çapta erişilebilir bir egzersiz şeklidir (15-17). Bisiklet çevirmenin kinematik paterni yürümeyle benzerlik göstermektedir Her ikisinde resiprokal fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri ve agonist-antagonist kasların iyi zamanlanmış ve koordine şekilde aktivasyonunu gerektirir (18). SP' li çocukların çoğu simetrik ve respirokal olarak bisiklet çevirmek yerine pedalların koordinasyonsuz biçimde itilmesi ve çekilmesinden kaynaklanan asimetrik ve düzensiz kuvvet uyguladıkları için bisikletin motor performansında güçlük yaşar (19). Araştırmacılar, SP' li bireylerin daha simetrik, kardiorespiratuvar egzersiz yanıtlarına ve kas iskelet sistemi değişikliklere ulaşılması için gereken eşik kalp hızına erişebilecek kadar kuvvetli pedal çevirmelerini sağlayacak, pedal çevirmeye uygun oranlarda destek veren pozitif kuvvetin süresini artırmak için uygulanabilecek yöntemler araştırılması gerektiği vurgulamışlardır. Bu amaçlar doğrultusunda bisiklet çevirme performansını geliştirmek için uygulanabilecek muhtemel uygulama olarak fonksiyonel elektrik stimülasyonunu (FES) önermişlerdir. FES, kasları doğru şekilde aktive/de-aktive etme ve daha güçlü kas kasılmasını ortaya koymak için uygun bir seçenek olabilmektedir (20-22).

Ergometrik FES (E-FES) kardiorespiratuvar uygunluğun geliştirilmesi için bisiklet sürmenin kolaylaştırılması ve kas iskelet sisteminde kazanımlar elde edilmesi amacıyla spinal kord yaralanmalı (SKY) bireylerde kullanılmaktadır (23-26). Bu güne kadar SP' li bireylerde E-FES uygulamasının etkilerini bildiren sadece 2 vaka çalışması mevcuttur. Bu çalışmalar, E-FES'in SP' li çocuklar için uygun ve güvenli bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir (27,28). Literatür incelendiğinde E-FES ile uzun süreli eğitim verip çocukların günlük yaşamda oldukça önemli olan yürüme

becerilerine etkilerini ortaya koyan randomize kontrollü bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada Spastik diplejik SP' li çocukların alt ekstremitelerine uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonunun, çocukların yürüyüş parametreleri ve günlük yaşam aktivitelerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızın sonuçları ile klinikte SP'li bireyler ile çalışan klinisyenlere kas kuvvetinin ve fonksiyonelliğin artırılmasına yönelik fizyoterapi uygulamalarına ek çözüm önerilerinde bulunabilmek çalışmamızın en önemli hedefi olacaktır.

Bu çalışma için belirlenen hipotezler aşağıda sıralanmıştır:

Hipotez 1: Alt ekstremitte ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyon eğitimi spastik diplejik SP' li çocuklarda yürüyüşün zaman mesafe özellikleri ve yürüyüş kinematiğini etkiler.

Hipotez 2: Alt ekstremitte ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyon eğitimi spastik diplejik SP' li çocuklarda enerji tüketim düzeyini etkiler.

Hipotez 3: Alt ekstremitte ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyon eğitimi spastik diplejik SP' li çocukların günlük yaşam aktivitelerini etkiler.

Hipotez 4: Alt ekstremitte ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyon eğitimi spastik diplejik SP' li çocukların denge parametrelerini etkiler.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Serebral Palsi Tanımı

SP, gelişmekte olan beyindeki ilerleyici olmayan hasar nedeniyle, aktivite kısıtlılığına neden olan bir grup kalıcı hareket ve postür bozukluğudur. SP' li çocuklarda çoğunlukla duyu, algı, anlama, kavrama, iletişim ve davranış bozuklukları görülür. Epilepsi ve sekonder kas iskelet sistemi problemleri bu tabloya eşlik edebilir (29).

SP'nin klinik tanısı için 3 major kriter vardır bunlar; motor bozukluğa yol açan hareket ve postür bozuklukları, statik beyin hasarı, beyin hasarının doğumdan önce ya da yaşamın ilk yıllarında meydana gelmesidir (30). Meydana gelen hasar sinir-kas, kas-iskelet ve duyu sistemlerinde bozukluklara yol açarak, çocuğun duruş ve hareketlerinde yetersizliklere neden olur. Büyüme ile birlikte çeşitli kas iskelet sistemi deformiteleri gibi ikincil bozukluklar ve zaman içinde farklı kompanzasyon mekanizmalarının etkisi ile üçüncül bozuklukların tabloya eklenmesi sonucu çocukların gelişim ve fonksiyonel bağımsızlık seviyeleri olumsuz etkilenir. Tablonun gerçekleşmesine neden olan beyin yapılarının etkilenimi ilerleyici özellik taşımasada yetersizliklerin ve özürün sonuçları ilerler ve gelişimsel problemlere yol açar (13,31).

2.2. SP'nin Epidemiyolojisi

Dünyada, ülkelere göre farklılık göstermekle birlikte yapılan epidemiyolojik araştırmalar SP sıklığının 1000 canlı doğumda ortalama 1,5-2,5 olduğunu ortaya koymaktadır (32). Serdaroğlu ve diğ'nin yaptıkları bir çalışmada Türkiye'de 2-16 yaş arasındaki çocuklarda SP prevalansını 1000 canlı doğumda 4,4 olarak bildirmişlerdir (33). Ülkemizde oranların fazlalığı akraba evlilikleri, hamilelik döneminde oluşan problemler ve bakım şartlarının yetersizliği, doğum şartlarının olumsuzluğu, postnatal bakım hizmetlerindeki aksamalar, erken çocukluk döneminde bebeklerde bulaşıcı ve ateşli hastalıkların fazlalığı ve beslenme yetersizliği gibi nedenlere bağlanmaktadır (33,34).

Son yıllarda ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve tıp teknolojisindeki ilerlemelere rağmen SP prevalansı azalmamıştır. Doğum öncesi izlem koşulları ve yeni doğan

bebek bakımında gelişmeler nedeni ile zamanında doğanlarda SP sıklığı azalırken, SP riskine sahip çok düşük ağırlıklı (1500 gramdan az) ve düşük doğum ağırlıklı (2500 gramdan az) olan infantların yaşaması nedeniyle toplumda oranlar değişmemektedir (2,8,35,36).

2.3. SP Etiyolojisi

Son 50 yıldır yapılan çalışmalara rağmen SP'nin etiyolojisi tam olarak açıklanamamıştır. Bu durum, her biri küçük oranda SP'ye neden olabilecek pek çok risk faktörünün olmasından kaynaklanmaktadır (36,37). Risk faktörleri prenatal, natal ve postnatal olarak sınıflandırılmaktadır (38). Etiyolojik risk faktörleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir (39-43).

Tablo. 2.1. Etiyolojik Risk Faktörleri

Prenatal	Natal	Postnatal
Genetik nedenler	Prematüre doğum (<37 hafta)	Bebeklikte meydana gelen travmalar
Kromozomal bozukluklar	Doğum ağırlığının (< 2500 gr, >4000 gr)	Enfeksiyon (menenjit, ensafalit, beyin apseleri)
Konjenital enfeksiyonlar	Doğum asfiksisi	Anoksi (boğulma, zehirlenme vb.)
Serebral gelişim bozuklukları	Travma	Yüksek ateşli hastalıklar
Periventriküler lökomalazi	Enfeksiyon	Zehirlenmeler
Plesantal yetmezlik	Zor-müdahaleli doğum	Tümörler
Travma	Bradikardi ve hipoksi	Hiperbilirubinemi
İlaç, sigara ve alkol kullanımı	İntrakranial kanama	Repiratuvar distres sendromu
Radyasyon	Plesenta previa	
Toksemi	Mekanyum aspirasyonu	
Prenatal beyin kanaması	Plesenta ablasyonu	
Komplikasyonlu gebelikler		

Stoknes ve diğ. tarafından yapılan bir çalışmada; term doğan bebeklerin büyük çoğunluğuna sıklıkla prenatal risk faktörleri eşlik ederken, preterm bebeklerde prenatal ve natal risk faktörlerinin birlikte seyrettiği belirtilmiştir. Tüm bu risk faktörlerine rağmen SP'li çocukların % 25'inde hiçbir risk faktörüne rastlanmamıştır (44).

2.4. SP’de Sınıflandırma

SP’de beyindeki lezyonun lokalizasyonuna, tonus değişikliklerine, hareket bozukluğunun tipine, etkilenen vücut kısımlarına göre çeşitli sınıflamalar yapılmaktadır (45). Son yıllarda yaygın olarak kullanılan sınıflandırma sistemi *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe* (SCPE) tarafından tanımlanmıştır. Bu sınıflandırma sistemi, tonus ve hareket anormalliğinin dominant tipine göre oluşturulmuştur (46,47).

Tablo. 2.2. SCPE SP Sınıflandırması (47).

SCPE SP Sınıflandırması:		SP’nin tüm alt tipleri anormal hareket paternleri ve postürlere sahiptir. Alt tiplere göre ilave özellikler:
Spastik SP	Bilateral spastik SP	Spastik tipte SP en az ikisi ile karakterize edilir: 1. Artmış tonus). 2. Patolojik refleksler • reflekslerde artış (ör:hiperrefleksiya) • piramidal belirtiler (ör:Babinski yanıtı). Anormal postür ve/veya hareketle sonuçlanır.
	Unilateral Spastik SP (hemipleji)	
Diskinetik SP	Distonik	İstemsiz, kontrol dışı, tekrarlı, steriotip hareketler, primitif refleks paternleri, intemittant spazm, kas fluktuasyonu.
	Koreo-atetoid	
Ataksik SP		Hareketlerin anormal kuvvet, ritm ve doğrulukta yapılmasına sebep olan kas kontrolü kaybı.

Klinik tiplerde spastisite, ataksi ve/veya diskinezi ile birlikte görülebilir. Bu durumda sınıflandırma miks tip olarak adlandırılır ve çocuk baskın olan klinik özelliğine göre sınıflandırılır (46).

2.5. Spastik Tip Serebral Palsi

Spastik tip SP, kas tonusunun artışı ile karakterize olup SP’nin en yaygın klinik tipidir ve toplam SP insidansının % 70-80’ini oluşturur (48). Topografik dağılıma bağlı olarak, dipleji (% 30-% 40), tetrapleji (% 10-% 15) ve hemipleji (% 20-% 30) olarak görülebilir. Spastik tip SP, simetrik ya da asimetrik olabilir (49).

Serebral korteksin motor alanlarındaki hasarıyla ortaya çıkan spastik tip SP'nin klinik işaretleri, üst motor nöron lezyonuyla ilişkilidir. Piramidal tipteki kas hipertonusu, artmış derin tendon refleksi, klonus ve Babinski işareti, ekstremit segmentlerinin ve kasların selektif kontrollerinin kaybı, istemli mobilitede yavaşlık ve zorluk, agonist ve antagonistlerin artmış ko-kontraksiyonu ile karakterizedir. (47,49-51).

Spastik tip SP' de ekstremitelerde tonus artışı, gövde de ise tonus azlığı görülür. Spastik tip SP' de; üst ekstremitelerde omuz ekstansör, retraktör, adduktörleri ve iç rotatörleri, dirsek fleksörleri, ön kol pronatörleri, el bileği ve parmak fleksörleri spastisitenin en çok etkilediği kas gruplarıdır. Alt ekstremitelerde ise; kalça fleksör, adduktor, iç rotatörleri, diz fleksörleri, ayak bileği plantar fleksörleri, evertör veya invertörleridir. Kas kuvvet eşitsizliğine ikincil gelişen eklem deformiteleri, postür bozuklukları ise hareket yetersizliklerini artırmaktadır (52,53).

2.5.1. Spastik Diplejik Serebral Palsi

Diplejik SP' de ekstremit e tkilenimi simetrik olmakla beraber, alt ekstremiteler ve pelviste değışen şiddette spastisite ile üst ekstremitelerde daha hafif spastisite ve/veya inkoordinasyonla karakterizedir (50,54). Tüm spastik SP' lilerin % 50'sini oluşturur. SP'nin prematürelde en sık görülen şeklidir (50).

Spastik diplejinin etyolojisi her zaman prenataldir ve genellikle prematürelikle ilişkilidir; periventriküler lökomalezi ve ventriküler sistemin genişlediği intraventriküler hemorajın yaygın bir sonucudur. Periventriküler beyaz cevherde alt ekstremit e giden kortikospinal yol lifleri, üst ekstremit e gidenlerden daha medialde olduğu için, alt ekstremitelerin motor kontrol ve kas tonusundan sorumlu lifleri daha fazla etkilenir ve diplejiye neden olur (30,55). Günümüzde bu lezyonlar, ultrason ve MRI kullanımıyla erken dönemde belirlenebilmektedir. Preterm bebeklerdeki MRI bulguları, periventriküler lökomalezi ve internal kapsülün posterior uzantılarında yüksek yoğunluk anomalileri olarak karşımıza çıkmaktadır. MRI bulguları, zamanında doğan ve preterm diplejiklerde farklı olabilir (56). Diplejik tip SP'de gövde, postüral ve antigravite kaslarında belirgin kas zayıflığı mevcuttur. Tabloya mental ve kortikal körlük (% 4), işitme (% 4), konuşma (% 6),

propriyosepsiyon ve taktil duyularının etkilenimi ve epilepsi (% 6) eşlik edebilmektedir (2,52).

2.6. Yürüme

Yürüme, gravite merkezinin sagittal düzlemde öne doğru yer değiştirmesi ile birlikte gövdenin ve ekstremitelerin ritmik alternatif hareketleri olarak tanımlanır. Yürüyüş alt, üst ekstremit segmentleri ve gövdenin simetrik, ritmik ve aşırı enerji gerektirmeyen hareketleri ile karakterizedir (57). Uzun süre yorulmadan yürüyebilmek için merkezi sinir sistemi, kas, kemik ve eklem yapıları birlikte koordine olarak çalışmalı, eklem hareketleri, kontraksiyon zamanı ve gücü yeterli olmalıdır (58).

Yürümenin sağlanması için denge ve hareket gibi iki temel parametre gereklidir. Denge dik postürün sağlanması ve yürümenin devamlılığı için gerekirken, hareket, ritmik adımlamaya başlama ve sürdürme yeteneği için gereklidir (57,59).

Denge

Statik Denge

İnsanın ayakta dik durabilmesi için vücut ağırlık merkezinden yere doğru inen yer tepkime kuvvet (YTK) vektörünün destek alan merkezinden (DAM) geçmesi gerekir. Sagittal düzlemde bu vektör, dördüncü lomber vertabranın ve dizin önünden, kalçanın arkasından geçerek ayak bileğinin 1,5-5 santimetre (cm) önüne iner. Koronal düzlemde ise DAM'ın tam orta noktasına düşer (58-61).

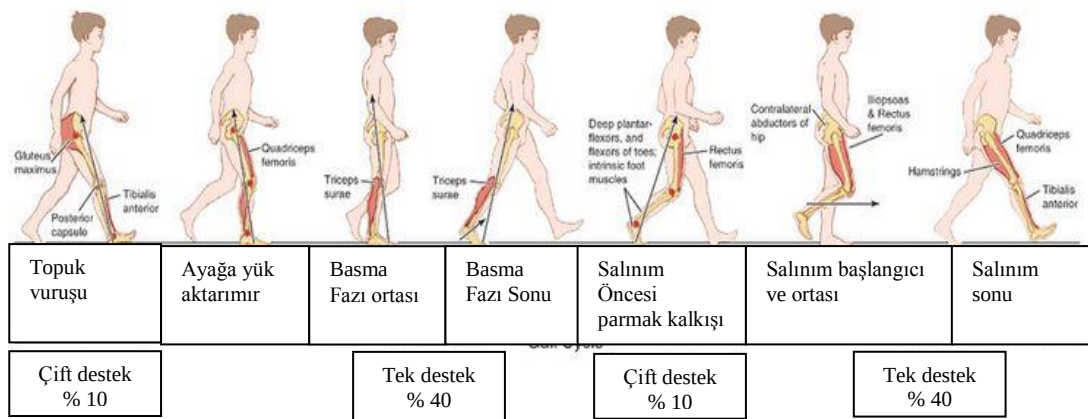
Femur boynundaki 120° varus açısı, dizdeki 5-7° valgus açısı ve ayakların 7° lik dışa dönük durması sayesinde destek alan merkezi genişler ve stabilite artar. Statik dengenin sağlanmasında kas ve bağların rolü büyüktür. YTK kalçanın arkasından ve dizin önünden geçerken bu eklemleri ekstansiyona zorlar. Kalçada iliofemoral bağ ve dizde oblik bağlar ve kapsül ekstansiyonu kısıtlar ve kas kasılması olmadan pasif olarak stabilite sağlanır. YTK ayak bileğinin 5 cm kadar önüne düştüğü için ayak bileğinde yaklaşık 5° lik dorsifleksiyon oluşturur. Bu dorsifleksiyon hareketini soleus kası kontrol eder. Ayakta dik dururken dengenin sağlanmasında en önemli kas soleus kasıdır (59-61).

Dinamik Denge

Yürüme, denge ve dengesizlik dönemlerinin birbirini izlediği bir süreçtir. Yürürken DAM topuktan tabana ve ön ayağa doğru yer değiştirir. YTK basan ayağın tabanından geçtiği anda denge sağlanır. Yürüme döngüsü boyunca 4 dönemde denge sağlanır. Birinci çift destek fazı, basma ortası, ikinci çift destek fazı ve salınım ortası. Dinamik dengenin sağlanmasında kaslar rol alır. Basma fazının yaklaşık % 10' unda, YTK kalçanın önünden ve dizin arkasından geçtiği için fleksiyon momenti oluşur. Bunu yenmek için her iki eklemin ekstansör kasları kasılır. Basma fazının ortasında YTK kalça ve dizin merkezinden geçtiği için pasif stabilite sağlanır. Basma fazı sonlarında YTK ayak bileğinin önüne geçer ve plantar fleksörler ve gastrokinemius ve soleus kası kasılarak ayak bileği dorsifleksiyonunu kısıtlarlar (59-61).

2.7. Yürüme Döngüsü

Yürürken gövdeyi öne doğru ilerletebilmek için bacaklarda bir dizi hareket oluşur ve bu hareketler belli bir düzen içinde sürekli tekrarlanır. Bu hareket zinciri yürüme döngüsü olarak adlandırılır. Yürüme döngüsü; aynı ayağın ard arda gelen iki temas noktası arasındaki geçen olaylar olarak tanımlanmaktadır (57). Basma ve sallanma fazı olmak üzere iki faza ayrılır. Yürüme döngüsünde bacağın yerle teması olmaksızın havada olduğu süre salınım (*swing*), yerde olduğu süre ise basma (*stance*) fazı olarak tanımlanır (57,60,62).



Şekil 2.1. Yürüme döngüsü(63)

Tablo. 2.3. Yürüme Döngüsü (64)

Basma Fazı	
İlk temas <i>(initial contact)</i>	Ayağın yerle ilk temas yaptığı an.
Ayağa yük aktarımı <i>(loading response)</i>	Bacağın yükü almaya başladığı andaki birinci çift destek fazı
Basma fazı ortası <i>(midstance)</i>	Tek destek fazının ilk peryodu. Vücut basma fazında olan bacağın üzerinde ilerler. Basan bacakta ağırlığın ön ayağa aktarıldığı dönemin öncesinde son bulur.
Basma fazı sonu <i>(terminal stance)</i>	Topuğun yerden kalkmasıyla başlayıp karşı ayağın ilk teması ile sona erer.
Salınım öncesi parmak kalkışı <i>(preswing)</i>	Dizin hızla fleksiyon yaparak vucut ağırlığını diğer bacağı aktarmasından hemen önceki ikinci çift destek fazı.
Salınım Fazı	
Salınım başlangıcı <i>(initial swing, akselerasyon)</i>	Maksimum diz fleksiyonunun olduğu salınımın ilk 1/3 lik bölümü
Salınım ortası <i>(mid-swing)</i>	Maksimum kalça fleksiyonunun olduğu ve vertikal tibia ile sonlanan salınım fazının ikinci 1/3 lik bölümü
Salınım sonu <i>(terminal swing, deselerasyon).</i>	Maksimum adım uzunluğunun sağlanması ve bacağın yük alımına hazırlanması amacı ile dizin ekstansiyona geldiği salınım fazının son 1/3 lik bölümü

Ortalama yürüyüş hızında yürüyüş döngüsünün % 60' ını basma, % 40' ını salınım fazı oluşturur. Çift destek fazı yürüme döngüsünün % 20' sinde yer alır. Yürümenin hızı arttığı zaman basma fazında ve çift destek fazında geçen süre azalmakta, tek destek fazında geçen süre ise artmaktadır. Koşmada çift destek fazı izlenmez (57,60,65).

I. Basma Fazı:

1. İlk Temas (*Initial Contact*)

Yürüme döngüsünün % 0-2' lik bölümüdür. Basma fazının başlangıcı olup ayağın yerle teması ile başlar. Normal yürümede ilk temas topukta oluşur. Kalça eklemi yaklaşık 30° fleksiyondadır. YTK kalça ekleminin önünde yer alır ve fleksiyon momenti yaratır. Kalça ekstansörleri (m. gluteus maximus ve m. hamstring) kasılıp bu momenti kontrol ederek kalçada stabilizasyonu sağlar. Pelvis öne yer değiştirmeye başladıkça kalça ekstansiyonu gerçekleşir. Diz eklemi tam ekstansiyon ya da maksimum 5°' lik fleksiyondadır. YTK diz ekleminin hafif önündedir ve ekstansiyon momenti yaratır. Hamstring kas aktivitesi ve popliteal pasif elemanlar bu momenti dengeleyerek eklemden stabilizasyon sağlanır. Ayak bileği nötral pozisyonundadır. YTK, eklemin arkasında yer alır ve plantar fleksiyon momenti yaratır. Pretibial kasların egzantrik kasılması ile plantar fleksiyon kontrol edilir. Amaç ayağı önce topuk yere değecek şekilde yere indirmektir. Vücut ağırlık merkezi (VAM) en alçak noktasında ve gövde ayağın gerisindedir (57,60,66).

2. Ayağa Yük Aktarımı (*Taban Teması, Loading Response*)

Yürüme döngüsünün % 2-10' luk bölümü olup birinci çift destek fazıdır. Diğer ayak yerden kaldırılana dek gövde ağırlığı bu ayağa aktarılır. Kalça ekstansiyondadır ve son duruş fazına kadar ekstansiyonunu devam ettirir. YTK kalça ekleminin önünden geçer. Kontrolsüz kalça fleksiyonunu önlemek için, kalça ekstansörleri aktif olmalıdır. Diz yaklaşık 15-20° fleksiyondadır. YTK posteriordan geçer, buna bağlı olarak eksternal fleksör moment oluşur. Bu eksternal fleksör moment kuadriseps kasının egzantrik kasılmasıyla karşılanır ve dizde 20° fleksiyon oluşturur. YTK ayak bileği eklemin posteriorundan geçer. Bu sayede hızlıca eksternal plantar fleksiyon momenti oluşur ve ayak bileğinin plantar fleksiyonunu 10-15°'ye getirir. Bu hareket, ayak bileği dorsifleksörlerinin egzantrik kasılmasıyla kontrol edilir. Bu evrenin sonunda ayak tabanının zeminle tam teması sağlanır. Bu noktada çift destek fazı sona erer ve diğer ayağın zeminle teması kesilir. Hedef, şok absorpsiyonu, vücut ağırlığının üstlenilmesi ve ayağın tümünün yere indirilmesidir. VAM bu noktada yükselmeye başlar (57,60,66).

3. Basma Fazının Ortası (*Midstance*)

Yürüme döngüsünün % 10-30' luk bölümüdür. Orta duruş fazında, kontralateral ekstremitte sallanma periyodundadır. Orta duruş fazındaki ekstremitte tüm vücut ağırlığını taşır. Bu evrenin başlangıcında kalça eklemi sagittal düzlemde nötral pozisyonundadır. YTK kalça eklemine merkezinde ya da çok az arkasında yer alır. Gövdenin ileri doğru momenti oluştuğundan kalça ekstansör aktivitesi gerekmez. Bu evrenin sonuna doğru kalça eklemine hafif ekstansiyon gerçekleşir. Koronal düzlemde salınımdaki bacak tarafındaki pelvis düşer, basma fazındaki bacakta addüksiyon momenti ortaya çıkar. Bunu karşılamak için kalça abdükörlerinin aktivitesi izlenir. YTK, dizde posteriordan anteriora doğru geçerek kuadriseps kasına olan ihtiyaç azalır, diz ekstansiyonu oluşur. Diz posterior kapsül ve ligamentlerle pasif olarak, popliteus ve gastrokinemius kas aktivitesi ile aktif olarak frenlenir. Ayak bileği de 10° dorsifleksiyonundadır. YTK eklemine önünden geçer. Bu nedenle eksternal ayak bileği dorsifleksiyonu oluşur. Ayak bileği plantar fleksörlerinin egzantrik olarak kasılmasıyla oluşan dorsifleksiyon kısıtlanır. Diğer bacak öne doğru salınım yapmakta olduğundan gövde stabilizasyonu için sırt ekstansörlerin aktivitesi izlenir. Bu dönemdeki amaç, yerde sabit olan ayak üzerinde gövdeyi öne doğru ilerletmektir. Bu dönemde VAM' ın öne doğru hızı an azalır. VAM en üst ve en dış yandadır (57,60,66).

4. Basma Fazının Sonu (*Terminal Stance*)

Yürüme döngüsünün % 30-50' lik bölümüdür. Tek basma fazı bitmektedir. Vücut kütlesi ekstremitte üzerinde öne kayar. Kalça eklemi ekstansiyonundadır. YTK kalça eklemine arkasında yer alır ve ekstansiyon momenti yaratır. Kalça eklemi 10-15° maksimum ekstansiyona ulaşır. İliofemoral ligaman, hiperekstansiyon momentini karşılayan pasif eleman olarak fonksiyon görür. YTK diz eklemine üzerinde ya da hafif önünde yer alır. Stabil durumdaki tibianın üzerinde gövdenin öne hareketi sonucu, dizde pasif ekstansiyon oluşur. Bu fazın sonunda dizde fleksiyon oluşmaya başlar. Ayak bileğinin 5-10° lik plantar fleksiyonu ile topuk yerden kalkmaya başlar. YTK ön ayağa doğru kayar ve dorsifleksiyon momenti yaratır. Plantar fleksörlerin kuvvetli konsantrik kasılması bu momenti yener ve ayak plantar fleksiyonu devam eder. Diğer ayak yerle temas edene kadar kalça abdükörleri çalışmaya devam eder.

Buradaki hedef bacağı yerden kesmektir. VAM'ın yüksekliği ve laterale kayması azalır (57,60,66).

5. Salınım Öncesi Parmak Kalkışı (*Preswing*)

Yürüme döngüsünün % 50-60' lık bölümüdür. İkinci çift destek dönemidir. Ekstremitenin öne itilmeye başlaması ile kalça eklemi fleksiyon yapmaya başlamıştır. Çift destek fazı parmak kalkışının tamamlanması ile sona erer. Kalça eklemi ekstansiyondadır ve YTK ekleminden arkasında yer alır. Bu kalça ekleminde ekstansiyon momentine neden olur. İliopsoas, kalça addüktörleri ve rektus femoris kaslarının konsantrik aktivitesi ekstansiyon momentini yener ve kalça fleksiyonu başlar. Diz eklemi hafif fleksiyondadır ve YTK ekleminden arkasında yer alır ve fleksiyon momenti yaratır. Gövdenin öne yuvarlanmasının oluşturduğu etki de buna katılır ve yaklaşık 40°' ye ulaşan diz fleksiyonu gerçekleşir. Rektus femorisin egzantrik aktivitesi kalça fleksiyonu sağlarken, bir yandan da diz fleksiyon momentini kontrol eder. Ayak bileği plantar fleksiyondadır. YTK ekleminden çok önündedir; ön ayağa doğru kaymıştır ve belirgin bir dorsifleksiyon momenti yaratır. Plantar fleksörlerin güçlü konsantrik aktivasyonu hem dorsifleksör momentini yener hem de plantar fleksiyonu sağlar. Ayak parmaklarının yer ile temasının kesilmesi ile bu evre biter ve salınım fazı başlar (57,60,66).

II. Salınım Fazı:

1. Salınım Başlangıcı (*Initial Swing/ Akselerasyon*)

Yürüme döngüsünün % 60-73' lük bölümüdür. İlk sallanma fazının amacı, ekstremitenin öne doğru ilerlemesini devam ettirmektir. Ayağın yerle teması olmadığı için YTK söz konusu değildir. Eklemler üzerinde yer çekim kuvvetleri, kas aktivitesi ve ekstremiteye ait ivmeler etkilidir (57,60,66).

Kalça fleksörlerinin konsantrik aktivitesi sonucu fleksiyon momenti devam etmektedir. Bacak öne akselere olur ve yaklaşık 20° kalça fleksiyonu gerçekleşir. Parmakların yerle temasını engelleyecek şekilde, daha çok pasif olarak (sarkaç gibi) 60-65°' ye kadar diz fleksiyonu oluşur. Bu diz fleksiyonu, kalça fleksiyonu ve sallanma öncesi fazda oluşan momentum sonucu pasif olarak gerçekleşir. Nötral pozisyona kadar ayak bileği dorsifleksiyonu ayak bileği dorsifleksörlerinin

konsantrik kasılması ile sağlanır. Pelvisin öne 4-5° lik rotasyonu uyluğun akselerasyonuna katkıda bulunur. Pelvis abdüksiyonu bu fazın sonunda maksimumdur (57,60,66).

2. Salınımın Ortası

Yürüme döngüsünün % 73-87' lik bölümünü oluşturur. Ekstremiteler sarkaç gibi öne doğru ilerlemeye devam eder ve kalçada maksimum 30° fleksiyon gerçekleşir. Ekstremitenin öne doğru akselerasyonu ile dizde pasif ekstansiyon (40° lik fleksiyon açısına kadar) gerçekleşir. Dorsifleksörlerin aktivitesi ayak bileğinin nötral pozisyonunu korur (57,60,66).

3. Salınım Sonu

Yürüyüşün % 87-100' lük bölümünü oluşturur. Yük almadan önce yeterli stabilitenin sağlanması amacıyla önceki salınım fazlarında ortaya çıkan momentler kontrol edilmeye çalışılır (57,60,66).

Medial hamstringlerin kuvvetli egzantrik kasılması kalça fleksiyonu ve diz ekstansiyonunu kontrol eder (30° fleksiyon açısı sürer). Eş zamanlı kuadriseps aktivitesi ile dizde kontrollü tam ekstansiyon gelişir. Ayak bileğini nötralde tutacak şekilde pretibial kas aktivitesi devam eder. Bacağın akselerasyonunu kontrol etmek için, gövde ekstansörleri ve gluteal kasların kasılması ile gövdenin ve salınan alt ekstremitenin hızı azalır (57,60,66).

Gage göre normal yürüyüşün gerçekleşebilmesi için beş temel ön koşul vardır. Fonksiyonel önceliklere göre bu unsurlar basma fazı boyunca yük taşıyan ayağın stabilizasyonu, salınım fazın boyunca yük taşımayan ayağın öne ilerletilmesi, basma fazı öncesi ayağın uygun pozisyonu, uygun adım uzunluğu ve uygun enerji harcamasıdır (67,68). Bu gereksinimlerden birisinin dahi karşılanamaması halinde yürüyüş patolojik olarak tanımlanır (67). Patolojik yürüyüşte genellikle üç temel kinezyolojik neden söz konusudur: yetersiz düzeyde internal eklem momenti oluşumuna sebep olan kas güçsüzlüğü, anormal eklem pozisyonu veya eklem hareket kısıtlılığıdır. Bu primer patolojiler sebebiyle anormal yürüyüşe sahip kişi, bu problemle başa çıkmak için kompansatuar yürüyüş patolojileri geliştirebilir (68).

Günümüzde SP' li çocuklardaki yürüme bozuklukları ve yürüme döngüsünde oluşan aksaklıklar hakkında detaylı bilgi edinmek, prognozu belirlemek, tedaviyi planlamak ve kullanılan tedavi yöntemlerin etkinliğini araştırmak amacı ile yürüme analizi teknolojisi kullanılmaktadır. Kantitatif yürüme analizinin temel amacı normal yürüyüşü, bireysel farklılıklardan bağımsız ve sayısal verilerle ifade edebilmek ve normalden farklı yürüyüş şeklini, bu bozukluğun altında yatan patoloji veya fonksiyonel adaptasyonla ilişkilendirebilmektir (69).

2.8. Yürüme Analizi

Birçok yürüme sorunu deneyimli klinisyenlerin gözle yaptığı değerlendirmelerle anlaşılabilse de sorunu sayısal olarak yorumlamak, kaydedip daha sonra yeniden değerlendirmek ve yapılan tedavinin etkinliğini nesnel biçimde ortaya koymak için yürüme analizi teknolojisi gereklidir (70).

Yürüme analizi insan hareketlerinin tanımlanması ve değerlendirilmesi için kullanılan sistematik bir ölçümdür. Yürüme analizi ile yürümenin sayısal olarak değerlendirilerek tanımlanması ve yorumlanması mümkündür. Modern yürüme analiz laboratuvarları görsel inceleme, kantitatif analiz, biyomekanik analiz ve elektromyografi (EMG) olmak üzere dört disipline dayanmaktadır. Görsel inceleme tekrarlanan yürümede vücut hareketlerini değerlendirirken, kantitatif analiz yürümede eklemlerin kinematik parametrelerini, zaman ve mesafe özelliklerini verir. Biyomekanik analiz ve EMG yürümede ortaya çıkan kas aktivitesi ve bunun yürüme üzerindeki sonuçları hakkında bilgi verir. Detaylı bir yürüme analizi bu yöntemlerin hepsini kapsar (70).

Üç boyutlu (3D) yürüme analizi ile yürüme sagittal, koronal ve transvers olmak üzere her üç planda da değerlendirilmektedir (59). 3D yürüme analizi ile yaygın olarak sagittal planda pelvik tilt, kalça ve dizin fleksiyon-ekstansiyon, ayak bileğinin plantar fleksiyonu ve dorsifleksiyonu değerlendirilirken, koronal planda pelvik obliklik, kalça abduksiyon-adduksiyonu, diz varus-valgusu, ayak inversiyon-eversiyonu değerlendirilir. Transvers planda ise pelvis, femur, diz, tibia, ve ayak bileğinin iç ve dış rotasyonları değerlendirilmektedir (59).

3D yürüme analizi ile kişinin yürüyüşünün kinetik (kuvvet, basınç, moment, tork) ve kinematik (yer değiştirme, doğrusal hız, ivme) analiz ile zaman-mesafe özelliklerinin analizi yapılır. Kinematik analizde açısal büyüklükler kaydedilir (71).

2.8.1. Yürümenin Zaman-Mesafe Özellikleri

Yürümenin genel parametreleri olarak bilinen zaman-mesafe özellikleri:

- * Adım uzunluğu (*step length*): Yürüme yüzeyinde bir topuğun yere temas eden noktası ile diğer topuğun yere temas eden noktası arasındaki doğrusal mesafedir (60). Bir yürüyüş döngüsü için sağ ve sol olmak üzere iki adım uzunluğu bulunur. Eklemlerin fizyolojik hareket açıklıklarındaki azalma, kas zayıflıkları, ağrı gibi durumlarda adım ve çift adım uzunlukları azalır, asimetri oluşur (65,66).
- * Çift adım uzunluğu (*stride length*): Bir topuğun yere temas eden ilk noktası ile aynı topuğun yere temas eden ikinci noktası arasındaki mesafedir. Sağ ve sol adım uzunluklarının toplamına eşittir. Ortalama 140 cm (75-160 cm) dir (57,60,65,66).
- * Adım genişliği: İki topuk orta noktası arasındaki horizontal mesafedir. Ortalama 8 cm' dir. Normalde 7,6-15 cm arasındadır (60,65,66).
- * Ayak açısı: Yürürken ayağın uzun arksının yürüme doğrultusu ile yaptığı açıdır. Ortalama 7°' dir (57)
- * Kadans: Belli bir zamandaki adım sayısıdır. Yürüme ritmi olarak da bilinir (60,65,66).
- * Yürüme hızı: Belirli zaman ve yöndeki tüm vücudun aldığı mesafe olarak tanımlanır. Çift adım uzunluğunun kadans ile çarpılıp ikiye bölünmesi ile hesaplanır. (57,60,65,66)
- * Yürüme döngüsü: Yaklaşık olarak $1,30 \pm 0,10$ sn'dir (57).
- * Tek basma süresi (*single support time*): Bir ayağın yere basma süresidir (60,65,66).
- * Çift basma süresi (*double support time*): İki ayağın birden yere basma süresidir (60,65,66).

Kişiye özel yürüme, yürümenin hızına, her döngüde kat edilen mesafeye ve kadansına göre tanımlanmaktadır. Yürüme hızı yürümenin kinetik ve kinematik karakterlerini etkiler (57).

Yürüyüş parametreleri cinsiyete ve yaşa göre değişmektedir.

Tablo 2.4. Cinsiyet ve Yaşa Göre Yürüyüş Parametreleri (65)

	Çift adım uzunluğu (m)	Kadans (1/dk)	Yürüyüş hızı (m/sn)
Kadın	1.0-1.6	95-150	0.8-1.65
Erkek	1.0-1.85	80-150	0.8-1.8
Çocuk	0.3-1.5	105-225	0.3-1.6

2.8.2. Kinematik Analiz

Yürüme vücudun ve ekstremitenin hareketiyle oluşur. Kinematik, güce ait bir terim olmaksızın hareket ile ilgili düz veya açısal yer değiştirme, hız ve pozitif ivme kazanma gibi parametreleri tanımlar (57,66).

Kinematik analizde gövdenin, pelvisin, kalça, diz ve ayak bileklerinin üç düzlemdeki pozisyon, eklem açıları, lineer ve açısal hız ile ivmeleri ölçülür ve sayısal veri olarak hesaplanır. Kısaca eklem ve ekstremit segmentlerinin aldığı açısal değerleri tanımlar (57,66).

Yürüme döngüsü boyunca değişen eklem açılarını kaydetmek için ekstremitelerde belirli anatomik noktalara yansıtıcı işaretleyiciler yerleştirilir. İşaretleyicilere gelen sinyaller özel kameralar veya alıcılar aracılığıyla izlenerek bilgisayara işlenir. Bilgisayar tarafından hızlı ve otomatik bir şekilde hesaplanır (61).

SP' li çocuklarda kinematik analizler incelendiğinde tüm eklemlerin hareket açıklığında çocuktan çocuğa değişen farklılıklar görülebilmektedir. Bu farklılıklar nörolojik ya da kompensatuar mekanizmalara bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (59).

2.8.3. Kinetik Analiz

Hareketi oluşturan yer tepkimesi kuvvetinin, eklem hareketini oluşturan ve kısıtlayan kuvvetlerin incelenmesidir. Kinetik, yer çekimi kuvvetleri, YTK, eylemsizlik kuvvetleri, kas ve ligaman kuvvetleri, eklemin gücü, momenti gibi iç ve dış kaynaklı kuvvetleri tanımlar (57,59,72).

Kinetik analizde bu parametrelerden sadece YTK ve momentleri doğrudan ölçülebilmekte diğerleri ise hesaplanarak bulunmaktadır. YTK, vücut ağırlık merkezinden geçen ağırlık kuvvet vektörüne yeryüzü tarafından oluşturulan, büyüklüğü aynı fakat yönü ters olan kuvvet vektörüdür. Vertikal, koronal ve sagittal güç olmak üzere üç bileşeni vardır. Bu güçler kuvvet platformu kullanılarak ölçülür. Bu ölçümlere dayanılarak bilgisayar ortamında biyomekanik modellemeler ve matematik hesaplama yöntemleri ile kalça, diz ve ayak bileği eklemlerindeki momentler ve güçler teorik olarak yer tepkime kuvvet vektörüne göre hesaplanır (61,72).

Her eklemden, dıştan uygulanan güçlerle, kaslar, ligamanlar ve kemik yapıların oluşturduğu eklem içi güçler ve momentler arasında bir denge vardır. Denge eşitlikleri kullanılarak eklem momentleri hesaplanabilir. Kinetik çalışmalar genellikle, kas aktivitesi ve kas kuvveti hesaplamalarını içerir (72).

Kuvvet platformları ayağın yere uyguladığı toplam kuvvet ve YTK'yı ölçmek amacıyla kullanılan basınca duyarlı, plaka tarzı, zeminde yüzeyi olan ölçere verilen isimdir. Kullanılan kuvvet platformları yer ile aynı hizada hastanın üzerinden geçerken fark edemeyeceği şekilde tasarlanmış olmalıdır (72).

2.9. Enerji Tüketimi

Normal yürüyüş pürüzsüz ve minimal efor gerektiren bir aktivitedir. Yürümenin determinantları olarak adlandırılan bazı mekanizmalar VAM' daki yer değiştirmeyi en aza indirirler ve enerji maliyetini düşürürler (60,72,73). VAM ikinci sakral vertebranın ön tarafında yer aldığı varsayılan teorik bir noktadır. Yürüme döngüsü sırasında sinüzoidal paternde 5 cm vertikal ve horizontal yer değiştirir. Tek destek fazında en yüksek noktada, çift destek fazında en düşük pozisyonundadır. Yürümenin enerji maliyetinde özellikle vertikal yer değiştirme önemlidir (60,73). VAM' ın bu vertikal hareketleri için gereken iş, yürüme sırasındaki toplam işin yaklaşık % 50' sidir. SP veya nöromusküler hastalığa sahip bireylerde VAM' ın vertikal hareketi artabilir. SP' li çocuklar sağlıklı akranlarına göre yürüme esnasında 2-3 kat fazla enerji harcarlar (73).

İnsan vücudunda enerji, kas kontraksiyonları, hızlanma ve yavaşlama için gerekli olan kas aktivitesinde (örneğin, topuk vurma fazında şok absorpsiyonu ve

salınma dönemi sonunda yavaşlamak için), artmış kas aktivitesini karşılamak için kalp ve akciğerlerde ve bazal metabolizma ihtiyacını karşılamak için kullanılır (59,61).

Buna göre yürüyüş sırasında enerji tüketimi 3 hedefe yönelik olmaktadır.

- Eklemlerin ve gövdenin stabilizasyonu,
- Hızlanma ve yavaşlama hareketi,
- Dengenin korunmasıdır (57,58).

Kaslar tarafından hareketin sınırlandırılması şok absorpsiyonu olarak isimlendirilir. Biyolojik olarak hareketi durdurmak için gerekli olan enerji, başlatmak için gerekli olandan daha fazladır. Ayrıca yaş, cins, yürümenin yapıldığı zemin ve ayakkabı şekline göre de enerji tüketimi farklılık gösterebilir (58).

2.9.1. Enerji Tüketiminin Hesaplanması

Yürümede enerji hızlanma, frenleme ve şok absorpsiyonu için harcanır. Yürüme sırasında vücut segmentlerinin hareketi ile kinetik enerji harcanır (61). Ligaman ve kasların elastik elemanları gerilirken ve VAM vertikal olarak hareket ederken potansiyel enerji üretilir. Üretilen potansiyel enerjinin sadece % 50' si geri kazanılır. Normal yürüme hızında sağlıklı kişilerde, enerji üretimi bazal metabolizma hızının yaklaşık 4 katıdır (0.8 cal/kg). Oksijen (O_2) tüketim oranı ise, normal yürüme hızında 12 ml/kg/dk' dır. Harcanan enerjinin saptanması için direkt ölçüm yöntemi olan maksimal O_2 tüketim (VO_2 max) ölçümleri altın standart olarak kullanılmaktadır. O_2 tüketiminin birimi ml/kg/dk' dır. Hastanın vücut ağırlığına bağlı olarak değiştiği gibi kondüsyonuna, cinsiyetine ve yaşına bağlı olarak da değişim göstermektedir (57).

Normal yürümenin bozulması enerji tüketimini belirgin olarak artırır. Normal yürüme döngüsü bozulup gövde ve bacaklarda çeşitli kompensatuar hareketler ortaya çıktığında enerji tüketimi artar. Yürüme gibi karmaşık bir aktivite esnasında harcanan enerjiyi hesaplamanın en kesin yolu tüm vücut kalorimetrisidir. Bu yöntemde kişi kapalı bir ortamda yürütülür ve vücut ısısı ölçülür. Bu ölçüm sistemi pratik olmadığından enerji tüketimi solunum havasından O_2 tüketimi esas alınarak hesaplanır. Ölçüm yönteminde hastanın burnu kapatılır, ağzına takılan bir maskeden

ekspiryum havası Douglas torbası denen bir plastik torbada toplanır. Torbadaki gazın hacmi ölçülüp içindeki O_2 ve CO_2 miktarı hesaplanır. Isı, hava basıncı ve nem düzeltmeleri yapıldıktan sonra O_2 tüketimi hesaplanır. Ancak yürüyen kişide soluk havasını bu şekilde toplamak çok zordur. Bu nedenle taşınabilir sistemler geliştirilmiştir. Yürüme analizi esnasında enerji tüketimi hesaplanırken tercih edilen yöntem O_2 tüketimi ile CO_2 üretiminin her soluk havasında ardışık olarak ölçülmesidir. Bu işlemde yürünen mesafe dk'lık aralıklarla ölçülür. Hastanın dk'daki O_2 tüketimi plato çizdiğinde 3 dk süreyle hesaplama yapılır. O_2 tüketiminin tayini hastanın ne kadar rahat yürüyebildiğini en güvenilir şekilde gösteren bir ölçüm yöntemidir (61,74).

Çocuklar bağımsız olarak ayakta durmaya başladığında normal yürüyüş komponentleri henüz yoktur. İlerleyen yaşlarda olgunlaşan normal yürüme parametreleri ile birlikte fazla enerji tüketimi sınırlandırılmaktadır. Özellikle çocuklarda yapılan enerji tüketimi ile ilgili çalışmalar çocukların gençlerden ve yetişkinlerden daha fazla enerji tükettiğini ortaya koymuştur. Yapılan analizler okul öncesi çocukların enerji tüketiminin, okul çağındaki çocuklardan ya da gençlerden daha az olduğunu göstermektedir. Çocuklar ve gençler kinematik açıdan benzer şekilde yürümelerine rağmen, enerji tüketim miktarlarındaki farklılıkların nedeni gelişim boyunca olan morfolojik değişimler, kas verimliliği ve motor yetenekler olarak gösterilmektedir (74). VO_2 max tipik olarak vücut ağırlığı ile orantılıdır ve çocukluk çağı boyunca artar. VO_2 max 6-12 yaş arası çocuklarda, 20 yaşındaki büyük yetişkinlere oranla % 10-15 daha fazladır. SP' li çocuk ve adölesanlarda maksimal aerobik kapasite aynı yaştaki sağlam çocuklara göre % 10-30 daha azdır (74,75).

Anormal kas tonusu, azalan selektif kas kontrolü ve denge bozuklukları gibi merkezi sinir sistemindeki değişiklikler tipik bir yürüyüşten daha çok enerji gerektiren yürüyüş deviasyonları ile sonuçlanır (74). Yürüme hızı bütün nöromüsküler patolojilerde tipik olarak azalır ve bu azalma patolojinin büyüklüğü ile ilişkilidir. Yürüme hızı azaldıkça harcanan enerji de artar (76).

2.10. Sağlıklı Çocuklarda Yürüme Prognozu

Sağlıklı çocuklarda yürümeye başlangıç yaşına bakıldığında; San Diego Çocuk Hastanesi ve Sağlık Merkezi Hareket Analiz Laboratuvarının çalışmalarına göre 11,2 ay; Denver Gelişimsel Tarama Testi sonuçlarına göre 11,7 ay; Bayley Yenidoğan Gelişim Skalası sonuçlarına göre ise 12 aydır (69).

Sağlıklı bebek ambulasyona yüzükoyun, sırtüstü ve yan yatış pozisyonlarında; boyun, gövde ve ekstremitelerde, antigravite hareket komponentleri kazanarak hazırlanmaktadır. Büyüme ile birlikte bu hareket komponentleri daha üst seviyelerde kazanılır ve ağırlık aktarma uygun düzeltme ve denge cevapları ile her yönde gelişir (62).

Yürüme başlangıcından normal yürüyüş komponentlerinin kazanılmasına kadar çocuğun yürüyüş paterni sürekli değişim göstermektedir. Erişkinlerle karşılaştırıldığında yeni yürüyen bir çocuk, adım aralığı, diz ve kalça fleksiyonu artmış şekilde, kol salınımı olmadan yürür. Kollar abduksiyonda, dirsekler fleksiyondadır. Aralarda duraksamalar görülür. Önden bakıldığında salınımında kalçalar eksternal rotasyondadır. Kadans artmış, yürüme hızı azalmış, adım uzunluğu kısalmıştır (62).

İki yaşındaki bir çocukta bir yaşına oranla, artmış olan pelvik tilt ve eksternal kalça rotasyonu azalmıştır. Basma fazında ve salınım fazında parmak ucu yerden kalkarken bacakta daha fazla ekstansiyon görülmeye başlar. Bu yaştaki çocukların çoğunda topuk teması görülür. Bir yaşında gözlenen, salınım fazındaki düşük ayak görüntüsü, bu yaş içerisinde kaybolur. Bunun yanında kol salınımı başlamış, adım aralığı azalmıştır (57,69,77).

Üç yaşındaki çocuk erişkin yürüme paternine benzer bir rotasyonel eklem hareketi gösterir. Yüksek kadans ve düşük yürüme hızı hala devam etmektedir. Basma fazı için harcanan zaman hala uzundur. Daha iyi yerleşmiş topuk vuruşu, resiprokal kol hareketleri, daha düzgün eklem hareketleri, dar adım aralığı ve erişkin paterninde kalça rotasyonu üç yaş yürüyüşünün tipik karakterini oluşturur (77).

Özetle; normal yürüyüş komponentlerinin gelişimi şöyledir.

- Çocuğun kadansı azalır. Kadans çocuk yürümeye başladığında yüksektir ve yaşla birlikte azalma gösterir. Yaşla birlikte dereceli olarak en önemli azalma 1 ve 2 yaşlar arasında gözlenmektedir (69,78).

- Adım uzunluğu artar. Yaşla birlikte doğru orantılı olarak artış göstermektedir. Bu değerler boy, bacak uzunluklarıyla yakın ilişkilidir (69).

- Basma fazı zamanı azalır. 2,5 yaşın altındaki çocuklarda basma fazı uzarken, salınım fazı kısalır. Yaşla birlikte tek destek fazı artar, çift destek fazı kısalır. Salınım fazında geçen süre yaşla birlikte artarak, 4 yaş civarında normal değerlerine ulaşır (69,78).

- Yürüme hızı artan yaşla beraber doğrusal bir artış göstermektedir. 4-7 yaş arası belli bir platoya ulaşır daha sonraki yıllarda yılda 4,5 cm/sn olarak artar (69).

- Adım genişliği azalır. Küçük çocuklarda adım genişliği fazladır. Normal değerine 4 yaşında ulaşır (69,78).

- Diz fleksiyonu artar. Kaynaklarda 1,5 yaşındaki çocukların yarısının diz fleksiyonu yapmadığı belirtilmektedir. Diz fleksiyonu 2,5 yaşından itibaren yetişkin değerlerine ulaşır (69,78).

- Respirokal kol salınımı artar. Çocukların 1,5 yaşından sonra % 65' i, 3,5 yaşında % 98' i, 4 yaşından sonra ise hepsi kol salınımı yapmaya başlar (69,78).

Sağlıklı çocuklarda normal yürüyüş komponentlerinin birçoğu için 4 yaş maturasyon sınırı olarak kabul edilmekle birlikte bazı kaynaklar maturasyonun 6 yaştan sonra gerçekleştiğini belirtmektedir (69,78).

2.11. SP' li Çocuklarda Yürüme Prognozu

Çocuklar becerilerinin gelişmesi ve kuvvetlerinin artmasıyla normal yürüme paternlerini geliştirmeye başlarlar (69). SP' li çocukların yürüyebilme becerisini kazanıp kazanmayacaklarını tahmin etmek için çeşitli kriterler bulunmaktadır. Molnar ve Gordon'a göre yürüme için temel kriter iki yaşa kadar oturabilmektir (79). Bleck, iki veya daha fazla infantil refleksin 12-15. aydan daha uzun süreli olarak devam etmesinin ve 20. aya kadar baş kontrolünün kazanılmamasının yürüme için kötü prognoz olduğunu ifade etmiştir. Beals ise çocuğun yürümesinde en önemli faktörün alt ekstremitenin tutulum derecesi olduğunu bildirmiştir (80).

SP' de anatomik bölge tutulumuna göre yapılan sınıflandırma yürüme prognozunu etkilemektedir. Hemiplejik tutulum gösteren çocukların hemen hemen

hepsi yürüyebilmekte iken, diplejiklerin yürüme oranı % 86-91' dir. Kuadriplejiklerin hayatlarının bir döneminde yürümeyi öğrenme ihtimalleri ise en fazla % 72' dir. Spastik hemiplejikler genellikle 18.-24. aylar arasında, spastik diplejikler ise 4 yaşına kadar yürüyebilmektedirler (69).

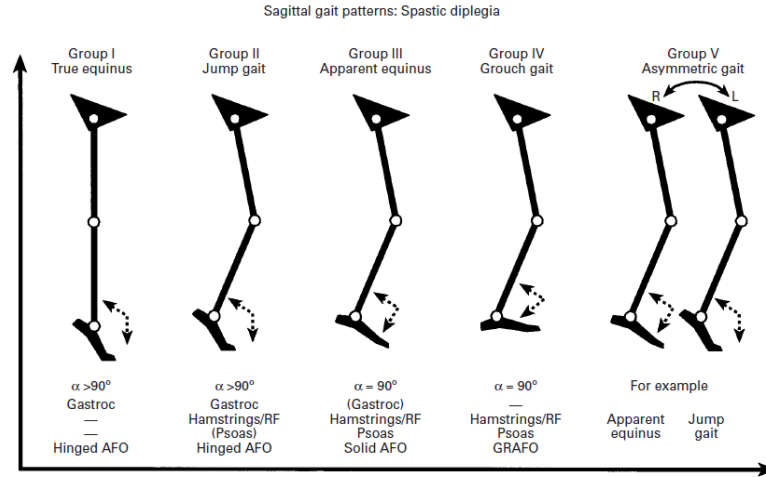
Yapılan araştırmalar SP' li çocuklarda yürüme yeteneğinin 7 yaşına kadar kazanılabileceğini, fakat 7 yaşına kadar yürüyemeyen çocuklarda yürüme beklentisinin çok düşük olduğunu bildirmişlerdir (81).

2.11.1. Spastik Diplejik SP' li Çocuklarda Yürüme

Spastik diplejik çocukların çoğu sağlıklı yaşlılarına göre geç ya da zor olmasına rağmen ambule olabilmektedir. Ambulasyondaki bağımsızlık düzeyleri ortezli ya da ortezsiz bağımsız yürümeden elle tutulan mobilite cihazlarıyla yürümeye kadar geniş yelpazede değişkenlik göstermektedir. Yaşlıları ile kıyaslandığında düşük yürüme hızı, artmış enerji tüketimi ve bozulmuş fonksiyonel kapasiteye sahiptirler (82). Diplejik SP' nin etyolojisinde rol oynayan perivetriküler lökomalezi proksimalden daha çok distalde şiddetin arttığı spastisiteyle sonuçlandığı için genelde spastik diplejik çocuklar, kalçalarda nispeten iyi kontrol, dizlerde sınırlı kontrol ve ayak bilekleri ve ayaklarda zayıf kontrol sergiler. Etkilenim bilateral olmakla birlikte asimetric olabilir (50).

Spastik diplejik SP'de en sık karşılaşılan yürüme döngüsü; ön ayak basışı ve erken topuk kalkışı, artmış diz fleksiyonu, adduksiyon ve kalça iç rotasyonu, bükük diz yürüyüşü, aşırı lumbal lordoz ve artmış kalça fleksiyonu ile karakterizedir (50).

Rodda ve diğ. (2004) spastik diplejili çocuklarda, sagittal düzlemde ve tedaviye karar vermede oldukça büyük önem taşıyan beş yürüme paterni tanımlamıştır (82) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Diplejik SP Çocuklarda Sagital Plan Yürüme Paterni (82)

Grup I Tam Ekin: Orta duruş fazı boyunca ayak bileğinin plantar fleksiyonda (ekinde), kalçaların ekstansiyonda, dizlerin ekstansiyon ya da minimal rekurvasyonda, pelvisin normal sınırlarda ya da anterior tiltte olduğu durumu korumasını ifade eder. Ayakta valgus deformitesi ve nadiren varus görülebilir. Genellikle alt bacak kaslarında spastisite mevcuttur (82).

Grup II Sıçrama Yürüyüşü: küçük diplejik çocuklarda sagital düzlemde sık görülen yürüyüş paternidir. Özellikle basma fazında ayakta ekin, basma fazının erken dönemleirnden başlayan ve geç döneme kadar değişen derecelerde aşırı kalça ve diz fleksiyonu ile karakterizedir. Kalça ve diz hiçbir zamna tam ekstansiyona gelmez. Pelvis normal sınırlarında ya da anterior tilttedir. Bu durum alt ekstremitelerdeki fleksör kasların spastisitesinden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak kalçalar ve dizler fleksiyonda ve ayak bilekleri de plantar fleksiyondadır (82).

Grup III Belirgin Ekin: Ayak normal sınırlarında ancak diz ve kalça tüm basma fazı boyunca fleksiyondadır. Pelvis normal sınırlarında ya da anterior tilttedir. Hamstringler ve rektus femoris kasları arasında spastisite mevcuttur (82).

Grup IV Bükük Diz Yürüyüşü: Basma fazı boyunca ayak bileği dorsifleksiyonda, diz ve kalça eklemi aşırı derecede fleksiyondadır. Pelvis normal sınırlarında ya da anterior pelvik tilttedir. Bu durum hamstringlerdeki ve psoastaki spastisiteye bağlıdır (82).

Grup V Asimetrik Yürüyüş: Bu yürüyüş paterni asimetriktir. Bireyin iki alt ekstremitesi farklı yürüme paternine sahiptir. Örneğin sağ alt ekstremitte grup III

belirgin ekin iken, sol alt ekstremitte grup II sıçrama yürüyüşünün karakteristikleri gösterebilir (82).

SP' de yürümeyi bozan ana nedenler spastisite, selektif kas kontrolündeki bozukluklar, etkilenen kas gruplarının yetersiz kuvvet üretimi, denge ve koordinasyon problemleri, eklemlerde kontraktür ve deformite gelişimidir. Eklem ve kemiklerde oluşan deformite ve kontraktürler nedeniyle eklem hareketinin kaldıraç kolu bozulur. İç ve dış momentler zayıflar veya yanlış bölgelere etki eder. Bu nedenlerle yürümenin ön koşulları olan basma fazında stabilite, salınım fazında bacağın ilerletilmesi ve şok absorpsiyonu bozulur, enerji tüketimi artar (68). Hangi tedavi yaklaşımı kullanılırsa kullanılsın SP' li çocuklarda bağımsızlığın kazanılması ve yaşam kalitesinin artırılması için yürümenin normal paternine ulaştırılması son derece önemlidir (83).

2.12. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Uygulamaları

SP rehabilitasyonunda çocuğun var olan yeteneklerini geliştirmek ve bu yeteneklerini optimal düzeyde tutmak amaçlanmalıdır. Fonksiyonel limitasyonların ve bozuklukların etkilerini minimize ederek disabiliteden korumak, sekonder bozuklukların önüne geçmek, var olan defisit el verdiği ölçüde motor fonksiyonları maksimize etmek önemlidir. Bu nedenle öncelikle optimal fonksiyonların kazanabileceği tedavi şekli belirlenmelidir. Maksimum fonksiyonel kapasiteye ulaşmak tedavinin ana hedefini oluşturmaktadır. Bununla birlikte anormal postür ve paternlerin düzeltilmesi, oluşabilecek deformitelerin önlenmesi, mobilizasyon, mevcut becerilerin geliştirilmesi, yeni becerilerin öğretilmesi de tedavinin hedefleri arasındadır (51,84,85).

SP' li çocukların fizyoterapi ve rehabilitasyon programı çocuğun yaşı ve fonksiyonel durumuna göre belirlenir ve genel tedavi yaklaşımı yaş spektrumuna göre önemli değişiklikler gösterir. Her yaş grubunda, farklı yaklaşımların kombinasyonları kullanılabilir. Fizyoterapi ve rehabilitasyon planı, yaşa uyumlulukla birlikte, spesifik bir amaç ve bu doğrultuda ölçülebilir kısa dönemli hedefleri içermelidir. Merkezi sinir sisteminin plastisite özelliğinden dolayı rehabilitasyon sürecine mümkün olduğunca erken dönemden başlanması önemlidir (84-86). Tedavi programı planlanırken, çocuğun büyüme atakları, cerrahi gibi uygulamalar da plana

dâhil edilmelidir. Çocuğun fonksiyonel seviyesi ne olursa olsun aile de ev programları yoluyla sürece dâhil edilmelidir (81,86).

SP' de fizyoterapi ve rehabilitasyon kavramı içinde, geniş bir çerçevede yöntemler bulunmaktadır. Nörofizyolojik temellere dayanan yaklaşımlardan bazıları gelişerek günümüze kadar gelirken, bazıları da güncelliklerini koruyamamışlardır (87). Nörofizyolojik temelli yaklaşımların yanında, bu yaklaşımlarla kombine veya bağımsız olarak uygulanan, kuvvetlendirme eğitimleri, hidroterapi, kısıtlayıcı zorunlu hareket tedavisi, hippoterapi ve elektroterapi uygulamaları mevcuttur (13,51).

SP' li çocuklara uygulanan tedavi yöntemlerinin kanıt düzeylerinin incelendiği son güncel derlemelerden birinde, kuvvetlendirme eğitimlerinin ve elektrik stimülasyonunun umud vadeden yaklaşımlar arasında olduğu gösterilmiş ve bu tedavi yaklaşımları ile ilgili kanıt düzeylerinin randomize kontrollü çalışmalar ile artırılması gerektiği vurgulanmıştır (88).

2.12.1. Kuvvetlendirme Eğitimi

SP' li çocuklarda motor performans bozukluğunun temel nedenleri arasında, kas kuvveti ve motor kontrolü etkileyen bozukluklar gösterilmektedir (89-91). SP' li çocuklarda yaygın bir bozukluk olarak görülen kas zayıflığı, yetersiz ya da azalmış motor ünite deşarjı, antagonist kasların yetersiz koaktivasyonu, sekonder miyopati ve bozulmuş kas fizyolojisi ile ilişkilidir. Yapılan çalışmalar, SP' li bireylere uygulanan kuvvetlendirme eğitiminin olumlu katkılarını göstermiş ve kas kuvvetinin aktivite ile olan ilişkisini ortaya koymuştur (92). SP' li bireylerde kuvvetlendirme eğitimleriyle kas kuvveti, esneklik, postür ve dengede kazanımlar sağlanmaktadır. Yanı sıra günlük yaşamlarındaki aktivite düzeylerini yükseltmekte; yürüme ve koşma gibi fonksiyonel aktivitelerini geliştirmektedir (93).

Kas kuvvetini ve motor fonksiyonu arttırmak için izotonik, izometrik ve izokinetik egzersizler kullanılabilir. Güncel çalışmalarda ortaya koyulan bilgilere göre, tüm yaş gruplarında yaygın olarak kullanılan kuvvetlendirme yöntemleri; fonksiyonel aktiviteler, yer çekimi ve vücut ağırlığıdır (51,94,95). Kasların kuvvetini arttırmak için farklı kuvvetlendirme yöntemleri seçilsede önemli olan kaslara yeterli düzeyde yüklenmenin yapılmasıdır, çünkü kuvvetlendirme

eğitimleri ilerleyici dirence karşı efor gösterilmesini gerektirir. Son dönemde SP' li bireylerde güç üretme kapasitesini arttırarak kas performansının ve motor becerilerin geliştirilmesinde ilerleyici dirençli egzersizlerin önemi vurgulanmaktadır. İlerleyici dirençli egzersiz eğitimleriyle hem kuvvette hemde eklem hareket açıklığında artış sağlanabilmektedir (96). Damiano, spastik diplejili çocuklarda alt ve üst ekstremiteleri içeren dirençli egzersizlerin kuvvet kapasitelerinin arttığı sonucuna varmıştır (97). Uygulanan dirençli egzersiz eğitimiyle spastisitede artış gözlenmediği belirtilmiştir (98). Kuvvetlendirme eğitimi manuel direnç, jimnastik aletleri, serbest ağırlık, gym ball, theraband, koşu bandı, statik bisiklet, leg pres ve izokinetik cihazlarla yapılmaktadır (99).

Çalışmalar, fonksiyonel olarak yüksek seviyede olan SP' li çocukların bile yaşlılarına kıyasla etkilenmiş ekstremitelerinde kuvvet kaybı olduğunu ortaya koymaktadır ve kuvvet kaybı nörolojik etkilenimin büyüklüğü ile artmaktadır. Kaba motor fonksiyon sınıflama sistemindeki seviyeleri dikkate alındığında, kuvvetlendirme eğitimleri en yaygın seviye I-III te kullanılmaktadır. Bu seviyedeki çocukların, daha iyi selektif kontrol ve daha az ko-aktivasyona sahip oldukları için spesifik ilerleyici egzersiz eğitimini daha iyi tolere edebileceği düşünülmektedir (94).

Bugüne kadarki sistematik derlemeler, kas kuvvetlendirme müdahalelerinin etkinliği hakkında çelişkili kanıtlar ortaya koymaktadır. Araştırmacılar SPli çocuklarda kuvvetlendirme eğitimlerinin motor yeteneklerini geliştirdiğini kanıtlamasına rağmen, fonksiyonel kapasitelerinde olumlu değişim yarattığını kanıtlayamamıştır (51,99). Kuvvetlendirme eğitiminde çocuğun idrak yeteneğinin olması ve tutarlı olarak maksimal veya maksimale yakın efor üretebilmesi gereklidir. Bu sebeple kuvvetlendirme eğitimi 3 yaş ve üstü çocuklar için yapılabilir olsa da 4-5 yaşlarındaki çocuklar için daha gerçekçidir (13).

Kuvvetlendirmenin etkisi, egzersizin moduna özgüdür. Ağırlık verme içermeyen egzersizlerin, ağırlık verilen durumlara transferi oldukça kısıtlı olmaktadır; çünkü ağırlık verilen aktiviteler daha farklı ve kompleks kas aktivite paternleri içerir. Kuvvetlendirme egzersizleri, fonksiyonla daha ilişkili olan kapalı kinetik zincir egzersizlerini içerdiğinde, kuvvetin fonksiyonel motor performansa aktarılması daha iyi olmaktadır. Bu egzersizlerde, kişi ayaklarına ağırlık vermektedir ve vücut kütlesi, alt ekstremita kaslarının konsantrik ve eksentrik aktivasyonu ile

yükselip alçalmaktadır. Bu hareket özellikleri, alt ekstremitede günlük yaşamda ayağa kalkma ve yürüme gibi pek çok aktivitede kullanılmaktadır (100). Kuvvetlendirme eğitimi ancak spesifik motor bir beceri yada fonksiyonu geliştirme amaçlı olduğu zaman anlamlıdır, bu nedenle kuvvetlendirme eğitimleri fonksiyon içinde yapılmalıdır (13). Fonksiyonel kuvvetlendirme uygulamaları, zayıf olan antagonist ve sorumlu spastik agonist kasların gücünü artırarak SP' li çocuklarda fonksiyonel faydalar sağlamayı amaçlar. Fonksiyonel egzersizler, aerobik ve anaerobik kapasitenin ve kuvvet eğitiminin birleşimidir; ambulator çocuklarda fiziksel uygunluk, aktivite yoğunluğu ve yaşam kalitesini geliştirir (14).

Fonksiyonel egzersiz eğitimlerinden biri olan sabit bisiklet, SP' li bireylerin motor gelişimine destek olarak kullanılabilen dinamik bir yaklaşımdır (15). Sabit kondisyon bisikleti, ayakta duruş pozisyonunda egzersizin gerektirdiği dinamik dengeyi gerektirmediği için bu popülasyonda fonksiyonel egzersiz için uygun bir yöntemdir. Bisiklet sürme, güvenli bir pozisyonunda egzersiz yapma ve çoğu çocuğun sevdiği bir aktiviteyi gerçekleştirirken, kuvvet, kardiyovasküler endurans ve eklem hareket açıklığının geliştirilmesinde potansiyel bir yol sağlayabilir (15-17). Ancak, SP' li çocuklar, egzersizden elde edilecek kardiyovasküler faydalara ulaşmak için gerekli olan güç yoğunluğu veya sürekli aralıklarla bisiklet sürecektir kuvvet veya koordinasyona sahip olmayabilir (101). SP' li çocukların çoğu, simetrik ve respirokale olarak bisiklet çevirmek yerine pedalların koordinasyonsuz biçimde itilmesi ve çekilmesinden kaynaklanan asimetrik, düzensiz bir sürüş gerçekleştirirler bu sebeple bisiklet sürme görevinin motor performansında güçlük yaşarlar (19). Yapılan çalışmalarda SP' li çocuklar ve normal gelişen yaşlıları arasında farklılaşmış eklem kinematiki ve kas aktivitesi mevcut olup, pedal çevirme stratejileri farklılık göstermektedir. SP' li bireyler sabit kondisyon bisikletini çevirirken artmış kalça fleksiyonu, internal rotasyon ve abduksiyonu; artmış diz ekstansiyonu ve varusu; artmış dorsifleksiyon ve bunların yanında artmış kas aktivite süresi ve artmış ko-kontraksiyon göstermektedir (102). Ericson, Nisell ve diğ.'leri yapmış oldukları çalışmalarda, SP' li bireylerin artmış kas aktivitesi durasyonuna rağmen, normal gelişim gösteren bireylere göre ekstansiyon fazını daha erken bitirdiklerini kanıtlamıştır. Eğer ekstansiyon fazı erken biterse, fleksiyona gelen karşı ekstremitenin, uzun süreli ekstansör kuvvetinden faydalanamayacağı için daha çok çalışmak

zorunda kalabilir (103,104). Ekstansiyon fazının erken sonlanmasının nedenleri, bu fazda görülen artmış kalça fleksiyonu ve dorsifleksiyon olduğu kadar, normal gelişen bireylere göre diz ekstansiyonunun artmış olmasıdır. Bu patern kalça ekstansörlerinin ve plantar fleksörlerin zayıflamış olmasından ve gravitenin dizi ekstansiyona götürdüğü yaslanmış/uzanan pozisyon nedeniyle diz ekstansörlerinin zayıflamış olmasından kaynaklanabilir. Yeterli pasif ROM'a sahip olunmasına rağmen pedal çevirmenin ekstansiyon fazında plantar fleksiyon yönündeki hareketin azalmış olması da bu duruma katkı sağlayabilir (104). SP' li çocuklarda ko-kontraksiyon, azalmış motor kontrole etki eden önemli bir neden olduğu için SP' li bireylerde farklılaşmış motor kontrolünde bu duruma katkı sağlayan bir etmen olabileceği savunulmaktadır (89,101). Bu bulgulardan yola çıkarak, SP' li bireylerin daha simetrik ve kardiorespiratuvar egzersiz etkilerine ve muskokeletal değişikliklere ulaşılması için gereken eşik kalp hızına erişebilecek kadar kuvvetli pedal çevirmelerini sağlayacak, pedal çevirmeye uygun oranlarda destek veren pozitif kuvvetin süresini artırmak için uygulanabilecek yöntemler araştırılması gerektiği vurgulanmıştır. Pedal çevirme performansını arttırmanın bir yolu hem kas kontraksiyonunda doğru zamanlama için ipucu sunan hem de daha iyi güç açığa çıkarmak için daha kuvvetli kontraksiyonları sağlayan fonksiyonel elektrik stimülasyonunun tedaviye katılması olabilir (21,22,101).

2.12.2. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu

Çocuklarda elektroterapi uygulamaları, pediatrik rehabilitasyonun önemli parçalarındandır. Son dönemde SP'de elektrik stimülasyonunun (ES) kullanımına yönelik ilgi büyümektedir (105). ES savunucuları, kuvveti ve motor fonksiyonu arttırdığı ve kötü selektif motor kontrolü olan çocuklarda kuvvetlendirme için cazip bir alternatif olduğunu öne sürmektedir. ES pozitif etkileri amaçlanarak, tek başına kullanılabildiği durumlar olsa da genellikle rehabilitasyon yaklaşımlarının içinde tamamlayıcı bir unsur olarak yer alır (106).

SP' li çocuklarda, kas kuvvetlendirme amacıyla nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES) ve eşik elektrik stimülasyonu olmak üzere temel olarak bu iki elektrik stimülasyonu kullanılmaktadır (107). Pediatrik rehabilitasyonda önemli yer tutan nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES) alt motor nöron veya terminal

dallarına elektrik stimölasyonu uygulanarak depolarizasyon ve sonucunda kas kontraksiyonunu oluşturmaktır (108). Terapötik NMES; eklem hareket açıklığının (ROM) azalması, motor kuvvet kaybı, spastisite ve kardiyovasküler kondisyon kaybı gibi bazı spesifik durumlarda, tekrarlayıcı uyarılarla, paralizili kasların stimölasyonu olarak tanımlanabilir. NMES'in formlarından birisi olan fonksiyonel elektrik stimölasyonu ise; aktiviteyi düzeltmek için fonksiyonel amaçla uygulanan kısmen daha düşük frekanslı elektrik stimölasyonu modalitesidir (105,109). FES, sinirsel innervasyonu bozulmuş paralize kasların, günlük yaşam aktivitelerinde fonksiyonel olarak yararlı bir hareketi gerçekleştirmek için, belli bir düzen içinde alçak frekanslı elektrik akımı ile uyarılmalarıdır. FES restore edilmesi istenen hareketin oluşumunu bu ekleme ait kas veya kasları uyararak yapar. Üst motor nöron lezyonu olan hastalarda kullanılmaktadır (108).

FES; sağlam bir alt (ikinci) motor nöron, nöromusküler kavşak ve kontraktıl kastan oluşan motor ünite kontraksiyon oluşturmasının yanı sıra, duyu yollarını da etkileyerek temel refleks mekanizmalardan yararlanır. Duyu motor organizasyon mekanizmalarını entegre eder. FES ünitesi; stimölator, kontrol ünitesi, elektrotlar (yüzeyel, perkütan, implante), bağlantı kabloları, feed-back mekanizmadan oluşur. FES yüzeyel (S-FES) veya perkütan (P-FES) stimölasyon ile uygulanabilir. S-FES uygulamasında, cilt üzerine elektrotlar yerleştirilirken, P-FES uygulamasında bu elektrotlar hedef kasa takılır. Ancak P-FES maliyetli bir prosedürdür olduğu için klinisyenler ve hastalara hemen sunulabilir durumda olmayabilir. Bu nedenle, S-FES klinik ortamda tercih edilen stimölasyon şeklidir (109).

2.12.3. Ergometrik Fonksiyonel Elektrik Stimölasyonu

E-FES, alt ekstremitenin bisiklet çevirme için uygun kas gruplarının sıralı kasılması için elektrik stimölasyonunun kullanımıdır. Normal bisiklet çevirimi ile kıyaslandığında, E-FES, bireylere uyarılan motor nöronun antidromik ateşlenmesini ve görev ile ilgili bütüncül duyusal girdi sağlar, böylece daha organize hareket için gereken sinaptik kontrol sağlanmış olur ve birey, etkilenen alt ekstremitte kaslarıyla doğru aktivasyon sıralamasıyla yeniden egzersiz (*re-training*) yapar. E-FES'in, merkezi motor nöroplastisitesinin fonksiyonel kapasitesinin uyarımında potansiyel artışı sağlayabileceğini vurgulamaktadır (22,28).

E-FES, kardiyorespiratuvar enduransın geliştirilmesi için bisiklet sürmenin kolaylaştırılması ve muskoskeletal kazanımlar elde edilmesi amacıyla SKY'li bireylerde kullanılmaktadır (23-26). Krause ve diğ., kardiyorespiratuvar ve muskoskeletal kazanımların yanı sıra, FES'li bisiklet sürmenin, SKY olan kişilerde aşırı kas tonusunu da azaltabileceğini göstermiştir (110).

SP' li bireylerde E-FES'in uygulanması, SKY'lı kişilerde E-FES kullanımından temel olarak farklı bir görevdir. Çünkü SP' li bireyler değişen düzeylerde bireysel potansiyellerine bağlı olarak bisiklet pedalı çevirme yeteneğine sahiptir ve alt ekstremitelerinde duyu mevcuttur. SP' li bireyler için E-FES kas aktivasyonun zamanlaması için kutanöz ipuçlar sağlamak veya kişilerin istemli olarak üretebileceğinden daha güçlü kas kontraksiyonları sağlamak amacıyla kullanılabilir. Spastik SP' li çocuklar düşük kardiyovasküler uygunluk, kas zayıflığı ve yüksek kas tonusuna sahip oldukları için E-FES uygulamasından fayda görebilirler (19,111). Daha önce yapılan çalışmaların ortak bulguları, gluteus maximus, quadriceps femoris ve gastrocnemius kaslarının dahil olduğu ekstansör kasları stimule etmenin adolesan SP' li bireylerde en iyi tercih olabileceğini göstermektedir (19,27,28). Bu kas kombinasyonu seçimi, pedal döngüsünde, özellikle dışarıda bisiklete binme sırasında bisikletin ileri hareketini sağlamakta önemli olabilecek ekstansiyon fazının süresini uzatabilir (101). SP' li bireylerde E-FES kullanımını inceleyen 2 vaka çalışmasında, uygulamanın etkili ve güvenilir bir yöntem olduğunu bildirmiştir. E-FES'in etkinliğinin belirlenmesi için randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır (27,28).

3. BİREYLER ve YÖNTEM

Çalışmamız spastik diplejik SP' li çocukların alt ekstremitelerine uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonunun, çocukların yürüyüş parametreleri ve günlük yaşam aktivitelerine olan etkilerini incelemeyi amaçlayan randomize kontrollü bir çalışmadır. Çalışmamız GO 14/119 kayıt numaralı doktora tezi araştırma projesi Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme Komisyonu tarafından 08.04.2014 tarihinde yapılan Toplantı No: 2014/06 ve GO 14/119-10 karar numarası ile etik açıdan uygun bulunmuştur (Ek 1).

3.1. Bireyler

Çalışma Nisan 2014, Temmuz 2015 tarihleri arasında Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı ile Türk Silahlı Kuvvetleri Rehabilitasyon ve Bakım Merkezine başvuran spastik diplejik SP' li çocuklarda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya, bilgilendirilmiş gönüllü onam formunu okuyup çalışmaya katılmayı kabul eden ailelerin çocukları alındı.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- Spastik diplejik serebral pasli tanısı almış olan,
- 6-16 yaş arasında olan,
- Kaba motor fonksiyon sınıflama sistemine göre seviye I-II olan,
- Kırılma kusuru hariç görsel fonksiyonlarında bozukluk olmayan,
- Spastisiteyi inhibe edecek herhangi bir farmakolojik ajan almayan,
- Kendisiyle iletişime engel olacak derecede mental reterdasyonu olmayan,
- Epileptik nöbeti olmayan çocuklar.

Çalışma dışı bırakılma kriterleri:

- Kardiyak instabilite, solunum problemleri, fonksiyonel kapasiteyi etkileyecek komorbid sorunları olan,
- Alt ekstremitelerinde ergometreyi kullanmasına engel olacak eklem limitasyonu olan,

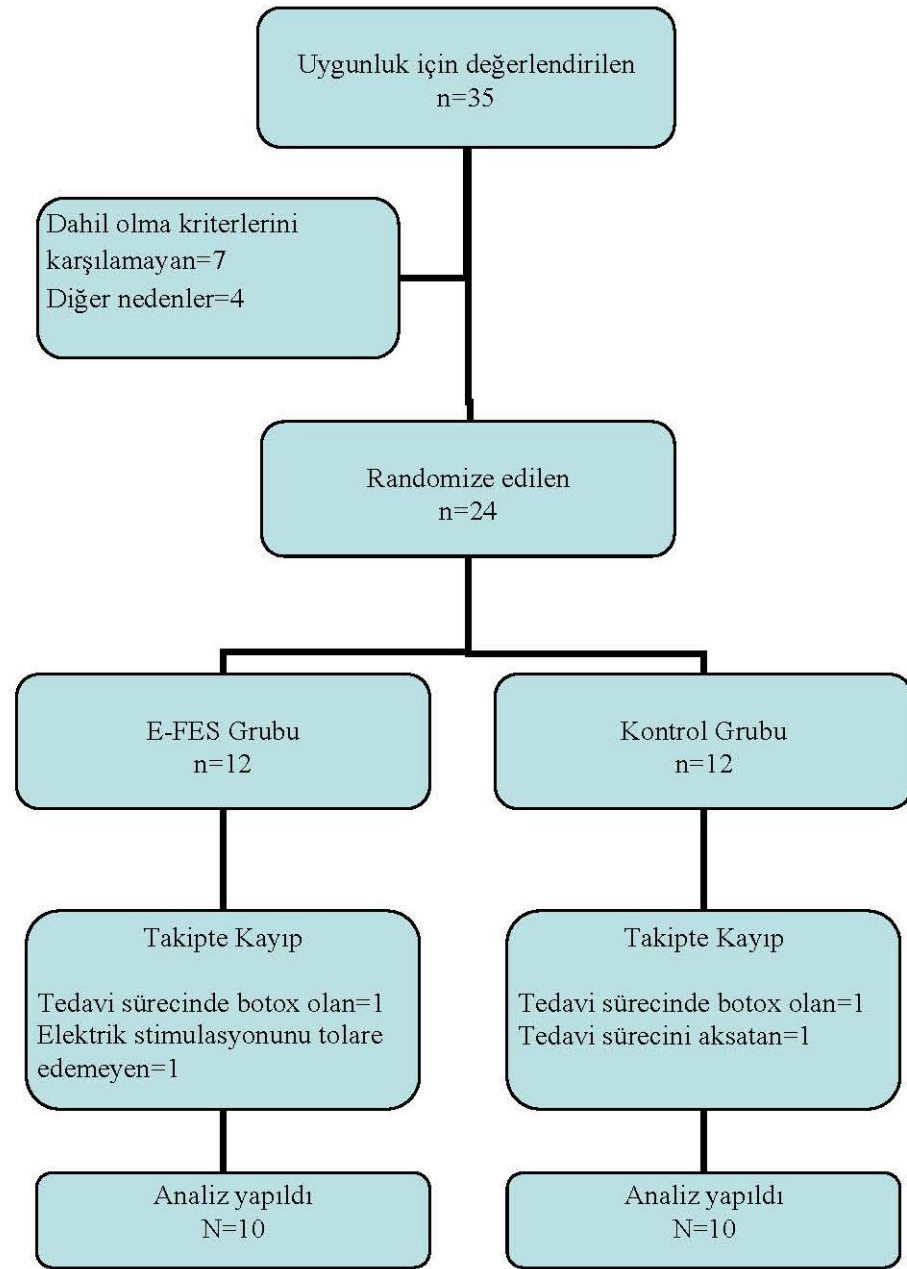
- 6 aydan kısa süre önce alt ekstremitelerine Botolinium toksin uygulaması yapılan,
- 6 aydan kısa süre önce alt ekstremitte kırığı veya kas-tendon ve kemik operasyonu geçiren,
- Diskinetik hareket bozukluğu olan çocuklar çalışma dışı bırakıldı.

Uygun örneklem sayısının belirlenmesinde Arya ve ark'nın SP' li çocuklar üzerinde yapmış olduğu çalışma kullanılmıştır. Çalışmamızda Alfa hata payı 0,05 ve beta 0,20 değerinde % 80 güçle çalışmaya alınacak birey sayısı her bir grup için en az 8 olarak belirlendi. Gruplarda eğitim süresi içerisinde %25'lik birey kaybı göz önüne alınarak her grubun 10'ar çocuktan oluşturulmasına karar verildi (112).

Bireylerin yaş, cinsiyet, boy, kilo gibi sosyo demografik özellikleri, daha önce fizik tedavi ve rehabilitasyon hizmeti alıp almadıkları hakkında veriler toplandı. Bireylerin boy ve kilo ölçümleri *Detecto 6439* marka stadiometre kullanılarak yapıldı. VKİ, vücut ağırlığının kilogram olarak boy uzunluğunun karesine (kg/m^2) bölünmesi şeklinde hesaplandı (113).

Çalışmanın başında bireyler kaba motor fonksiyon düzeylerine göre sınıflandırıldı. Bireylerin kaba motor fonksiyon düzeyleri 1997'de Palisano ve arkadaşlarının SP' li çocukların motor fonksiyonlarını sınıflandırmak ve özür seviyesini belirlemek amacıyla geliştirilen Kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemi ile (GMFCS) ile belirlendi. GMFCS SP' li çocuklarda motor etkilenim şiddetini sınıflamak için kullanılan 5 seviyeli bir sistemdir. I. ve II. düzey toplulukta ya da evde kısıtlanma olmaksızın ambulasyonun gerçekleştirilebildiğini gösterirken, seviye V'deki çocuklar hiçbir şekilde bağımsız mobilitateye sahip değildir. Sınıflama, 0-2 yaş, 2-4 yaş, 4-6 yaş, 6-12 yaş, 12-18 yaş olmak üzere beş yaş grubu için ayrı ayrı yapılmaktadır Testin geçerlilik ve güvenilirliği mevcuttur ($r=0,75$). (114,115).

GMFCS seviye I ve II olan bireyler basit rastgele örnekleme yöntemi (kapalı zarf yöntemi) ile gruplara ayrıldı. Çalışma süreci boyunca toplam 35 hasta değerlendirildi ve toplam 20 hasta tedavi programını tamamladı. Çalışmaya alınan bireylerin akış diagramı Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmaya Dahil Edilen Bireylerin Akış Diagramı

3.2. Yöntem

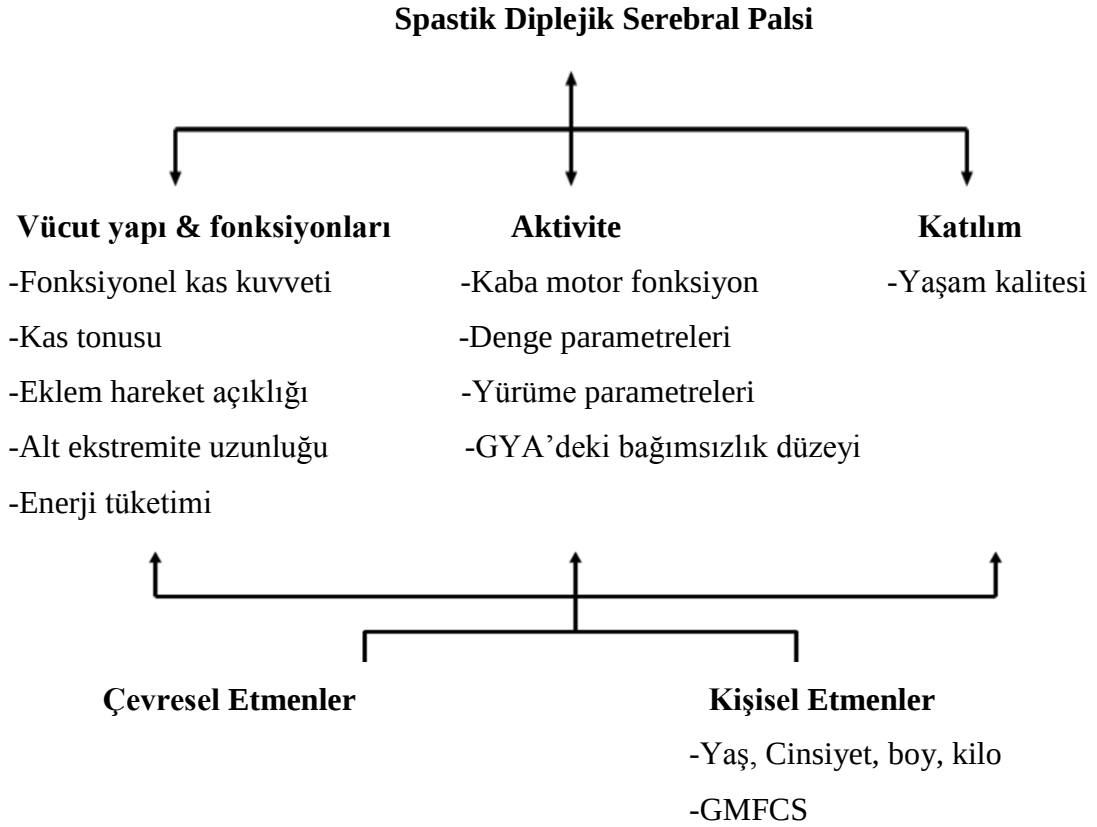
3.2.1. Çalışma Planı

Prospektif olarak planlanmış bu çalışmada basit rastgele örnekleme yöntemi (kapalı zarf yöntemi) ile hastalar E-FES grubu ve kontrol tedavi grubu olmak üzere iki gruba ayrıldı.

National Strenght and Conditioning Association (NSCA) çocuklarda kuvvetlendime eğitime yönelik geliştirdikleri rehberde, eğitimlerin haftada 2-3 kez birbirini takip etmeyen günlerde olması gerektiği vurgulanmıştır (116). Bunun yanı sıra literatürdeki kuvvetlendirme ile ilgili randomize kontrollü çalışmalar kuvvetlenme egzersizlerinin fiziksel adaptasyonlarının 6-8 haftada ortaya çıktığını kanıtlamışlardır (117). Literatürde SP' li bireylerde E-FES'in uygunluğunu inceleyen 2 vaka çalışmasında da E-FES haftada 3 gün, 30 dk uygulanmıştır. (27,28) Literatürdeki bu bilgiler ışığında tüm çocuklar aynı fizyoterapist tarafından 8 hafta boyunca haftada 3 gün 45'er dk olacak şekilde fizyoterapi programına alındı. Çalışma grubuna ek olarak 8 hafta boyunca haftada 3 gün 30'ar dk E-FES eğitimi verildi. Tedavi seansları arasında en az bir gün ara verildi.

3.2.2. Değerlendirmeler

Günümüzde rehabilitasyon alanında değerlendirme ve tedavi protokolünün planlanmasında sıkça başvurulmuş çocuklar ve gençler için sağlığın, yeti yitiminin ve fonksiyonelliğin uluslar arası sınıflandırılması bu alanlarda yapısal bir temel oluşturmaktadır (118,119). ICF, oluşturduğu çerçevede çocuğun problemlerini fonksiyon ve anatomik özellikler, aktivite kısıtlılıkları ve katılım problemleri ile ilişkili olarak tanımlamaktadır (118,120). Çalışmamızda kullandığımız değerlendirme yöntemleri ICF çerçevesinde vucut yapı ve fonksiyon özellikleri, aktivite kısıtlılıkları ve katılım problemleri ile ilişkili olarak ele alınmıştır. Değerlendirmeler tedavi öncesinde ve 8 haftalık tedavi sonrasında yapılmıştır.



Şekil 3.2. Çalışmamızın ICF Temelli Değerlendirme Diagramı

3.2.2.1. Vücut Yapı ve Fonksiyonlarının Değerlendirilmesi

Fonksiyonel kas kuvveti değerlendirmesi:

Çalışmamızda alt ekstremitelerin fonksiyonel kas kuvveti 30 saniye maksimum tekrar testleri ile ölçüldü. SP' li çocukların fonksiyonel performanslarını değerlendiren bu testte ayakta durma ve yürüme için önemli olan geniş kas gruplarını içeren 3 tane kapalı kinetik zincir egzersizini yapması istendi. Bu testler 1) *Lateral Set Up* testi (20 cm' lik sıraya yan adım alma), 2) *Sit To Stand* testi (kolları kullanmadan oturmadan ayağa kalkma), 3) *Attain Stand Through Half Kneel* (diz üstü pozisyonundan yarım dizüstü pozisyonuna gelme) çocuğun 30 saniyede maksimum kaç tekrar yapıldığına bakıldı. 1. ve 3. Kapalı kinetik zincir egzersiz değerlendirmeleri bilateral olarak hesaplandı. Toplam puan için sağ ve sol taraftaki maksimum tekrar ayrı ayrı hesaplanarak sonuçta 5 toplam skor elde edildi. Fonksiyonel kas kuvveti değerlendirmesi SP' li çocuklar için geçerli ve güvenilir bir yöntemdir (121).

Eklem Hareket Açıklığı Ölçümleri:

Bireylerin alt ekstremitte eklem hareket açıklığı ölçümleri (kalça fleksiyon ve ekstansiyonu, adduksiyonu ve abduksiyonu, diz ekstansiyon ve fleksiyonu, ayak bileği dorsifleksiyon ve plantarfleksiyonu) bilateral olarak pasif şekilde yapıldı (122,123) ve belirlenen limitasyonlar kaydedildi. Tüm ölçümler için universal gonyometre kullanıldı.



Şekil 3.3. Kalça Fleksiyonu Eklem Hareket Açıklığı Ölçümü

Alt Ekstremitte Uzunluk ve Çap Ölçümleri:

Uzunluk ölçümleri bireyler sırtüstü yatar pozisyonda iken, pelvis ve bacaklar düzgün, nötral pozisyonda sabitlenerek yapıldı. Ölçümlerde spina iliaca anterior superior (SİAS) medial malleol arası mesafe mezura ile ölçülerek cm cinsinden alındı (123).

Diz ve ayak bileği çap ölçümleri kaliper ile yapıldı. Diz çapı ölçülürken; çocuk bacaklar masadan sarkıtılmış, dizler 90° fleksiyonda otururken, kaliperin kolları, femurun medial ve lateral kondillerine yerleştirilerek kondiller arası mesafe ölçüldü. Ayaka bileği ölçülürken, çocuk düz bir platform üzerinde basarken, ayaklar kalça genişliğinde açıkken ve vücut ağırlığı iki ayağa eşit verilmişken yapıldı. Ölçüm medial ve lateral malleollerin en çıkıntılı noktalar arasından posteriordan yapıldı (123). Ölçümler cm cinsinden kaydedildi.

Alt Ekstremitte Kas Tonusu Değerlendirmesi:

Bireylerin kas tonusları Modifiye Ashworth Skalası (MAS) ile değerlendirildi. Bu skala ile yapılan ölçümlerde kas tonusu “0” ile “4” arasında derecelendirilmektedir. “0” kas tonusunda artışın olmadığını, “4” ise etkilenen kısmın fleksiyonda ve ekstansiyonda rijit olduğunu gösterir (124) (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Modifiye Ashworth Skalası

0	Kas tonusunda artış yok.
1	Kas tonusunda hafif artış mevcuttur. Etkilenen kısım fleksiyon veya ekstansiyona getirilirken eklem hareket genişliğinin (EHA) sonunda hafif bir direnç hissedilir.
1+	Kas tonusunda hafif artış mevcuttur. Etkilenen kısım fleksiyon ve ekstansiyona getirilirken EHA’ nın yarısından azında hafif bir direnç hissedilir.
2	EHA’ nın sonunda kas tonusunda daha belirgin bir artış mevcuttur. Ancak etkilenen bölge kolaylıkla hareket ettirilebilir.
3	Kas tonusunda kayda değer bir artış mevcuttur. Pasif hareket zordur.
4	Etkilenen kısım fleksiyonda veya ekstansiyonda rijittir.

Çalışmamızda kalça fleksörleri, kalça adduktörleri, diz fleksörleri, ayak bileği plantar fleksörlerinin tonusu bilateral olarak değerlendirdi.

Enerji Tüketiminin Değerlendirilmesi:

Bireylerin enerji tüketimleri TSK Rehabilitasyon ve Bakım Merkezi egzersiz tolerans laboratuvarında hesaplandı. Ölçüm açık devre indirek kalorimetre (*Vmax 29c, Sensormedics, USA*) ile bir maske yardımıyla yapıldı. Cihaz her açıldığında üretici firmanın önerdiği şekilde kalibre edildi. Bireylere testin nasıl yapılacağı hakkında bilgi verildi. İki kere beşer dk’lık sürelerde yürüyecekleri, değerlendirmeye çorap ile alınacakları, koşu bandının tutunma barlarına tutunmamaları gerektiği söylendi. Bireyler test sırasında tutunma barlarına tutunursa test tekrarlandı. İlk yürüme bireylerin banda ve maskeye alışmalarını sağlamak için yapıldı ve deneme olarak kabul edildi. Bireyler test öncesi istirahattaki kalp hızı değerlerine ulaşana kadar koşu bandının önündeki bir sandalyede oturtularak dinlendirildi. Koşu bandında yürütülen hastanın ekspirasyon havası Douglas torbasında biriktirildi. Yüz maskesiyle geçirilen uygun bir dinlenme süresi sonrasında test çocukların kendi

yürüyüş hızlarına göre ayarlanan koşu bandı dönüş hızında beş dk'lık bir yürüyüş ile gerçekleştirildi.

SP' li çocukların iki dk'lık bir submaksimal yürüyüşü takiben dengeli bir platoya ulaştıkları bilinmektedir (125). O₂ tüketiminin birimi vücut kütlelerinin her kilogramı için dk'da mililitre (ml) cinsinden tüketilen O₂'in hesaplanması ile yapıldı (ml/dk/kg). Her iki yürümede de beş dk'lık yürüyüş süresinde dengeli düzeye (*steady state*) ulaşılan ilk iki dk'lık bölüm hesaplamaya dahil edilmedi. Her yürüme arasında, Bireyler istirahattaki kalp hızı değerlerine ulaşana dek en az 10 dk dinlendirildi.



Şekil 3.4. Enerji Tüketim Miktarlarının Ölçülmesi

3.2.2.2. Aktivite ve Katılım Problemlerinin Değerlendirilmesi

Motor ve Fonksiyonel Seviyenin Değerlendirilmesi:

Bireylerin motor fonksiyonları kaba motor fonksiyon ölçüm skalası-88 (Gross Motor Function Measurement: GMFM-88) ile değerlendirildi. GMFM'dir. GMFM 5 ay ile 16 yaş arası çocuklarda kullanılır. İçeriğinde bulunan tüm motor beceriler normal gelişime sahip 5 yaşındaki bir çocuk tarafından tamamlanabilir. GMFM-88 sırtüstü-yüzüstü pozisyon ve dönme (A=17), oturma (B=20), emekleme-dizüstü (C=14), ayakta durmada (D=13), yürüme-koşma-sıçrama (E=24) alt bölümleri olmak üzere toplam 88 maddeden oluşmaktadır. Bu maddelerdeki kaba motor fonksiyonlar başarıma derecesine göre değerlendirilir. Puanlama Likert skalasına göre yapılır. Her bir maddeye 0-3 arasında değişen puanlar verilmektedir; 0 aktivitenin hiç başlatılamadığını, 3 ise aktivitenin % 90 - % 100 'ünün yapılabildiğini ifade

etmektedir. GMFM'nin SP'de tedavi sonuçlarını değerlendirmede kullanışlı, geçerli, güvenilir ve video kayıtları kadar da duyarlı bir yöntem olduğu bildirilmektedir. Testin geçerliliği ve güvenilirliği mevcuttur ($r=0,8-0,9$) (126-128).

Denge Parametelerinin Değerlendirilmesi:

Çocukların günlük yaşam aktivitelerindeki fonksiyonel dengeleri, çocuklar için düzenlenmiş olan Pediatrik Denge Ölçeği (PDÖ) ile değerlendirildi. 14 bölümden oluşan ölçekten alınabilecek en yüksek puan 56'dır. Ölçekte her bir bölüm 0 - 4 arasında skorlanmaktadır. PDÖ'de; standart Berg Denge Ölçeğindeki bölümlerin sıralaması kolaydan zora olacak şekilde yeniden düzenlenlenerek; statik postürün devamlılığı ile ilgili bölümlerdeki süre standartları pediatrik popülasyona uygun olarak azaltılarak, yönlendirmeler sadeleştirilmiştir. PDÖ, geçerlilik ve güvenilirliği yüksek bir ölçektir (129).

Çocukların fonksiyonel mobilite ve dinamik dengenin değerlendirilmesi ise “zamanlı ayağa kalk ve yürü testi” ile yapıldı (130). Değerlendirme için kol desteksiz ama arkılığı olan bir sandalye kullanıldı. Testin başlangıcında çocuklar kalça ve dizleri 90° fleksiyonda sandalyede oturmaktadırlar. Çocuk sandalyeden kalkıp, 3 metre mesafe uzaklıktaki işaretli resme dokunarak geri gelip oturması istendi. Sandalyeden kalkıp tekrar sandalyeye oturana kadar geçen süre kaydedildi. Test üç kez tekrarlandı analizde, üç değer in ortalaması alındı.

Yürüme Parametelerinin Değerlendirilmesi:

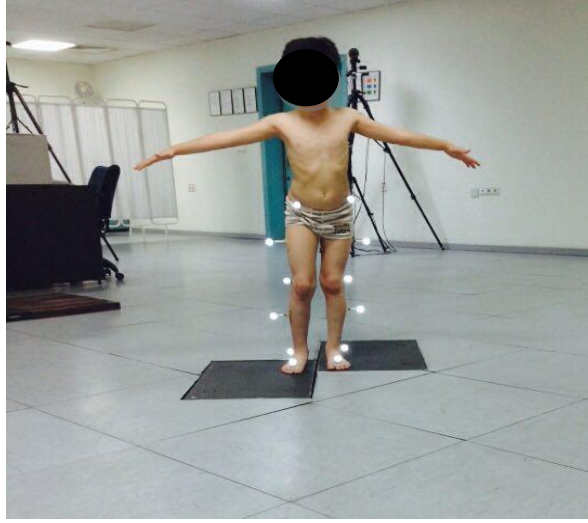
Bireylerin yürüme analizleri TSK Rehabilitasyon ve Bakım Merkezi Hareket Analizi laboratuvarında yapıldı. Yürüyüş analiz değerlendirmesi 7 adet infrared kamera bağlantısı olan *Vicon 512 (Oxford Metrics Co/USA)* hareket ölçüm sistemi ve bu sisteme bağlantılı iki adet kuvvet platformu (*Bertec/USA*), iki adet video tabanlı kamera kullanılarak yapıldı.

Kinematik analiz öncesinde kullanılan yazılımın (*Vicon Clinical Manager Software*) gereği olarak hastaların boy, kilo, spina iliaka anterior süperior ve ayak iç malleoller arası ölçülerek belirlenen bacak boyları, büyük torakanter ile spina iliaka anterior süperiordan laterale doğru çizilen izafi çizginin arasındaki mesafe, dizde iç

ve dış kondiller arası mesafe, ayak bileklerinde iç ve dış malleoller arası mesafeden oluşan ölçümleri yapıldı ve kaydedildi.

Yürüme sırasında üç boyutlu kayıt alınmasını sağlayan, 15 mm çapındaki 15 adet infrared retroreflektif işaretleyici (marker), sistem yazılımının kullandığı işaretleyici yerleşim tanımlarına göre pelvis ve alt ekstremitede spina iliaka anterior superiorlara, her iki spina iliaka posterior superiorları birleştiren çizginin orta noktası üzerine, uyluk laterali orta noktalarına, dizlerde femoral lateral kondiller üzerine, bacak laterali orta noktalarına, ayak bileklerinde lateral malleoller üzerine, her iki kalkaneus arka tarafına ve ayakta her iki ikinci metatars başlarına yerleştirildi.

İşaretleyiciler yerleştirildikten sonra, infrared kameraların işaretleyicileri tanıması için dinamik test öncesinde hastaların statik testleri yapıldı. Statik veri kaydını alabilmek için, kalibre edilmiş kameraların görebileceği bir noktada hastadan hareketsiz olarak ayakta durması istendi. Statik kaydı (Şekil 3.5.) takiben, hastalardan çıplak ayakla normal yürüyüş hızlarında yürümeleri istendi ve 10 m' lik yürüme parkurunda dinamik yürüyüş kayıtları alındı. Her yürüyüş sırasında video kayıtları gözden geçirildi. Hastaların normal yürüyüş paterni ve her bir ayak adımı tek bir platforma gelecek şekilde güç platformlarına ideal şekilde basıp basmadığı değerlendirildi. Dinamik test çalışması için kaliteli olan asgari üç yürüyüş denemesi elde edilene kadar yürüme tekrarı yapıldı. *Vicon Clinical Manager Software* kullanılarak yürüyüşün zaman-mesafe özelliklerine ait veriler ile pelvis, kalça, diz ve ayak bileğine ait kinematik veriler *Polygon Software* sistemine aktararak elde edildi.



Şekil 3.5. İşaretleyicilerin Yerleştirilme Yerleri ve Statik Veri Kaydı

Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeyi Değerlendirilmesi:

Çalışmamızda çocukların motor gelişim düzeylerinin günlük yaşam aktivitelerindeki fonksiyonlara yansımaları göstermek amacıyla Pediatrik Özürlülük Değerlendirmesi Envanteri (Pediatric Evaluation of Disability Inventory PEDİ), anketi kullanıldı. PEDİ, özürlü çocuklarda fonksiyonel yetenek ve performansı kapsamlı olarak değerlendirir. Özellikle küçük çocukların fonksiyonlarını belirlemek için düzenlenmiştir. Ancak fonksiyonel yetenekleri 7,5 yaşın altında olan ve daha büyük yaşta çocuklar için de kullanılabilen ayırt edici bir ölçüm yöntemidir (131,132).

PEDİ, fonksiyonel beceriler, bakıcıların yardımı ve modifikasyonlar alt başlıkları adı altında üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerin her biri kendine bakım, mobilite ve sosyal fonksiyon alanlarını değerlendirir. Çalışmamızda sadece fonksiyonel beceriler bölümünü değerlendirildi.

Çocuğun fonksiyonel yeteneklerini ölçen, fonksiyonel beceriler bölümü Kendine Bakım (73), Mobilite (59) ve Sosyal Fonksiyon (65) alt ölçeklerini içeren toplam 197 maddeden oluşmaktadır. Puanlama 0; yapamaz ve 1; yapabilir olarak yapılmaktadır. Her bir alt ölçeğin sonunda o ölçeğin puanları toplanır ve alt ölçeklerin puanlarının toplanması ile Fonksiyonel Beceriler Toplam Puanı elde edilir PEDİ alt bölümlerinden her biri bağımsız olarak kullanılabilir. Türkçe geçerlilik ve güvenirliliği vardır ($r=0,64-0,74$) (131-133). Çalışmamızda PEDİ fonksiyonel

beceriler alt bölümündeki değerlendirmeler çocukların ebeveynleri ile yüz yüze görüşme yöntemiyle uygulandı.

Sağlıkla İlgili Yaşam Kalite Düzeylerinin Değerlendirilmesi:

Bireylerin sağlıkla ilgili yaşam kalite düzeyleri Çocuk Sağlık Anketi'nin 50 sorudan oluşan ebeveyn formu (*The Child Health Questionnaire* (CHQ-PF50)) kullanılarak belirlendi. Anket yüz yüze görüşme tekniği ile uygulandı. Tüm annelerin çalışma öncesi son 4 haftayı dikkate alarak sorulara yanıt vermeleri istendi. 5-18 yaşları arasındaki çocuklar için hazırlanan CHQ-PF50; "Fiziksel Fonksiyon", "Fiziksel Nedenlere Bağlı Rol Kısıtlılıkları", "Ağrı", "Genel Sağlık", "Emosyonel / Davranışsal Nedenlere Bağlı Rol Kısıtlılıkları", "Öz Saygı", "Mental Sağlık", "Davranış", "Ebeveynler Üzerindeki Emosyonel Etki", "Ebeveyn Üzerindeki Zaman Etkisi", "Aile Aktiviteleri" ve "Aile Uyumu" olmak üzere 12 alt ölçekten oluşmaktadır. Anket, çocuğun bir yıl öncesi ile karşılaştırıldığında sağlığında değişimi gösteren bir soruyu da içermektedir. Ayrıca iki soru ile genel davranış ve global genel sağlık düzeyi belirlenmektedir. Ölçekte "Fiziksel Sağlık" ve "Psiko-sosyal Sağlık" toplam puanları da hesaplanabilmektedir. "Fiziksel Fonksiyon", "Fiziksel Nedenlere Bağlı Rol Kısıtlılıkları", "Ağrı" ve "Genel Sağlık" alt ölçek puanlarından "Fiziksel Sağlık" toplam puanı elde edilmektedir. "Psiko-sosyal Sağlık" toplam puanı ise "Emosyonel / Davranışsal Nedenlere Bağlı Rol Kısıtlılıkları", "Davranış", "Mental Sağlık", "Öz Saygı", "Ebeveyn Üzerindeki Emosyonel Etki" ve "Ebeveyn Üzerindeki Zaman Etkisi" puanlarından hesaplanmaktadır. Her bir alt ölçek 0-100 arasında puanlanmakta olup, yüksek puanlar daha iyi yaşam kalite düzeyi ve iyilik halini ifade eder (134). Bu ölçeğin ebeveyn sürümü Türkçe'ye adapte edilerek geçerlik ve güvenilirliği gösterilmiştir (135).

3.2.3. Tedavi Protokolü

Çalışmaya katılan bireyler Türk Silahlı Kuvvetleri Rehabilitasyon ve Bakım Merkezinde tedaviye alınmıştır. Tüm uygulamalar aynı fizyoterapist tarafından yapıldı.

Kontrol Grubu

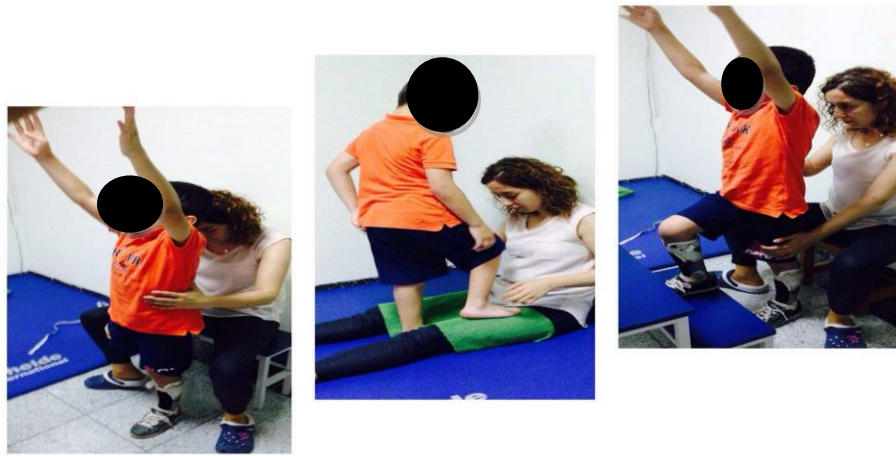
Kontrol grubunda yer alan SP’li çocuklar, 8 hafta boyunca haftada 3 gün 45’er dk olmak üzere ağırlık aktarımı, kalça ve diz ekstansörlerini kuvvetlendirme ve yürüme eğitimini içeren fizyoterapi programına alınmıştır. Tedavi programının içinde yer alan egzersizler 10’ar tekrarlı 3 set halinde yapıldı.

- Çocuk ayakları yerle tam temas edecek şekilde arkası desteksiz bir tabure üzerinde otururken, vücut düzgünlüğünü bozmadan kontrollü bir şekilde ayağa kalması ve tekrar kontrollü bir şekilde oturması istendi. Terapist gerektiğinde kuadriseps kasını ve gövdeyi fasilite ederek çocuğu destekledi.
- Çocuk ayakları yerle tam temas edecek şekilde tabure üzerinde oturtuldu. Çocuğun karşısına geçilerek sağ ve sol çaprazdan yaşına uygun, dikkatini çekebilecek çeşitli nesneler verildi ve çocuğun nesneye uzanması sağlanarak hem ağırlık aktarımı hemde gövde elongasyonu sağlandı.
- Yüksek bir sıra üzerinde yüzüstü yatış pozisyonunda yatarken; bir kol omuz 90° fleksiyonda ve dirsek ekstansiyonda iken sıradan sarkıtılıp yeri itmesi istenirken; diğer kol ile çocuğun orta hattan yan çapraza doğru çeşitli nesneler verilerek kolu öne doğru uzatması sağlandı. Uzanma esansında lumbal lordozun artmamasına ve gövde elongasyonunun tam olarak sağlanmasına dikkat edildi.
- İzole kalça ekstansiyonu için yüzüstü pozisyonunda; lumbal lordoz arttırılmadan ve pelvis rotasyonu olmadan izole kalça ekstansiyonu çalışıldı. Sırt üstü yatış pozisyonunda; dizler ekstansiyonda iken köprü kurma egzersizi ile kalça ekstansörleri çalışıldı. Ayakta durma pozisyonunda; çocuk yüzü duvara dönük iken, ayağının arkasına koyulan topa vurması istenerek kalça ekstansiyonu çalışıldı.
- Çocuğun kullandığı alt ekstremite ortezleri giydirilerek bir ayak yerde iken diğer ayağın bir basamakta durması sağlandı. Fizyoterapist çocuğun dizlerini ve pelvisini gözlemleyerek gerektiğinde destek sağlarken, bir yardımcı çocuğun karşına geçerek çocuğun yerde basamakta olan ayak tarafında yukarı çaprazından oyuncakları almasını istedi. İlerleyen aşamalarda aynı egzersiz çıplak ayakla yapıldı.

- Tek bacak üzerinde ayakta dururken, yerle temas halinde olmayan alt ekstremite kalça ekstansiyon ve diz 90° fleksiyon pozisyonunda terapist tarafından tutulurken; diğer bacak yerde tam ekstansiyon pozisyonunda fasilite edilerek ağırlık aktarma ve üst ekstremiteler ile yukarı uzanma çalışıldı.
- Ayakta durma pozisyonunda her iki ayağa eşit ağırlık aktarımı fasilite edildi. Uygun destek ve uyarılar sağlanarak yürüme eğitimi yapıldı. Yürürken engel geçme ve farklı zeminlerde yürüme ile program çeşitlendirildi.



Şekil 3.6. Fizyoterapi Programından Örnekler



Şekil 3.7. Fizyoterapi Programından Örnekler

E-FES Grubu

Çalışma grubunun oluşturulan çocuklar ise 8 hafta boyunca haftada 3 gün 45'er dk olmak üzere ağırlık aktarma, kuvvetlendirme ve yürüme eğitimini içeren fizyoterapi programına ek olarak haftada 3 gün 30'ar dk boyunca RT 300 SLISA FES sistemi ile E-FES eğitimine alınmıştır.



Şekil 3.8. RT 300 SLISA FES Sistemi

Bu sistemde 6 kanal kullanılarak bilateral kuadriseps, hamstring ve gluteus maksimus kasları stimule edildi. Sistemde pedallara yerleştirilen algılayıcılar 360°'lik bir potansiyometre oluşturarak hareket hakkında bilgi sağlar. Stimulasyon, çocuğun dakikada 35 devirli bir hızla pedal çevireceği şekilde ayarlandı (136). Seans 2 dk ısınma peryodunun ardından, 30 dk boyunca aktif bisiklet sürüş ve son olarak 2 dk soğuma peryodu ile tamamlandı. Isınma ve soğuma peryodları direnç içermedi. Aktif bisiklet sürme peryodunda rezistans 0,5 N/m olarak başlatıldı, normal bisiklet ergometresinde olduğu gibi ilerleyici olarak arttırıldı. İlerleme, çocuk ayarlanan direnç seviyesinde tüm seans boyunca yorgunluk oluşmadan çevirebildiğinde bir sonraki seans direnç 0,4 N/m arttırıldı. Maksimum akım şiddeti uygulanırken, pedal çevirme hızı dakikada 35 devirin altına indiğinde yorgunluk söz konusu olduğu düşünülüp uygulamaya son verildi.

Tablo 3.2. E-FES ile Uygulanan Akım Formu

Atım frekansı	Atım genişliği	Akım şiddeti
33 Hz	250 μ s	Kadansı sürdürebilmek için gerekli olan kontraksiyon alınana kadar

Çocuğun ayakları ve bacakları E-FES sistemine uygun şekilde yerleştirilip bacaklar sabitlendi. Sırtı olan bir sandalye üzerinde oturmaları sağlandı. Bu sistemde 6 kanal, 5cm $\times$ 5cm kare yüzeyel elektrotlar ile uygulandı. Kuadriseps için aktif elektrot SİAS ile patella arasındaki mesafenin orta noktasına, pasif elektrot patellanın 2cm üzerine; hamstringler için aktif elektrot iliak tuberositas ve popliteal fossa arasındaki orta noktaya, pasif elektrot popliteal fossanın 2 cm üzerine; Gluteus maksimus için aktif elektrot ilyak ve ilyak tuberositas arasındaki orta noktasına, pasif elektrot ilyak tuberositasın 2cm üzerine yerleştirildi (137).

3.3. İstatistiksel Analiz

Tanımlayıcı istatistiklerden nicel veriler için ortalama ve standart sapma kullanılmıştır ($X \pm SS$). Nitel veriler için ise sayı ve yüzdeler (%) verilmiştir. Değerlendirme ölçeklerinin normal dağılımları incelendiğinde verilerin normal dağılım göstermediği Kolmogorov–smirnov ve Shapiro Wilk testleri ile değerlendirilmiştir. Bu sonuca göre iki bağımsız grupta sayısal ölçümlerin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi kullanılmış, iki bağımlı grupta (Tedavi Öncesi ve Tedavi Sonrası karşılaştırmaları) sayısal ölçümlerin karşılaştırılmasında ise Wilcoxon testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin tümünde SPSS 21.0 paket programı kullanılmış ve $p < 0,05$ değeri ise istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

.

4. BULGULAR

Çalışmamızda çocuğun problemleri ICF çerçevesinde vücut yapı ve fonksiyon özellikleri, aktivite kısıtlılıkları ve katılım problemleri ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Bu çerçevede vücut yapı ve fonksiyonları ile ilişkili bulgular fonksiyonel kas kuvveti, alt ekstremité kas tonusu ve eklem hareket limitasyonu, enerji tüketim miktarıdır. Aktivite kısıtlılıkları ve katılım ile ilişkili bulgularımız ise kaba motor fonksiyonlar, denge parametreleri, üç boyutlu yürüyüş analizi, günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyi ve yaşam kalite düzeyidir.

4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri

Çalışmaya 8 kız ve 12 erkek olmak üzere toplam 20 diplejik SP' li çocuk dâhil edildi. Gruplar, bireylerin fiziksel özellikleri (yaş, vücut ağırlığı, boy, VKİ), cinsiyetleri ve GMFCS seviyeleri açısından benzerdi (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Bireylerin Demografik Bilgileri

Demografik Özellikler	E-FES Grubu		Kontrol Grubu		Z	p
	(n=10)		(n=10)			
	X±SD		X±SD			
Yaş (yıl)	9,30±3,20		9,40±3,10		-0,038	0,969
Vücut Ağırlığı (kg)	29,9±11,86		32,50±15,71		-0,114	0,910
Boy (cm)	130,30±20,99		130,50±20,22		-0,076	0,940
VKİ (kg/m²)	16,92±1,71		17,85±3,83		-0,303	0,762
	n	%	n	%		
Cinsiyet						
	Erkek	7	70	5	50	
	Kız	3	30	5	50	
GMFCS seviyesi						
	I	4	40	4	40	
	II	6	60	6	60	

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, VKİ: Vücut kütle indeksi

Bireylerin alt ekstremité uzunlukları E-FES grubunda ortalama 66,15±13,5 cm iken, kontrol grubunda 64,70±10,99 cm olup aralarında istatistiksel olarak fark yoktu (p= 0,970). Bireylerin şimdiye kadar aldıkları rehabilitasyon süreleri E-FES grubunda ortalama 7,90±2,77; kontrol grubunda 7,60±3,27 yıldır. Bireylerin tümü bilateral solid ayak ayak bileği ortezi kullanmaktaydı.

4.2. Bireylerin Fonksiyonel Kas Kuvvetine Ait Bulguları:

Tedavi öncesinde bireylerin fonksiyonel kas kuvvetlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Grupların Tedavi Öncesi Fonksiyonel Kas Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
		X±SD	X±SD	Z	p
Sıraya yan adım alma	Sağ	11,40±3,17	10,70±4,85	-0,455	0,649
	Sol	11,40±3,47	10,60±4,96	-0,609	0,543
Oturmadan ayağa kalkma		6,50±2,01	6,80±2,04	-0,270	0,787
Dizüstünden yarım dizüstüne gelme	Sağ	8,50±2,17	7,80±3,77	-0,153	0,879
	Sol	8,30±2,31	7,90±3,84	-0,343	0,732

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma

Tedavi sonrası grup içi karşılaştırmalarda kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen, fizyoterapiye ek olarak E-FES uygulanan grupta fonksiyonel kas kuvvetlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış vardı ($p<0,05$) (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Fonksiyonel Kas Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

		Tedavi Öncesi (n=10)	Tedavi Sonrası (n=10)	Wilcoxon Testi	
		X±SD	X±SD	Z	p
E-FES GRUBU					
Sıraya yan adım alma	Sağ	11,40±3,17	13,50±3,56	-2,555	0,011
	Sol	11,40±3,47	13,90±3,68	-2,549	0,011
Oturmadan ayağa kalkma		6,50±2,01	9,30±2,11	-2,850	0,004
Dizüstünden yarım dizüstüne gelme	Sağ	8,50±2,17	10,70±2,87	-2,825	0,005
	Sol	8,30±2,31	10,70±3,16	-2,821	0,005
KONTROL GRUBU					
Sıraya yan adım alma	Sağ	10,70±4,85	10,80±4,96	-0,333	0,739
	Sol	10,60±4,96	11,20±5,01	-1,667	0,096
Oturmadan ayağa kalk		6,80±2,04	7,10±2,28	-1,732	0,083
Dizüstünden yarım dizüstüne gelme	Sağ	7,80±3,77	8,10±3,93	-1,732	0,083
	Sol	7,90±3,84	8,10±3,93	-1,414	0,157

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma

Tedavi sonrası gruplar arası karşılaştırmalarda sıraya yan adım alma ve dizüstünden yarım diz üstüne gelme testinde istatistiksel olarak anlamlı fark yok iken ($p>0,05$), oturmadan ayağa kalkma testinde E-FES uygulanan grup lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($p<0,05$) (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Grupların Tedavi Sonrası Fonksiyonel Kas Testlerinin Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
		X$\pm$SD	X$\pm$SD	Z	P
Sıraya yan adım alma	Sağ	13,50 $\pm$ 3,56	10,80 $\pm$ 4,96	-0,994	0,320
	Sol	13,90 $\pm$ 3,68	11,20 $\pm$ 5,01	-1,176	0,240
Oturmadan ayağa kalkma		9,30 $\pm$ 2,11	7,10 $\pm$ 2,28	-2,016	0,044
Dizüstünden yarım dizüstüne gelme	Sağ	10,70 $\pm$ 2,87	8,10 $\pm$ 3,93	-1,493	0,135
	Sol	10,70 $\pm$ 3,16	8,10 $\pm$ 3,93	-1,676	0,094

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma

E-FES'in etkinliğini araştırmak için ölçüm parametrelerinde 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar E-FES ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldı. Fonksiyonel kas kuvvetlerinde, fizyoterapiye ek olarak E-FES uygulanan grup lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($p<0,05$) (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Fonksiyonel Kas Kuvvetlerinde Tedavinin Etkisi Ile Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
		X$\pm$SD	X$\pm$SD	Z	P
Sıraya yan adım alma	Sağ	1,90 $\pm$ 1,29	0,10 $\pm$ 0,99	-2,791	0,005
	Sol	2,40 $\pm$ 1,51	0,50 $\pm$ 0,85	-2,669	0,008
Oturmadan ayağa kalkma		2,80 $\pm$ 0,92	0,30 $\pm$ 0,48	-3,907	0,000
Dizüstünden yarım dizüstüne gelme	Sağ	2,20 $\pm$ 1,03	0,30 $\pm$ 0,48	-1,493	0,000
	Sol	2,40 $\pm$ 1,17	0,20 $\pm$ 0,42	-1,676	0,000

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: farkların ortalaması, SD: standart sapma

4.3. Bireylerin Alt Ekstremitte Kas Tonusu ve Eklem Limitasyonlarına Ait Bulguları

Tedavi öncesinde bireylerin bilateral olarak değerlendirilen alt ekstremitte kas tonusları ve eklem hareket limitasyonları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.6). Tedavi öncesi bireyler alt ekstremitte kas tonusları ve eklem limitasyonları açısından homojendi.

Tablo 4.6. Grupların tedavi öncesi alt ekstremitte kas tonusu ve eklem limitasyonlarının karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
		X$\pm$SD	X$\pm$SD	Z	p
Kas tonusu					
Kalça Fleksörleri	Sağ	2,00 $\pm$ 1,25	2,00 $\pm$ 0,94	-0,320	0,749
	Sol	2,10 $\pm$ 1,10	1,90 $\pm$ 0,99	-0,577	0,577
Kalça Adduktörleri	Sağ	1,70 $\pm$ 1,06	1,60 $\pm$ 0,70	-0,202	0,840
	Sol	1,80 $\pm$ 1,14	1,80 $\pm$ 0,78	-0,000	1,000
Hamstringler	Sağ	2,50 $\pm$ 0,97	2,30 $\pm$ 0,67	-0,328	0,743
	Sol	2,40 $\pm$ 0,69	2,40 $\pm$ 0,84	-0,086	0,931
Gastroknemius	Sağ	2,80 $\pm$ 0,63	2,60 $\pm$ 0,51	-0,702	0,483
	Sol	2,70 $\pm$ 0,82	2,60 $\pm$ 0,51	-0,521	0,603
Soleus	Sağ	1,60 $\pm$ 0,51	1,70 $\pm$ 0,48	-0,457	0,648
	Sol	1,60 $\pm$ 0,51	1,70 $\pm$ 0,48	-0,890	0,374
Eklem limitasyonu (derece)					
Kalça Ekstansiyonu	Sağ	8,00 $\pm$ 6,18	8,30 $\pm$ 4,83	-0,190	0,849
	Sol	6,40 $\pm$ 5,46	7,40 $\pm$ 5,06	-0,304	0,761
Kalça Abduksiyonu	Sağ	5,10 $\pm$ 3,35	3,90 $\pm$ 3,03	-1,092	0,275
	Sol	4,90 $\pm$ 3,07	3,60 $\pm$ 3,31	-1,077	0,281
Diz Ekstansiyon	Sağ	6,60 $\pm$ 6,57	8,60 $\pm$ 5,12	-0,608	0,543
	Sol	4,70 $\pm$ 4,45	6,20 $\pm$ 7,50	-0,238	0,812
Ayak Bileği Dorsifleksiyonu	Sağ	8,80 $\pm$ 5,59	7,80 $\pm$ 3,33	-0,038	0,970
	Sol	6,90 $\pm$ 5,60	9,30 $\pm$ 4,13	-1,563	0,118

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

Tedavi sonrası grup içi karşılaştırmalarda kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen (Tablo 4.7), E-FES grubunda kalça fleksörlerindeki ve hamstringlerdeki kas tonusunda ve kalça ekstansiyon limitasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardı ($p<0,05$). E-FES uygulanan grupta bilateral olarak kalça fleksörlerinde ve hamstringlerde kas tonusu ve kalça eklem limitasyonu azaldı (Tablo 4.8).

Tablo 4.7. Kontrol Grubunun Tedavi Öncesi ve Sonrası Kas Tonusu ve Alt Ekstremitte Eklem Limitasyonlarının Karşılaştırılması

		Tedavi Öncesi (n=10) X±SD	Tedavi Sonrası (n=10) X±SD	Wilcoxon Testi	
				Z	p
Kas tonusu					
Kalça Fleksörleri	Sağ	2,00±0,94	1,90±0,87	-1,000	0,317
	Sol	1,90±0,99	1,80±0,91	-1,000	0,317
Kalça Adduktörleri	Sağ	1,60±0,70	1,60±0,69	0,000	1,000
	Sol	1,80±0,78	1,70±0,82	-1,000	0,317
Hamstringler	Sağ	2,30±0,67	2,20±0,78	-1,000	0,317
	Sol	2,40±0,84	2,20±0,91	-1,414	0,157
Gastroknemius	Sağ	2,60±0,51	2,60±0,51	0,000	1,000
	Sol	2,60±0,51	2,60±0,51	0,000	1,000
Soleus	Sağ	1,70±0,48	1,70±0,48	0,000	1,000
	Sol	1,70±0,48	1,80±0,48	0,000	1,000
Eklem limitasyonu (derece)					
Kalça Ekstansiyonu	Sağ	8,30±4,83	8,40±4,71	1,000	0,317
	Sol	7,40±5,06	7,30±5,05	1,000	0,317
Kalça Abduksiyonu	Sağ	3,90±3,04	3,80±3,01	-0,447	0,655
	Sol	3,60±3,31	3,50±3,24	1,000	0,317
Diz Ekstansiyon	Sağ	8,60±5,13	8,40±4,74	1,000	0,317
	Sol	6,20±7,50	6,20±7,49	0,000	1,000
Ayak Bileği Dorsifleksiyonu	Sağ	7,80±3,33	7,60±3,09	1,000	0,317
	Sol	9,30±4,14	9,00±4,13	1,342	0,180

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

Tablo 4.8. E-FES Grubunun Tedavi Öncesi ve Sonrası Kas Tonusu ve Alt Ekstremitte Eklem Limitasyonlarının Karşılaştırılması

		Tedavi Öncesi (n=10)	Tedavi Sonrası (n=10)	Wilcoxon Testi	
		X±SD	X±SD	Z	p
Kas tonusu					
Kalça Fleksörleri	Sağ	2,00±1,25	1,40±1,07	-2,449	0,014
	Sol	2,10±1,10	1,40±1,07	-2,646	0,008
Kalça Adduktörleri	Sağ	1,70±1,06	1,50±0,84	-1,414	0,157
	Sol	1,80±1,14	1,50±1,08	-1,734	0,083
Hamstringler	Sağ	2,50±0,97	1,90±0,99	-2,249	0,014
	Sol	2,40±0,69	1,90±0,73	-2,236	0,025
Gastroknemius	Sağ	2,80±0,63	2,60±0,69	-1,414	0,157
	Sol	2,70±0,82	2,70±0,82	0,000	1,000
Soleus	Sağ	1,60±0,51	1,50±0,52	1,000	0,317
	Sol	1,60±0,51	1,50±0,52	1,000	0,317
Eklem limitasyonu (derece)					
Kalça Ekstansiyonu	Sağ	8,00±6,18	6,20±6,12	-2,232	0,026
	Sol	6,40±5,46	4,90±5,56	-2,214	0,027
Kalça Abduksiyonu	Sağ	5,10±3,35	4,90±3,41	-1,000	0,317
	Sol	4,90±3,07	3,90±3,21	-1,604	0,109
Diz Ekstansiyon	Sağ	6,60±6,57	5,50±5,83	-1,841	0,066
	Sol	4,70±4,45	4,30±4,19	-1,000	0,317
Ayak Bileği Dorsifleksiyonu	Sağ	8,80±5,59	8,30±5,16	-1,289	0,197
	Sol	6,90±5,60	6,30±4,90	-1,473	0,141

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

Tedavi sonrası gruplar arası karşılaştırmalarda alt ekstremitte kas tonusları ve eklem hareket limitasyonları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.9)

Tablo 4.9. Grupların Tedavi Sonrası Kas Tonusu ve Alt Ekstremitte Eklem Limitasyonlarının Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
		X±SD	X±SD	Z	P
Kas tonusu					
Kalça Fleksörleri	Sağ	1,40±1,07	1,90±0,87	-1,083	0,279
	Sol	1,40±1,07	1,80±0,91	-0,814	0,416
Kalça Adduktörleri	Sağ	1,50±0,84	1,60±0,69	-0,205	0,827
	Sol	1,50±1,08	1,70±0,82	-0,398	0,691
Hamstringler	Sağ	1,90±0,99	2,20±0,78	-0,086	0,931
	Sol	1,90±0,73	2,20±0,91	-0,696	0,487
Gastroknemius	Sağ	2,60±0,69	2,60±0,51	-1,171	0,865
	Sol	2,70±0,82	2,60±0,51	-0,521	0,603
Soleus	Sağ	1,50±0,52	1,70±0,48	0,890	0,374
	Sol	1,50±0,52	2,80±0,48	-0,890	0,374
Eklem limitasyonu (derece)					
Kalça Ekstansiyonu	Sağ	6,20±6,12	8,40±4,71	-,0915	0,342
	Sol	4,90±5,56	7,30±5,05	-1,073	0,283
Kalça Abduksiyonu	Sağ	4,90±3,41	3,80±3,01	-1,003	0,316
	Sol	3,90±3,21	3,50±3,24	-0,504	0,614
Diz Ekstansiyon	Sağ	5,50±5,83	8,40±4,74	-1,218	0,223
	Sol	4,30±4,19	6,20±7,49	-0,238	0,812
Ayak Bileği Dorsifleksiyonu	Sağ	8,30±5,16	7,60±3,09	-0,152	0,879
	Sol	6,30±4,90	9,00±4,13	-1,749	0,080

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

4.4. Bireylerin Enerji Tüketim Düzeylerine Ait Bulguları:

Tedavi öncesinde, bireylerin VO₂ max düzeyleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (p>0,05). Gruplar enerji tüketimleri bakımından homojendi (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Grupların Tedavi Öncesi Enerji Tüketim Düzeylerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	z	P
VO₂ (mil/kg/min)	9,64±1,99	7,49±2,27	-1,512	0,131

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, VO₂: maksimum enerji tüketimi

E-FES eğitimi sonrasında bireylerin VO₂ max düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı gelişme bulundu, bireylerin enerji tüketimleri azalmıştı ($p<0,05$). Kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Tedavi Öncesi Ve Sonrası Grup İçi Enerji Tüketim Düzeylerinin Karşılaştırılması

	Tedavi öncesi (n=10)	Tedavi Sonrası (n=10)	Wilcoxon Testi	
	X±SD	X±SD	Z	P
E-FES Grubu	9,64±1,99	7,08±2,47	-2,803	0,005
Kontrol Grubu	7,49±2,27	7,06±1,86	-0,153	0,878

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma, VO₂: maksimum enerji tüketimi

Tedavi sonrasında, bireylerin enerji tüketimleri açısından gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Grupların Tedavi Sonrası Enerji Tüketim Düzeylerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	z	P
VO₂ (mil/kg/min)	7,08±2,47	7,06±1,86	-0,265	0,791

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, VO₂: maksimum enerji tüketimi

E-FES'in etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar E-FES ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldı. Bireylerin enerji tüketim düzeyleri açısından E-FES uygulanan grup lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($p<0,05$) (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Enerji Tüketim Düzeylerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	z	P
VO₂ (mil/kg/min)	2,56±1,64	0,43±2,41	-2,803	0,005

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: farkların ortalaması, SD: standart sapma, VO₂: maksimum enerji tüketimi

4.5. Bireylerin Kaba Motor Fonksiyon Ölçümüne Ait Bulguları:

Tedavi öncesinde, bireylerin kaba motor fonksiyonlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.14). Bireyler kaba motor fonksiyonları açısından homojendi. Tüm bireylerin tedavi öncesi ve sonrası GMFM'nin A ve B bölümünden aldıkları puanlar tamdı.

Tablo 4.14. Grupların Tedavi Öncesi Kaba Motor Fonksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	Z	p
GMFM-C	97,13±3,33	96,90±3,89	-0,042	0,967
GMFM-D	79,22±10,07	80,30±10,20	-0,267	0,790
GMFM-E	78,32±11,87	79,16±13,04	-0,229	0,819

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, GMFM: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü.

Tedavi sonrası sonrası grup içi karşılaştırmalarda E-FES grubunda sonrasında GMFM C puanlarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), GMFM D ve E puanlarında istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler bulundu ($p<0,05$) Kontrol grubunda, tedavi sonrasında kaba motor fonksiyonlarda istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Kaba Motor Fonksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması

	Tedavi Öncesi (n=10)	Tedavi Sonrası (n=10)	Wilcoxon Testi	
	X±SD	X±SD	Z	p
E-FES Grubu				
GMFM-C	97,13±3,33	98,04±3,45	-1,089	0,276
GMFM-D	79,22±10,07	86,14±9,14	-2,668	0,008
GMFM-E	78,32±11,87	82,59±10,00	-2,807	0,005
Kontrol Grubu				
GMFM-C	96,90±3,89	96,98±3,69	-1,000	0,317
GMFM-D	80,30±10,20	80,98±9,65	-1,633	0,102
GMFM-E	79,16±13,04	79,30±13,13	-1,000	0,317

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma, GMFM: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü.

Tedavi sonrasında her iki grup karşılaştırıldığında bireylerin kaba motor fonksiyonlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Grupların Tedavi Sonrası Kaba Motor Fonksiyon Değerlerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	Z	p
GMFM-C	98,04±3,45	96,98±3,69	-0,824	0,410
GMFM-D	86,14±9,14	80,98±9,65	-1,182	0,237
GMFM-E	82,59±10,00	79,30±13,13	-0,606	0,544

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, GMFM: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü.

E-FES'in etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar E-FES ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldı. GMFM C puanlarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), GMFM D ve E puanlarında E-FES uygulanan grup lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($p<0,05$) (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Kaba Motor Fonksiyonlarda Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	Z	p
GMFM-C	0,91±2,04	0,01±0,03	-0,920	0,358
GMFM-D	6,92±4,20	0,68±1,12	-3,326	0,001
GMFM-E	4,26±2,84	0,14±0,44	-3,891	0,000

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: farkların ortalaması, SD: standart sapma GMFM: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü.

4.6. Bireylerin Denge Parametrelerine Ait Bulguları:

Tedavi öncesinde, bireylerin pediatrik denge ölçeği ve zamanlı ayağa kalk ve yürü testleri ile ölçülen denge parametrelerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.18).

Tablo 4.18. Grupların Tedavi Öncesi Denge Parametrelerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	Z	P
PDÖ	46,20±5,39	47,10±5,63	-0,381	0,703
TUG (sn)	10,05±1,67	10,00±1,63	-0,151	0,880

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, PDÖ: pediatrik denge ölçeği, TUG: zamanlı ayağa kalk otur testi

Tedavi sonrası grup içi karşılaştırmalarda, fizyoterapiye ek olarak uygulanan E-FES grubunda bireylerin pediatrik denge ölçeğinde ve zamanlı ayağa kalk ve otur testlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Denge Parametrelerinin Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Wilcoxon Testi		Kontrol Grubu (n=10)	Wilcoxon Testi	
		X±SD	Z	P	X±SD	Z	P
PDÖ	T.Ö	46,20±5,39	-2,814	0,005	47,10±5,63	-1,000	0,317
	T.S	49,90±4,28			47,10±5,63		
TUG (sn)	T.Ö	10,05±1,67	-2,803	0,005	10,00±1,63	-1,073	0,283
	T.S	8,24±1,37			9,92±1,61		

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma, PDÖ: pediatrik denge ölçeği, TUG: zamanlı ayağa kalk otur testi

Tedavi sonrasında, gruplar karşılaştırıldığında pediatrik denge ölçeğinde istatistiksel olarak fark yokken ($p>0,05$), zamanlı ayağa kalk ve otur testinde E-FES grubu lehine arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$) (Tablo 4.20).

Tablo 4.20. Tedavi Sonrası Denge Parametrelerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	Z	P
PDÖ	49,90±4,28	47,20±5,45	-1,215	0,224
TUG (sn)	8,24±1,36	9,91±1,60	-2,343	0,019

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, PDÖ: pediatrik denge ölçeği, TUG: zamanlı ayağa kalk otur testi

E-FES'in etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar E-FES ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldı. Denge parametrelerinde E-FES uygulanan grup lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardı ($p<0,05$) (Tablo 4.21).

Tablo 4.21. Denge Parametrelerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol grubu (n=10)	Mann-Whitney U testi	
	X±SD	X±SD	Z	P
PDÖ	3,70±5,39	0,10±0,32	-3,934	0,000
TUG (sn)	-1,82±0,57	-0,09±0,27	-3,785	0,000

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama farkları SD: standart sapma, PDÖ: pediatrik denge ölçeği, TUG: zamanlı ayağa kalk otur testi

4.7. Bireylerin Yürümenin Zaman Mesafe Özelliklerine Ait Bulguları:

Tedavi öncesinde, bireylerin yürüyüşün zaman-mesafe özelliklerinden değerlendirilen tempo, yürüme hızı, adım uzunluğu, çift adım uzunluğu, çift destek fazı, tek destek fazı, adım süresi, çift adım süresinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.22).

Tablo 4.22. Grupların Tedavi Öncesi Yürüyüşün Zaman Mesafe Değerlerinin Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
		X±SD	X±SD	Z	X±SD
Tempo (adım/dk)	Ort	100,40±10,86	110,30±18,76	-1,929	0,054
Yürüme hızı (m/sn)	Ort	0,55±0,21	0,68±0,20	-1,210	0,226
Adım uzunluğu (m)	Sağ	0,33±0,10	0,37±0,08	-0,681	0,496
	Sol	0,32±0,10	0,38±0,10	-1,098	0,272
Çift adım uzunluğu (m)	Ort	0,66±0,20	0,74±0,17	-0,870	0,384
Çift destek fazı (sn)	Ort	0,35±0,17	0,30±0,08	-0,531	0,596
Tek destek fazı (sn)	Ort	0,44±0,05	0,41±0,07	-1,441	0,150
Adım süresi (sn)	Ort	0,60±0,07	0,56±0,10	-1,894	0,058
Çift adım süresi (sn)	Ort	1,21±0,14	1,11±0,21	-1,929	0,054

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, dk: dakika, m: metre, sn: saniye, ort: ortalama,

Tedavi sonrası grup içi karşılaştırmalarda yürüyüşün zaman-mesafe değişkenlerinde her iki grupta da tedavi öncesi ve sonrası arasında istatistiksel olarak fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.23).

Tablo 4.23. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Yürümenin Zaman Mesafe Değerlerinin Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Wilcoxon Testi		Kontrol Grubu (n=10)	Wilcoxon Testi	
		X±SD	Z	P	X±SD	Z	P
Tempo (adım/dk)	T.Ö Ort	100,40±10,86	-1,718	0,086	110,30±18,76	-1,219	0,223
	T.S Ort	105,85±12,54			114,20±19,36		
Yürüme hızı (m/sn)	T.Ö Ort	0,55±0,21	-1,125	0,260	0,68±0,20	-1,826	1,068
	T.S Ort	0,63±0,20			0,72±0,20		
Adım uzunluğu (m)	T.Ö Sağ	0,33±0,10	-0,889	0,374	0,37±0,08	-0,944	0,345
	T.S Sağ	0,35±0,80			0,39±0,10		
	T.Ö Sol	0,32±0,10	-0,350	0,726	0,38±0,10	-1,084	0,279
	T.S Sol	0,33±0,08			0,39±0,10		
Çift adım uzunluğu (m)	T.Ö Ort	0,66±0,20	-0,593	0,553	0,74±0,17	-1,214	0,225
	T.S Ort	0,68±0,15			0,72±0,20		
Çift destek fazı (sn)	T.Ö Ort	0,35±0,16	-1,680	0,093	0,30±0,08	-1,826	0,068
	T.S Ort	0,24±0,10			0,27±0,08		
Tek destek fazı (sn)	T.Ö Ort	0,44±0,05	-0,704	0,482	0,41±0,07	-0,674	0,500
	T.S Ort	0,43±0,06			0,40±0,09		
Adım süresi (sn)	T.Ö Ort	0,60±0,07	-1,367	0,172	0,56±0,10	-1,219	0,223
	T.S Ort	0,57±0,07			0,54±0,11		
Çift adım süresi (sn)	T.Ö Ort	1,21±0,14	-1,304	0,192	1,11±0,21	-1,214	0,225
	T.S Ort	1,15±0,13			1,09±0,22		

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma, dk: dakika, m: metre, sn: saniye, ort: ortalama, T.Ö: tedavi öncesi, T.S: tedavi sonrası

Tedavi sonrasında, yürüyüşün zaman-mesafe değişkenlerinin hiç birinde gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.24).

Tablo 4.24. Grupların Tedavi Sonrası Yürümenin Zaman Mesafe Değerlerinin Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
		X±SD	X±SD	Z	X±SD
Tempo (adım/dk)	Ort	105,85±12,54	114,20±19,36	-1,475	0,140
Yürüme hızı (m/sn)	Ort	0,63±0,20	0,72±0,20	-1,286	0,199
Adım uzunluğu (m)	Sağ	0,35±0,80	0,39±0,11	-0,984	0,325
	Sol	0,33±0,08	0,39±0,10	-1,287	0,198
Çift adım uzunluğu (m)	Ort	0,68±0,15	0,72±0,20	-0,984	0,325
Çift destek fazı (sn)	Ort	0,24±0,10	0,27±0,08	-0,908	0,364
Tek destek fazı (sn)	Ort	0,43±0,06	0,40±0,09	-1,062	0,288
Adım süresi (sn)	Ort	0,57±0,07	0,54±0,11	-1,401	0,161
Çift adım süresi (sn)	Ort	1,15±0,13	1,09±0,22	-1,437	0,151

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, dk: dakika, m: metre, sn: saniye, ort: ortalama,

E-FES' in etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar E-FES ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldı. Yürüyüşün zaman-mesafe değişkenlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.25).

Tablo 4.25. Yürümenin Zaman Mesafe Değerlerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U testi	
		X±SD	X±SD	Z	X±SD
Tempo (adım/dk)	Ort	5,45±8,77	3,90±7,76	-0,575	0,565
Yürüme hızı (m/sn)	Ort	0,06±0,17	0,06±0,10	-0,038	0,969
Adım uzunluğu (m)	Sağ	0,02±0,08	0,02±0,06	-0,307	0,759
	Sol	0,01±0,10	0,02±0,05	0,000	1,000
Çift adım uzunluğu (m)	Ort	0,03±0,06	-0,05±0,11	-0,077	0,939
Çift destek fazı (sn)	Ort	-0,11±0,18	-0,03±0,04	-0,547	0,585
Tek destek fazı (sn)	Ort	-0,01±0,05	-0,01±0,05	-0,155	0,877
Adım süresi (sn)	Ort	-0,03±0,06	0,02±0,03	-0,730	0,465
Çift adım süresi (sn)	Ort	-0,07±0,13	-0,03±0,06	-0,920	0,358

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: farkların ortalaması, SD: standart sapma, dk: dakika, m: metre, sn: saniye, ort: ortalama,

4.8. Bireylerin Yürümenin Sagital Plan Kinematiklerine Ait Bulguları:

Tedavi öncesinde, bireylerin yürümenin sagital plan kinematik değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 26.).

Tablo 4.26. Grupların Tedavi Öncesi Yürümenin Sagital Plan Kinematiklerinin Karşılaştırılması

		E-FES Grubu	Kontrol Grubu	Mann-Whitney U Testi	
		X $\pm$ SD	X $\pm$ SD	Z	P
Basma fazı sonu kalça ekstansiyonu	Sağ	1,82 $\pm$ 7,76	4,04 $\pm$ 8,43	-0,454	0,650
	Sol	1,50 $\pm$ 8,11	3,38 $\pm$ 14,04	-0,265	0,791
İlk temas kalça fleksiyonu	Sağ	37,37 $\pm$ 9,94	43,25 $\pm$ 11,21	-1,437	0,151
	Sol	37,72 $\pm$ 8,52	40,77 $\pm$ 10,69	-0,680	0,496
İlk temas diz açısı	Sağ	24,48 $\pm$ 11,52	25,04 $\pm$ 12,41	-0,151	0,880
	Sol	18,47 $\pm$ 9,03	18,26 $\pm$ 11,53	0,076	0,940
Basma fazı ortası diz ekstansiyonu	Sağ	10,84 $\pm$ 14,29	9,63 $\pm$ 7,56	0,000	1,000
	Sol	7,67 $\pm$ 10,91	4,41 $\pm$ 13,54	-0,378	0,705
İlk temas ayak bileği açısı	Sağ	1,14 $\pm$ 7,01	3,31 $\pm$ 9,30	-0,378	0,705
	Sol	-0,04 $\pm$ 6,88	-1,67 $\pm$ 10,66	-0,302	0,762
Basma fazı ortası ayak bileği açısı	Sağ	14,93 $\pm$ 8,06	19,84 $\pm$ 4,75	-1,287	0,198
	Sol	12,76 $\pm$ 5,76	15,04 $\pm$ 9,21	-0,151	0,880
Salınım maksimum ayak bileği açısı	Sağ	12,18 $\pm$ 7,06	8,31 $\pm$ 7,64	-0,983	0,326
	Sol	6,06 $\pm$ 6,15	4,19 $\pm$ 7,34	-0,718	0,473
Pelvik tilt	Sağ	20,23 $\pm$ 8,40	24,79 $\pm$ 5,74	-1,285	0,199
	Sol	20,23 $\pm$ 8,40	24,66 $\pm$ 5,80	-1,361	0,173
Salınım ortası maksimum kalça fleksiyonu	Sağ	41,64 $\pm$ 6,73	45,50 $\pm$ 8,29	-1,475	0,140
	Sol	41,54 $\pm$ 7,28	46,24 $\pm$ 8,44	-1,512	0,131
Salınım başlangıcı maksimum diz fleksiyonu	Sağ	51,31 $\pm$ 7,66	54,90 $\pm$ 6,55	-1,361	0,173
	Sol	50,55 $\pm$ 9,56	49,99 $\pm$ 5,70	-1,134	0,257

p değeri; Mann whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

Tedavi sonrası, grup içi karşılaştırmalarda kontrol grubunda yürümenin sagital plan kinematiklerinde istatistiksel olarak fark yokken ($p>0,05$), E-FES grubunda sadece pelvik tilt ve salınım başlangıcındaki maksimum diz açısında istatistiksel olarak anlamlı gelişme bulundu ($p<0,05$). (Tablo 4.27).

Tablo 4.27. Grup İçi Tedavi Öncesi ve Sonrası Yürümenin Sagital Plan Kinematiklerinin Karşılaştırılması

		E-FES GRUBU (n=10)				KONTROL GRUBU (n=10)			
		Tedavi Öncesi	Tedavi Sonrası	Wilcoxon Testi		Tedavi Öncesi	Tedavi Sonrası	Wilcoxon Testi	
		X±SD	X±SD	Z	P	X±SD	X±SD	Z	P
Basma fazı sonu kalça ekstansiyonu	Sağ	1,82±7,76	-1,04±13,38	-1,172	0,241	4,04±8,43	3,66±10,46	-0,169	0,866
	Sol	1,50±8,11	-0,65±11,57	-0,255	0,799	3,38±14,04	0,22±11,07	-1,014	0,310
İlk temas kalça fleksiyonu	Sağ	37,37±9,94	33,42±4,53	-1,376	0,169	43,25±11,21	40,45±12,15	-1,352	0,176
	Sol	37,72±8,52	35,46±4,89	-0,816	0,415	40,77±10,69	39,64±8,29	0,000	1,000
İlk temas diz açısı	Sağ	24,48±11,52	22,10±7,38	-1,070	0,285	25,04±12,41	23,66±14,67	-0,507	0,612
	Sol	18,47±9,03	20,14±5,22	-0,866	0,386	18,26±11,53	18,51±13,37	-0,169	0,866
Basma fazı ortası diz ekstansiyonu	Sağ	10,84±14,29	9,30±11,26	-0,663	0,508	9,63±7,56	10,86±10,77	-0,676	0,499
	Sol	7,67±10,91	8,72±7,69	-0,357	0,721	4,41±13,54	3,50±12,19	-0,676	0,499
İlk temas ayak bileği açısı	Sağ	1,14±7,01	3,88±5,26	-1,274	0,203	3,31±9,30	5,47±8,53	-1,014	0,310
	Sol	-0,04±6,88	2,06±4,41	-1,070	0,285	-1,67±10,66	-2,53±12,02	-0,338	0,735
Basma fazı ortası ayak bileği açısı	Sağ	14,93±8,06	16,17±5,55	-1,122	0,262	19,84±4,75	14,75±5,10	-1,690	0,091
	Sol	12,76±5,76	14,40±6,85	-1,580	0,114	15,04±9,21	12,04±6,48	-1,859	0,063
Salınım maksimum ayak bileği açısı	Sağ	12,18±7,06	10,37±9,38	-0,051	0,959	8,31±7,64	9,57±9,47	-0,169	0,866
	Sol	6,06±6,15	7,60±6,53	-0,408	0,683	4,19±7,34	2,53±7,70	-1,183	0,237
Pelvik tilt	Sağ	20,23±8,40	15,58±7,28	-2,040	0,041	24,79±5,74	23,98±5,43	-1,169	0,866
	Sol	20,23±8,40	15,67±7,31	-1,988	0,047	24,66±5,80	23,91±5,94	-1,169	0,866
Salınım ortası maksimum kalça fleksiyonu	Sağ	41,64±6,73	39,89±6,04	-0,765	0,444	45,50±8,29	47,11±8,69	-0,845	0,398
	Sol	41,54±7,28	39,74±8,27	-0,770	0,441	46,24±8,44	46,31±9,42	-0,140	0,889
Salınım başlangıcı maksimum diz fleksiyonu	Sağ	51,31±7,66	55,13±6,27	-2,497	0,013	54,90±6,55	56,46±4,90	-1,612	0,107
	Sol	50,55±9,56	54,56±9,04	-1,988	0,047	49,99±5,70	50,80±8,26	-0,169	0,866

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

Tedavi sonrası gruplar karşılaştırıldığında pelvik tilt dışındaki sagittal plan kinematikleri arasında fark yoktu ($p>0,05$). Pelvik tilt, E-FES uygulanan grupta istatistiksel olarak anlamlı şekilde azdı. ($p<0,05$) (Tablo 4.28).

Tablo 4.28. Grupların Tedavi Sonrası Yürümenin Sagittal Plan Kinematiklerinin Karşılaştırılması

		E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
		X$\pm$SD	X$\pm$SD	Z	P
Basma fazı sonu kalça ekstansiyonu	Sağ	-1,04 $\pm$ 13,38	3,66 $\pm$ 10,46	-0,529	0,597
	Sol	-0,65 $\pm$ 11,57	0,22 $\pm$ 11,07	-0,076	0,940
İlk temas kalça fleksiyonu	Sağ	33,42 $\pm$ 4,53	40,45 $\pm$ 12,15	-1,891	0,059
	Sol	35,46 $\pm$ 4,89	39,64 $\pm$ 8,29	-1,361	0,173
İlk temas diz açısı	Sağ	22,10 $\pm$ 7,38	23,66 $\pm$ 14,67	-0,681	0,496
	Sol	20,14 $\pm$ 5,22	18,51 $\pm$ 13,37	-0,454	0,650
Basma fazı ortası diz ekstansiyonu	Sağ	9,30 $\pm$ 11,26	10,86 $\pm$ 10,77	-0,757	0,449
	Sol	8,72 $\pm$ 7,69	3,50 $\pm$ 12,19	-0,567	0,570
İlk temas ayak bileği açısı	Sağ	3,88 $\pm$ 5,26	5,47 $\pm$ 8,53	-0,227	0,820
	Sol	2,06 $\pm$ 4,41	-2,53 $\pm$ 12,02	-1,361	0,173
Basma fazı ortası ayak bileği açısı	Sağ	16,17 $\pm$ 5,55	14,75 $\pm$ 5,10	-0,492	0,623
	Sol	14,40 $\pm$ 6,85	12,04 $\pm$ 6,48	-0,832	0,406
Salınımında maksimum ayak bileği açısı	Sağ	10,37 $\pm$ 9,38	9,57 $\pm$ 9,47	-0,378	0,705
	Sol	7,60 $\pm$ 6,53	2,53 $\pm$ 7,70	-1,816	0,069
Pelvik tilt	Sağ	15,58 $\pm$ 7,28	23,98 $\pm$ 5,43	-2,571	0,010
	Sol	15,67 $\pm$ 7,31	23,91 $\pm$ 5,94	-2,269	0,023
Salınım ortası maksimum kalça fleksiyonu	Sağ	39,89 $\pm$ 6,04	47,11 $\pm$ 8,69	-1,814	0,070
	Sol	39,74 $\pm$ 8,27	46,31 $\pm$ 9,42	-1,512	0,130
Salınım başlangıcı maksimum diz fleksiyonu	Sağ	55,13 $\pm$ 6,27	56,46 $\pm$ 4,90	-0,378	0,705
	Sol	54,56 $\pm$ 9,04	50,80 $\pm$ 8,26	-1,400	0,162

p değeri; Mann Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

E-FES'in etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar E-FES ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldı. Yürümenin sagittal plan kinematik değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.29.)

Tablo 4.29. Yürümenin Sagittal Plan Kinematiklerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması

		E-FES Grubu	Kontrol Grubu	Mann-Whitney U Testi	
		X$\pm$SD	X$\pm$SD	Z	P
Basma fazı sonu kalça ekstansiyonu	Sağ	-2,86 $\pm$ 7,05	-0,38 $\pm$ 6,50	-0,757	0,449
	Sol	-2,15 $\pm$ 8,01	-3,16 $\pm$ 9,33	-0,279	0,705
İlk temas kalça fleksiyonu	Sağ	-3,95 $\pm$ 8,60	-2,80 $\pm$ 6,26	-0,833	0,405
	Sol	-2,26 $\pm$ 6,28	1,13 $\pm$ 6,77	-0,454	0,650
İlk temas diz açısı	Sağ	-2,38 $\pm$ 6,56	-1,38 $\pm$ 6,60	-0,303	0,762
	Sol	1,67 $\pm$ 7,08	0,25 $\pm$ 4,44	-0,530	0,596
Basma fazı ortası diz ekstansiyonu	Sağ	-1,54 $\pm$ 7,31	1,23 $\pm$ 5,93	-0,984	0,325
	Sol	1,05 $\pm$ 7,77	-0,91 $\pm$ 3,04	-0,530	0,596
İlk temas ayak bileği açısı	Sağ	2,74 $\pm$ 6,03	2,16 $\pm$ 6,75	-0,227	0,820
	Sol	2,10 $\pm$ 6,32	0,86 $\pm$ 8,33	-0,984	0,325
Basma fazı ortası ayak bileği açısı	Sağ	1,24 $\pm$ 3,90	-5,09 $\pm$ 8,23	-1,893	0,058
	Sol	1,64 $\pm$ 8,13	-3,00 $\pm$ 4,02	-1,816	0,069
Salınımında maksimum ayak bileği açısı	Sağ	-1,81 $\pm$ 6,52	1,26 $\pm$ 6,46	-0,152	0,879
	Sol	1,54 $\pm$ 7,29	1,66 $\pm$ 4,45	-1,211	0,226
Pelvik tilt	Sağ	-4,65 $\pm$ 6,82	-0,81 $\pm$ 5,45	-1,741	0,082
	Sol	-4,56 $\pm$ 6,88	-0,75 $\pm$ 6,25	-1,817	0,069
Salınım ortası maksimum kalça fleksiyonu	Sağ	-1,75 $\pm$ 5,99	1,61 $\pm$ 6,21	-1,212	0,226
	Sol	-1,80 $\pm$ 8,74	0,07 $\pm$ 5,31	-0,454	0,650
Salınım başlangıcı maksimum diz fleksiyonu	Sağ	3,82 $\pm$ 3,52	1,56 $\pm$ 3,14	-1,512	0,130
	Sol	4,01 $\pm$ 5,61	0,81 $\pm$ 3,24	-1,590	0,112

p değeri; Mann Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

4.9. Bireylerin Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerine Ait Bulguları:

Tedavi öncesinde, bireylerin Pediatrik Özürlülük Değerlendirmesi Envanterinin alt bölümleri ile belirlenen günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeylerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.30).

Tablo 4.30. Tedavi Öncesi Grupların Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	Z	P
Kendine Bakım	62,60±10,29	61,40±11,10	0,000	1,000
Mobilite	47,40±4,67	47,20±6,61	-0,228	0,820
Sosyal Fonksiyon	58,90±5,06	56,10±8,85	-0,230	0,818
Toplam Puan	168,90±16,68	164,70±25,06	-0,076	0,940

p değeri; Mann whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, T.Ö: tedavi öncesi

Tedavi sonrası grup içi karşılaştırmalarda, E-FES grubunda Pediatrik Özürlülük Değerlendirmesi Envanterinin “Kendine Bakım” ve “Sosyal Fonksiyon” alt parametrelerinde değişiklik bulunmazken ($p>0,05$), “Mobilite” ve “Toplam puan” açısından olumlu yönde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Kontrol grubunda tedavi sonrasında öncesine göre PEDİ’nin alt parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.31).

Tablo 4.31. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup İçi Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerinin Karşılaştırılması

	Tedavi Öncesi (n=10)	Tedavi Sonrası (n=10)	Wilcoxon Testi	
	X±SD	X±SD	Z	P
E-FES Grubu				
Kendine Bakım	62,50±10,30	63,40±10,66	-1,342	0,180
Mobilite	47,40±4,67	52,00±3,94	-2,823	0,005
Sosyal Fonksiyon	58,90±5,07	59,20±4,71	-1,342	0,180
Toplam puan	168,90±16,68	174,70±16,42	-2,812	0,005
Kontrol Grubu				
Kendine Bakım	61,40±11,10	61,50±11,44	-1,000	0,317
Mobilite	47,20±6,61	47,40±6,55	-1,414	0,157
Sosyal Fonksiyon	56,10±8,85	56,10±8,85	0,000	1,000
Toplam puan	164,70±25,06	165,70±25,09	-1,732	0,083

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

Tedavi sonrasında, bireylerin günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyleri açısından gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.32)

Tablo 4.32. Tedavi Sonrası Grupların Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	Z	P
Kendine Bakım	63,40±10,65	61,50±11,44	-0,341	0,733
Mobilite	52,00±3,94	47,40±6,55	-1,479	0,139
Sosyal Fonksiyon	59,20±4,71	56,10±8,85	-0,307	0,759
Toplam puan	174,70±16,42	165,70±25,09	-0,719	0,472

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma, T.S: tedavi sonrası

E-FES'in etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar E-FES ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldı. Günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeylerinde gruplar arasında PEDI 'nin "Kendine Bakım" ve "Sosyal Fonksiyon" alt parametrelerinde değişiklik bulunmazken ($p>0,05$), "Mobilite" ve "Toplam puan" açısından E-FES grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$) (Tablo 4.33).

Tablo 4.33. Günlük Yaşam Aktivitelerindeki Bağımsızlık Düzeylerinde Tedavinin Etkisi İle Meydana Gelen Değişimlerin Gruplar Arası Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X$\pm$SD	X$\pm$SD	Z	P
Kendine Bakım	0,80 $\pm$ 1,93	0,10 $\pm$ 0,32	-0,730	0,466
Mobilite	4,60 $\pm$ 2,88	0,20 $\pm$ 0,42	-3,924	0,000
Sosyal Fonksiyon	0,30 $\pm$ 0,67	0,00 $\pm$ 0,00	-1,451	0,147
Toplam Puan	5,70 $\pm$ 4,37	0,30 $\pm$ 0,48	-3,876	0,000

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: farkların ortalaması, SD: standart sapma

4.10. Bireylerin Yaşam Kalite Düzeylerine Ait Bulguları:

Tedavi öncesinde, bireylerin CHQ-PF50'nin alt bölümleri ile belirlenen yaşam kalite düzeylerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0,05$) (Tablo 4.34).

Tedavi sonrası grup içi karşılaştırmalarda, CHQ-PF50 anketinin "Fiziksel fonksiyon", "Fiziksel nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları", "Ağrı", "Davranış", "Mental sağlık", "Ebeveyn üzerindeki zaman etkisi" alt ölçeklerinde E-FES grubunda istatistiksel olarak anlamlı düzeltilmeler saptandı ($p<0,05$). Bu anketin alt ölçeklerinden türetilen fiziksel ve psiko-sosyal sağlık toplam puan ortalamalarında da istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olumlu değişiklikler tespit edildi ($p<0,05$). Kontrol grubunda tedavi öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu. ($p>0,05$) (Tablo 4.35).

Tablo 4.34. Grupların Tedavi Öncesi Yaşam Kalite Düzeylerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol Grubu (n=10)	Mann-Whitney U Testi	
	X±SD	X±SD	Z	p
Fiziksel fonksiyon	43,33±28,30	39,44±20,53	-0,456	0,649
Emosyonel davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları	55,56±33,13	48,89±33,21	-0,612	0,541
Fiziksel nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları	46,67±28,11	33,33±22,22	-1,088	0,277
Ağrı	74,00±30,26	76,00±19,55	0,000	1,000
Davranış	75,92±12,21	66,50±16,12	-1,406	0,160
Mental sağlık	71,00±15,60	71,50±10,55	-0,267	0,790
Öz saygı	70,00±11,75	67,50±9,58	-0,654	0,513
Genel sağlık	40,92±15,33	33,67±7,51	-1,252	0,210
Ebeveyn üzerindeki emosyonel etki	50,83±25,29	38,33±26,41	-1,029	0,303
Ebeveyn üzerindeki zaman etkisi	63,33±26,22	51,11±31,08	-0,886	0,376
Aile aktiviteleri	70,00±22,97	62,08±18,68	-0,950	0,342
Aile uyumu	73,00±24,63	72,50±13,18	-0,631	0,528
Fiziksel sağlık toplam puanı	26,44±11,86	21,95±7,91	-0,756	0,450
Psiko-sosyal sağlık toplam puanı	45,56±6,90	41,79±8,38	-1,058	0,290

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma

Tedavi sonrasında E-FES eğitimine alınan çocuklarda CHQ-PF50 anketinin “Fiziksel nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları” “Davranış”, Ebeveyn üzerindeki zaman etkisi” öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeltilmeler elde edildi ($p<0,05$). Anketin fiziksel sağlık toplam puan ortalamasında ise istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olumlu fark tespit edildi ($p<0,05$) (Tablo 4.36).

Tablo 4.35. Tedavi Öncesi ve Sonrası Grup Yaşam Kalite Düzeylerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu				Kontrol Grubu			
	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası	Wilcoxon testi		Tedavi öncesi	Tedavi sonrası	Wilcoxon testi	
	X±SD	X±SD	Z	p	X±SD	X±SD	Z	p
Fiziksel fonksiyon	43,33±28,30	63,89±28,48	-2,821	0,005	39,44±20,53	41,67±19,47	-1,633	0,102
Emosyonel davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları	55,56±33,13	68,89±35,45	-1,604	0,109	48,89±33,21	55,56±28,69	-1,000	0,317
Fiziksel nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları	46,67±28,11	61,67±28,38	-2,032	0,042	33,33±22,22	35,00±22,84	-1,000	0,317
Ağrı	74,00±30,26	85,00±21,73	-2,041	0,041	76,00±19,55	81,00±21,83	-1,342	0,180
Davranış	75,92±12,21	83,25±12,64	-2,524	0,012	66,50±16,12	67,33±15,67	-1,000	0,317
Mental sağlık	71,00±15,60	76,00±13,90	-2,157	0,031	71,50±10,55	72,50±10,87	-1,414	0,157
Öz saygı	70,00±11,75	70,00±18,40	-1,409	0,159	67,50±9,58	67,92±10,40	-1,000	0,317
Genel sağlık	40,92±15,33	44,08±15,20	-1,474	0,141	33,67±7,51	35,42±8,30	-0,447	0,655
Ebeveyn üzerindeki emosyonel etki	50,83±25,29	59,17±26,19	-1,342	0,180	38,33±26,41	38,33±26,41	0,000	1,000
Ebeveyn üzerindeki zaman etkisi	63,33±26,22	81,11±24,03	-2,414	0,016	51,11±31,08	52,22±29,19	-1,000	0,317
Aile aktiviteleri	70,00±22,97	75,42±19,78	-1,787	0,074	62,08±18,68	65,75±17,68	-1,604	0,109
Aile uyumu	73,00±24,63	77,50±21,51	-1,342	0,180	72,50±13,18	72,50±13,18	0,000	1,000
Fiziksel sağlık toplam puanı	26,44±11,86	34,42±11,91	-2,803	0,005	21,95±7,91	22,89±7,57	-0,736	0,461
Psiko-sosyal sağlık toplam puanı	45,56±6,90	49,58±7,71	-2,293	0,022	41,79±8,38	42,75±7,66	-0,736	0,461

p değeri; Wilcoxon testi, X: ortalama, SD: standart sapma,

Tablo 4.36. Grupların Tedavi Sonrası Yaşam Kalite Düzeylerinin Karşılaştırılması

	E-FES Grubu (n=10)	Kontrol grubu (n=10)	Mann-Whitney U testi	
	X±SD	X±SD	Z	p
Fiziksel fonksiyon	63,89±28,48	41,67±19,47	-1,932	0,053
Emosyonel davranışsal nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları	68,89±35,45	55,56±28,69	-1,037	0,300
Fiziksel nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları	61,67±28,38	35,00±22,84	-1,988	0,047
Ağrı	85,00±21,73	81,00±21,83	-0,456	0,648
Davranış	83,25±12,64	67,33±15,67	-2,203	0,028
Mental sağlık	76,00±13,90	72,50±10,87	-0,533	0,594
Öz saygı	70,00±18,40	67,92±10,40	-0,961	0,336
Genel sağlık	44,08±15,20	35,42±8,30	-1,516	0,129
Ebeveyn üzerindeki emosyonel etki	59,17±26,19	38,33±26,41	-1,562	0,118
Ebeveyn üzerindeki zaman etkisi	81,11±24,03	52,22±29,19	-2,154	0,031
Aile aktiviteleri	75,42±19,78	65,75±17,68	-1,292	0,196
Aile uyumu	77,50±21,51	72,50±13,18	-1,035	0,301
Fiziksel sağlık toplam puanı	34,42±11,91	22,89±7,57	-2,419	0,016
Psiko-sosyal sağlık toplam puanı	49,58±7,71	42,75±7,66	-1,814	0,070

p değeri; Mann-Whitney U testi, X: ortalama, SD: standart sapma

5. TARTIŞMA

Çalışmamız spastik diplejik SP' li çocukların alt ekstremitelerine uygulanan E-FES' in, çocukların yürüyüş parametreleri ve günlük yaşam aktivitelerine olan etkilerini araştırmak amacıyla planlanmıştır. Çalışmanın sonucunda fizyoterapiye ek olarak uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu, ICF'in vücut yapı ve fonksiyonları boyutunda; fonksiyonel kas kuvvetinde artış ve enerji tüketiminde azalma sağlarken, kas tonusu ve eklem hareket açıklığında bir fark yaratmamıştır. Katılım ve aktivite boyutunda ise kaba motor fonksiyonlarda, denge parametrelerinde, fonksiyonel bağımsızlık düzeyi ve yaşam kalite düzeylerinde olumlu kazanımlar sağlamasına rağmen, yürüyüşün zaman mesafe özelliklerinde ve sagittal plan kinematik değerlerinde bir kazanım sağlamamıştır.

Kuvvet kaybının SP' li çocuklarda fonksiyonel yetersizliklere büyük katkı sağladığı düşünülmesine rağmen, geçmişte kuvvetlendirme programları spastisiteyi arttıracak endişesi ile önerilmemiştir. Günümüzde ise kuvvetlendirme eğitimlerinin olumsuz yan etkisi olmaksızın bireylerde olumlu kazanımlar sağladığı vurgulanmaktadır (11,95). İnmeli ve spinal kord yaralanmalı bireylerde kuvvetlendirme amacıyla kullanılan E-FES' in kas kuvveti, motor kontrol ve yürüme yeteneğinde sağladığı olumlu faydalar gösterilmiştir (18,138,139). Bu faydalar, merkezi sinir sisteminin daha plastik ve esnek olması nedeniyle (28,111). çocuklarda uygulamanın etkili olabileceğini düşündürmektedir. E-FES' in SP' li bireyler üzerine etkilerini araştıran çalışma sayısı, sadece 2 vaka örneği ile sınırlıdır ve dolayısıyla etkinliğine dair kanıt düzeyi yetersizdir. Çalışmamız literatürde bu alanda yapılan ilk randomize kontrollü araştırma olması nedeniyle değerlidir.

Çalışmamızda gruplar arasında, bireylerin incelenen fiziksel ve demografik karakteristikleri ve ölçüm parametrelerinin tedavi öncesi değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olmaması, grupların benzer özellikte olduğunu ve bu çalışma ile açığa çıkan sonuçların bireylerin belirtilen karakteristiklerinden ve parametrelerin tedavi öncesi değerlerinden bağımsız olduğunu göstermektedir.

Vücut Yapı ve Fonksiyonları

SP gibi nöromüsküler ve kas-iskelet sistemi bozukluklarında motor fonksiyona yönelik en başarılı müdahale, sınırlayıcı bozukluğun doğru olarak tanımlanmasına bağlıdır (13). Çalışmalar, SP’de kuvvet kaybı, spastisite, kemik deformiteleri ve yumuşak doku kontraktürleri gibi vücut yapı ve fonksiyonlarını etkileyen bozuklukların var olduğu göstermiştir (1,140,141). Literatür incelendiğinde SP’ li bireylerde kuvvetlendirme eğitiminin vücut yapı ve fonksiyonları üzerindeki etkinliğini belirlemek için kas kuvveti, spastisite, eklem hareket açıklığı ve enerji tüketimi gibi sonuç ölçümleri yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (142).

Çalışmamızda, 8 haftalık tedavi sonrası grup içi karşılaştırmalarda, kontrol grubunda ICF’in vücut yapı ve fonksiyonları boyutunda istatistiksel olarak bir fark bulunmazken, fizyoterapi programına ek olarak uygulanan E-FES grubunda bilateral olarak kalça fleksörleri ve hamstring kas grubunun kas tonusu ve kalça ekstansiyonundaki eklem limitasyonu ve enerji tüketim miktarı azalmıştır. Tedavi sonrası gruplar arası karşılaştırmalarda E-FES, fonksiyonel kas kuvvetinde artış ve enerji tüketiminde azalma sağlarken, kas tonusu ve eklem hareket açıklığında bir fark yaratmamıştır.

Günümüzde kuvvetlendirme eğitimlerinin SP’ li çocukların kas kuvveti üzerine olan olumlu etkileri kanıtlanmıştır (12). Çalışmalarda genellikle izotonik egzersiz eğitimlerinden sonra, kasın izometrik kas gücü ölçülerek kas kuvvetindeki değişim ortaya koyulmuştur (99,100,141,143). Damiano, bağımsız yürüyebilen spastik SP’ li çocukların, sağlıklı yaşlılarına göre maksimum izometrik kontraksiyon sırasında kas gücünün %52 daha az olduğunu göstermiştir (4). Reid ve diğ. SP’ li çocuklarda ekzentrik kuvvetlendirme eğitimi ile ko-kontraksiyonda azalma ve maksimum kuvvet üretiminde artma olduğunu göstermişlerdir (144).

Fowler ve diğ. spastik diplejik SP’ li çocuklarda fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimlerinden biri olan sabit bisikletin kas kuvveti, lokomotor endurans, tercih edilen yürüme hızı ve kaba motor fonksiyon üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında 12 haftalık süreç içerisinde, haftada 3 gün toplam 30 seans uygulanan sabit bisiklet eğitimi sonrası diz fleksörleri ve ekstansörlerindeki maksimum kuvvet üretme kapasitesinin arttığını göstermişlerdir (145).

SP' li bireylere uygulanan kuvvetlendirme eğitimlerinin spastisite üzerine olan etkileri hakkında yeterli kanıt yoktur. Geçmişte spastisiteyi arttıracak endişesi ile önerilmeyen kuvvetlendirme programlarının, günümüzde spastisitede artış yaratmaksızın kuvvette kazanımlar sağlayabileceğini gösteren yayınlar mevcuttur (12,117).

Lee ve diğ., alt ekstremitelere yönelik kuvvetlendirme eğitiminin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, GMFCS seviye II ve III olan diplejik ve hemiplejik toplam 17 çocukta 5 hafta boyunca, haftada 3 kez 2 set 10 tekrar squat to stand, lateral step up, merdiven inme-çıkma ve isokinetik cihaz ile kuvvetlendirme eğitimi vermişlerdir. Tedavi sonrasında MAS ile ölçülen kas tonusunun değişmediğini göstermişlerdir (146).

Mac phail ve Kramer, 17 adolesan SP' li çocukta 8 haftalık izokinetik kuvvet-eğitim programının, diz eksansör ve fleksör kas kuvvetine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, tedavi sonrası kuadriseps ve hamstring kas gruplarının MAS değerlerinde azalma yönünde bir değişim olmasına rağmen, istatistiksel olarak anlamlı olmadığını rapor etmişlerdir (14).

Kuvvetlendirme eğitiminin eklem hareket açıklığı üzerine olan etkileri net olarak açıklanmamış olmakla birlikte, bazı çalışmalarda kuvvetlendirme eğitimi sonrası alt ekstremitte eklem hareket açıklığında artış olduğunu gösterilmiştir. Unger ve diğ., 31 spastik SP' li çocuğa 8 hafta boyunca haftada 1-3 kez kum torbası veya elastik bant ile uyguladıkları kuvvetlendirme eğitimi sonrasında, kalça fleksiyon kontraktürünün 5° azaldığını bulmuşlardır (147). McNee ve diğ. 10 spastik diplejik ve hemiplejik çocuğa plantar fleksörleri kuvvetlendirmek için 10 hafta boyunca, haftada 4 kez 6-12 tekrarlı *Thera-band* ile dirençli eğitim uygulamışlardır. Tedavi sonrasında dorsi fleksiyon normal eklem hareketi 7° artmıştır (148).

Çalışmamızda kuvvetlendirme amacıyla kullandığımız E-FES ile ilgili literatür incelendiğinde, SKY'li ve inmeli hastalarda, spastisiteyi azalttığı, kas kuvvetini arttırdığı ve enerji tüketimini azaltarak kardiyorespiratuar enduransı arttırdığı gösterilmiştir (18,27,28,138,139,149).

Trevesi ve diğ. E-FES' nin SP' li çocuklarda uygulanabilirliği, pedal çevirme ve yürüme üzerine etkilerini araştırdıkları vaka çalışmasında; 2 diplejik SP' li çocuğa 7 hafta boyunca haftada 3 gün, 30 dk E-FES uygulanmıştır. Uygulama; kuadriseps,

medial hamstring, gluteus maksimus ve tibialis anterior kaslarına bilateral olarak yapılmıştır. 1. Vaka 15 yaşında, GMFCS seviye II; 2. Vaka 17 yaşında, GMFCS seviye III, diplejik SP'dir. Uygulama sonrası 1. vakada bilateral soleus, sol kalça adduktörlerinde MAS ile ölçülen spastisite değerlerinde azalma sağlanırken, 2. vakada MAS değerlerinde bir değişiklik olmamıştır. Aktif eklem hareket açıklıklarında ise 1. vaka sol ayak bileği dorsifleksiyonunda artış dışında hiçbir değişim gözlenmemiştir. Tedavi sonrası kas kuvveti değerlerinde, 1. vakada tibialis anterior (tö: sağ 3.33; ts: sağ 4), lateral hamstring (tö: sol 3.67; sağ: 3.33, ts: sol:4.67; sağ:4.33) medial hamstring (tö: sol 4; ts: sol 5) kas kuvvetlerinde klinik olarak minimal anlamlı değişimler saptanmışken; vaka 2 de kas kuvvetinde bir değişim saptanmamıştır. 1. vakada ayak bileği aktif eklem hareket açıklığında minimal düzeyde bir gelişme saptanmışken 2. vakada istatistiksel olarak anlamlı gelişme saptanmamıştır (28).

Johnston ve Wainwright'ın 49 yaşındaki diplejik yetişkin SP' de E-FES' in etkinliğini inceledikleri vaka çalışmasında, bilateral gluteus maksimus, gastrokinemius ve kuadrisep kas grubuna 12 hafta boyunca haftada 3 gün 30 dk E-FES uygulanmıştır. 12 haftalık uygulama sonrasında kuadriseps kasının kuvvet üretme kapasitesinde % 22,2 hamstringlerin kuvvet üretme kapasitesinde % 18,5 oranında istatistiksel olarak anlamlı gelişme saptanmıştır. Uygulama sonrası spastisitede herhangi bir değişim saptanmamıştır (27).

Çalışmamızda kuvvetlendirme amacıyla kullandığımız bisiklet, SP' li çocuklarda denge, koordinasyon ve fiziksel durumun gelişimi için önemli bir terapi yaklaşımıdır (17,111,145,150). Gerek aktif bisiklet kullanımı gerekse pasif bisiklet kullanımı alt ekstremitelerin respirokale fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerini kolaylaştırarak kuvvetlenme sağladığı ve eklem hareket açıklığını koruduğu önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (27,151,152). Çalışmamızda E-FES grubunda respirokale hareketler sayesinde daha önce inaktif veya zayıf olan kasların tekrarlı aktivitesine bağlı olarak kuvvetlendirmeye katkı sağladığını ve kalça eklem hareket açıklığını geliştirdiğini düşünmekteyiz.

Nörogelişimsel tedavi yaklaşımına göre, spastik çocuklarda kas zayıflığı, aynı zamanda taktil ya da proprioseptif sensorik bozukluklara dayandırılmaktadır (96). Çalışmamızda uyguladığımız kapalı kinetik zincir kuvvetlendirme eğitiminin

sağladığı duyuşal girdi ile, ağırlık aktarılan dokulardaki proprioseptörler stimüle edilmiş ve motor bağlantıların gelişimi sağlanmış olabilir. Bunun yanı sıra, uygulanan FES internöronların ve motor nöronların uyarılabilirliğini etkileyip doğru zamanda sensorik girdi sağlayarak kişilerin istemli olarak sağlayabileceğinden daha fazla kuvvet üretme kapasitesine katkı sağladığı düşünölebilir. E-FES uygulamasıyla, bireylere uyarılan motor nöronun antidromik ateşlenmesini ve görev ile ilgili bütöncöl duyuşal girdi sağlar; böylece daha organize hareket için gereken sinaptik kontrol sağlanmış olur ve kaslar doğru aktivasyon sıralamasıyla egzersizi yapar (22,28). Tüm bu E-FES özellikleri, merkezi motor nöroplastisitesinin fonksiyonel kapasitesinin uyarımında potansiyel artış sağlamış olabilir. Ayrıca, agonist kasa uygulanan NMES türevi akımların, motor üniteyi güçlendirmenin yanı sıra; kas hipertrofisiyle sonuçlanan kontraktıl proteinlerin artışını sağlayarak kas kuvvetlenmesine katkıda bulunduğı kanıtlanmıştır (153). E-FES' in sağladığı stimülasyon NMES türevi bir akım olduğı için bu yolla kas kuvvetine katkıda bulunmuş olabilir.

NMES ve türevi akımların agonist kasta aktivasyonunu arttırıp, antagonist kasta spastisiteyi azalttığına dair kanıtlar yer almaktadır. Kasa uygulanan elektrik stimölasyonu, resiprokal inhibisyon yoluyla kasın antagonistindeki tonus artışını azaltabilir (154). Bu bilgi ışığında kuadriseps, gluteus maksimus kası ve hamstring kas grubuna uyguladığımız FES' in hem kas kuvvetini arttırdığını hem de kalça fleksörleri ve diz fleksörlerindeki spastisiteyi azalttığını düşünmekteyiz. E-FES grubunda azalan kalça fleksör spastisitesi ve artan gluteus maksimus kuvveti ile birlikte kalça ekstansiyon limitasyonu da azalmıştır.

Enerji tüketimi, yürümenin verimliliğinin, enerji ve zamanı boşa harcamadan ne kadar başarılı yapıldığının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (76,155). Yürümedeki enerji tüketimi ile, yürümedeki sorunlar kantitatif olarak tespit edilebilir. Yürümedeki enerji tüketiminde özellikle vücut ağırlık merkezinin vertikal yer değıştirmesi önemlidir (57,73). Vücut ağırlık merkezinin vertikal yer değışiklikleri için gereken iş, yürüme sırasındaki toplam işin yaklaşık % 50' sidir. SP' li bireylerde vücut ağırlık merkezinin vertikal hareketi artabilir; bunların bir sonucu olarak yürüme verimliliğı azalır ve enerji tüketimi artar (57,73).

Çalışmamızda fizyoterapi programına ek olarak E-FES uygulanan gruptaki bireylerin azalan enerji tüketim miktarlarının, statik ve dinamik denge verilerindeki anlamlı gelişmenin bir sonucu olduğunu düşünüyoruz. Duffy ve diğ. de yürümede ayağın öne hareketi sırasında denge reaksiyonlarının düzelmesi ile enerji tüketimin azalabileceğini belirtmiştir (156).

Enerji tüketimini en az seviyede tutmayı sağlayan biyomekaniksel düzenlemelerden biri, kasların doğru ve en ekonomik biçimde kasılmasıdır (57,73). E-FES uygulaması, alt ekstremitelerde bisiklet pedalı çevrimini sağlamak için oluşturduğu elektrik stimülasyonu sayesinde, uygun kas gruplarının sıralı kontraksiyonları ile respirokal, iyi zamanlanmış ve koordineli bir şekilde agonist/antagonist kasların kas aktivasyonu gerçekleştirmesini sağlayarak enerji tüketim miktarındaki azalmaya katkı sağlamış olabilir.

Aktivite ve Katılım

Kuvvetlendirme eğitimi ICF modelinin birçok alanında SP' li çocuklar üzerinde pozitif etki potansiyeline sahip olmasına rağmen, çalışmaların çoğu sadece kuvvet değişikliklerine odaklanmıştır. Son yıllarda ise artmış kuvvet ile ilişkili olarak ICF' in aktivite düzeyindeki performansı hakkında bilgi veren kaba motor fonksiyonlardaki değişiklikler değerlendirilmeye başlanmıştır (11,14,141).

Çalışmamızda E-FES' in etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar E-FES ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldığında. E-FES grubunda GMFM ölçütünün ayakta durma (D), yürüme-koşma-sıçrama (E) alt bölümlerinde istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler bulundu. GMFM'nin oturma (C) alt bölümünde ise fark yoktu. Kaba motor fonksiyon ölçütünün fonksiyonelliği değerlendirdiği göz önünde bulundurulduğunda, E-FES grubunun tedavi sonrasında, tedavi öncesine göre daha fonksiyonel olduğu görülmüştür. Bu sonuç E-FES'in daha önce inaktif veya zayıf olan kasların tekrarlı aktivitesine bağlı olarak kuvvetlendirmeye katkı sağladığını ve bunun bir sonucu olarak; fonksiyonel kas kuvvetindeki olumlu gelişmelerin kaba motor fonksiyonları arttırdığını düşünmekteyiz. Literatürdeki çalışmalar da, benzer şekilde, kuvvet gelişiminin kaba motor fonksiyonda artış sağlayarak bireyin fonksiyonlarını geliştirdiğini savunmaktadırlar (5,100,141,143).

Literatürdeki çalışmalar, alt ekstremité kaslarını hedefleyen kuvvetlendirme eğitimlerinden sonra GMFM' nin A, B ve C alt bölümlerinde istatistiksel olarak bir değişiklik saptamazken, D ve E alt bölümlerinde istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler olduğunu kanıtlamıştır (14,141). Çalışmamızda kaba motor fonksiyonlara dair elde ettiğimiz bulgularımız literatür ile örtüşmektedir. Damiano ve Abel, spastik SP' li çocuklarda fonksiyonel egzersizin etkilerini inceledikleri çalışmalarında, alt ekstremité kas kuvvetindeki artışın; oturma, yatma yuvarlanma gibi aktivitelerden ziyade yürüme, koşma, atlama gibi aktivitelerde ve bu aktiviteler esnasındaki performans üzerinde daha fazla etkiye sahip olacağını vurgulamışlardır (141). GMFM'nin D ve E bölümlerinde bağımsız ayakta durma, oturmadan ayağa kalkma, yürüme, koşma, zıplama, topa vurma, merdiven çıkma gibi birçok aktivite değerlendirilmektedir (126). Bu sebeple GMFM'nin D ve E bölümlerindeki anlamlı gelişmeler aslında beklenmedik bir bulgu değildir. Bunun yanında çalışmalarda GMFM ile değerlendirilen kaba motor fonksiyonlardaki iyileşme, çalışmamıza benzer biçimde, kuvvetlendirme programını takiben 6-8 haftada bildirilmiştir (11,14,141).

Trevesi ve diğ. E-FES' in SP' li çocuklarda uygulanabilirliği ile pedal çevirme ve yürüme üzerine etkilerini araştırdıkları vaka çalışmasında; kaba motor fonksiyonlar, GMFCS ile değerlendirilmiş; ancak tedavi sonrasında her iki vakada da istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme sağlanamamıştır. Yazarlar bu çalışmada kaba motor fonksiyonların klinik ölçeklerden ziyade daha kantitatif ve detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadırlar (28). Pediatrik rehabilitasyon alanında yaşları küçük olan bireylerdeki ilerlemenin yaşça büyük olan bireylere göre daha yüksek olduğu vurgulanmaktadır (157). Bunun yanı sıra Boyd ve diğ'leri SP' li çocuklarda büyük yaş gruplarında GMFM tavan etkisi yaptığı için gerçek fonksiyonel kazanımları maskeleyebileceğini öne sürmüştür (158). Bizim çalışmamızdaki çocukların yaş ortalaması Trevesi ve diğ'nin çalışmasına göre daha küçüktür, bu sebeple kuvvetteki kazanımların kaba motor fonksiyonlara daha kolay yansıdığını düşünmekteyiz. Bunun yanı sıra Trevesi ve diğ. kaba motor fonksiyonları GMFCS ile değerlendirdikleri için daha genel bir sınıflandırma yapmışlar. Bizim çalışmamızda kullandığımız GMFM kaba motor fonksiyonlardaki gelişmeyi GMFCS' den daha iyi yansıtmaktadır.

Fowler ve diğ. spastik diplejik SP' li çocuklarda sabit bisikletin, kas kuvveti, lokomotor endurans, tercih edilen yürüme hızı ve kaba motor fonksiyon üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, 12 haftalık süreç içerisinde, haftada 3 gün toplam 30 seans uygulanan sabit bisiklet eğitimi sonrası GMFM-66' nin D ve E puanında istatistiksel olarak önemli gelişmeler saptanmıştır. Bisiklet grubundaki bu gelişmeyi fonksiyonel kuvvetteki artışla açıklamışlardır (16).

Günümüzde SP' li çocuklarda kas kuvvetini arttırmak için fonksiyonel elektrik stimülasyonu da kullanılmaktadır. Kerr ve diğ. yapmış oldukları derlemede elektrik stimülasyonunun SP'de kas kuvvetini ve motor fonksiyonu geliştirmede etkili olduğu vurgulanmaktadır. Bu çalışmada NMES'in diğer elektrik stimülasyonu modalitelerine kıyasla daha etkin olduğu ve motor fonksiyonla ilişkili olduğu belirtilmiştir (105). Çalışmamızda kullandığımız akım formu olan FES'in kaba motor fonksiyondaki gelişmeye katkı sağladığı düşünülebilir.

Literatürde bisiklet sürmenin ve FES'in SP' li bireylerde kuvvet ve kaba motor fonksiyonu arttırdığına dair kanıtlar bulunmaktadır; ancak çalışmamızda E-FES grubundaki çocuklarda sağlanan kuvvet ve kaba motor fonksiyondaki gelişmenin elektrik stimülasyonunda mı yoksa bisiklet çevriminden mi kaynaklandığı ayırt edilememektedir. Bu nedenle, ileride yapılacak randomize kontrollü çalışmaların bunun ayrımını yapması gerektiğini düşünüyoruz.

Statik ve fonksiyonel denge; ayakta durma, yürüme ve günlük yaşam aktiviteleri için esas parametrelerden olup son derece önemlidir (59). Nöromusküler problemi olmayan çocuklarda otomatik olarak kontrol edilen denge, diplejik SP' li çocuklarda zorlu bir hedef olarak karşımıza çıkar (159). Spastisite, artmış agonist/antagonist koaktivasyonu, ayak bileği stratejilerindeki gecikme, alt ekstremitelerde dizilim bozuklukları, kas kısalıklarının yol açtığı eklem hareket limitasyonları gibi faktörlerin diplejik çocuklarda fonksiyonel limitasyonlara ve denge problemlerine yol açtığı bilinmektedir (159-161).

Literatürde, spastisiteyle ilişkili olarak kas-eklem ilişkisinin bozulması ve propriyosepsiyona katkıda bulunan kas içiği hassasiyetinin azalması nedenleriyle ikincil kas değişiklikleri ve eklem pozisyon duyusunda hasarlanma bildirilmiştir (162-164). Bu bilgidan yola çıkarak, diplejik çocuklardaki artmış spastisiteyle birlikte kalçanın internal rotasyon ve fleksiyonda olduğu atipik duruş, hareket

duyularını olumsuz etkileyip duyuşal anlamda bozukluk yaratarak denge kaybını beraberinde getirmektedir. Woollacott M, Shumway-Cook dengeyi geliştirebilmek için terapilerde düzgün kas yanıtı organizasyonu ve azaltılmış ko-kontraksiyon üzerinde durulması gerektiğini vurgulamaktadırlar (165).

E-FES'in SP' li bireylerde etkinliğini inceleyen vaka çalışmalarında PDÖ, bir sonuç ölçümü olarak kullanılmamıştır. Çalışmamızda, çocukların günlük yaşam aktivitelerindeki fonksiyonel dengelerini değerlendirmek amacıyla kullandığımız PDÖ puanlarında, tedavi öncesi gruplar arasında bir fark bulunmazken, grup içi karşılaştırmalarda ve tedavinin etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar karşılaştırıldığında, E-FES grubunda anlamlı artış vardı. Chen ve diğ. tarafından yapılan çalışmada SP' li çocuklarda postüral kontrolü değerlendirmek için GMFM-66 ve PDÖ kullanmışlardır. Sonuç olarak GMFM puanları ile PDÖ arasında bir korelasyon olduğunu, GMFM puanları arttıkça PDÖ puanlarının arttığını belirtmişlerdir (166). Bu bilgiden yola çıkarak E-FES uygulanan çocukların kaba motor fonksiyonlarındaki kazanımlarının denge parametrelerine olumlu olarak yansıdığını düşünmekteyiz.

TUG testi ile çocukların transferler ve yürüme esnasındaki dengelerini koruyabilme kabiliyetlerini araştırdık. Literatürde TUG testi skorunun çocukluk çağında fonksiyonel yetenekleri yansıtabileceği öne sürülmüştür, testte düşük süre daha yüksek fonksiyonelliği yansıtmaktadır (167). Spastisite, kas tonusunda hıza bağımlı artış ile karakterize motor bir bozukluk olarak tanımlanmaktadır (168). TUG testinde, hızla birlikte spastisitenin etkinliğindeki artış, çocuğun hareket performansında azalmayla sonuçlanmaktadır (169). Çocukların fonksiyonel mobilite ve dinamik dengenin değerlendirmesi için kullandığımız TUG, grup içi karşılaştırmalarda ve tedavinin etkinliğini araştırmak için 8 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar karşılaştırıldığında, E-FES grubunda anlamlı artış vardı. E-FES grubunun tedavi sonrası TUG testi değerlerinin tedavi öncesine göre anlamlı olarak daha düşük olması, E-FES grubundaki çocukların uygulama sonrası daha iyi performans sergilediklerini göstermektedir. Çalışmamızda spastisitenin ve alt ekstremitedeki eklem hareket limitasyonlarının tedavi öncesi ve sonrası gruplar arasında bir fark bulunmazken, grup içi karşılaştırmalarda fizyoterapi programına ek olarak E-FES uygulanan grupta azalmış kas tonusu ve eklem hareket açıklığı olması

ve fonksiyonel kas kuvvetindeki artışın tedavi sonrası E-FES grubunun hareket performansını arttırdığını düşündürmektedir. Bireylerin tedavi sonrasında yürüme hızında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığı düşünülürse, E-FES grubundaki kazanımların artan fonksiyonel kas kuvveti ve kaba motor fonksiyonların bir sonucu olarak gelişen fonksiyonel mobilite yeteneği ve postüral kontroldeki gelişmelerden kaynaklandığını düşünmekteyiz.

TUG, E-FES'in etkinliğini inceleyen çalışmalarının sadece ikisinde sonuç ölçümü olarak kullanılmıştır. Bu iki çalışmadaki bulgular bizim bulgularımızla örtüşmektedir. Alon ve diğ. kronik inmeli bireylerde yoğun E-FES eğitiminin uygulanabilirliği ve güvenliğini araştırdıkları çalışmalarında, 10 kronik hemiplejik hastaya 8 hafta boyunca haftada 3 gün RT300 ile E-FES eğitimi vermişler. Stimulasyon, paratik ekstremitelerde dorsal ve plantar fleksörlere, hamstring ve kuadriseps kaslarına uygulanmış. Tedavi sonrasında TUG testinde $45,4 \pm 54,9$ sn'den $34,0 \pm 31,8$ sn' ye olan düşüş % 26,6' lık bir gelişme olarak kanıtlanmış ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,03$) (170).

Johnston ve Wainwright'ın 49 yaşındaki diplejik yetişkin SP'de E-FES'in etkinliğini inceledikleri vaka çalışmasında 12 haftalık eğitimin ardından vakanın TUG skoru 11,9 sn 'den 9,0 sn düşmüştür. Ancak araştırmacılar istatistiksel olarak anlamlı olan bu kazanımın kuvvetlenmenin etkisi mi yoksa enduransa bağlı bir kazanç mı olduğunu açıklayamamaktadır (27).

E-FES alt ekstremitelerde bisiklet çevrimi sağlamak için oluşturduğu elektriksel stimülasyonu sayesinde uygun kas gruplarının sıralı kontraksiyonları ile resiprokal, iyi zamanlanmış ve koordineli bir şekilde agonist/antagonist kasların kas aktivasyonu gerçekleştirir (27,152). Bu bilgiden yola çıkarak Woollacott M, Shumway-Cook'un vurguladığı gibi (165) E-FES azaltılmış ko-kontraksiyon ile birlikte düzgün kas cevapları açığa çıkarmaya yardımcı olarak denge gelişime katkıda bulunmuş olabilir. Bu bulgular, E-FES uygulamasının SP' li çocukların fonksiyonel dengelerini geliştirmek için rehabilitasyon programı içine dahil edilebileceğini göstermektedir.

Yürüme analizinin temel amacı normal yürüyüşü, bireysel farklılıklardan bağımsız ve sayısal verilerle ifade edebilmek ve normalden farklı yürüyüş şeklini, bu bozukluğun altında yatan patoloji veya fonksiyonel adaptasyonla

ilişkilendirebilmektir (69,72). Motor problemleri olan çocuklarda uygulanan tedavinin etkili olup olmadığını belirlemek önemlidir. Elde edilen değişimlerin çocuktaki büyüme kaynaklı mı yoksa tedavinin sonucu mu olup olmadığının belirlenmesi son derece önemlidir. Çocuklar büyüdükçe boyları ve bacak uzunlukları artar. Bu artış, adım ve çift adım uzunluğu ile yakından ilişkilidir. Çocuklarda boy uzunluğunun, yaştan daha çok adım ve çift adım uzunluğu ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (171). Bu nedenle, çalışmamızda yürüyüşün zaman-mesafe özellikleri değerlendirilmeden önce tüm çocukların hem tedavi öncesinde hem de sonrasında boyları, bacak boy uzunlukları ölçüldü. Çalışmamızda gruplar arasında alt ekstremitte bacak uzunlukları tedavi öncesi ve sonrasında benzerdi. Bu nedenle yürümenin zaman mesafe parametrelerinden adım uzunluğu, çift adım uzunluğu ve yürüme hızındaki değişimlerin tedavinin bir sonucu olarak ortaya çıktığı söylenebilir.

Diplejik SP' li çocuklar daha hızlı yürümek için adım uzunluğunu arttırmak yerine kadanslarını arttırarak bu durumu kompanse ederler (141,172,173). Spastik diplejik SP' li çocuklarda, yürüme verimliliğini geliştirmek için kuvvetlendirme eğitimlerinin etkinliği belirsizliğini korumakla birlikte, güncel metaanalizler kuvvetlendirme eğitimlerinin kas kuvvetini geliştirerek yürüme hızını ve adım uzunluğunu arttırdığını kanıtlamıştır (11,96,117). E-FES'in klinik etkinliğine karar verebilmek için bu parametrelerden en az ikisinde değişim beklenmelidir.

Çalışmamızda yürümenin zaman mesafe değişkenleri detaylı olarak incelendiğinde, tedavi öncesinde her iki grubun homojen olduğu, tedavi sonrası gerek grup içi gerekse gruplar arasında anlamlı düzeyde bir değişim elde edilmediği görülmektedir.

Yaşar ve diğ. spinal kord yaralanmalı bireylerde E-FES'in geç dönem fonksiyonel etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, yürümenin zaman mesafe özelliklerinden olan yürüme hızı, kadans, adım ve çift adım uzunluğu üç boyutlu yürüme analiz sistemi ile değerlendirilmiştir. Tedavi sonrası izlem periyodlarında tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı hiçbir parametrede gelişme olmadığı bildirilmiştir ($p>0,05$) (26). Çalışma bulgularımız Yaşar ve diğ. ile paralellik göstermektedir.

Literatürde sadece sınırlı sayıda çalışma, kuvvetlendirme eğitiminin yürüyüş kinemetiğine olan etkilerini incelemiştir. Bu çalışmalarda örneklem sayısı azdır,

yürüyüşün kinematik verilerindeki değişim ise ortalama olarak verilmiş olup gelişmeler net olarak gösterilememiştir (99,141,146,147,174). Çalışmamızda tedavi sonrası grup içi değerlendirmelerde kontrol grubunda sagittal plan kinematiklerinde bir farklılık görülmezken, E-FES grubunda pelvik tiltte azalma ve başlangıç salınımdaki diz fleksiyonunda artma gözlenmiştir. Ancak tedavinin etkinliği açısından gruplar arasında yürüyüşün kinematik değerlerinde fark bulunmadı.

Çalışmamızın sagittal plan kinematik verileri detaylı olarak incelendiğinde basma fazının ortasında ağırlık aktarımı esnasında bilateral diz ekstansiyonunda azalma ve ayak dorsifleksiyonunda artma, ilk temasta bilateral kalça ve diz fleksiyonunda artma ve basma fazının sonunda bilateral kalça ekstansiyonunda azalma görülmektedir. Bu bulgular bize çocukların genellikle bükük diz pozisyonunda yürüdüklerini göstermektedir.

Spastik diplejik bireylerde yaygın olarak görülen bükük diz yürüyüşünde, kalça ve dizler aşırı fleksiyondadır. Bu pozisyonda kalça ve diz fleksörleri kısalmış pozisyonda çalışır (68). Spastik kaslar uzunluk-gerim eğrisi boyunca maksimum güç açığa çıkarmak için çaba harcasalar da fonksiyonel yetenekleri azalmıştır. Çünkü spastik kas, fonksiyonu gerçekleştirmek için gerekli olan optimal uzunlukta uzun süre çalışamaz (175). Spastik kas daha kısa olduğu için, antagonistindeki kas kronik olarak uzamış dinlenme pozisyonundadır. Biyomekanik olarak kasın uzamış pozisyonunda olması dezavantajdır, ve gerekli fonksiyonel hareketi üretmek için yeterince kısalamamasına neden olur. Kalça ve diz ekstansörleri yürüyüş sırasında yeterli kuvvet açığa çıkarmak için fonksiyonlarını neredeyse en kısa pozisyonda gerçekleştirmelidir. Fakat diplejik SP' li çocuklarda bu pozisyon kasların en zayıf olduğu noktadır (175). SP' li bireylerdeki izometrik testler, bu kasların kısalmış pozisyonda çalışırken daha zayıf olduğunu göstermiştir. Bu nedenle bükük diz yürüyüşünde bu kaslar kollaps olur ve kısalmış pozisyonlarında etkili bir ekstansiyon kuvveti yaratmada yetersiz kalır (96). SP'de bükük diz yürüyüşü, kalça ve diz ekstansörlerinin daha uzun süre çalışmasını sağlayan kompensatuar bir mekanizmadır. Bu pozisyonda kalça ve diz ekstansörleri daha güçlüdür (175). Kuvvetlendirme eğitimlerinin bu uzunluk gerilim ilişkisine olumlu katkı sağlayabileceği konusunda belirli fikir birliği sağlanmış değildir (96).

Çalışmamızda kuvvetlendirme için E-FES tercih ettik; çünkü spastisitesi olan çocuklar için tek bir eklem izole çalışması genellikle zordur bu nedenle bütün olarak yapılan ekstremite hareketleri kuvvet kazanımı için daha fazla kullanılabilir (96). Kuvvetlendirme egzersizleri, fonksiyonla daha ilişkili olan kapalı kinetik zincir egzersizlerini içerdiğinde, kuvvetin yürüme gibi fonksiyonel motor performansa transferi daha iyi olmaktadır (100). Alt ekstremitelerde pedal çevirme stratejilerinden kaynaklanan olumsuzlukları önlemek, doğru ve verimli bir şekilde güç üretimini sağlayabilmek için FES uygulamasından yararlandık. Hem FES, hem de kapalı kinetik zincir kuvvetlendirme eğitimi duyuşal girdiyi geliştirerek, ağırlık aktarılan dokulardaki propriyoseptörleri stimüle eder ve bunlar da motor bağlantıların gelişimini sağlar. Sağlanan duyuşal girdi ayrıca vücut imajı bozukluğunu iyileştirir ve bu da daha iyi istemli kontrolü fasilite eder (96,176).

Normal yürüme döngüsünde sagittal plan kalça kinematikleri incelendiğinde; ilk temas sırasında kalça yaklaşık 30° fleksiyondadır ve basma sonu fazında maksimum ekstansiyona gider. Kalça, salınım öncesi fazdan başlayarak fleksiyona gider ve salınım sonu fazının başlangıcına kadar fleksiyon devam eder. Salınım sonu fazında ilk temasa hazırlık için kalça minimal ekstansiyona gider (59,60,64). Çalışmamızda her iki grupta da ilk temasta kalça fleksiyonunda artış gözlenmektedir. Tedavi sonrası her iki grupta ilk temasta daha az kalça fleksiyonu yapmış olsalar da istatistiksel olarak anlamlı bir azalma sağlanmamıştır. Basma sonundaki maksimum kalça ekstansiyonu değerlendirildiğinde tedavi öncesi her iki grupta da fleksiyondadır. Tedavi sonrası E-FES grubunda minimal ekstansiyon artışı sağlansa da ekstansiyon yönündeki bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ancak sagittal plan kalça kinematikleri, kalça fleksörlerindeki spastisitede azalma ve eklem hareket açıklığındaki artışla birlikte ele alındığında daha normale yakın kinematikler sergilediği için klinik açıdan anlamlı olabilir.

Normal yürümede hemipelvis, yürümenin tüm fazları boyunca ortalama 10° anterior tilttedir. Çalışmamızdaki bireylerde tedavi öncesinde salınım ortasında kontrol grubunda ortalama 24,79°, E-FES grubunda 20,23° pik değere ulaşan artmış pelvik tilt gözlemledik. Bu bulgu diplejik çocuklarda sıklıkla görülen, pelvisin yük aktarımı sırasında her bir tarafa tiltine bağlı olarak gelişen çift tepe adlı paterni akla getirmektedir. Anterior pelvik tilt, iliopsoas kontraktüründen kaynaklanabildiği gibi

gövde fleksörleri ve kalça ekstansiyonundaki zayıflıktan da kaynaklanabilir (177). Sıklıkla kalça ekstansörlerindeki zayıflık ve şok absorpsiyonun daha distalde yapılması ile ilişkilendirilmektedir. Aslında ağırlık aktarımı sırasındaki zayıflıktan kaynaklanan kalçadaki stabilizasyon yetersizliğinin bir göstergesidir (64). Çalışmamızda 8 haftalık tedavi sonrasında gruplar arasında pelvik tilt açısından fark yoktu. Tedavi sonrası, grup içi karşılaştırmalarda kontrol grubunda bir farklılık gözlenmezken, E-FES grubunda ortalama 15,58°'ye düşmüştür, bu düşüş istatistiksel olarak anlamlıdır. E-FES grubundaki azalan pelvik tiltin kalça fleksör spastisitesinde ve kalça eklem limitasyonundaki azalmadan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Kas kuvvetini ayrı ayrı dinamometre ile değerlendirememize rağmen, literatürdeki bilgiler ışığında GMFM' deki artışın en çok diz ve kalça ekstansiyonundaki kuvvet artışıyla korele olduğu (178) bilgisinden yola çıkarak pelvik titteki kazanımın kalça ekstansiyonundaki kuvvet artışının bir sonucu olabileceğini düşünmekteyiz.

Son güncel çalışmalardan birinde Shin ve diğ SP' li bireylerdeki izometrik kas kuvvetinin yürüme parametreleri ve kaba motor fonksiyonlar arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında; özellikle kalça ve diz ekstansörlerindeki kas kuvvetinin yürüyüşte azalan pelvik tilt ve pelvik obliklikle yüksek korelasyonu olduğunu kanıtlamışlardır. Bunun sonucu olarak yürümede enerji tüketiminde azalmayı vurgulamışlardır (179). Çalışmamızda kas kuvvetini izometrik olarak ölçmemize rağmen elde ettiğimiz kazanımlar Shin ve diğ. ile örtüşmektedir.

Diz basma fazında, ilk teması tam ekstansiyon veya 5°'lik hafif fleksiyon ile yapar. Yüklenmenin kabulü fazında şok absorpsiyonu için 15°'lik fleksiyona gider, basma ortası fazda tam ekstansiyon yaptıktan sonra basma sonu fazından başlayarak fleksiyona gider (59,60,64). Çalışmamızda basma fazındaki diz kinematikleri incelendiğinde ilk temas ve basma ortasındaki diz açısı her iki grupta da fleksiyonda olup tedavi sonrasında değişmemiştir. Salınım fazının ilk 1/3'lük kısmında maksimum diz fleksiyonu oluşur. Salınım ortası fazdan başlayarak ilk temasa kadar diz progresif olarak ekstansiyona gider. Salınım başlangıcında en kritik olay, en az 60° maksimum diz fleksiyonunun sağlanmasıdır (60,64). Yeterli diz fleksiyonunun sağlanabilmesi için salınım öncesi dönemde 40 derecelik diz fleksiyonuna ulaşılması ve kalça fleksör ve adduktor longus kaslarının salınım başlangıcından önce aktivasyonunu sonlandırması, sonrası dönemde kuadriseps ve hamstring kaslarında

anormal aktivite izlenmemesi gerekmektedir. Salınım öncesi dönemde, ayak yerden kalkmadan önce dizin 40° fleksiyon sağlaması gerekmektedir. Çünkü ayak yerden kalktıktan sonra bacak sarkaç gibi davranır ve dizin fleksiyonunun devam etmesi ve artması için adduktor longus kasının ve kalça fleksör kaslarının konsantrik olarak kasılması gerekir. Kalça fleksiyon kontraktürün basma fazı sonunda dizin tam ekstansiyona gelmesini engellediği bilinen bir gerçek olmasına rağmen, bu durum dizin pasif olarak 40° fleksiyona ulaşmasını da azaltabilir. Ek olarak, hamstring kas grubu biartiküler olup ekstansiyon komponentini de içermektedir. Bu kasların uygunsuz çalışması ya da gerginliği halinde, salınım öncesinde açık zincir diz fleksiyonu sırasında, kalça fleksör kaslarını ve adduktör longus kasını kısıtlayarak pasif diz fleksiyonunu engelleyebilir (59,64). Çalışmamızda 8 haftalık tedavi sonrası salınım başlangıcındaki maksimum diz fleksiyonunda gruplar arasında fark yoktu. Ancak grup içi karşılaştırmalarda, E-FES grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir artış vardı. Salınımın başlangıcındaki diz fleksiyon artışını; kalça fleksörlerindeki limitasyonun ve hamstring kas grubundaki spastisitenin azalmasının bir sonucu olduğunu düşünmekteyiz.

Yürümenin basma fazında ayak bileği ilk teması nötral pozisyonda yapar ve hızla plantarfleksiyona gider. Yüklenmenin kabulü fazından başlayarak basma fazının büyük bölümünde dorsifleksiyon yapar. Salınım öncesi fazda tepe plantar fleksiyonu yapan ayak, ilk salınımda dorsifleksiyona, salınım fazı sonunda ise ilk temasa hazırlık için hafif plantarfleksiyona gider (59,60,64). Çalışmamızda ayak sagittal plan kinematik verileri detaylı olarak incelendiğinde, her iki grupta da basma fazı ortasında ayak dorsifleksiyonundaki artış dikkat çekmektedir. Tedavi sonrasında ayak bileği kinematiklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. Bu, gerek kas tonusu gerekse eklem limitasyonu açısından bir kazanım elde edilememiş olmasından kaynaklanabilir.

Çocuklarda motor öğrenmeyi facilitate edebilmek için kuvvetlendirme eğitim protokolü fonksiyonel bir beceri/görev ile birleştirilmelidir (180). Bireyin tutumu, çevre ve motor problem çözme kapasitesi motor öğrenme kapasitesini etkiler (181). Kuvvetlendirmenin fonksiyonel aktivitelere taşınması kolay değildir ve zaman alır (96) Croce ve DePaepe çocuğun yeni kazandığı bir beceriyi diğer aktivitelerle birleştirmeden önce, o becerinin otomatik hale gelmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir

(182). Bu da yapılan çalışmanın yoğunluğu ve uzunluğu ile ilişkilidir. Çalışmamızda E-FES ile elde ettiğimiz fonksiyonel kuvvetlendirmenin yürüme gibi kompleks bir aktiviteye taşınmamış olmasının bir nedeni de çalışma süremizin 8 hafta ile sınırlı olmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Güncel derlemeler SP' li çocuklarda uygulanan kuvvet eğitiminin kas kuvvetini geliştirebileceğini göstermesine rağmen; yürüme yeteneği ve diğer günlük yaşam aktivitelerinde geliştirilmiş kas kuvvetinin beklenenden daha az etkili ya da etkisiz olduğunu kanıtlamıştır (11,97,117,183,184). Bu bilgiler ışığında bizim çalışmamızın sonuçları literatür ile örtüşmektedir. Fonksiyonel kas kuvveti ve kaba motor fonksiyonlarda elde ettiğimiz kazanımların yürümenin gerek zaman mesafe özelliklerine gerekse kinematiğine olumlu bir katkısı olmamıştır.

SP' li çocuklarda fonksiyonel bağımsızlık düzeyi, fonksiyonel mobilite seviyesinden etkilenmektedir. SP'de kas-iskelet sistemindeki problemlerin bir sonucu olarak ambulasyon güçlükleri ve hareketle ilgili yetersizlikler meydana gelmektedir. Bu güçlükler bireylerin günlük yaşamda çeşitli etkinliklere katılımını sınırlayabilmektedir (185).

SP' li bireylerde kuvvetlendirme eğitimin etkinliğini inceleyen çalışmalarda fonksiyonel bağımsızlık düzeyi bir sonuç ölçümü olarak kullanılmamıştır. Çalışmamızda SP' li çocukların motor gelişim düzeylerinin günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeylerine yansımaları göstermek amacıyla, fonksiyonel yetenek ve performansı kapsamlı olarak değerlendiren PEDI anketi kullanıldı. Çalışmamızda her iki gruptaki çocukların tedavi öncesi PEDI alt ölçeklerinde istatistiksel olarak bir fark yoktu. Tedavinin etkinliğini araştırmak için tedavi sonrasında ortaya çıkan farkların gruplar arasında karşılaştırmalarında, fizyoterapiye ek olarak E-FES uygulanan grupta, PEDI mobilite alt ölçeği ve toplam PEDI puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Mobilite alt ölçeğindeki iyileşmenin FES ergometrenin sağlamış olduğu fonksiyonel kuvvetlendirme, denge ve kaba motor fonksiyonlardaki olumlu gelişmelerin sonucu olduğunu düşünmekteyiz.

Yaşar ve arkadaşlarının E-FES'in geç dönem fonksiyonel etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında, Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçütü (FIM) ile değerlendirilen günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyi 3. ve 6. aylık

izlem peryodunda tedavi öncesi değerlere göre FIM'in motor fonksiyon puanlarında istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler bildirilmiştir ($p<0,01$) (26).

Sadowsky ve diğ. tarafından yaş ortalaması 36 yıl olan 45 spinal kord yaralanmalı bireyde yapılan çalışmada alt ekstremité E-FES'in uygulamasının fiziksel bütünlük ve fonksiyonel iyileşme üzerinde uzun vadeli etkilerini incelenmiştir. Çalışmada bireyler 2 gruba ayrılmıştır. Çalışma grubunu oluşturan 25 bireye 3 ay boyunca haftada 3 gün ortalama 45-60 dk bilateral olarak gluteus maksimus, hamstring ve kuadriseps kaslarına E-FES, kontrol grubunu oluşturan 20 birey ise eklem hareket açıklığı koruma ve germe egzersizleri uygulanmıştır. Tedavi sonrası değerlendirmelerde FIM ile değerlendirilen günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyi E-FES uygulanan bireylerde kontrol grubuna göre transferler ve sfinkter kontrolü alt başlığında olumlu gelişme sağlanmıştır. E-FES uygulanan grup daha iyi fiziksel fonksiyon performansı sergilemiştir (186).

Her ne kadar günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyini Yaşar ve Sadowsky ve arkadaşları ile aynı sonuç ölçeği ile değerlendirmemiş olsak da kazanımlar bizim çalışmamızdaki bulgularla örtüşmektedir.

Motor ve fonksiyonel yeteneklerindeki yetersizlikler SP' li çocukların günlük yaşamda birçok aktivite kısıtlılığına neden olmakta ve dolayısı ile yaşam kalitesini ve iyilik halini olumsuz olarak etkilemektedir (187). SP' li bireylerin rehabilitasyonu amacıyla farklı mekanizma, egzersiz yaklaşımları, modalite ve cihazlar kullanılarak yapılan çalışmaların temel amacı etkilenen bireylerin fiziksel fonksiyon ve aktivite kısıtlılıklarını en az düzeye indirgeyerek onların yaşam kalite düzeylerini ulaşılabilir en üst düzeye çıkarmaktır. Literatürde kuvvetlendirme eğitimlerinin, çocukların yaşam kalite düzeyleri üzerine olan etkileri üzerinde durulmamıştır. Var olan çalışmalarda ise çocukların yaşam kalitesi kendi bildirimlerinden ziyade, ebeveynlerin bildirimleri ile değerlendirilmiştir (188).

Çalışmamızda sağlıkla ilgili genel yaşam kalitesi, Çocuk Sağlık Anketi'nin ebeveyn formu ile değerlendirilmiştir. E-FES grubunda tedavi sonrası ölçeğin Fiziksel Nedenlere Bağlı Rol Kısıtlılıkları, Davranış ve Ebeveyn Üzerindeki Zaman Etkisi alt ölçeklerinde ve fiziksel sağlık toplam puanında, tedavi öncesi değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler saptanmıştır. Bu bulgudan hareketle

fizyoterapiye ek olarak E-FES uygulanan SP' li bireylerin yaşam kalite düzeylerinin olumlu yönde etkilendiği şeklinde bir sonuca gidilebilir.

Schneider ve diğ. SP' li çocukların yaşam kalitelerinin fonksiyonel seviye ile beraber ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır (189). Bu bağlamda çalışmamıza baktığımızda bireylerin artan fonksiyonellik seviyelerinin yaşam kalite düzeylerine olumlu katkıda bulunmuş olabileceği düşünülmektedir.

Fiziksel aktivite; fiziksel sağlığa belirgin fayda sağlamaktadır ve sağlıkla ilgili yaşam kalitesi ve psikososyal fonksiyonellik ile pozitif ilişkisi vardır.(190) Mevcut yayınlar aerobik egzersizin yaşam kalitesinin psikososyal boyutunda olumlu gelişmeler yarattığını kanıtlamıştır (191). Çalışmamızda, E-FES grubunun yaşam kalitesinin psikososyal boyutundaki gelişmeyi, E-FES'in aerobik egzersiz bileşeni içerdiği göz önünde bulundurulursa artan fiziksel aktivite düzeylerinin yaşam kalite düzeylerini olumlu yönde etkilediğini düşündürmektedir

Mccarthy ve diğ. fiziksel sağlık düzeyi ile kaba motor fonksiyon düzeyi arasında yüksek bir korelasyon olduğunu, aktivite kısıtlılıkları arttıkça fiziksel sağlığın kötüye gittiğini saptamışlardır. Bu bilgiden yola çıkarak E-FES grubundaki çocukların yaşam kalitesinin fiziksel sağlık boyutundaki gelişimlerini, artan kaba motor fonksiyonlar ve PEDI'nin mobilite alt ölçeğinde sağlanan olumlu kazanımların yansımaları olarak düşünmekteyiz. Bununla birlikte, kontrol grubundaki çocukların kaba motor fonksiyonlarında ve mobilite alt ölçeğinde bir değişiklik olmaması ile yaşam kalite düzeylerinin değişmemesi arasında bir bağlantı kurulabilir.

Johnston ve Wainwright'ın 49 yaşındaki diplejik yetişkin SP'de E-FES'in etkinliğini inceledikleri vaka çalışmasında, 12 haftalık uygulama sonrasında kısa form 36 anketi ile değerlendirilen yaşam kalitesinde istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler saptanmıştır. Literatürde SP' li bireylerde E-FES'in yaşam kalitesi üzerine etkisini inceleyen tek çalışma ile bulgularımız paralellik göstermektedir (27).

Yaşam kalitesi ölçüm sonuçlarında olumlu değişimlerin saptanması, yaşam kalitesi ölçeğinin ebeveynler tarafından doldurulduğu da dikkate alınarak, tedavi sırasında ebeveynlerin yeti yitimli çocuklarıyla daha özenli ve sistematik olarak ilgilenmenin getirdiği pozitif geri bildirimin bir sonucunu yansıtabileceğini akla getirmektedir.

5.1. Limitasyonlar

Çalışmamızda, çocukların yürüme parametreleri 3 boyutlu yürüme analizi ile değerlendirilmiş olmasına rağmen yürüme esnasındaki kas kontraksiyonları dinamik EMG ile ölçülememiştir. Dinamik EMG ile yürüme döngüsünde yer alan alt ekstremitte kaslarının kasılma zamanı, kasılma süresi ve şiddeti hakkında bilgi edinememiş olmamız çalışmamızın önemli bir kısıtlılığıdır. İleride yapılacak olan çalışmalarda yürüme analizlerinin dinamik EMG ile yapılması E-FES'in yürüme üzerindeki etkililiğini belirlemek açısından yararlı olacağı görüşündeyiz.

Literatürde SP' li bireylerde bisiklet sürmenin ve FES'in kuvveti arttırdığına dair kanıtların varlığında E-FES grubundaki çocuklarda sağlanan olumlu değişimlerin FES' ten mi yoksa bisiklet çevriminden mi kaynaklandığını ayırt edememekteyiz. İleride yapılacak randomize kontrollü çalışmaların E-FES ile bisiklet eğitiminin karşılaştırılarak bunun ayrımını yapması gerektiğini düşünüyoruz

Literatür incelendiğinde kuvvetlendirme eğitimlerinin olumlu sonuçlarının bildirildiği birçok çalışmada tedavi süresinin 6-12 hafta arasında olduğu dikkati çekmektedir. Çalışmamızda tedavi süresi literatür ile paralel olarak 8 hafta (3 seans/hafta) olarak planlandı. Fizyoterapiye ek olarak uygulanan E-FES'in vücut yapı ve fonksiyonlarında sağladığı olumlu kazanımların yürüme gibi kompleks bir aktiviteye taşınamamış olmasında 8 haftalık tedavi süresinin motor öğrenmenin gerçekleşmesi için gereken zaman ve tekrar açısından yetersiz kalmış olabileceğini düşündürmektedir. Daha sonraki çalışmalarda tedavi süresinin daha uzun tutulmasının fayda sağlayacağını düşünüyoruz.

Çalışmamızda tedavinin uzun dönemdeki etkinliğinin gösterilmesi için takip değerlendirmesinin bulunmaması önemli kısıtlılıklarımızdan biridir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda izlem periyodlarının bulunması E-FES'in etkililiğini belirlemek açısından daha yararlı olacağını düşünüyoruz.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışmamız spastik diplejik SP' li çocukların alt ekstremitelerine uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonunun, yürüyüş parametreleri ve günlük yaşam aktivitelerine olan etkilerini incelemek üzere gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızın sonunda ulaşılan sonuçlar ve öneriler şunlardır:

1. Fizyoterapiye ek olarak uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu, bireylerin fonksiyonel kas kuvvetinde gelişme sağladı.
2. Tedavi sonrası alt ekstremita kas tonusu ve eklem hareket limitasyonları açısından her iki grup benzer bulundu.
3. Fizyoterapiye ek olarak uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu, bireylerin enerji tüketim miktarlarını azalttı.
4. Fizyoterapiye ek olarak uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu, bireylerin kaba motor fonksiyon ölçeğinin ayakta durma, yürüme-koşma-sıçrama alt bölümlerinde olumlu gelişme sağladı.
5. Fizyoterapiye ek olarak uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu, çocukların günlük yaşam aktivitelerindeki fonksiyonel ve dinamik denge gelişimini sağladı.
6. Üç boyutlu yürüme analizi sonuçlarına göre tedavi sonrasında, her iki grupta da yürüyüşün zaman-mesafe özelliklerinde değişim saptanmadı.
7. Üç boyutlu yürüme analizi sagittal düzlem kinematik analizlerine göre fizyoterapi grubunda bir değişim saptanmadı. Fizyoterapiye ek olarak uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu anterior pelvik tiltte azalma ve salınım başlangıcında bilateral maksimum diz fleksiyonunda artış sağladı. Tedavi sonrasında her iki grup benzerdi.
8. Fizyoterapiye ek olarak uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu, bireylerin günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeylerinde gelişme sağladı.
9. Fizyoterapiye ek olarak uygulanan ergometrik fonksiyonel elektrik stimülasyonu, CHQ-PF50 anketinin fiziksel nedenlere bağlı rol kısıtlılıkları, davranış, ebeveyn üzerindeki zaman etkisi ve fiziksel sağlık

puanlarında artış sağlayarak, bireylerin sağlıkla ilgili yaşam kalite düzeylerini geliştirdi.

Bu çalışmada E-FES uygulaması; fonksiyonel kas kuvvetinde artış, enerji tüketiminde azalma, kaba motor fonksiyonlarda, denge parametrelerinde, fonksiyonel bağımsızlık düzeyinde ve yaşam kalite düzeylerinde olumlu kazanımlar sağlamasına rağmen, yürüyüşün zaman mesafe özelliklerinde ve sagittal plan kinematik değerlerinde bir kazanım sağlamamıştır. Bu sonuçlara göre çalışmanın başında kurduğumuz hipotezlerden; E-FES' in yürümenin zaman mesafe özellikleri ve kinematik özelliklerine olan etkisi dışındaki tüm hipotezlerimiz gerçekleşmiştir.

Kazanımlar göz önünde bulundurulduğunda SP' li çocuklarda E-FES gibi fonksiyonel kuvvetlendirme uygulamalarının fizyoterapi ile birlikte yapılmasının çocukların aktivite ve katılımına olumlu katkı sağlayacağı görüşündeyiz. Klinikte çalışan fizyoterapistler SP' li çocuklarda kuvvetlendirme eğitimlerinin önemini unutmamalı ve fizyoterapi programlarının içine fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimlerini dahil etmelidir.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular ve diğer literatür sonuçları birlikte dikkate alındığında, E-FES' in yürüme parametreleri üzerindeki etkinliğini belirlemeyi amaçlayan ilerde yapılacak çalışmaların erken yaşlarda, geniş serili örneklemelerle, randomize kontrollü kör bir çalışma düzeni içerisinde ve izlem peryodlarını içerecek şekilde planlanması önerilir.

KAYNAKLAR

1. Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., Dan, B. ve diğeri. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 47 (8), 571-576.
2. Livanelioğlu, A., Kerem, Günel, M. (2009). Serebral Palside Fizyoterapi (s:19): Ankara: Yeni Özbek Matbaası.
3. Davis, D. W. (1997). Review of cerebral palsy, Part I: Description, incidence, and etiology. *Neonatal Netw*, 16 (3), 7-12.
4. Wiley, M. E., Damiano, D. L. (1998). Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 40 (2), 100-107.
5. Engsberg, J. R., Ross, S. A., Olree, K.S., Park, T. S. (2000). Ankle spasticity and strength in children with spastic diplegic cerebral palsy *Developmental Medicine and Child Neurology*, 42(1), 42-47.
6. Lin, C.J., Guo, L.Y., Su, F.C., Chou, Y.L., Cherng, R.J. (2000). Common abnormal kinetic patterns of the knee in gait in spastic diplegia of cerebral palsy, *Gait and Posture*, 11(3), 224-232.
7. Orlin, M. N., Palisano, R. J., Chiarello L. A, Kang, L. J., Polansky, M., Almasri, N., Maggs, J. (2010). Participation in home, extracurricular, and community activities among children and young people with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 52(2), 160-166.
8. Koman, A.L., Smith, B. P., Shilt, J. S. (2004). Cerebral palsy. *Lancet*. 363, 1619-1628.
9. Damiano, D. L., Vaughan, C. L., Abel, M. F. (1995). Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 37, 731-739.
10. Alfieri, V. (1982). Electrical treatment of spasticity. *Scand J Rehabil*, 14, 177-182.
11. Dodd, K. J., Taylor, N. F., 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.

12. McBurney, H., Taylor, N. F., Dodd, K. J., Graham, H. K. (2003). A qualitative analysis of the benefits of strength training for young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 45 (10), 658-663.
13. Miller, F. (2007). Physical therapy of cerebral palsy. USA: springer. 98.
14. MacPhail, H. E., Kramer, J. F. (1995). Effect of isokinetic strength-training on functional ability and walking efficiency in adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 37 (9), 763-775.
15. Fowler, E. G., Knutson, L. M., DeMuth, S. K., Sugi, M., Siebert, K., Simms, V. Azen, S. P., Winstein, C. J. (2007). Pediatric endurance and limb strengthening for children with cerebral palsy (PEDALS).a randomized controlled trial protocol for a stationary cycling intervention. *BMC Pediatr*, 7, 14.
16. Fowler, E. G., Knutson, L. M., Demuth, S. K., Siebert, K. L., Simms, V. D., Sugi, M. H. ve diğ erleri. (2010). Pediatric endurance and limb strengthening (PEDALS). for children with cerebral palsy using stationary cycling: a randomized controlled trial. *Phys Ther*, 90 (3), 367-381.
17. Williams, H., Pountney, T. (2007). Effects of a static bicycling programme on the functional ability of young people with cerebral palsy who are non-ambulant. *Dev Med Child Neurol*, 49 (7), 522-527.
18. Ferrante, S., Pedrocchi, A., Ferrigno, G., Molteni, F. (2008). Cycling induced by functional electrical stimulation improves the muscular strength and the motor control of individuals with post-acute stroke. Europa Medicophysica-SIMFER 2007 Award Winner. *Eur J Phys Rehabil Med*, 44 (2), 159-167.
19. Harrington, A. T., McRae, C. G., Lee, S. C. (2012). *Int J Pediatr*, 2012, 504387.
20. Johnston, T. E., Barr, A. E., Lee, S. C. (2008). Biomechanics of recumbent cycling in adolescents with cerebral palsy with and without the use of a fixed shank guide. *Gait Posture*, 27 (4), 539-546.
21. Trumbower, R. D, Faghri, P. D. (2005). Kinematic analyses of semireclined leg cycling in able-bodied and spinal cord injured individuals. *Spinal Cord*, 43, 543-549.

22. Scheffler, L. R., Chae, J. (2007). Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation. *Muscle Nerve*, 35, 562-590.
23. Hamzaid, N. A., Pithon, K. R., Smith, R. M., Davis, G. M. (2012). Functional electrical stimulation elliptical stepping versus cycling in spinal cord-injured individuals. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 27 (7), 731-737.
24. Mayson, T. A., Harris, S. R. (2014). Functional electrical stimulation cycling in youth with spinal cord injury: A review of intervention studies. *J Spinal Cord Med*, 37 (3), 266-277.
25. Griffin, L., Decker, M. J., Hwang, J. Y., Wang, B., Kitchen, K., Ding, Z. ve diğ erleri. (2009). Functional electrical stimulation cycling improves body composition, metabolic and neural factors in persons with spinal cord injury. *J Electromyogr Kinesiol*, 19 (4), 614-622.
26. Yasar, E., Yilmaz, B., Goktepe, S., Kesikburun, S. (2015). The effect of functional electrical stimulation cycling on late functional improvement in patients with chronic incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord*, 53 (12), 866-869.
27. Johnston, T. E., Wainwright, S. F. (2011). Cycling with functional electrical stimulation in an adult with spastic diplegic cerebral palsy. *Phys Ther*, 91 (6), 970-982.
28. Trevisi, E., Gualdi, S., De Conti, C., Salghetti, A., Martinuzzi, A., Pedrocchi, A. ve diğ erleri. (2012). Cycling induced by functional electrical stimulation in children affected by cerebral palsy: case report. *Eur J Phys Rehabil Med*, 48 (1), 135-145.
29. Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D. ve diğ erleri. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl*, 109, 8-14.
30. McMahon, M., Pruitt, D., Adams, J. W. V (2010). Cerebral Palsy. Alexander M. A., Matthews, D. J. (Ed.). *Pediatric Rehabilitation: Principles & Practices*, Fourth Edition. US: demos medical. 165-199.
31. Himmelmann, K. (2013). Epidemiology of cerebral palsy. *Handbook of Clinical Neurology*, 111, 163-167.

32. Drougia, A., Giapros, V., Krallis, N., Theocharis, P., Nikaki, A., Tzoufi, M. ve diğeri. (2007). Incidence and risk factors for cerebral palsy in infants with perinatal problems: a 15-year review. *Early Hum Dev*, 83 (8), 541-547.
33. Serdaroğlu, A., Cansu, A., Özkan, S., Tezcan, S. (2006). Prevalence of cerebral palsy in Turkish children between the ages of 2 and 16 years. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 48, 413-416.
34. Tüzün, E.H., Eker, L. (2001). Serebral paralizi ve koruyucu hekimlik. *Sted*, 10(8), 294-297.
35. Jacobson, B., Hagberg, G. (2004). Anetal risk factors for cerebral palsy. *Best Pract. Res. Clin. Obstet. Gynaecol*, 18(3), 425-436.
36. Blair, E. (2010). Epidemiology of the cerebral palsies. *Orthop Clin North Am*, 41 (4), 441-455.
37. Odding, E., Roebroek, M. E., Stam, H. J. (2006). The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors. *Disabil Rehabil*, 28 (4), 183-191.
38. McIntyre, S., Taitzi, D., Keogh, J., Goldsmith, S., Badawi, N., Blair, E. (2013). A systematic review of risk factors for cerebral palsy in children born at term in developed countries. *Dev Med Child Neurol.* , Jun (55(6).), 499-508.
39. Naeye, R. L., Peters, E. C., Bartholomew, M., Landis, R. (1989). Origins of cerebral palsy. *American Journal of Disease of Children*.143, 1154-1161.
40. Nelson, K. B., Ellenberg, J. H. (1986). Antecedents Of Cerebral Palsy: Multivariate Analysis Of Risk. . *New England Journal of Medicine*, 315, 81-86.
41. Gibson, C.S., MacLennan, A H., Goldwater, P. N., Dekker, G. A. (2003). Antenatal Cause Of Cerebral Palsy: Associations Between Inherited Thrombophilias, Viral And Bacterial Infection, And Inherited Susceptibility To Infection. *Obstet Gynecol Surv*, 58(3). 209-220.
42. Jones, M. W., Morgan E, Shelton, C. E, Thorogood C. (2007). Cerebral Palsy: Introduction and Diagnosis (Part I). *J Pediatr Health Care.*, 21, 146-152.
43. Pantaliadis, C.P., Hausler, M. (2015). Etiyolojik Faktörler. (Kaya, Ü. Çev.). M. Kerem Günel (Ed.). Serebral Palsi Multidisipliner Yaklaşım (s. 55-68). Ankara: Pelikan kitapevi.

44. Stoknes M, A.G., Elkamil AI, Irgens LM, Skranes J, Salvesen KÅ, Vik T. (2012). The effects of multiple pre- and perinatal risk factors on the occurrence of cerebral palsy. A Norwegian register based study. *Eur J Paediatr Neurol*, Jan; 16(1), 56-63.
45. Cans, C., Sellier, E., Mermet, M.A. (2011). Epidemiology of Cerebral Palsy. P. Panteliadis (Ed.). *Cerebral Palsy: A Multidisciplinary Approach* (s. 17-26). Germany: Dustri-Verlang.
46. Christine, C., Dolk, H., Platt, M.J., Colver, A., Prasauskiene, A., Krageloh-Mann, I. ve diğ erleri. (2007). Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol Suppl*, 109, 35-38.
47. SCPE. (2000). Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 42, 816-824.
48. Miller, F., Bolton, M., Capone, C., Chambers, H., Damiano, D., Fernando-Palazzi, F. (2005). *Cerebral Palsy*.(s.57.) New York: Springer.
49. Barry, M. J., Butler, C., Gardner, J. M., Girolami, G. L., Gupta, V. B., Ryan, D. F. (2001). *Early Diagnosis and Interventional Therapy in Cerebral Palsy*. New York: Marcel Dekker Inc.
50. Papavasiliou A, Panteliadis, C. P. (2015). Klinik Özellikler. (N. Ç. B. Cemil Özal, Çev.). Günel, M. K., Anlar, B. (Ed.). *Serebral Palsi Multidisipliner Yaklaşım* (1. bs., s. 89-104).. Ankara Pelikan Kitapevi
51. Kerem Gunel, M., Türker, D., Ozal, C., Kara, K. O. (2014) Physical Management of Children with Cerebral Palsy. Svraha E. (ed) *Cerebral Palsy- Challenges for the Future* (s:29-72). Intech.
52. Berker, N., Yalçın, S., Root, L., Staheli, L. (2005). *The Help Guide to Cerebral Palsy*. İstanbul: Mart Printing Co Ltd.
53. Quinby, J. M., Abrahamb, A. (2005). Musculoskeletal problems in cerebral palsy. *Current Pediatrics*, 15, 9-14.
54. Şimşek, İ. (2000). *Serebral Palsi*. Gökçe Kutsal, Y., Beyazova, M. (Ed.). *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon* (s. 2935-2439). Ankara: Güneş Kitabevi.

55. Meek, J., Elwell, D., McCormick, D. C, Edwards, A., Townsend, J., Stewart A. Wyatt, J. (1999). Abnormal cerebral haemodynamics in perinatally asphyxiated neonates related to outcome. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.*, Sep; 81(2), 110-115.
56. Wu, Y. W., Croen, L. A., Shah, S. J., Newman, T. B., Najjar, D. V. (2006). Cerebral palsy in a term population: risk factors and neuroimaging findings. *Pediatrics*, 118 (2), 690-697.
57. Whittle, M.N. (1991). Gait Analysis: An Introduction.(s. 32-56) Oxford: Butterworth Heinmann.
58. Berker, N., Yalçın, S. (2002). Normal yürüme ve yürüme analizi derleme. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 48(2), 10-16.
59. Gage, J.R.S., M. H. (2009). Normal gai. Gage, R.S., Koop, M.E., Novacheck. S. E.(Ed.). The identification and treatmen of gait problems in cerebral palsy (s. 31-60). London: mac Keith Press.
60. Karataş, M. (2003). Yürüme. N. Akman, Karataş, M. (Ed.). Kinezyoloji (s. 259-280). Ankara: Haberal Eğitim Vakfı.
61. Özaras, N., Yalçın, S. (2001). Yürüme Analizi. (s. 1-65) İstanbul: Avrupa Tıp Kitapçılık Ltd.
62. Stouth, J. L. (1995). Gait:Development And Analysis. S. K. Campbell (Ed.). Physical Therapy for Children (s. 88-104.). Philadelphia: WB Saunders.
63. James, JC. Matthews, D.J. (2010). The assesment of human gait, and motor function. Alexander, M., Matthews, D. J. (Ed.). Pediatric Rehabilitation: Principles & Practices, Fourth Edition (s. 461-492). U.S: Demos Medical.
64. Güler, C. (2000). Yürüme Analizi: Temel Kavramlar ve Uygulama. M. Beyazova, Gökçek, Kutsal, Y. (Ed.). Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. (s. 401-426). Ankara: Güneş Kitapevi.
65. Balaban, B. (2009). Yürüme Analizi: Temel Kavramlar Ve Uygulama. M. Beyazova, Gökçek, Kutsal, Y. (Ed.). Fiziksel Tıp Ve Rehabilitasyon (2. ed. bs., s. 365-378). Ankara: Güneş Kitapevi.
66. Gage, J.R. (1991). Normal gait. J. R. Gage (Ed.). Gait Analysis in Cerebral Palsy (s. 61-100). Oxford: Mac Keith Pres.

67. Gage, J. R. (2004). Qualitative Description of Normal Gait Pathological Gait. J. R. Gage (Ed.). The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy (s. 42-70). London: Mac Keith Pres.
68. James, J. C. Matthews, D. J. (2010). The assesment of human gait, and motor function. Alexander, M., Matthews, D. J. (Ed.). Pediatric Rehabilitation: Principles & Practices, Fourth Edition (s. 461-492). U.S: Demos Medical.
69. Smidt, G.T., Wyatt, M. P. (1990). Rudiments of Gait. G. T. Smidt (Ed.). Gait in Rehabilitation (s. 1-43). New York: Churchill Livingstone.
70. Kawamura, C., De morais Filho, M. C., Barreto, M. M., De Paula Asa, S. K., Juliano, Y., Novo, N. F. (2007). Comparsion between visual and three-dimensional gait analysis in patiens with spastic diplegic cerebral palsy. *Gait Posture.*, 25, 18-24.
71. Schwartz, M. H. (2004). Kinamatics of Normal Gait. J. R. Gage (Ed.). The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy (c. 99-133). london: Mac Keith Pres.
72. Gage, J. R.(2009). Gait Analysis: Kinematics, Kinetics, Electomyography, Oxygen Consumption And Pedobarography. J. R. Gage, Schwartz, M. H., Koop, S. E., Novacheck, F. T. (Ed.). The Indentification And Treatment Of Gait Problems In Cerebral Palsy (s. 260-285). London: Mac Keith Press.
73. Russell, D. J., Bennett, B. C., Kerrigan, D. C., Abel, M. F. (2007). Determinants of gait as applied to children with cerebral palsy. *Gait posture.*, 26, 295-300.
74. Stouth, J. L., Koop, S. (2004). Energy Expenditure in Cerebral Palsy. J. R. Gage (Ed.). The Treatment of Gait Problems in Cerebral Palsy. (s. 146-164).. London: Mac Keith Pres.
75. Hoffwijik, M., Unnithan, V. B., Bar-Or, O. (1995). Maximal treadmill performance of children with cerebral palsy. *Pediatr. Exerc. Sci.*, 17, 305-313.
76. Waters, R. L., Multroy, S. (1999). The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait posture*, 9, 207-231.
77. Goldberg, C. Normal Motor Development. J. S. Tecklin (Ed.). Pediatric Physical Therapy (s. 9-15). Phildelphia: J.B.Lippincott Company.

78. Wyatt, M. P. (1990).. Gait İn Children. Smidt, G. (Ed.). Gait in Rehabilitation (s. 157-184).. New York: Churchill Livingstone.
79. Molnar, G. E., Gordon, S. U. (1976). Cerebral palsy: predictive value of selected clinical sings for early prognostication of motor function. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 57(4)., 153-158.
80. Stempien, L. M., Gaebler Spira, D. (2000).. Rehabilitation of Children and Adults with Cerebral Palsy. R. L. Braddom (Ed.). Physical Medicine and Rehabilitation (s. 1113-1132).. Philadelphia: Saunders WB.
81. Styer, J. (1999).. Physical Therapy For The Child With Cerebral Palsy. J. S. Tecklin (Ed.). Pediatric Physical Therapy (3. bs., s.107-162). Philadelphia: Lippincott Willians& Wilkins.
82. Rodda, J. M. , Graham, H.K., Carson, L., Galea, M. P., Wolfe, R. (2004). Sagittal gait patterns in spastic diplegia. *The Journal Of Bone And Joint Surgery*, 86-b (2). (251-258)..
83. Yılmazyürk, Ş., Üçkardeş, A.O., Eker, M.,(2005). Yürüme Analizi. H. Özcan (Ed.).. Cerebral palsy. (s. 95). İstanbul: Boyut.
84. Kerem Gunel, M. (2011). Physiotherapy For Children With Cerebral Palsy. Z. P. Gadze (Ed.). Epilepsy İn Children-Clinical And Social Aspects: Rijeka (s. 213-134): Intech.
85. Camper KS, Linden, D. W. V., Palisano, R. J. (2000). Physical Therapy for Children (2. bs.).. Philadelphia: WB Saunders Company.
86. Kerem Günel, M. (2009). Rehabilitation of children with cerebral palsy from a physiotherapist's perspective. *Acta Orthop Traumatol Turc* 43 (2)., 173-181.
87. Damiano, D. (2004). Physiotherapy Management İn Cerebral Palsy:Moving Beyond Philosophies. D. D. Scrutton D, Myston M (Ed.). Management Of The Motor Disorders Of Children With Cerebral Palsy (s. 161-169). london: Mac Ketith Pres.
88. Novak, I., McIntyre, S., Morgan, C., Campbell, L., Dark, L., Morton, N. ve diğerleri. (2013). A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol*, 55 (10)., 885-910.
89. Giuliani, C. A. (1991). Dorsal rhizotomy for children with cerebral palsy: support for concepts of motor control. *Phys Ther*, 71, 248-259.

90. Damiano, D.L., Abel, M. F. (1998). Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 79, 119-125.
91. Engsberg, J. R., Ross, S. A. (2000). Hip spasticity and strength in children with spastic diplegia cerebral palsy. *J Appl Biomech*, 16, 221-233.
92. Scianni, A., Butler, J. M., Ada, L., Teixeira- Salmela, L. F. (2009). Muscle strengthening is not effective in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review. *Australian Journal of Physiotherapy* 55, 81-87.
93. McBurney, H., Taylor, N. F., Dodd, K. J., Graham, H. K. (2003). A qualitative analysis of the benefits of strength training for young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 45, 658–663.
94. Finlay, H., Ainscough, J., Craig, J. (2012). Current clinical practice in the use of muscle strengthening in children and young people with cerebral palsy - a regional survey of paediatric physiotherapists. *APCP Journal*, 3(1), 27-41.
95. Fowler, E. G., Ho, T. W., Nwigwe, A. I., Dorey, F. J. (2001). The Effect of Quadriceps Femoris Muscle Strengthening Exercises On Spasticity in Children With Cerebral Palsy. *Physical Therapy*, 81(1), 1215-1223.
96. Mockford, M., Caulton, J. M. (2008). Systematic review of progressive strength training in children and adolescents with cerebral palsy who are ambulatory. *Pediatr Phys Ther*, 20 (4), 318-333.
97. Damiano, D. L., Arnold, A. S., Steele, K. M., Delp, S. L. (2010). Can strength training predictably improve gait kinematics? A pilot study on the effects of hip and knee extensor strengthening on lower-extremity alignment in cerebral palsy. *Phys Ther*, 90 (2), 269-279.
98. Dodd, K. J., Taylor, N. F., Damiano, D. L. (2002). A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 83 (8), 1157-1164.
99. Damiano D L, Vaughan C L. (1995). Effects Of A Quadriceps Femoris Strengthening Programme On Crouch Gait In Children With Cerebral Palsy *Phys Ther*, 75(8), 658-667.
100. Blundell, S. W., Shepherd, R. B., Dean, C. M., Adams, R. D., Cahill, B. M. (2003). Functional strength training in cerebral palsy: a pilot study of a group circuit training class for children aged 4-8 years. *Clin Rehabil*, 17 (1), 48-57.

101. Johnston, T. E., Prosser, L. A., Lee, S. C. (2008). Differences in pedal forces during recumbent cycling in adolescents with and without cerebral palsy. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*., 23(2)., 248-251.
102. Johnston, T. E., Barr, A. E., Lee, S. C. (2007). Biomechanics of submaximal recumbent cycling in adolescents with and without cerebral palsy. *Phys Ther*, 87 (5)., 572-585.
103. Ericson, M. O., Nisell, R. (1988). Efficiency of pedal forces during ergometer cycling. *Int J Sports Med*, 9, 118-122.
104. Johnston, T. E., Prosser, L. A., Lee, S. C. (2008). Differences in pedal forces during recumbent cycling in adolescents with and without cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*., 23 (2), 248-251.
105. Kerr, C., McDowell, B., McDonough, S. (2004). Electrical stimulation in cerebral palsy: a review of effects on strength and motor function. *Dev Med Child Neurol*, 46 (3), 205-213.
106. Fırat, T., Ayhan, Ç., Meriç, A., Kirdi, N. (2010). Çocuklarda Elektroterapi Uygulamaları. *Türkiye Klinikleri J PM&R-Special Topics* 3(3)., 101-106.
107. Wright, P. A., Durham, S., Ewins, D. J., Swain, I. D. (2012). Neuromuscular electrical stimulation for children with cerebral palsy: a review. *Arch Dis Child*, 97 (4)., 364-371.
108. Chiu, H. C., Ada, L. (2014). Effect of functional electrical stimulation on activity in children with cerebral palsy: a systematic review. *Pediatr Phys Ther*, 26 (3)., 283-288.
109. Özgirgin, N., Karagöz, A. (2004). Fonksiyonel elektriksel stimulasyon. N. Dursun, E. Dursun & H. Oğuz (Ed.). editörler. Tıbbi Rehabilitasyon, 2. basım. İstanbul; Nobel Tıp Kitabevleri. (s. 433-446). İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi.
110. Krause, P., Szecsi, J., Straube, A. (2008). Changes in spastic muscle tone increase in patients with spinal cord injury using functional electrical stimulation and passive leg movements. *Clinical Rehabilitation*, 22, 627-634.
111. McRae, C. G., Johnston, T. E., Lauer, R. T., Tokay, A. M., Lee, S. C., Hunt, K. J. (2009). Cycling for children with neuromuscular impairments using electrical stimulation--development of tricycle-based systems. *Med Eng Phys*, 31 (6), 650-659.

112. Arya, B. K., Mohapatra, J., Subramanya, K., Prasad, H., Kumar, R., Mahadevappa, M. (2012). Surface EMG Analysis and Changes in Gait following Electrical Stimulation of Quadriceps Femoris and Tibialis Anterior in Children with Spastic Cerebral Palsy. *34th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Diego*.
113. Garrow, J. S., Webster, J. (1985). Quetelet's Index (W/H²). as a Measure of Fatness. *Int J. Obes*, 9(2), 147-153.
114. Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., Galuppi, B. (1997). Development and validation of gross motor function classification system for children with cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 39, 214-223.
115. Palisano, R. J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., Livingston, M. H. (2008). Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Dev Med Child Neurol*, 50 (10), 744-750.
116. Verschuren, O., Ada, L., Maltais, D. B., Gorter, J. W., Scianni, A., Ketelaar, M. (2011). Muscle strengthening in children and adolescents with spastic cerebral palsy: considerations for future resistance training protocols. *Phys Ther*, 91 (7), 1130-1139.
117. Park E. Y., Kim. W., H. (2014). Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities* 35, 239-249.
118. Rosenbaum, P., Stewart, D. (2004). The world health organisation international classification of functioning disability and health: a model to guide clinical thinking, practise and research in the field of cerebral palsy. *Semin Pediatr Neurol*, 1, 5-10.
119. WHO (2007). International Classification of Functioning, Disability and Health- Child and Youth Version (ICF- CY). Geneva, Switzerland: World Health Organisation.
120. Wright, F. V., Rosenbaum, P. L., Goldsmith, C. H., Law, M., Fehlings, D. L. (2008). How do changes in body functions and structures, activity and participation relate in children with cerebral palsy? *Dev Med Child Neurol*, 50, 283-289.

121. Verschuren, O., Ketelaar, M., Takken, T., Van Brussel, M., Helders, P. J., Gorter, J. W. (2008). Reliability of hand-held dynamometry and functional strength tests for the lower extremity in children with Cerebral Palsy. *Disabil Rehabil*, 30 (18), 1358-1366.
122. Glanzman, A. M., Swenson, E. A., Kim, H. (2008). Intrarater range of motion reliability in cerebral palsy: a comparison of assesment methods. *Pediatr. Phys. Ther*, 20, 369-372.
123. Otman, S., Demirel, H., Sade, A. (2003). Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri. Ankara: Hacattepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yayınları.
124. Bohannon, R. W., Smith, M. B. (1987). Interrater reliability of a modified ashworth scale of muscle spasticity. *Phys. Ther*. 67(2), 206-207.
125. Unnithan, V. B., Dowling, J. J., Frost, G., Bar-Or, O. (1996). Role of cocontraction in the O₂ cost of walking in children with cerebral palsy. *Med. Sci. Sports. Exerc*, 28, 1498-1504.
126. Rosembaum, D. J., Avery, P. L., Lane, L. M. (2002). Gross Motor Function Measure (GMFM-66 & GMFM-88). User's Manual. London: Mac Keith Press.
127. Russell, D. J., Rosembaum, P. L., Cadman, D. T., Gowland, C., Hardy, S., Jarvis, S. (1989). The gross motor function measure: a means to effect of physical therapy. . *Dev. Med. Child. Neurol*, 34, 341- 352.
128. Nodmark, E., Hagglund, G., Jarnlo, G. B. (1997). Reliability of the gross motor fuction measure in cerebral palsy. *Scand. J. Rehabil. Med.* (29)., 25-28.
129. Franjoine, M.R., Gunther, J.S., Taylor, M.S. (2003). Pediatric Balance Scale: A Modified Version of the Berg Balance Scale for the School- AgeChild with Mild to Moderate Motor Impairment. . *Pediatric Physical Therapy*, 15(2)., 114-120.
130. Williams, E. N, Carroll.S. G., Reddihough, D. S, Phillips, B. A., Galea, M. P. (2005). Investigation of the timed 'up & go' test in children. *Dev Med Child Neurol*, 47, 518-524.
131. Haley, S. M., Coster, W. J., Ludlow, L. H., Haltiwanger, J., Andrellos, P. J. (1998.). Pediatric Evaluation of Disability Inventory Version 1.0 Score Form Boston University.

132. Uyanık, M., Tural, E., (2003). ;Mental retarde çocuklarda fonksiyonel bağımsızlık ölçümü ve çocuk özür değerlendirme envanterinin güvenirlik ve uyum geçerliği. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, , 14(2), 72-79.
133. Erkin, G., Elhan, A. H., Aybay, C., Sirzai, H., Ozel, S. (2007). Validity and reliability of the Turkish translation of the Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI).. . *Disabil Rehabil.* , 29(16)., 1271-1279.
134. Landgraft, J. M., Abetz, L., Ware, J. E. (1996). The CHQ User's Manual. Boston:The Health Institue. New England Medical Center.
135. Özdoğan, H., Ruperto, N., Kasapçopur, O., Bakkaloğlu, A., Arisoy, N., Özen, S., Uğurlu, Ü., Ünsal, E., Melikoğlu. M. (2001). Paediatric rheumatology international trials organisation. The Turkish version of the childhood health assessment questionnaire (CHAQ). and the child health questionnaire (CHQ). *Clin. Exp. Rheumatol.*, 19(23), 158-162.
136. System, R.T. SAGE RT3000 manuel
137. Yasar, E., Yılmaz, B., Göktepe, S., Kesikburun, S. (2015). The effect of functional electrical stimulation cycling on late functional improvement in patients with chronic incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord*, 53 (12), 900.
138. Johnston, T. E., Smith, B. T., Oladeji, O., Betz, R. R., Lauer, R. T. (2008). Outcomes of a home cycling program using functional electrical stimulation or passive motion for children with spinal cord injury: a case series. *J Spinal Cord Med*, 31 (2), 215-221.
139. Janssen, T. W., Beltman, J. M., Elich, P., Koppe, P. A., Konijnenbelt, H. ve diğerleri (2008). Effects of electric stimulation-assisted cycling training in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 89, 463-4699.
140. Gajdosik, C., Cicirello, N. (2001). Secondary conditions of the musculoskeletal system in adolescents and adults with cerebral palsy. *Phys Occup Ther Pediatr*, 21, 49-68.
141. Damiano, D.L.,Abel, M.F. (1998). Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 79 (2)., 119-125.
142. Franki, I., Desloovere, K., De Cat, J., Feys, H., Molenaers, G., Calders, P. ve diğerleri. (2012). The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy : a systematic

- review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework *J Rehabil Med*, 44, 385–395.
143. Dodd, K. J., Taylor, N. F., Graham, H. K. (2003). A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 45 (10), 652-657.
 144. Reid, S., Hamer, P., Alderson, J., Loyd, D. (2010). Neuromuscular adaptations to eccentric strength training in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 52 (4), 358-363.
 145. Fowler, E. G., Knutson, L. M., Demuth, S. K., Siebert, K. L., Simms, V. D., Sugi, M. H. ve diğerleri. (2010). Pediatric endurance and limb strengthening (PEDALS). for children with cerebral palsy using stationary cycling: a randomized controlled trial. *Phys Ther*, 90 (3), 367-381.
 146. Lee, J. H., Sung, I. Y., Yoo, J. Y. (2008). Therapeutic effects of strengthening exercise on gait function of cerebral palsy. *Disabil Rehabil*, 30 (19), 1439-1444.
 147. Unger, M., Faure, M., Frieg, A. (2006). Strength training in adolescent learners with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 20 (6), 469-477.
 148. McNee, A. E., Gough, M., Morrissey, M. C., Shortland, A. P. (2009). Increases in muscle volume after plantarflexor strength training in children with spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 51 (6), 429-435.
 149. Hsin-Chang Lo, Yung-Chun Hsu, Ya-Hsin Hsueh, Chun-Yu Yeh. (2012). Cycling exercise with functional electrical stimulation improves postural control in stroke patients *Gait & Posture* 35 506-510.
 150. Pickering, D. M, Horrocks, L., Visser, K., Todd, G. (2013). Adapted bikes: what children and young people with cerebral palsy told us about their participation in adapted dynamic cycling. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 8(1), 30-37.
 151. Bar-Haim, S., Harries, N., Copeliovitch, L., Ager, G., Dobrov, I., Kaplanski, J. (2007). Method of analysing the performance of self-paced and engine induced cycling in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil*, 29 (16), 1261-1269.

152. Lauer, R. T., Johnston, T .E., Smith, B. T., Lee, S. C. (2008). Lower extremity muscle activity during cycling in adolescents with and without cerebral palsy. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*., 23 (4), 442-449.
153. Reed, B. (1997). The physiology of neuromuscular electrical stimulation. *Pediatr Phys Ther.* , 9, 96 -102.
154. Seifart, A., Unger, M., Burger, M. (2009). The effect of lower limb functional electrical stimulation on gait of children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 21, 23-30.
155. Balaban, B., Yaşar, E., Dal, U., Yazicioğlu, K., Möhür, H., Kalyon, T. A. (2007). The effect of hinged ankle- foot orthosis on gait and energy expenditure in spastic hemiplegic cerebral palsy. *Disabil. Rehabil. *disabil Rehabil**, 29(2), 139-144.
156. Duffy, C. M., Hill, A. E., Cosgrave, A. P., Corry, J. S., Graham, H. K. (1996). Energy consumption in children with spina bifida and cerebral palsy: a comparative study. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 38, 238-243.
157. Tsorlakis, N., Evaggelinou, C., Grouios, G.,Tsorbatzoudis, C. (2004). Effect of intensive neurodevelopmental treatment in gross motor function of children with cerebral palsy. *Dev. Med. Child. Neurol.* , 46(11)., 740-745.
158. Boyd, R. N. (2012). Functional progressive resistance training improves muscle strength but not walking ability in children with cerebral palsy. *J Physiother*, 58 (3)., 197.
159. Elnaggar, R. K. (2014). Static and functional balance in diplegic children submitted to botulinum toxins type a and reciprocal electrical stimulation. *International Journal of Physiotherapy and Research*, 2(1)., 372-377.
160. Shumway- Cook, Woollacott, M. H. (2001). *Motor Control: Theory and Practical Applications* (2. bs.). Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkins.
161. Kazon, S., Grecco, L. A., Pasini, H., Correa, J. C., Christovao, T. C. ve diğerleri. (2012). Static balance and function in children with cerebral palsy submitted to neuromuscular block and neuromuscular electrical stimulation: study protocol for prospective, randomized, controlled trial. *BMC Pediatr*, 12, 53.

162. Dietz, V. (2002). Proprioception and locomotor disorders. *Nat Rev Neurosci*, , 3, 781-790.
163. Friden, J., Lieber, R. L. (2003). Spastic muscle cells are shorter and stiffer then normal cells. *Muscle Nerve*, 27, 157-164.
164. Lieber, R. L., Friden, J. (2002). Spasticity causes a fundamental rearrangement of muscle- joint interaction. *Muscle Nerve*, 24, 256-270.
165. Woollacott, M. H., Shumway-Cook, A. (2005). Postural dysfunction during standing and walking in children with cerebral palsy: what are the underlying problems and what new therapies might improve balance. *Neural Plasticity*,, 12(2-3), 211-219.
166. Chen, C. L., Shen, I. H., Chen, C. Y., Wu, C. Y., Liu, W. Y. ve Chung, C. Y. (2013). Validity, responsiveness, minimal detectable change, and minimal clinically important change of Pediatric Balance Scale in children with cerebral palsy. . *Research in developmental disabilities*,34(3). 916-922.
167. Habib, Z., Westcott, S. L. (1999). Assesment of dynamic balance abilities in pakistani children age 5-13 years. *Pediatr Phys Ther*, 6, 73-82.
168. Gillett, J. G., Lichtwark, G. A., Boyd, R. N., Barber, L. A. (2015). FAST CP: protocol of a randomised controlled trial of the efficacy of a 12-week combined Functional Anaerobic and Strength Training programme on muscle properties and mechanical gait deficiencies in adolescents and young adults with spastic-type cerebral palsy. *BMJ Open*, 5 (6), e008059.
169. Burrudge, J. H., Wood, D. E., Hermens, H. J. (2005). Theoretical and methodological considerations in the measurement of spasticity. *Disabil Rehabil*,, 27, 69-80.
170. Alon, G., Conroy, W. M, Donner, T.W. (2011). Intensive training of subjects with chronic hemiparesis on a motorized cycle combined with functional electrical stimulation (fes): a feasibility and safety study. *Physiother. Res. Int*.16, 81-91.
171. Adams, M. A., Chandler, L. S., Schuhmann, K. (2000). Gait changes in children with cerebral palsy following a neurodevelopmental treatment course. *Pediatr. Phys. Ther.* 12, 114-120.

172. Morton J, Brownlee, M., McFadyen A. K. (2005). The effects of progressive resistance training for children with cerebral palsy. *Clin Rehabil.* 19, 283-289.
173. Abel, M., Damiano, D. (1996). Strategies for increasing walking speed in diplegic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*, 16, 753-758.
174. Eek, M. N., Tranberg, R., Zugner, R., Alkema, K., Beckung, E. (2008). Muscle strength training to improve gait function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 50 (10), 759-764.
175. Mockford, M., Caulton, J. M. (2010). The pathophysiological basis of weakness in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*, 22 (2), 222-233.
176. Rose, J., McGill, K. C. (1998). The motor unit in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 40 (4), 270-277.
177. Wolf, S. I., Mikut, R., Kranzl, A., Dreher, T. (2014). Which functional impairments are the main contributors to pelvic anterior tilt during gait in individuals with cerebral palsy? *Gait & Posture* 39, 359-364.
178. Ross, S. A., Engsberg, J. R. (2007). Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 88 (9), 1114-1120.
179. Shin, H. I., Sung, K. H., Chung, C. Y., Lee, K. M., Lee, S. Y., Lee, I. H. ve diğ erleri. (2016). Relationships between Isometric Muscle Strength, Gait Parameters, and Gross Motor Function Measure in Patients with Cerebral Palsy. *Yonsei Med J*, 57 (1), 217-224.
180. Jiang, Q, Liu, P., Wang, C. (2006). The effect of functional strength training in spastic cerebral palsy. *Chin J Rehabil Med.*, 21, 896-898.
181. Berendsen, B., Van Meeteren, N., Helders, P. (2002). Towards assessment of ‘motor intelligence’: a kick-off for debate. *Adv Physiother.* 4, 99-107.
182. Croce, R., DePaepe, J. (1989). A critique of therapeutic intervention programming with reference to an alternative approach based on motor learning theory. . *Phys Occup Ther Pediatr.*, 9, 5-33.
183. Darrah, J., Fan, J. S. W., Chen, L. C., Nunweiler, J., Watkins, B. (1997). Review of the effects of progressive resisted muscle strengthening in children with cerebral palsy: a clinical consensus exercise. *Paediatr Phys Ther.* 9, 12-17.

184. Haney, N. B. (1998). Muscle strengthening in children with cerebral palsy. *Phys. Occup Ther Pediatr.* 18, 149 -157.
185. Raina, P., O'Donnell, M., Schwellnuss, H., Rosenbaum, P., King, G., Brehaut, J. ve diğeri. (2004). Caregiving process and caregiver burden: Conceptual models to guide research and practice. *BMC pediatrics*, 4, 1-13.
186. Sadowsky, C.L., Hammond, E. R., Strohl, A. B., Commean, P. K., Eby, S. A., Damiano, D. L. ve diğeri. (2013). Lower extremity functional electrical stimulation cycling promotes physical and functional recovery in chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*, 36 (6)., 623-631.
187. Levitt, S. (2004). *Treatment of Cerebral Palsy and Motor Delay.* (4. Ed. bs.): Blackwell Publishing Ltd.
188. Majnemer, A., Shevell, M., Rosenbaum, P., Law, M., Poulin, C. (2007). Determinants of life quality in school-age children with cerebral palsy. *J Pediatr*, 151 (5)., 470-475, 475 e471-473.
189. Schneider, J. W, Gurucharri, L. M., Gutierrez, A. L. ve diğeri (2001). Health-related quality of life and functional outcome measures for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 43(9), 601- 608.
190. Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C. J. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr* 146 (6), 732-737.
191. Maltais, D. B., Wiart, L., Fowler, E., Verschuren, O., Damiano, D. L. (2014). Health-related physical fitness for children with cerebral palsy. *J Child Neurol*, 29 (8)., 1091-1100.

EKLER

Ek 1. Etik Kurul Onayı



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557 ~ 428

08 Nisan 2014

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 02.04.2014 ÇARŞAMBA
Toplantı No : 2014/06
Proje No : GO 14/119 (Değerlendirme Tarihi 05.03.2014)
Karar No : GO 14/119 - 10

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü öğretim üyelerinden Prof.Dr.Yavuz YAKUT'un sorumlu araştırmacı olduğu Prof.Dr.Mintaze Kerem GÜNEL, Doç.Dr.Evren YAŞAR, Doç.Dr.Bilge YILMAZ ve Prof.Dr.A.Kenan TAN ile birlikte çalışacakları Uzm.Fzt.Duygu TÜRKER'in tezi olan GO 14/119 kayıt numaralı ve **"Diplejik Serebral Palsili Çocuklarda Alt Ekstremité Ergometrik Fonksiyonel Elektrik Stimulasyonu Eğitiminin Yürüme Parametreleri Üzerine Etkisinin Araştırılması"** başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

1. Prof. Dr. Nurtan Akarsu

(Başkan)

9 Prof. Dr. Melahat Görduysus

(Üye)

GÖREVLİ

2. Prof. Dr. Nüket Örnek Buken

(Üye)

GÖREVLİ

10. Prof. Dr. Cansın Saçkesen

(Üye)

3. Prof. Dr. M. Yıldırım Sara

(Üye)

11. Prof. Dr. R. Köksal Özgül

(Üye)

4. Prof. Dr. Sevda F. Müftüoğlu

(Üye)

12. Prof. Dr. Ayşe Lale Doğan

(Üye)

5. Prof. Dr. Cenk Sökmensüer

(Üye)

GÖREVLİ

13 Doç. Dr. S. Kutay Demirkan

(Üye)

6. Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay

(Üye)

GÖREVLİ

14. Prof. Dr. Leyla Dinç

(Üye)

GÖREVLİ

7. Prof. Dr. Songül Vaizoğlu

(Üye)

15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev Turnagöl

(Üye)

GÖREVLİ

8. Prof. Dr. Yılmaz Selim Erdal

(Üye)

16. Av. Meltem Onurlu

(Üye)