

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

**HEMİPARETİK SEREBRAL PALSİ'Lİ ÇOCUKLARDA ALT  
EKSTREMİTE FONKSİYONEL KUVVETLENDİRME  
EĞİTİMİNİN KAS KUVVETİNE VE PERFORMANSINA ETKİSİ**

**Uz. Fzt. Özgün KAYA KARA**

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı  
DOKTORA TEZİ**

**ANKARA  
2015**

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

**HEMİPARETİK SEREBRAL PALSİ'Lİ ÇOCUKLARDA ALT  
EKSTREMİTE FONKSİYONEL KUVVETLENDİRME  
EĞİTİMİNİN KAS KUVVETİNE VE PERFORMANSINA ETKİSİ**

**Uz. Fzt. Özgün KAYA KARA**

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı  
DOKTORA TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Ayşe LİVANELİOĞLU**

**ANKARA**

**2015**

Anabilim Dalı : FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON  
 Program :FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON  
 Tez Başlığı :HEMİPARETİK SEREBRAL PALSİ'Lİ ÇOCUKLARDA ALT  
 EKSTREMİTE FONKSİYONEL KUVVETLENDİRME  
 EĞİTİMİNİN KAS KUVVETİNE VE PERFORMANSINA ETKİSİ  
 Öğrenci Adı-Soyadı :ÖZGÜN KAYA KARA  
 Savunma Sınavı Tarihi :17.06.2015

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

Jüri Başkanı ve Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayşe LİVANELİOĞLU

(Hacettepe Üniversitesi)

Üye:

Prof. Dr. Y. Gül BALTACI

(Hacettepe Üniversitesi)

Üye:

Prof. Dr. Tümer TÜRK BAY

(Gülhane Askeri Tıp Akademisi)

Üye:

Doç. Dr. Abdullah Ruhi SOYLU

(Hacettepe Üniversitesi)

Üye:

Doç. Dr. Necmiye ÜN YILDIRIM

(Yıldırım Beyazıt Üniversitesi)

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.

Prof.Dr. Ersin FADİLLİOĞLU

Müdür

## TEŞEKKÜR

Hayatımın her aşamasında desteğini esirgemeyen, yol gösteren, akademisyen kimliğimin oluşmasında çok büyük emeği olan, sonsuz anlayış ve sabrıyla bir hocadan çok daha fazlası olan tez danışmanım sayın Prof. Dr. Ayşe Livanelioğlu'na,

Her zaman beni destekleyen, bilgi ve tecrübe birikimi ile yol gösteren, tezin her aşamasında sonsuz desteğini esirgemeyen değerli hocam sayın Doç. Dr. Abdullah Ruhi Soylu'ya,

Tezim boyunca moralimi hep yüksek tutmamı sağlayan, bana güvenen ve desteğini her zaman yanımda hissettiren, akademik hayatıma büyük katkılar sağlayan hocam sayın Prof. Dr. Gül Baltacı'ya,

Tez çalışmamı yürütebilmem için sonsuz desteğini esirgemeyen hocalarım sayın Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay, Prof. Dr. Nevin Ergun ve Doç. Dr. İrem Düzgün'e,

Tez çalışmamın yürütülmesinde okulumuzun tüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan sayın Prof. Dr. Ayşe Karaduman ve Doç. Dr. Tüzün Fırat'a,

Akademik gelişimimde ve hayatımın her aşamasında büyük katkıları olan, birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum canım hocam ve ablam sayın Doç. Dr. Akmer Mutlu'ya,

Zor zamanlarımda dahi tebessüm etmemi sağlayan, varlığını her zaman ve her koşulda yanımda hissettiren can dostum ve kardeşim Bilge Nur Yardımcı'ya,

Tez bulgularının değerlendirilmesinde ve yorumlanmasında akademik bilgi ve deneyimi ile büyük katkıda bulunan GATA Biyoistatistik Anabilim Dalı Başkanı Profesör Tabip Albay Cengiz Han Açık'el'e,

Güler yüzleri ve yardımseverlikleri ile tez süresince sonsuz desteklerini esirgemeyen sevgili çalışma arkadaşlarım Kübra Seyhan, Ayla Fil, Serap Kaya ve Ceren Gürşen'e,

Tezim süresince Sporcu Sağlığı ünitesindeki çalışmalarımda güler yüzleri ve sabırlarıyla her zaman destek olan, her soruma sabırla cevap veren Gülcan Harput, Burak Ulusoy, Damla Tok, Elif Turgut, Leyla Eraslan ve Taha İbrahim Yıldız'a,

Tezim süresince her konuda yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili öğrencilerim ve meslektaşlarım Fatih Tokdemir, Haluk Tekerlek, Muhammed Rıdvan Adın ve Sefa Üneş'e,

Her koşulda yanımda olan, desteğiyle ve sevgisiyle beni yücelten sevgili eşim Uzm. Tabip Binbaşı Koray Kara'ya, canım anneme ve yanımda olamasa da kaybedeceklerim ne olursa olsun hayatta doğru olanı yapmamı öğreten canım babama,

Sonsuz teşekkürler...

## ÖZET

**Kaya Kara Ö. Hemiparetik Serebral Palsi’li Çocuklarda Alt Ekstremitte Fonksiyonel Kuvvetlendirme Eğitiminin Kas Kuvvetine ve Performansına Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı Doktora Tezi, Ankara, 2015.** Bu çalışmanın amacı, spastik hemiparetik Serebral Palsi (SP)’li çocuklarda alt ekstremitelere yönelik izometrik, konsentrik ve eksentrik eğitimin bir arada kullanıldığı 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin kas kuvveti ve performans ile ilişkili fiziksel uygunluk parametreleri üzerine etkisini randomize kontrollü bir çalışma ile kanıta dayalı olarak araştırmaktır. Otuz üç hasta randomize olarak iki gruba ayrıldı. Tedavi grubu (n=15, yaş: 11.8±2.95, VKİ: 19.27±3.73) sanal gerçeklik temelli fonksiyonel squat ve pliometrik egzersizler ile kombine edilmiş 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimine dahil edildi. Kontrol grubu (n=15, yaş: 11.26±3.28, VKİ: 18.70±3.57) rutin konvansiyonel fizyoterapi programlarına devam etti. Kuvvetlendirme eğitimi “*National Strength and Conditioning Association (NSCA)*” kriterlerine göre 12 hafta boyunca hafta 3 gün 90 dakika sürdü. Hastaların kaba motor fonksiyonları, kaba motor fonksiyon ölçütü (*Gross Motor Function Measurement-GMFM*) D ve E bölümleri, 10-metre yürüme ve 1-dakika yürüme testleri ile değerlendirildi. Dinamik denge, *Time up & go (TUG)* ve fonksiyonel uzanma testi ile değerlendirildi. Fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı, *muscle power sprint test*, *10x5 metre sprint test*, *lateral step up*, *sit to stand* ve *attained stand half knee* testleri ile değerlendirildi. Etkilenmiş ve etkilenmemiş alt ekstremitelerde kas kuvveti leg press’de 1 maksimum tekrar (MT), el dinamometresi ve yüzeysel elektromyografi (yEMG) ölçümleri ile değerlendirildi. Verilerin analizinde, Mann-Whitney U ve Wilcoxon Signed-Rank non-parametrik testleri kullanıldı. Tedavi öncesinde her iki grubun ölçümleri arasında anlamlı fark yoktu (p>0.05). On iki haftalık eğitim sonrasında kontrol grubundaki tüm ölçüm parametrelerinde tedavi öncesine göre anlamlı bir fark görülmedi (p>0.05). Tedavi grubunda ise GMFM-E skorunda %2.31, 1-dakika yürüme testinde 7.76 cm, kas tonusu R1 ve R2 ölçümlerinde 6-11<sup>0</sup>, fonksiyonel uzanma testinde 7.16 cm, *muscle power sprint* teste 15.28 watt, fonksiyonel kas testinde 2.6-4.71 birim, 1 MT’da 43.66-51.33 kg, kas kuvvetinde 4.55-11.17 N/kg, yEMG (RMS) değerlerinde 0.03-1.14 birim artış ve TUG’da 1.02 sn azalma olduğu bulundu (p<0.05). Ancak *10x5 metre sprint* ve 10-metre yürüme testlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (p>0.05). Sonuç olarak, ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitim protokolünün rutin fizyoterapi programı ile karşılaştırıldığında spastik hemiparetik SP’li çocuklarda kaba motor kapasiteyi, performans ile ilişkili fiziksel uygunluğu ve kas kuvvetini arttırdığı, dinamik dengeyi geliştirdiği ve kas tonusunu azalttığı bulundu. Bu nedenle, hemiparetik SP’li çocukların tedavisine ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitim protokolünün dahil edilmesinin yararlı olacağı düşünüldü.

Anahtar kelimeler: Kas kuvveti, yüzeysel elektromyografi, hemiparezi, serebral palsi, kuvvetlendirme

## ABSTRACT

**Kaya Kara O. Effects of Lower Extremity Functional Strength Training on Muscle Strength and Power in Children with Hemiparetic Cerebral Palsy. Hacettepe University, Institute of Health Sciences, Physical Therapy and Rehabilitation, PhD Thesis, Ankara, 2015.** This study was aimed to investigate the effects of 12-weeks lower extremity progressive functional strength training with keeping isometric, concentric and eccentric training together on muscle strength and performance related physical fitness in children with hemiparetic Cerebral Palsy (CP) with evidence-based randomized controlled trial. Thirty-three patients were randomized into two groups. Treatment group (n=15, age: 11.8±2.95, BMI: 19.27±3.73) was included 12-weeks progressive functional strength training combined with virtual reality based functional squat and plyometric exercises. Control group (n=15, age: 11.26±3.28, BMI: 18.70±3.57) continued routine conventional physiotherapy programme. According to “National Strength and Conditioning Association (NSCA)” criteria, strength training was completed 90 minutes a session and three times weekly for 12 weeks. Gross motor function was assessed with Gross Motor Function Measurement (GMFM) D and E, 10-meter walking and 1-minute walking test. Dynamic balance was assessed with *Time up & go* (TUG) and functional reaching test. Functional muscle strength and muscle performance were assessed with muscle power sprint test, 10x5 meter sprint test, lateral step up, sit to stand and attained stand half knee tests. Muscle strength of affected and unaffected lower extremities was evaluated with 1 maximum repetition (MT) in leg-press, hand-held dynamometer and surface electromyography (sEMG). Mann-Whitney U and Wilcoxon non-parametric tests were used for data analysis. In baseline, there were no significant differences between groups ( $p>0.05$ ). After 12 weeks, in control group, there were no statistically significant differences in all parameters ( $p>0.05$ ). However, in treatment group, GMFM score increased 2.31%, 1-minute walk test was 7.76 cm, R1 and R2 values of muscle tone were 6-11<sup>0</sup>, functional reaching test was 7.16cm, *muscle power sprint* test was 15.28 watt, functional muscle strength tests 2.6-4.71 units, 1 MT was 43.66-51.33 kg, muscle strength was 4.55-11.17 N/kg, sEMG (RMS) values were 0.03-1.14 units and TUG was decreased 1.02s ( $p<0.05$ ). But there were no statistically significant differences in *10x5 metre sprint* and 10-meter walking test ( $p>0.05$ ). As a conclusion, progressive functional strength training compared with routine physiotherapy increased gross motor function, performance related physical fitness and improved dynamic balance and decreased muscle tone in children with spastic hemiparetic CP. It was therefore useful to include progressive functional strength training protocol in treatment of children with hemiparetic CP.

**Key words:** Muscle strength, surface electromyography, hemiparetic, cerebral palsy, strengthening

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER	xi
TABLolar	xiv
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	5
2.1. Serebral Palsi'nin Tanımı	5
2.2. Serebral Palsi'ye Eşlik Eden Bozukluklar	5
2.3. Serebral Palsi'nin Etyolojisi	6
2.3.1. Prenatal Dönem	6
2.3.2. Perinatal Dönem	8
2.3.3 Postnatal Dönem	9
2.4. Serebral Palsi'nin Epidemiyolojisi ve Prevalansı	11
2.5. Serebral Palsi'nin Sınıflandırılması	13
2.5.1. Nörolojik İşaretleri ve Topografiyi Temel Alan Sınıflandırma	13
2.5.2. Motor Fonksiyon Kaybını Temel Alan Sınıflandırma	14
2.6. Hemiparetik (Unilateral Spastik) Serebral Palsi	17
2.6.1. Kortikospinal Yol ve Premotor Korteksin Önemi	17
2.6.2. Kortikospinal Yol Hasarı ve Premotor Kortekste Reorganizasyon	19
2.6.3. Sensorimotor Bozukluk	22
2.7. Unilateral Spastik Serebral Palsi'de Tedavi	22
2.7.1. Motor Ünite	23
2.7.2. SP'li Çocuklarda Kas Zayıflığının Sebepleri	28
2.7.3. SP'li Çocuklarda Kuvvetlendirme Eğitiminin Kas Morfolojisi Üzerine Etkisi	36

2.7.4. SP'li Çocuklarda Üst ve Alt Ekstremiteler için Kuvvetlendirme Eğitim Programları	37
2.7.5. Pliometrik Egzersizler	41
2.7.6. Sanal Gerçeklik	46
3. BİREYLER VE YÖNTEM	51
3.1. Bireyler	51
3.2. Yöntem	51
3.2.1. Değerlendirme	54
3.2.2. Tedavi Protokolü	78
3.3. İstatistiksel Yöntem	85
4. BULGULAR	86
4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri	86
4.2. Bireylerin Ölçüm Parametrelerinin Başlangıç Değerlerinin Karşılaştırılması	87
4.3. Bireylerin Ölçüm Parametrelerinin Tedavi Öncesi-Tedavi Sonrası Karşılaştırılması	91
4.4. İlerleyici fonksiyonel alt ekstremitte kuvvetlendirme eğitiminin etkinliği	100
5. TARTIŞMA	110
6. SONUÇLAR	122
KAYNAKLAR	124
EKLER	
Ek 1. Etik Kurul Onayı	



## SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: yüzde
°	: derece
<	: küçüktür
>	: büyüktür
Ach	: Asetilkolin
BFMF	: <i>Bimanual Fine Motor Function</i>
cm	: santimetre
db	: Desibel
dk	: dakika
DLPFC	: Dorsolateral Prefrontal Korteks
FKA	: Fizyolojik Kesit Alanı
fVL	: Faktör V Leiden
GMFM	: <i>Gross Motor Function Measure</i>
GTO	: Golgi Tendon Organı
HAD	: <i>Head Mounted Display</i>
HİE	: Hipoksik İskemik Ensefelopati
ICF	: <i>International Classification of Function</i>
kg	: kilogram
KMFSS	: <i>Gross Motor Function Classification System</i>
m	: metre
M1	: Primer Motor Korteks
MACS	: <i>Manual Ability Classification System</i>
MAS	: Modifiye Ashwort Skalası
MİK	: Maksimum İstemli Kontraksiyon
MPST	: <i>Muscle Power Sprint Test</i>
MR	: Manyetik Rezonans
MT	: Maksimum Tekrar
MTS	: Modifiye Tardieu Skalası
MVIC	: <i>Maximum Voluntary Izometric Contraction</i>
N	: Newton
NEK	: Nekrozan Enterokolit

NGT	: Nörogelişimsel Terapi
NSCA	: <i>National Strenght and Conditioning Association</i>
PC	: Parietal Korteks
PC	: Protein C
PMc	: Premotor Korteks
PMd	: Dorsal Premotor Korteks
PMv	: Ventral Premotor Korteks
PS	: Protein S
RDS	: Respiratuar Distress Sendromu
RMS	: <i>Root Mean Square</i>
SCPE	: <i>Surveillance of CP in Europe</i>
SG	: Sanal Gerçeklik
SMA	: Supplemental Motor Korteks
sn	: saniye
SP	: Serebral Palsi
TUG	: Time Up & Go
VKİ	: Vücut Kütle İndeksi
yEMG	: Yüzeyel Elektromyografi

## ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Her 1000 canlı doğumdaki SP prevalansı –SCPE verileri- 1990-1998	12
2.2.	SCPE’ye göre SP alt tiplerinin görülme oranı	14
2.3.	GMFCS Seviyelerine göre ekstremitte dağılımları	15
2.4.	SP’li çocukların MACS ve GMFCS Seviyelerindeki arasındaki dağılım	16
2.5.	Üst ekstremitelerin kontrolünde beyin alanlarının rolü	18
2.6.	Intrauterin beyin lezyonu örnekleri	19
2.7.	Kortikospinal yoldaki veya primer motor korteksteki (M1) küçük lezyon sonrası ipsilateral PMC’de reorganizasyon	21
2.8.	Kortikospinal yoldaki veya primer motor korteksteki (M1) büyük lezyon sonrası kontralateral PMC’de reorganizasyon	21
2.9.	Motor ünitenin yapısı	23
2.10.	Nöromusküler kavşak	24
2.11.	Motor Ünite Ateşleme Oranı	26
2.12.	İstimli iskelet kası kasılması sırasında motor ünitelerin katılımı	27
2.13.	Motor Üniteler için ortalama ateşleme oranı	28
2.14.	Uzunluk-gerim grafiği	34
2.15.	Üç bileşenli kas modeli	43
2.16.	Eksentrik-konsentrik kasılma	44
3.1.	Çalışmanın akış çizelgesi	53
3.2.	Vücut ağırlığının ölçüldüğü elektronik tartı	55
3.3.	MTS ile m. hamstring kas tonusunun değerlendirilmesi	57
3.4.	MTS ile m. gastro-soleus kas tonusunun değerlendirilmesi	57
3.5.	Time Up & Go testi	59
3.6.	Fonksiyonel uzanma testi	60
3.7.	“Muscle Power Sprint” Test	61
3.8.	“10x5m sprint” testi	62
3.9.	“Half knee” testi	63
3.10.	“Lateral step up” testi	63
3.11.	Vertikal zıplama	64
3.12.	İleriye doğru zıplama	65

3.13.	“Power track II” el dinamometresi	66
3.14.	El dinamometresi ile kas kuvveti ölçümü	66
3.15.	“Leg press” cihazı	67
3.16.	Biopac® MP150 cihazı ve EMG100C EMG amplifikatörleri	68
3.17.	“Ambu Blue Sensor R” elektrot	69
3.18.	“Hypafix” bant	70
3.19.	M. Rektus femoris ve m. vastus lateralis için elektrot yerleşimi	71
3.20.	M. Biseps femoris ve m. semitendinosus için elektrot yerleşimi	72
3.21.	M. Gastroknemius lateralis ve m. gastroknemius medialis için elektrot yerleşimi	72
3.22.	M. Tibialis anterior için elektrot yerleşimi	73
3.23.	Faraday kafesi içeren özel oda	73
3.24.	M. Rektus femoris, m. vastus laterali, m. biseps femoris, m. semitendinosus kasları için yEMG kaydı	74
3.25.	M. Tibialis anterior, m. gastroknemius lateralis ve m. gastroknemius medialis kasları için yEMG kaydı	75
3.26.	Matlab yEMG veri analizi	75
3.27.	Tedavi öncesi sol m. tibialis anterior filtresiz yEMG kaydı	77
3.28.	Tedavi sonrası sol m. tibialis anterior filtresiz yEMG kaydı	77
3.29.	Fonksiyonel Rehabilitasyon Sistemi ile alt ekstremitte kuvvetlendirme	79
3.30.	Sanal gerçeklik ile alt ekstremitte kuvvetlendirme eğitiminde kullanılan oyunlar	80
3.31.	Pliometrik egzersizler- Çift ayakla sıçrama	81
3.32.	Pliometrik egzersizler-Tek ayak sıçrama	81
3.33.	BOSU topu ile alt ekstremitte kuvvetlendirme ve denge eğitimi	82
3.34.	İleri seviye alt ekstremitte kuvvetlendirme ve denge eğitimi	83
3.35.	Topuk kaldırma egzersizi	84
4.1.	Tedavi ve kontrol grubunda Kaba motor fonksiyonun değişimi	101
4.2.	Tedavi ve kontrol grubunda kas tonusunun değişimi	102
4.3.	Tedavi ve kontrol grubunda dengenin değişimi	103
4.4.	Tedavi ve kontrol grubunda fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansının değişimi	105

4.5.	Tedavi ve kontrol grubunda etkilenmiş alt ekstremitede kas kuvvetinin değişimi	106
4.6.	Tedavi ve kontrol grubunda etkilenmemiş alt ekstremitede kas kuvvetinin değişimi	107
4.7.	Tedavi ve kontrol grubunda etkilenmiş alt ekstremitede yEMG (RMS) değerlerine göre kas kuvvetinin değişimi	109
4.8.	Tedavi ve kontrol grubunda etkilenmemiş alt ekstremitede yEMG (RMS) değerlerine göre kas kuvvetinin değişimi	109

## TABLOLAR

Tablo	Sayfa
2.1. Risk Faktörleri	10
2.2. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki en güncel epidemiyolojik çalışmalarındaki SP görülme oranları	11
2.3. Kas liflerinin yapısal ve metabolik özellikleri	25
2.4. SP'li çocuklarda kas zayıflığının nörolojik ve kassal temeli	36
2.5. SP'li çocuklarda üst ve alt ekstremitte kuvvetlendirme eğitimi programlarının özellikleri	40
4.1. Bireylerin demografik bilgileri	86
4.2. Kaba motor fonksiyon, kas tonusu ve denge ölçüm parametrelerinin başlangıç değerlerinin karşılaştırılması	87
4.3. Fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı ölçüm parametrelerinin başlangıç değerlerinin karşılaştırılması	88
4.4. Tedavi öncesinde grupların kas kuvvetlerinin karşılaştırılması	89
4.5. yEMG (RMS) değerlerinin başlangıç sonuçlarının karşılaştırılması	90
4.6. Tedavi grubunda kaba motor fonksiyonun gelişimi	91
4.7. Kontrol grubunda kaba motor fonksiyonun gelişimi	91
4.8. Tedavi grubunda, ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrası kas tonusunun değişimi	92
4.9. Kontrol grubunda kas tonusunun değişimi	92
4.10. Tedavi grubunda dengenin gelişimi	93
4.11. Kontrol grubunda dengenin gelişimi	93
4.12. Tedavi grubunda, fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansının gelişimi	94
4.13. Kontrol grubunda, fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansının gelişimi	95
4.14. Tedavi grubunda kas kuvvetindeki değişim	96
4.15. Kontrol grubunda kas kuvvetindeki değişim	97
4.16. Tedavi grubunda yEMG(RMS) değerlerindeki değişim	98
4.17. Kontrol grubunda yEMG(RMS) değerlerindeki değişim	99
4.18. Tedavi ve kontrol grubunda kaba motor fonksiyondaki farkların karşılaştırılması	100
4.19. Tedavi ve kontrol grubunda kas tonusundaki farkların karşılaştırılması	101

4.20.	Tedavi ve kontrol grubunda denge parametrelerindeki farkların karşılaştırılması	102
4.21.	Tedavi ve kontrol grubunda fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı farklarının karşılaştırılması	104
4.22.	Tedavi ve kontrol grubunda kas kuvveti farklarının karşılaştırılması	106
4.23.	Tedavi ve kontrol grubunda kas kuvveti farklarının RMS değerlerine göre karşılaştırılması	108

## 1. GİRİŞ

Serebral Palsi (SP)'li çocuklara uygulanan tedavi yaklaşımlarının yaklaşık %30-40'ı kanıta dayalı değilken diğer %20'sinin etkisiz veya gereksiz olduğu görülmüştür (1). Bu nedenle son 10 yıldır, SP tedavisinde yapılan çalışmaların kanıt düzeyi hızlı bir biçimde artmaya başlamıştır (2). Böylelikle aileler ve klinisyenler için daha yeni, daha güvenilir ve daha etkili tedavi yaklaşımları ortaya koyulmaya çalışılmaktadır. Novak ve diğ. (2) yaptıkları bir derlemede SP'li çocuklara uygulanan tedavi yöntemlerinin kanıt düzeylerini incelemişlerdir. Bu derlemede ilerleyici dirençli kuvvetlendirme eğitimi ve sanal gerçeklik uygulamalarının umut vadeden yaklaşımlar arasında olduğunu göstermiş ve bu tedavi yaklaşımları ile ilgili kanıt düzeyinin kaliteli randomize kontrollü çalışmalar ile artırılması gerektiğini belirtmişlerdir (2).

Wiley ve Damiano (3), bağımsız yürüeyebilen spastik SP'li çocukların sağlıklı yaşlılarına göre maksimum izometrik kontraksiyon (*Maximum Voluntary Contraction-MVC*) sırasında kas gücünün %52 daha az olduğunu göstermişlerdir. Bu şiddetli zayıflık, motor ünite aktivasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca zayıflığın kas gücünün yaklaşık %73 kaybına ve kas hacminin %50 azalmasına sebep olduğu kanıtlanmıştır (3). Bu kanıtlar ışığında, kas kuvvetini arttıracak fonksiyonu geliştirmeyi amaçlayan dirençli kuvvetlendirme eğitiminin tedavi programlarında kullanımı giderek artmaktadır. Ayrıca, *American Physical Therapy Association* tarafından fiziksel uygunluğun geliştirilmesinin SP'li bireylerde ikincil bozuklukları azaltabileceği, postür, denge ve kas tonusunu geliştirmeye yardımcı olabileceği belirtmiştir (4). Sedanter yaşam, televizyon ve bilgisayar karşısındaki sürenin artması nedeniyle fiziksel uygunlukta meydana gelen azalmanın olumsuz etkilerinden kurtulmak için SP'li çocukların mutlaka kuvvetlendirme programlarına dahil edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (5). Bu nedenle çalışmamızda SP'li çocukların tedavisinde yeni bir bakış açısı oluşturan sanal gerçeklik temelli ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi içeren tedavi protokolü oluşturulmuştur.

Verschuren ve diğ. (6) spastik SP'li çocuklarda ilerleyici kuvvetlendirme eğitiminin gerekliliklerini incelemişler ve kuvvetlendirme eğitiminin "*National Strength and Conditioning Association (NSCA)*" kriterlerine göre hazırlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, SP'li çocuklarda ilerleyici fonksiyonel



kuvvetlendirme eğitiminde istenen gelişmenin görülmesi için anahtar gerekliliklerin eğitimin yoğunluğu, frekansı, süresi, dinlenme aralıkları, çocuğun yaşı, etkilenme düzeyi ve tedaviye katılım oranı olduğu bildirilmiştir (6). Buna göre, SP'li çocuklarda kuvvetlendirme eğitimi 12 hafta boyunca, haftada 3 kez 40-50 dakika olmalıdır. Egzersizler arasında 1-3 dakika dinlenme aralığı verilmelidir. Kuvvetlendirme eğitimi, maksimum efor ve bazı kompleks aktiviteler gerektirdiği için 7 yaş ve üzerindeki çocuklara uygulanmalıdır. Ayrıca, çocuğun motivasyonunu ve tedaviye katılımını arttırmak için görsel simgelemelerden yararlanılmalıdır (6).

SP'li çocuklarda birçok olumlu etkisi olan dirençli egzersizler farklı kontraksiyon tipleri temel alınarak uygulanabilmektedir. McNee ve diğ. (7) SP'li çocuklarda gastroknemius kasına yönelik konsentrik egzersiz eğitimi ile kas hacminin arttığını, Zhao ve diğ. (8) ise kas fasikül uzunluğunun arttığını, pennasyon açısı, tendon uzunluğu ve tendon geriminin azaldığını kanıtlamışlardır. Reid ve diğ. (9) SP'li çocuklarda eksentrik kuvvetlendirme eğitimi ile ko-kontraksiyonda azalma ve maksimum kuvvet üretiminde artma olduğunu göstermişlerdir. Eksentrik ve konsentrik kasılma sırasında farklı nörolojik ve fizyolojik değişiklikler vardır (10). Özellikle eksentrik kasılma sırasında kas daha fazla güç üretir ve kuvvet kazancı daha fazla olur. Bu nedenle eksentrik eğitim kas gücünü artırmak için en etkili yöntemlerden biridir (10).

Son dönemde, Moreau ve diğ. (11) kasın hızlı kuvvet üretme yeteneğinin, kas yapısı ve motor fonksiyon ile ilişkili olduğunu ve SP'li çocuklarda hıza bağlı kuvvet üretiminin %70 azaldığını bildirmişlerdir. Bu bulgulara göre, yüksek-hız ile egzersiz eğitiminin, kas yapısı ve motor fonksiyon üzerine yararlı olabileceği belirtilmiştir (11). Pliometrik eğitim, dinamik ve yüksek hızlı hareketleri içeren dirençli kuvvetlendirme tipidir (12). Yüksek hız ile kontraksiyon içeren kuvvetlendirme programlarının SP'li çocuklarda kaba motor yeteneği, çevikliği ve gücü geliştirebileceğini gösteren ilk bulgular Johnson ve diğ. (12) tarafından yayınlanmıştır.

Eek ve diğ. (13) ortalama yaşları 10.7 yıl olan 55 SP'li çocukta kas kuvvetinin yürüme yeteneği üzerine etkisini araştırmışlardır. Sekiz kas grubunda (kalça ekstansiyon-fleksiyon, abduksiyon-adduksiyon, diz ekstansiyon-fleksiyon, ayak bileği dorsi-plantar fleksiyon) kas kuvvetini değerlendirmişlerdir ve yürüme

yeteneğini Kaba Motor Fonksiyon Sınıflandırma Sistemine göre (Gross Motor Function Classification System-GMFCS)'ye göre belirlemişlerdir. Seviye I'deki çocukların kas kuvveti sağlıklı kontrollerinin %75-100'ünde, Seviye II'deki %50-75'inde, Seviye III'de %25-50'si arasında olduğu kanıtlanmıştır (13). Özellikle plantar fleksörlerin spastik SP'li çocuklarda en zayıf kas grubu olduğu belirlenmiştir (14). SP'li çocukların plantar fleksörlerinin kuvvetinin sağlıklı çocuklarınıninkinin ancak %36'sı kadar olduğu görülmüştür (14). Primer motor korteks ve kortikospinal yol distal eklem hareketlerinin kontrolünden birincil olarak sorumluyken, proksimal ve aksiyal kasların subkortikal kontrolü daha ön plandadır (15). Bu nedenle spastik hemiparetik ve diparetik çocuklarda motor korteks ve kortikospinal yol lezyonu sonucu distal bacak kaslarının kontrolü daha çok etkilenmektedir (15). Ayak bileği plantar fleksiyon izometrik kasılması sırasında SP'li çocuklar lateral gastroknemius kasındaki motor üniteleri ilk önce ateşlemekte büyük zorluk yaşamaktadırlar (16). Bu nedenle plantar fleksörler SP'li çocukların alt ekstremitelerinde anahtar kaslardan biri olduğu düşünülmüştür (14). Verschuren ve diğ. (6), NSCA kriterlerine göre, çok eklem kat eden kasların kuvvetlendirilmesinde tek-eklemlilerden dirençli egzersizlerin kullanılmasının tedavinin yararını arttıracaklarını belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, SP'li çocuklar için sekonder problemleri en aza indiren ve kasın normal fizyolojisinden uzaklaşmamasını sağlayan iyi bir değerlendirme ile yapılan kanıta dayalı fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları gereklidir. Spastik SP'li bireylerde kas kuvveti ile ilgili araştırmalar ise giderek artmaktadır. Kas zayıflığının bireylerin fonksiyonel kapasitesini azalttığı kanıtlanmıştır. Bu yüzden kuvvetlendirme eğitimi bu çocukların tedavisinde ümit vericidir.

Bu çalışmanın amacı, spastik hemiparetik SP'li çocuklarda alt ekstremitelere yönelik izometrik, konsentrik ve eksentrik eğitimin bir arada kullanıldığı 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin kas kuvveti ve performans ile ilişkili fiziksel uygunluk parametreleri üzerine etkisini randomize kontrollü bir çalışma ile kanıta dayalı olarak araştırmaktır.

Bu çalışma için belirlediğimiz hipotezler aşağıda sıralanmıştır:

**H0:** İlerleyici dirençli fonksiyonel kuvvetlendirme eğitim protokolünün SP'li hemiparetik bireylerde kas kuvveti ve performans ile ilişkili fiziksel uygunluk üzerine etkisi yoktur.

**H1:** İlerleyici dirençli fonksiyonel kuvvetlendirme eğitim protokolü SP'li hemiparetik bireylerde kas kuvvetini ve performans ile ilişkili fiziksel uygunluğu arttırır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Serebral Palsi'nin Tanımı

Serebral Palsi (SP), gelişmekte olan beyinde görülen lezyon sonucu oluşan motor bozukluk sendromudur. Bozukluk, lezyonun zamanlamasına, klinik görünümüne, şiddetine ve yerine göre çeşitlilik gösterir. Bu sebeple, geçmişten günümüze araştırmacılar SP'yi tanımlamak ve sınıflandırmak için çok sayıda girişimde bulunmuştur (17).

Bozukluğun en erken tanımı ortopedist Dr. William Little tarafından 1862 yılında yapılmıştır ve Little hastalığı olarak adlandırılmıştır (18). Little, SP'yi “yaşamın ilk yılında beyindeki hasar sonucu oluşan, becerilerin gelişimini etkileyen ve zamanla ilerlemeyen bir bozukluk” olarak tanımlamış ve bu bozukluğu doğumda oksijensiz kalma ile ilişkilendirmiştir (18). 1897'de Sigmund Freud ise SP'nin intrauterin dönemde gelişmekte olan fetüsü etkileyen olumsuz faktörlerden de kaynaklanabileceğini bildirmiştir (19). Daha sonra, bozukluk, 1947'de Phelps tarafından, günümüzdeki adı, “Serebral Palsi” ile anılmaya başlanmıştır (20).

Son dönemde, uluslararası yürütme kurulu “*International Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy*” SP için tüm açıklamaları kapsayan aşağıdaki tanımı önermektedir (21);

*“Serebral Palsi, gelişmekte olan fetal veya infant beyinde görülen, aktivite kısıtlılığına sebep olan hareket ve postür gelişimindeki bir grup kalıcı bozukluktur. SP'deki motor bozukluklara, sıklıkla duyu, algı, kognitif, iletişim ve davranış bozuklukları, epilepsi ve ikincil kas-iskelet sistemi problemleri eşlik eder.”*

### 2.2. Serebral Palsi'ye Eşlik Eden Bozukluklar

En güncel SP sınıflandırmalarında belirtildiği gibi, SP'li bir çocukta birçok eşlik eden nöro-duyusal bozukluklar görülebilir (21). Bunlardan bazıları, iyi tanımlanmış ve derecelendirilmiştir. Fakat iletişim ve konuşma bozuklukları veya beslenme problemleri gibi eşlik eden bozuklukların frekanslarını değerlendirmek için SP'li çocuklara özel yaygın standart ölçüm araçları yoktur. Tüm bu eşlik eden bozukluklar ile ilgili bilgi toplanması, epidemiyolojik çalışmalar için gerekli olduğu kadar SP'li çocuklar ve aileleri içinde gereklidir (22).

Entelektüel bozukluk, SP'li çocuklara en sık eşlik eden bozukluktur (23). Şiddetli entelektüel bozukluk %30-40'ında görülürken, hafif entelektüel bozukluk veya özgül öğrenme bozukluğu yaklaşık %60-70'inde görülür. Motor fonksiyon bozuklukları sebebiyle, SP'li çocuklarda entelektüel seviyeyi değerlendirmek kolay olmayıp, sıklıkla bu durum görmezden gelinir (24).

İkinci en sık eşlik eden bozukluk epilepsidir (25). Yaşamın erken dönemlerinde veya okul çağında başlar. Çoğu çalışma, SP'li çocukların %30'unda epilepsi olduğunu ve çocuktaki beyin lezyonuna bağlı olarak birçok farklı epilepsi tipi görülebileceğini bildirmektedir. Bunlardan bazıları, tekrarlayan nöbetler sebebiyle oluşabilecek ikincil hasarları önlemek için uzun dönem tedavi gerektirir (25).

Üçüncü en sık eşlik eden bozukluk görme bozukluklarıdır (ör: şaşılık veya görme keskinliğinin kaybı). SP'li çocukların yaklaşık %15'inde şiddetli görme bozukluğu (düzeltmeden sonra görme keskinliği daha iyi olan gözde 0.01'in altındadır) görülür ve bu oran çalışmalar arasında da benzerdir (26).

Düzeltilme öncesi daha iyi olan kulakta 70 db veya daha fazla kayıp olarak tanımlanan şiddetli işitme bozukluğu, SP'li çocuklar arasında nadirdir, yaklaşık %2-3'ünde görülür (26).

SP'li çocuklarda beyin lezyonunun etkisiyle veya aktivite ve katılım kısıtlılığı sonucu bazı davranışsal bozukluklarda görülebilir. Aynı zamanda, otizm gibi bazı psikiyatrik bozukluklarda SP'li çocuklarda çok nadir de olsa görülebilir (27).

### **2.3. Serebral Palsi'nin Etyolojisi**

Son 50 yıldır yapılan çalışmalar SP'nin etyolojisini açıklamaya çalışmıştır ve birçok risk faktörü belirtilmiştir (28). SP'ye sebep olan riskler; biyolojik veya sosyal dezavantajlardan kaynaklanabilir. Biyolojik dezavantajların en iyi bilenen örnekleri prematürite, çok düşük doğum ağırlığı ve bunlar ile ilişkili beyin lezyonudur. Bu risk faktörleri prenatal, natal ve postnatal olarak sınıflandırılmaktadır (29).

#### **2.3.1. Prenatal Dönem**

SP ile ilişkili en büyük risk faktörleri prenatal döneme aittir. SP'de yapılan çalışmalarda vakaların %70-80'inde doğum öncesi (prenatal) ve genetik faktörlerin

etkili olduğu gösterilmiştir. Term bebeklerde SP riskini araştıran güncel bir derlemede nöbetler, zeka bozukluğu, yetersiz serviks uzunluğu, solunum, kalp ve tiroid hastalıkları görülen annelerin bebeklerinde SP görülme oranında artış olduğu (%2.4-9.0) belirtilmiştir. Diabet, astım ve koagülasyon bozukluğunda ise bu oran %1.2-2.4 arasındadır. Annenin daha önceki gebeliklerinde düşük veya yeni doğan ölümü olması (%1.8-5.4), annenin 40 yaşın üstünde (%1.3-3.7) ve 20 yaşın altında olması (%1.5-1.9), amniyon sıvısının fazla ya da az olması (%4.2-6.9), 2. ve 3. trimesterde kanama (%1.6-3.7), plasenta anormalliği (%1.5-7.6), intrauterin gelişim geriliği (%1.9-7.5) ve preeklampsi (%1.1-8.4) gelişimsel bozuklukların görülmesi açısından yüksek riskle ilişkilendirilmiştir (29).

Aynı zamanda prenatal risk faktörleri arasında yer alan trombofilinin araştırılmasına giderek artan ilgi vardır. Trombofilili gebelerde uterin, plasental veya fetal dolaşımında oluşabilecek trombozlar ölü doğum, tekrarlayan fetal kayıplar, intrauterin gelişme geriliği ve preeklampsi riskini artırır. Yapılan çalışmalarda Protein C (PC) ve Protein S eksikliklerinin tanımlanmasıyla bu alandaki bilgiler artmıştır. Olguların büyük çoğunluğunda bu olay, protein C'nin aktif faktör V'yi inaktive etmesini önleyen bir faktör V geni nokta mutasyonu sonucu gerçekleşmektedir. Antitrombin, protein C ve protein S eksiklikleri kadar tromboz riski taşımasa da, beyaz ırkta %5 görülme sıklığıyla Faktör V Leiden (fVL) mutasyonu venöz tromboemboli için *en önemli kalıtsal risk faktörü* olarak görülmektedir. Bu sebeple SP'nin nedenlerinin araştırılmasında trombofili önem kazanmıştır. SP'li çocukların annelerinde fVL görülme oranını araştıran bir çalışmada fVL mutasyonu görülme oranının normal popülasyonda %3.6 iken, SP'li çocukların annelerinde fVL mutasyonunun görülme oranının %4 olduğu belirtilmiştir (30).

Preterm SP'li çocuklarda maternal enfeksiyonların daha sık görüldüğü bildirilmektedir. Korioamniyonit, term ve preterm bebeklerde SP riskini *en çok arttıran* prenatal enfeksiyonlardandır (%1.5-4.4) ve özellikle preterm bebeklerde periventriküler lökomalazi ve beyaz madde lezyonu riskini artırır (29). Ahlin ve diğ. (31) derlemesinde SP ile yüksek ilişkili maternal enfeksiyonlar arasında idrar yolu, nörotropikvirüs (%1.17-2.28) ve sitomegalovirüs enfeksiyonunun yer aldığını belirtmişlerdir. Uterin rüptürü (%0.9) ve kord proloapsi (%0.4) prenatal dönemde SP

riskini arttıran faktörler arasındadır ve preterm bebeklerde termlere göre daha sık görülür (29).

Hamilelik döneminde sigara ve alkol kullanımının SP'ye etkisinin araştırıldığı güncel bir çalışmada hem sigara hem alkol kullanan annelerin SP'li çocuklarının klinik özellikleri (fonksiyonel seviye, nörolojik alt tipler, eşlik eden bozukluklar) açısından fark göstermediği bulunmuştur. Sigara kullanımı düşük doğum ağırlığı ve haftasına sebep olduğu için SP riskini arttırdığı düşünülmektedir. Alkol içiciliğinin SP riskini arttırdığına ilişkin çelişkili sonuçlar vardır. Ancak, alkol hamilelikte sinir sistemi gelişimini etkileyen bir teratojendir, 1 saat içinde plasentadan geçen fetal kandaki alkol oranının anneninkinden daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Bu yüzden ağır alkol tüketiminin SP ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (32).

### **2.3.2. Perinatal Dönem**

Bu dönemde, doğum asfiksisi en güçlü ve en sık karşılaşılan (%13-20) risk faktörüdür. Tüm gestasyonel yaşlarda mekanyum aspirasyonunun (%10.3-15) güçlü bir risk faktörü olduğu belirtilmiştir. Perinatal inmenin nedenlerinin prenatal dönem ile ilişkili olan maternal enfeksiyonlar, preeklampsi, korioamniyonit, düşük apgar skoru, erkek cinsiyet, merkezi sinir sistemi malformasyonları, intrauterin gelişim geriliği, çoğul gebelik ve trombofilik faktörler olabileceğini gösteren kanıtlar giderek artmaktadır (29).

Perinatal inme; fetal yaşamın 20. haftası ile doğumdan sonraki 28. güne kadar olan zaman dilimi içerisinde beyinde oluşan bir lezyona bağlı gelişir. Perinatal inmenin term bebekte 1/2300, preterm bebekte 7/1000 görülme riski olduğu belirtilmiştir. Arterial iskemik atak, periventriküler venöz infarkt, germinal matriks hemorajı, intraserebral hemoraj ve venöz sinir trombozu sonucunda oluşur (33). Perinatal inme geçiren bebeklerin %50' sinde SP, %15'inde minör motor problemler görülürken %35'i normal gelişim gösterebilmektedir. Perinatal inme, hemiparetik SP'li bebeklerde %60 oranında bulunarak en yaygın sebebi oluşturmaktadır. Neonatal dönemde tespit edilmesi çok zordur; letarji, nöbetler ve zayıf beslenme olarak belirti verebilir ama daha çok ilerleyen aylarda bebeğin asimmetrik hareketleri yapmakta zorlanmasıyla ortaya çıkar (33,34).

SP'nin en önemli nedenlerinden biri de *hipoksik iskemik ensefelopati*dir (HİE). Ahlin ve diğ. (35) 309 SP'li çocuğun %23'ünde HİE olduğunu göstermişlerdir. Zamanında doğan bebeklerin yaklaşık 1-3/1000 HİE geçirmektedir. HİE geçiren bebeklerin %15-20'si postnatal dönemde ölmektedir. Term bebeklerde serebral derin nöronlar (serebral neokorteks, hipokampus, bazal ganglionlar ve thalamus) kanamaya daha yatkınken, pretermelerde beyaz cevher lezyonu sonucu sıklıkla periventriküler lökomalazi görülür. Bu durumlar MR (manyetik rezonans) ile görüntülenebilse de SP'li çocukların yaklaşık %32'sinde normal MR görüntüleme bulguları vardır. Özellikle diskinetik tip SP'lerin %72.7'sinde, ataksik/hipotoniklerin %42.9'unda normal MR bulgusu gösterilmiştir (35).

Normal vajinal doğum ile karşılaştırılan yardımlı doğumlar (forceps kullanımı), makat geliş (%9.3), acil sezaryen (%1.7-4.3) ve anormal doğum sancısı SP ile ilişkilendirilmiştir. Son 30 yıldır istekli sezaryen ile doğumda artış vardır ancak SP oranında azalma gözlenmemektedir, bunun sebebinin ise daha riskli gebeliklerin sezaryeni tercih etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (29).

Doğum defektleri, hem term hem de preterm için yüksek SP riski ile ilişkilidir (36). Suckhov ve diğ. (36) çalışmasında 28 haftanın altında doğan SP'lerde doğum defekti görülme oranını %56.5, 28-31 haftada %44.4, 32-36 haftada %32.7 ve 37 haftanın üstünde ise %23.5 olarak bildirmişlerdir.

### 2.3.3 Postnatal Dönem

Nöbetler, term ve preterm bebekler için yenidoğan döneminde görülen en büyük risk (%5.6-40) faktörüdür. Yapılan çalışmalarda hipoglisemi (%4.3-20.5), enfeksiyonlar (%4.1-7.6), neonatal sepsis (%2.1-51.9), menenjit (%4.9), *respiratuar distress sendromunun* (RDS) (%2.3-18) tüm SP için yüksek risk taşıdığı gösterilmiştir. Özellikle 28 haftanın altında doğan ve RDS görülen bebeklerde SP görülme riski %71.5'tir. İntraventricüler hemoraj geçiren preterm bebeklerde SP görülme oranı %28.6'dır. Preterm olgularda bunlara ek olarak *nekrozan enterokolit* (NEK) görülme riski yüksektir (29). Suckhov ve diğ.'nin (36) çalışmasında 28 hafta altında doğan SP'li çocuklarda %8.6, 28-31 haftada %6.7, 32-36. haftada %2.1, 37 haftanın üstünde doğanlarda %0.4 oranında NEK görülürken, preterm olguların %75-95'inde NEK olduğu gösterilmiştir. Ogunlesi ve diğ.'nin (37) çalışmasında



bilirubin ensefalopatisi (*Hiperbilirubinemi*) geçiren 22 çocuğun 19'u SP tanısı almıştır.

SP görülme oranı tüm gestasyonel yaşlarda erkeklerde kızlara göre daha fazladır. Kulak ve diğ.'nin (38) çalışmasında SP'li çocukların %57'si erkektir. SP'nin erkeklerde daha fazla görülmesinin sebepleri ise östrojen ve diğer cinsiyet hormonlarının yaralanma üzerine olan etkisi, erkeklerin kızlara göre daha az akciğer gelişimine sahip olması ve RDS'nin erkeklerde daha fazla görülmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Stoknes ve diğ.'nin (39) çalışmasında term doğan bebeklerin büyük kısmına sıklıkla prenatal risk faktörleri eşlik ederken, preterm bebeklerde prenatal ve perinatal risk faktörlerinin birlikte seyrettiği belirtilmiştir. Tüm bu risk faktörlerine rağmen SP'li çocukların %25'inde hiç bir risk faktörü bulunamamıştır (39).

Prenatal, perinatal ve postnatal döneme ait risk faktörleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1.** Risk Faktörleri

<b>Prenatal faktörler</b>	<b>Perinatal faktörler</b>	<b>Postnatal faktörler</b>
Maternal hastalıklar (Diabet, Astım, Nöbetler)	Doğum ağırlığının < 2500, >4000	Hipoksik iskemik ensefalopati
Serebral disgenesi	Prematürelilik (<37 hf.)	İntraventriküler hemoraj
Düşük ve ölü doğum hikayesi	Düşük Apgar skoru	İntrakraniyal kanama
Koagülasyon	Perinatal inme	Hipoglisemi
Anne yaşının <20 ya da >40 olması	Hipoksik iskemik ensefalopati	Respiratuvar distres sendromu
Preeklampsi	Periventriküler lökomalazi	Bronkopulmoner displazi
Amniyon miktarındaki değişiklikler	Forceps kullanımı, acil sezaryen	Nekrozan enterokolit
Yetersiz serviks uzunluğu	Mekanyum aspirasyonu	Konvülsiyonlar
Kanama	Vajinal kanama	Enfeksiyonlar (Menenjit)
İntrauterin gelişim geriliği	Plesanta previa	Hiperbilirubinemi
Trombofili	Plesanta ablasyonu	Koagülopati
fVL mutasyonu	Kordon dolanması	Polisitemi
Maternal enfeksiyonlar (Korioamnitis, sitomegalovirüs, idrar yolu enfeksiyonu)	Plesanta infarktı	Neonatal sepsis
Uterin rüptürü	Konjenital hastalıklar (Artriogripozis, Pulmoner agenezi)	Gelişim geriliği
Kord prolapsı		

## 2.4. Serebral Palsi'nin Epidemiyolojisi ve Prevalansı

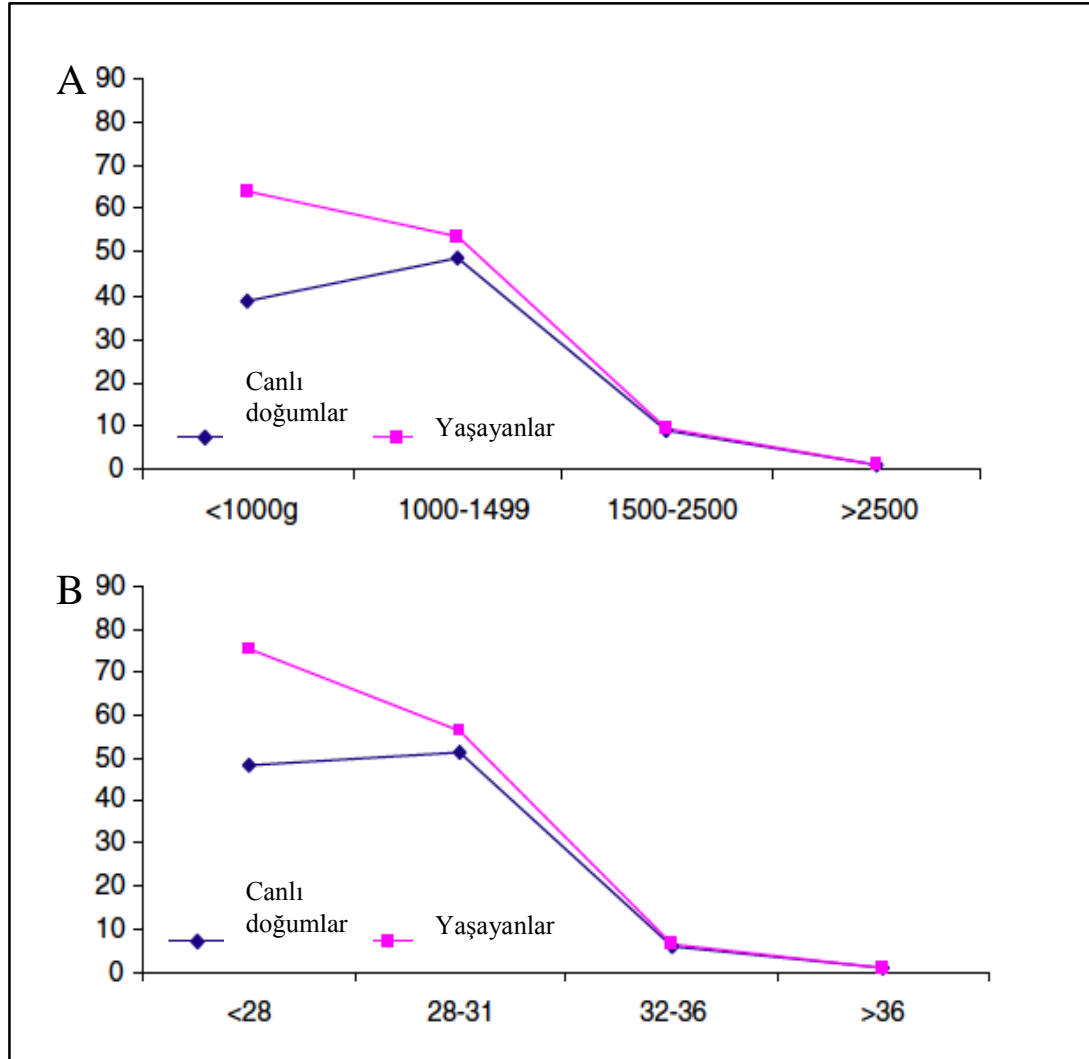
SP'de epidemiyoloji çalışmalarının birçok amacı vardır. İlki, bir popülasyondaki SP'nin şiddetini ve sıklığını tanımlamak, hastalığın topluma olan yükünü değerlendirmek için önemlidir. İkincisi, hastalığın görülme oranındaki değişikliklerin gözlenmesi pre-, peri- ve neonatal bakım sürecinin etkisinin değerlendirilmesi için bir yoldur (40,41).

SP'nin prevalansı, 1980 ve 2000 yılları arasında 1000 canlı doğan çocukta 1.3 ile 4.4 oranında değişir. Gelişmiş ve gelişmemiş ülkeler arasında görülme oranında coğrafik farklılıkların olmadığı görülmektedir. Aslında, Avrupa'da, Amerika'da, Hong Kong'da ve Japonya'da bu süreçteki görülme oranları 1.3 ile 3.6 arasında değişirken, Çin'de ve Türkiye'de veya Hindistan'da oran her 1000 canlı doğumda 1.3 ile 4.4 arasındadır (23,42-46) (Tablo 2.2).

**Tablo 2.2.** Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki en güncel epidemiyolojik çalışmalarda SP görülme oranları (41)

Kaynak	Yer	Çalışma popülasyonu	Doğum Kohortu	Payda	Prevalans (CI)
SCPE 2002	13 kayıt sistemi	En az 4 yaş	1976-1990	Canlı doğumlar	2.1 (2.0-2.1)
Yeargin-Allsop ve diğ. 2008	3 eyalet-US	8 yaş	1994	Araştırma alanında yaşayan 8 yaşındaki çocukların sayısı	3.6 (3.3-4.0)
Liu ve diğ. 1999	7 il, Çin-Jiansu	<7 yaş	1990-1997	Araştırma alanında yaşayan <7 yaşındaki çocukların sayısı	1.6 (1.5-1.7)
Serdaroğlu ve diğ. 2006	Türkiye	2-16 yaş	1980-1994	Araştırma alanında yaşayan 2-16 yaş aralığındaki çocukların sayısı	4.4 (3.6-5.7)
Yam ve diğ. 2006	Hong Kong	6-12 yaş	1991-1997	2003/2004 yılında okula kayıt yaptıran çocuklar	1.3 (1.2-1.4)
Suzuki ve diğ. 2009	Japonya	6 yaş	1977-2000	Canlı doğumların sayısı	1.6 (1.5-1.8)

SP görülme oranı, gestasyonel yaş ve doğum ağırlığı ile kuvvetli şekilde ilişkilidir (Şekil 2.1) (23). Normal doğum ağırlıklı çocuklarda SP oranı 1000 canlı doğumda 1 iken, orta derece preterm çocuklarda 10 kat, çok preterm doğanlar da ise 60 kat daha yüksektir (23).



**Şekil 2.1.** Her 1000 canlı doğumdaki SP prevalansı –SCPE verileri- 1990-1998:

A) Doğum ağırlığına göre her 1000 bebekteki yeni doğan hayatta kalma oranı B) Gestasyonel yaşa göre her 1000 bebekteki yeni doğan hayatta kalma oranı (23).

Tüm SP görülme oranında, 1980’lerde hafif bir artış görülmesine rağmen, 1950’lerden itibaren oran neredeyse sabittir fakat 1990’lardan sonra bir düşme eğilimi vardır (28,47). Çalışmalar, doğum ağırlığına veya gestasyonel yaşa göre farklı değerlendirmeler ortaya koymuştur. Avrupa’da, <1.500gr doğan çocuklar için, görülme oranı 1980’de 1000 canlı doğumda 60.6’dan (CI %95 37.8-91.4), 1996’da

39.5'e (28.6-53.0) düşmüştür (47). Bu oran  $\geq 2500$  gr doğan çocuklar için 1980'de 1000 canlı doğumda 1.16 iken (0.88-1.48), 1998'de 0.99'dur (0.80-1.20), fakat bu eğilim kayda değer değildir (48).

Dahası, son zamanlardaki çalışmalar prevalansın alt tiplere göre değiştiğini bildirmektedir. 1983 ve 1998 yılları arasında doğan çocuklarda, bilateral spastik SP'de azalma ve unilateral SP'de artma tanımlanmıştır (49). Diskinetik SP'li çocukların prevalansı ise 1976 ve 1996 yılları arasında doğanlarda artmıştır (50).

## 2.5. Serebral Palsi'nin Sınıflandırılması

SP, oldukça kompleks bir sendrom olduğundan çok çeşitli sınıflandırmaları vardır. Bu sınıflandırmalar arasında, epidemiyolojik amaçlar için en önemlileri *linik tiplere* göre sınıflandırma (nörolojik veya topografik) ve motor fonksiyon kaybını ve/veya eşlik eden bozuklukların varlığını temel alan *şiddete* göre sınıflandırmadır (41).

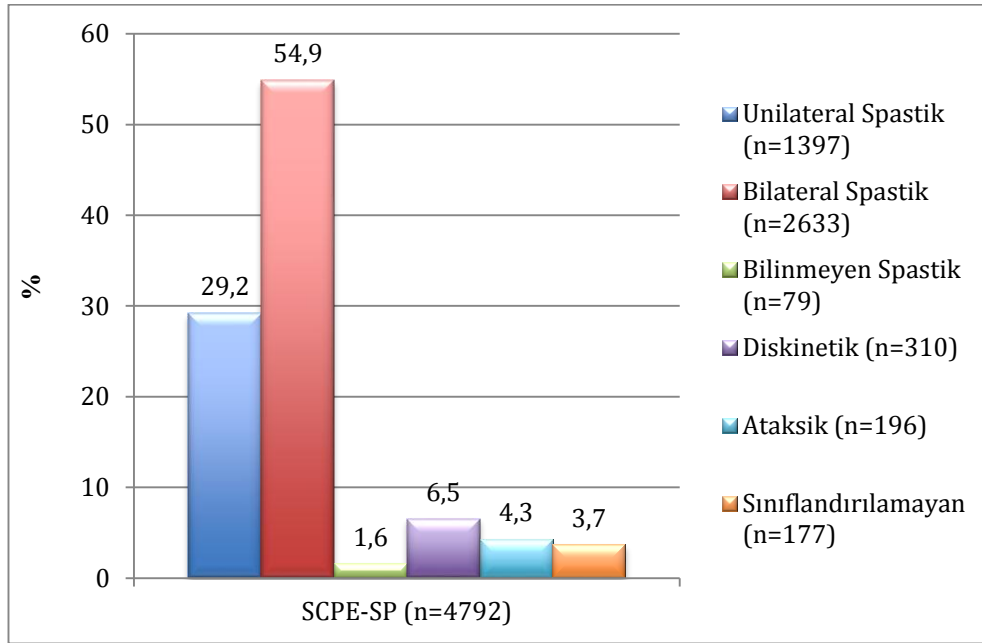
### 2.5.1. Nörolojik İşaretleri ve Topografiyi Temel Alan Sınıflandırma

Klinik bulguların varlığını temel alan farklı sınıflandırma sistemleri vardır ve bazıları çok uzun zaman önce tasarlanmıştır. Sınıflandırmalar arasındaki temel farklılık, farklı SP tiplerinin tanımlanma sayısıdır (41).

SP tiplerinin ayrıntılı sınıflandırması; *Spastik, diskinetik, ataksik, hipotonik ve miks* tipleri içerir. Spastik tip ekstremiteletin topografik dağılımına göre; *diplejik, kuadruplejik, çift hemiplejik, ve triplejik* olarak sınıflandırılır (41). Tüm bu klinik tipler, epidemiyoloji çalışmaları için gereklidir ve klinisyen çocuğun durumunu tanımlayacağı zaman oldukça yararlıdır. Bu terimler arasındaki ayırım, özellikle de dipleji ve kuadrupleji arasındaki ayırım, yeterince güvenilir değildir (51). Örneğin; bazı profesyoneller eğer çocuğun iki alt ekstremitesi “büyük oranda” etkilenmişse, bu çocuğu diplejik tip SP olarak sınıflandırabilirlerken, diğerleri aynı çocuğu dört ekstremitesi etkilendiği için kuadruplejik tip olarak sınıflandırabilirler (41).

Avrupalı “*Surveillance of CP in Europe (SCPE)*” ağına katılan partnerler, her bir SP tipi için bulunması gereken klinik bulgular üzerinde anlaşma birliğine varmışlardır ve basit bir sınıflandırma tasarlamışlardır. SCPE ağına göre bu klinik

tipler; *bilateral spastik, unilateral spastik, diskinetik (distonik, koreatetoid)* ve *ataksiktir*. Eğer miks bir SP tipi varsa, örneğin; spastisite ile ataksi ve/veya diskinezi, çocuk dominant klinik özelliğine göre sınıflandırılmalıdır (52). SCPE, günümüzde en yaygın olarak kabul edilen sınıflandırma sistemidir. SCPE'ye göre 1980-1990 yılları arasında doğan 4792 SP'li çocuğun %85,7'si (%95 CI 84,8-86,7) spastik, %6,5'i (%95 CI 5,8-7,2) diskinetik, %4,3'ü (%95 CI 3,8-4,9) ataksik ve %3,7'si (%95 CI 3,8-4,9) tanımlayamayan tip SP'dir (Şekil 2.2) (23).

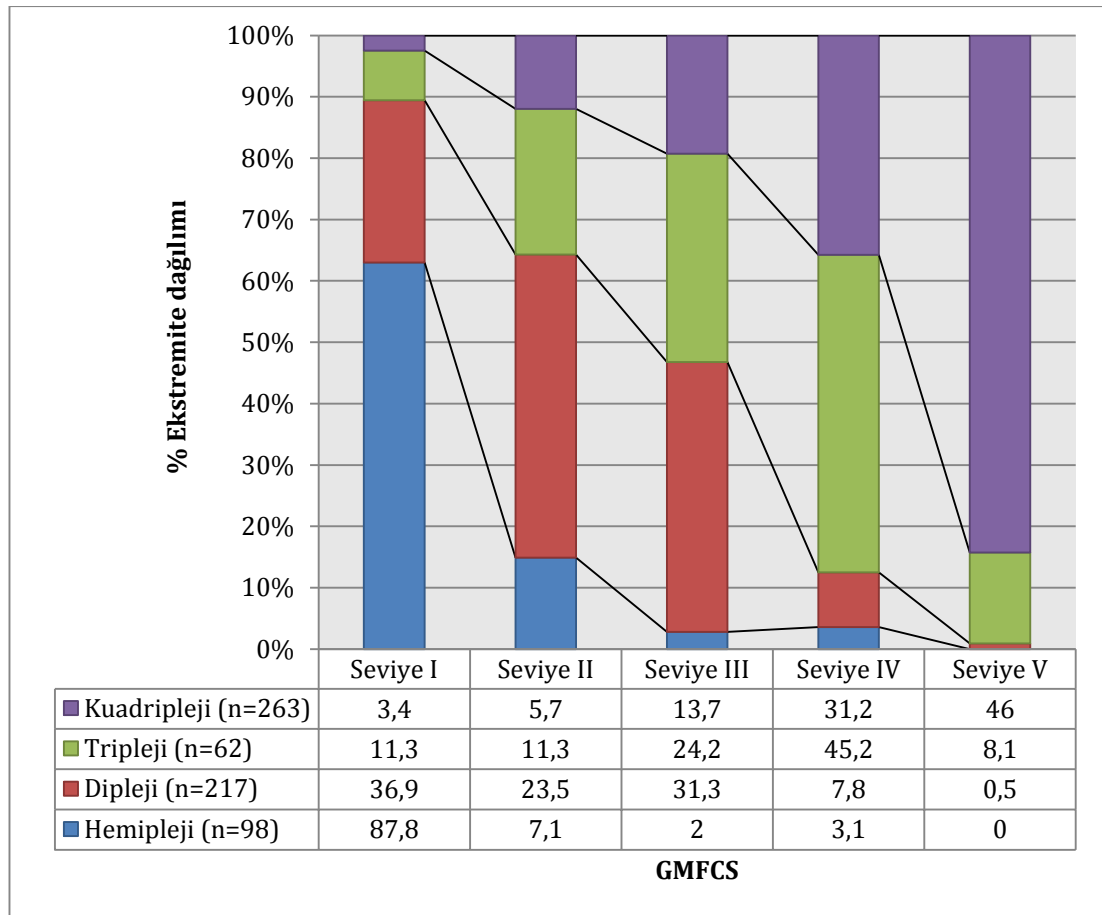


Şekil 2.2. SCPE'ye göre SP alt tiplerinin görülme oranı

### 2.5.2. Motor Fonksiyon Kaybını Temel Alan Sınıflandırma

Motor fonksiyon kaybını temel alan standart sınıflandırmalar araştırmalar ve bilginin transferi için gereklidir. Genellikle, beyin lezyonunun motor fonksiyon üzerindeki etkisi, çocuğun yürüme yeteneği aracılığıyla değerlendirilir. Yürüme yeteneği seviyeleri, SP tipleri ile kuvvetli derecede ilişkilidir (53). Fakat “*yürüme yeteneği*”, günlük yaşamda dışarıda yürüme veya sadece bir kaç metre yürüyebilme veya sadece ev içinde yürüme anlamına gelebilir. Son 10 yıl boyunca, SP'li çocuklara özel düzenlenen başarılı alt ve üst ekstremité skalaları ile motor fonksiyon kaybının ölçümü gelişmiştir. Böylece farklı profesyoneller ve yerler arasında, sonuçların karşılaştırılabilirliği sağlanmıştır (41). Gövde ve alt ekstremité motor

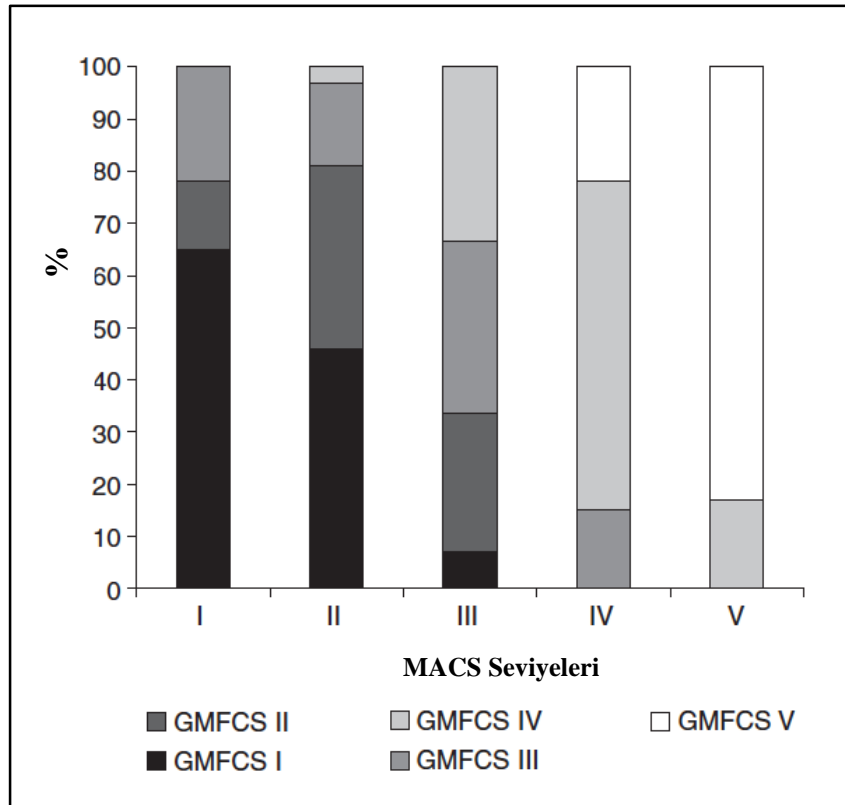
fonksiyonu için 5 nokta skalası, “Kaba Motor Fonksiyon Sınıflandırma Sistemi (*Gross Motor Function Classification System-GMFCS*)” Kanada araştırma grubu *CanChild* tarafından tasarlanmış ve geçerliliği yapılmıştır (54). Son dönemde ise tekrar düzenlenmiş ve genişletilmiştir (55). Aynı zamanda, GMFCS skalasının geçerliliğinin, çocuk ebeveynleri tarafından değerlendirildiğinde de iyi olduğu gösterilmiştir (56). Gorter ve diğ. (57) SP’li çocuklarda ekstremitte dağılımı ve fonksiyonel sınıflandırma arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Ekstremitte dağılımına göre hemiplejik çocukların çoğunluğunun (%87,8) GMFCS’ye göre Seviye I’de yer aldığı bilateral tutuluma sahip SP’li çocukların ise büyük kısmının Seviye III (%69,2), IV (%84,2) ve V’te (%54,6) yer aldığını göstermişlerdir (57) (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3.** GMFCS Seviyelerine göre ekstremitte dağılımları

Benzer şekilde, üst ekstremitelerin ince motor yeteneği için iki tane beş nokta skalası tasarlanmıştır: El Becerileri Sınıflandırma Sistemi (*Manual Ability*

*Classification System - MACS*) ve İki Elle Yapılan İnce Motor Fonksiyon (*Bimanual Fine Motor Function - BFMF*) skalaları (58). BFMF skalasında üst ekstremitelerin fonksiyonundaki asimetriyi göz önünde bulundurmak mümkündür. Bu skalaların kullanımıyla, merkezler arasında sonuçların karşılaştırılabilirliği fazlasıyla artmıştır. Fonksiyonelliği temel alan sınıflandırma sistemlerinin en önemli sonucu bireysel olarak çocuğun yapabildiklerine odaklanılmasını sağlamalarıdır. GMFCS ve MACS, SP'li çocuklarda kaba ve ince motor fonksiyonu kategorize etmek için geliştirilmiş sınıflandırma sistemleridir ve değerlendirme ölçeği olarak kullanılmamalıdır. SP'li çocuklarda kaba ve motor fonksiyon arasındaki ilişki paralel şekilde gitmez ve sınıflandırmalardan bağımsız olabilir (41). Eliasson ve diğ. (59), GMFCS ve MACS arasında yüksek ( $0,79 p<0,05$ ) korelasyon ve %49 uyum olduğunu göstermişlerdir. En büyük dalgalanmanın MACS'a göre Seviye II'de yer aldığını ve uyumun sadece %35 olduğunu bulmuşlardır. Diğer seviyelerde de GMFCS ve MACS arasındaki farklılıklar gösterilmiştir (59)(Şekil 2.4).



**Şekil 2.4.** SP'li çocukların MACS ve GMFCS Seviyelerindeki arasındaki dağılım (59).

## **2.6. Hemiparetik (Unilateral Spastik) Serebral Palsi**

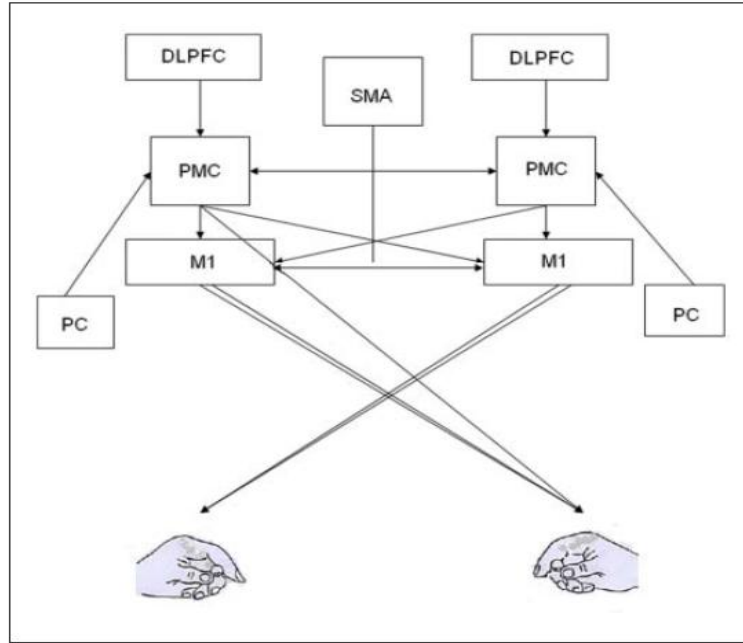
Unilateral spastik SP, özellikle vücudun bir yarısındaki motor bozuklukla karakterize, tüm SP'lerin % 42'lik kısmını oluşturmasıyla SP'nin en yaygın görülen klinik tipidir (60). Yaklaşık olarak 1300 canlı doğumdan 1'inde hemiparetik SP görülür (23). Etkilen tarafta değişik düzeylerde fonksiyonel kayıplar vardır. Genellikle üst ekstremitedeki motor yetersizlik alt ekstremitelere göre daha fazladır (61). Etiyolojisinde birçok faktör etkilidir ancak sıklıkla orta serebral arter enfarktı, nöronal migrasyon anormallikleri, periventriküler lezyonlar veya post hemorajik porensfali sonucu görülür. Kortikospinal yolun şiddeti şekilde etkilenimi motor fonksiyonun serebral kontrolünün hasarlanmasının en önemli sebebidir (60).

### **2.6.1. Kortikospinal Yol ve Premotor Korteksin Önemi**

Kortikospinal yol, istemli el hareketlerinin ve becerilerin kontrolünde majör inen yoldur ve hasarında şiddetli üst ekstremitte etkilenimi görülür. Sıklıkla bu tabloya ekstrapiramidal tutulumda eşlik eder ve bazı hastalarda distoni bulgusuna rastlanır (62).

Premotor korteks (PMC), hedefe yönelik hareketlerde duyuşal ve kognitif bilgi taşıyan nöral ağın parçasıdır. PMC, parietal korteksten (PC) duyuşal bilgiler alır, dorsolateral prefrontal korteksten (DLPFC) ve suplemental motor korteksten (SMA) kognitif bilgiler alır, ve primer motor kortekse (M1) aktarır. Ayrıca kortikospinal yol aracılığıyla spinal kord ile direkt bağlantısı vardır. Bu nöral ağ içindeki bağlantılar, yaralanma, öğrenme ve terapi sonrasında plastisite yeteneğine sahiptir ve modifiye olabilir. Yaralanma sonrasında beynin reorganizasyonunda önemli rol oynar (62) (Şekil 2.5).





**Şekil 2.5.** Üst ekstremitelerin kontrolünde beyin alanlarının rolü (62).

Premotor korteks (PMc) motor öğrenme ve motor kontrolde kritik öneme sahiptir. Premotor korteks dorsal ve ventral olmak üzere ikiye ayrılır. Ventral premotor korteks (PMv), primer motor korteksin el alanı, anterior intraparietal area, suplementar motor alan, Broadman 3,1,2 ile bağlantılıdır. Dorsal Premotor Korteksin (PMd), lateral intraparietal alan, primer motor korteks, supplementary motor alan, singulat gyrus ve Broadmann 5 ile PMv'ye göre daha fazla projeksiyonu vardır (63,64). PMd hücrelerinde hareketin hedefe yönelik pozisyonu kodlanmıştır. Hareketin hazırlık fazında PMd nöronları aktiftir ve motor planlamada kritik rol oynar. Hareketi planlamada, öğrenmede ve ileriye yönelik postural cevapların oluşumunda görevlidir. Ventral Premotor korteks (PMv) hareketin sensorimotor sürecinde önemlidir, hedefe yönelik aktivitelerin kognitif yönüyle ilişkili olduğu düşünülür (65,66). Ayna nöron sisteminin bir parçasıdır. Hareketin uygulanması ve gözlenmesi sırasında PMv ayna nöronlarının çift yönlü aktivasyonu ile motor hareketler için özet resimler kodlanır. Böylece başkalarının hareketlerini önceden anlayabilmemiz sağlanır. Bir motor beceriyi öğrenme kognitif ve motor bir süreçtir. Kısacası motor öğrenme, kompleks hedefe yönelik hareket becerisinin pratik ile kazanılmasıdır. PMd, motor öğrenmenin erken fazı boyunca aktiftir, spatial

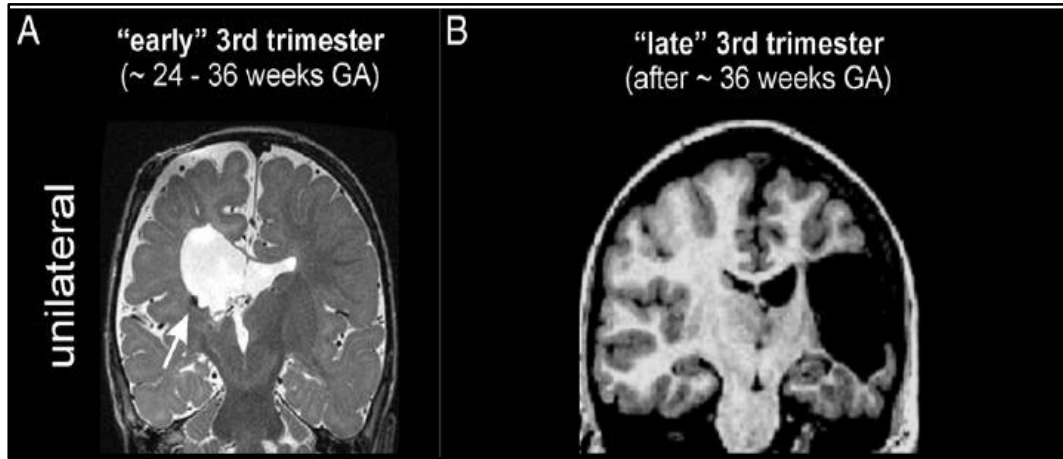
haritalama ile ilişkilidir, PMv ise görsel temelli hareketlerin sensorimotor transferinde motor öğrenme için kritiktir. PMv nöronları, performansı gözlerken ve hareket seçimi için karar verirken pratikte görev alır. PMv içindeki ayna nöronlar, gözlemsel ve taklit öğrenmede önemli rol oynar. Ayna nöron mekanizması motor hafıza ve motor öğrenme için fizyolojik temel oluşturur. Ayna nöronlar, gözlenmiş hedef aktiviteyi resimsel ve kinematik olarak haritalar ve hareket tanıma mekanizmasıyla harekete geçerler. Sonuç olarak; ayna nöron sisteminin aktivasyonu kortikal reorganizasyonu uyarır ve fonksiyonel iyileşmeye katkıda bulunur (67,68).

### 2.6.2. Kortikospinal Yol Hasarı ve Premotor Kortekste Reorganizasyon

Fetusteki beyin hasarı baskın olarak etkilediği alana göre 2'ye ayrılır (69):

1. Periventriküler beyaz maddeyi etkileyen
2. Kortiko-subkortikal ve derin gri maddeyi etkileyen

Periventriküler beyaz maddenin, 2. trimesterin sonundaki ve 3. trimesterin başlangıcındaki kanamaya yatkınlığından dolayı, sıklıkla gestasyonun 24-36. haftalarında hasarlanır. Kortiko-subkortikal veya derin gri madde lezyonları ise genellikle 3. trimesterin sonlarında, yaklaşık 36. haftadan sonra görülür (69)(Şekil 2.6).

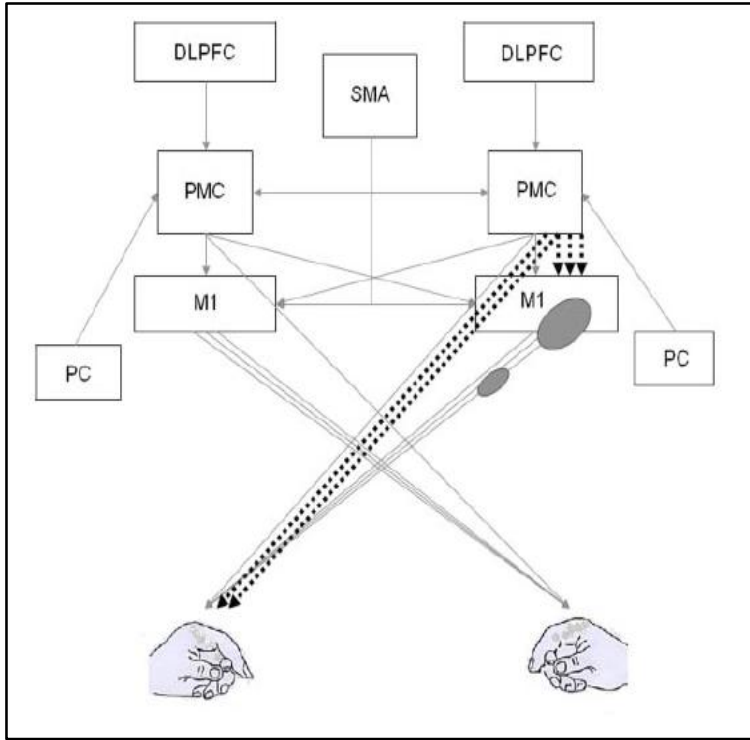


Şekil 2.6. Intrauterin beyin lezyonu örnekleri

A) 3. Trimesterin başlangıcında germinal matriks hemorajı sonucu periventriküler alanı etkileyen unilateral beyin lezyonu B) 3. trimesterin sonunda orta serebral arter hasarı sonucu kortiko-subkortikal alanı ve derin gri maddeyi etkileyen unilateral beyin lezyonu (69).

Kortikospinal yol hasarının zamanı gelecekteki klinik bulgular için tahmin edicidir. Kortikal malformasyon ilk iki trimesterde görülürse, 3. trimesterin başlarında görülen periventriküler lezyonlara veya 3. trimesterin sonlarında görülen orta serebral arter hasarına göre daha az şiddetli el etkilenimi ile sonuçlanır. İntrauterin dönemde görülen unilateral beyin hasarı, etkilenen hemisferdeki kortikospinal yol projeksiyonlarının nöronal aktivitesini engeller. Eğer premotor kortekste veya kortikospinal yoldaki hasar küçükse ipsilateral projeksiyonların artmasına ve güçlenmesine sebep olur (62) (Şekil 2.7.).

Ancak büyük bir hasar varsa kontralateral premotor kortekste uyarılar artar ve projeksiyonlar güçlenir (62) (Şekil 2.8.).



Primer motor korteksteki (M1) veya Kortikospinal yoldaki küçük lezyon



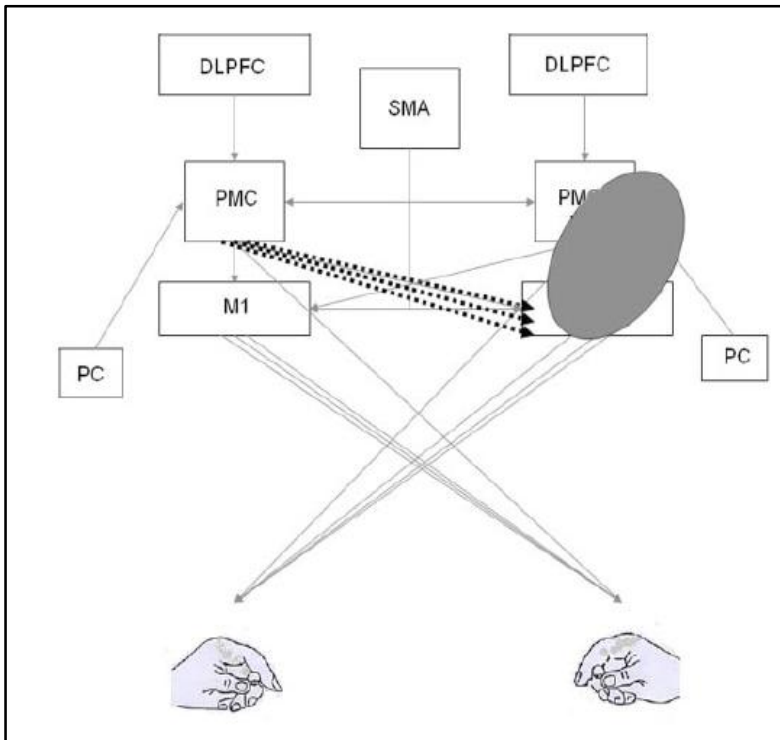
Hafif motor bozukluk



İpsilateral PMC'de reorganizasyon;

- Kortikospinal yola direkt uyarılarda artış
- M1'in kalan kısımlarına uyarılarda artış

**Şekil 2.7.** Kortikospinal yoldaki veya primer motor korteksteki (M1) küçük lezyon sonrası ipsilateral PMC'de reorganizasyon (62).



Primer motor korteksteki (M1) veya Kortikospinal yoldaki büyük lezyon



Şiddetli motor bozukluk



Kontralateral PMC'de reorganizasyon;

- İpsilezyonal sensorimotor korteksin kalan kısmına uyarılarda artış

**Şekil 2.8.** Kortikospinal yoldaki veya primer motor korteksteki (M1) büyük lezyon sonrası kontralateral PMC'de reorganizasyon (62).

### 2.6.3. Sensorimotor Bozukluk

Motor disfonksiyonların yanında hemiplejik çocuklarda duyu fonksiyonlarında da bozukluklar görülür (69). Talamokortikal sensorimotor projeksiyonlar, kortikal alanlardaki varış noktalarına 3. trimester süresince ulaştıkları için, genellikle periventriküler lezyonlarda hasarlanmazlar. Aksine, orta serebral arter enfarktlarında, sıklıkla postsentral girus etkilenimi görülür ve sonucunda somatosensori sistem etkilenir (69). Bu yüzden orta serebral arter hasarı olan unilateral spastik SP'li çocuklarda ince ve kaba motor becerileri etkileyen duyu bozukluklarına sıklıkla rastlanır. Özellikle çıkan sensori motor yollardaki bozukluğun miktarına bağlı olarak taktil algılama, diskriminasyon, stereognosiz ve propriosepsiyon sıklıkla etkilenir (60).

### 2.7. Unilateral Spastik Serebral Palsi'de Tedavi

SP'de beyin lezyonu ilerleyici olmamasına rağmen, ikincil kas patolojileri ile sonuçlanır (21). Bu ikincil kas patolojileri arasında spastisite, *kas zayıflığı*, kas kontraktürleri, artmış ko-kontraksiyon, selektif motor kontrolün azalması sayılabilir (70). SP'li çocuklarda *kas zayıflığı* en yaygın görülen problemdir. Buna rağmen, geçmişteki genel görüş kas zayıflığının majör problem olmadığıdır (3,71). Tarihte, nörogelişimsel terapinin (NGT) ortaya çıkmasıyla, SP'li çocuklar için kas kuvvetlendirme eğitimi, spastisite de artışa sebep olacağı inancıyla önerilmemiş ve çocukların dirençli egzersizlerden fayda sağlamayacağı düşünülmüştür (71,72). Ancak güncel çalışmalar, kas zayıflığının, spastisiteden daha fazla günlük yaşamdaki hareket kısıtlılığına sebep olduğunu göstermiştir. Günümüzde yapılan çalışmalarda kuvvetlendirme eğitiminin SP'li çocuklarda hiçbir olumsuz etkisi olmaksızın vücut yapısı ve fonksiyonları ile aktiviteyi arttırdığı kanıtlanmıştır (73). Park & Kim (74), güncel meta analizlerinde SP'li çocuklar üzerinde kuvvetlendirme eğitiminin büyük etkisi ( $d=0.861$ ) olduğunu göstermişlerdir. Şu anda dünyada kuvvetlendirme eğitimi, klinisyenler ve akademisyenlerin büyük bir kısmı tarafından SP'li çocuğun motor fonksiyonunu ve kas kuvvetini geliştirmek için kullanılan ve umut vadeden tedavi yaklaşımları arasındadır (75,76).

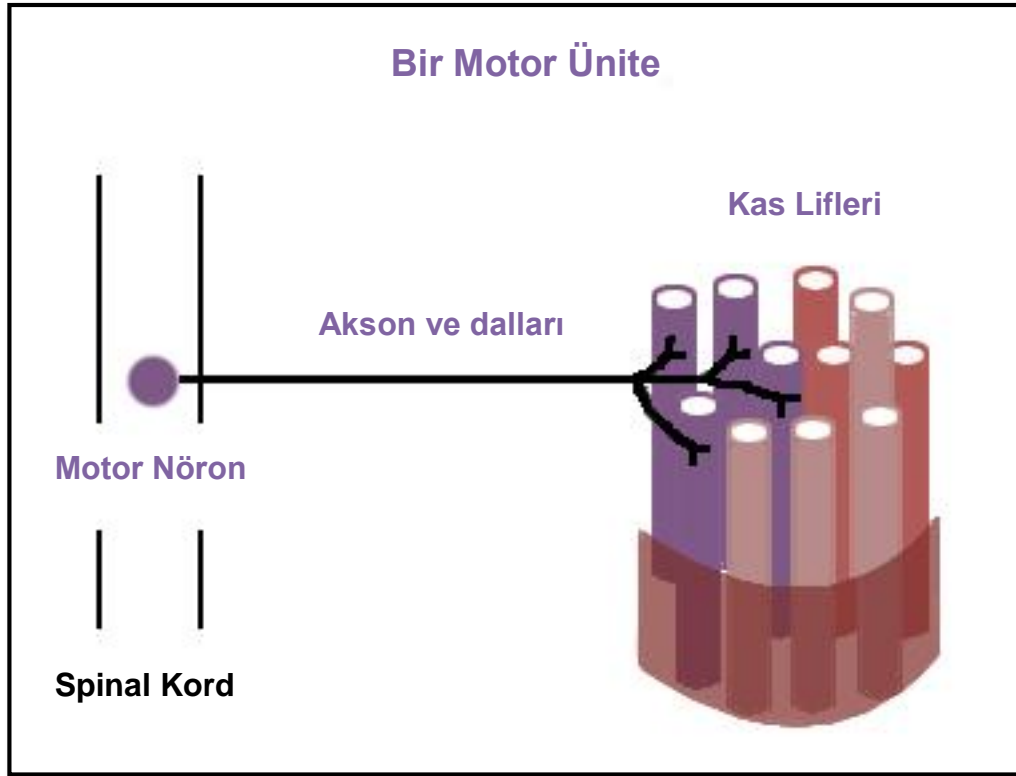
SP'li çocuklarda etkili bir kuvvetlendirme programı planlayabilmek için öncelikle altta yatan fizyolojik mekanizmalar bilinmeli ve özellikle de hareket bozukluğu olan bu çocuklarda motor ünitenin rolü çok iyi anlaşılmalıdır.

### 2.7.1. Motor Ünite

Motor sistemin temel fonksiyonel elemanı motor ünedir (Şekil 2.9). Motor ünite;

- Bir motor nöron,
- Nöromusküler kavşak
- Motor nöron tarafından inerve edilen kas liflerinden oluşur (77).

Bir tek motor nöron tarafından inerve edilen kas liflerinin sayısı, kasın fonksiyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin; elde ince hareketleri kontrol eden kasların motor ünitelerinin sadece 3-6 kas lifi varken, m. gastroknemius gibi kaba motor kasların ise motor ünitelerinde yaklaşık 2000 kas lifi vardır (77).

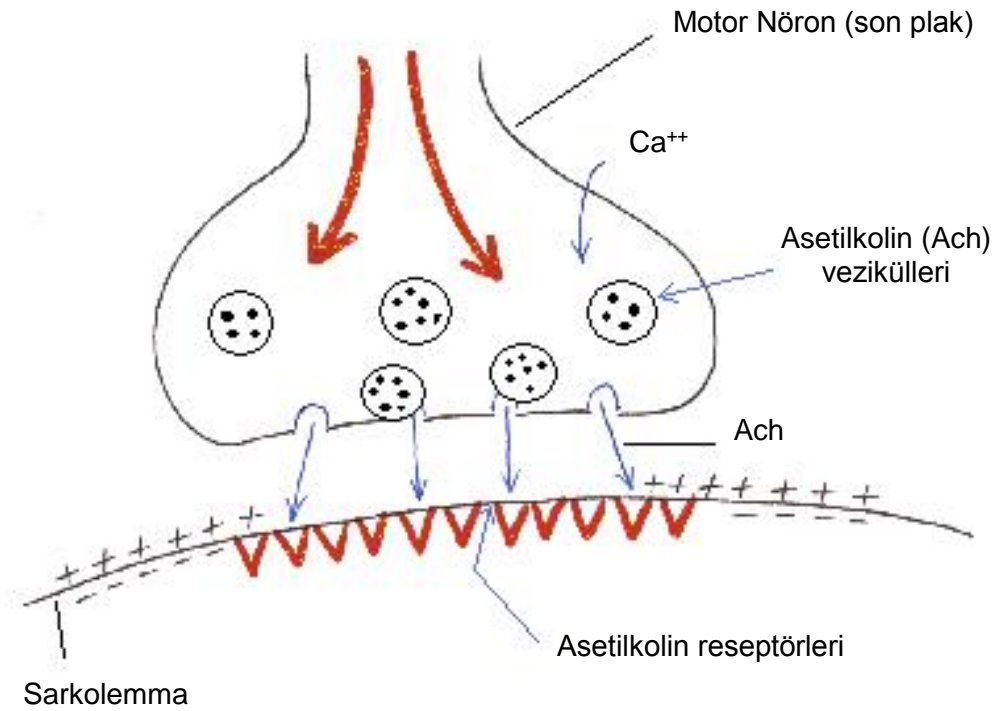


Şekil 2.9. Motor ünitenin yapısı (77)

Motor üniteler iki tiptir. Bunlar: “yavaş kasılan” ve “hızlı kasılan” ünitelerdir. Bir motor ünitenin tipi, motor nöronun özelliğine göre belirlenir (78).

### I. Nöromusküler Kavşak

Nöromusküler kavşaktaki motor son plakta, kas lifi ve motor nöron arasındaki elektrokimyasal iletişimden sorumludur (79) (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Nöromusküler kavşak (79)

Motor son plak, akson terminalinde mikroskopik veziküller içerir. Sinaptik aralıkta elektriksel uyarı ile nörotransmitter olan asetilkolin (ACh) serbest bırakılır. ACh, presinaptik membrana yayılarak sinaptik aralıktan geçer. Sonrasında kas membranındaki post sinaptik reseptörlere bağlanır. Sonuç olarak sarkolemmada (kas lifinin etrafındaki uyarılabilir membran) aksiyon potansiyeli başlar. Aksiyon potansiyeli sarkolemma boyunca ilerler ve sarkoplazmik retikulumdan  $Ca^{++}$  salınımına neden olur. Kasılma,  $Ca^{++}$ , troponin ile birleştiğinde başlar. Tropomiyozinin uzaklaşmasıyla aktin üzerindeki etkisi kalkar ve aktin üzerindeki çapraz köprü bağlanma yerleri açığa çıkar. Böylelikle, miyozin çapraz köprüleri

aktine bağlanır. Gevşeme,  $Ca^{++}$  un aktif olarak sarkoplazmadan geri pompalanmasıyla oluşur ve  $Ca^{++}$  sarkoplazmik retikulumuna geri döner. Bu tropomiyozinin aktin üzerindeki engelleyici görevine geri dönmesine neden olur (79).

## II. Kas Lifi

İlk defa 1983 yılında Ranvier tarafından yavaş kasılan kırmızı lifler (Tip I) ve hızlı kasılan beyaz lifler (Tip II) keşfedilmiştir. Fiziksel olarak kuvvet üretmek için kullanılan kas liflerinin çeşitli özellikleri vardır. Bu özellikler; kasılma hızı, yorgunluk direnci ve oksidatif kapasitedir (79) (Tablo 2.3).

Yavaş kasılan (Tip I) kas liflerinin, oksidatif kapasitesi yüksek, kasılma ve gevşeme süresi yavaş, motor nöron uyarı eşiği düşük ve kas lifinin çapı küçüktür. Tonik postüral kaslar (ör: m. soleus) daha yüksek oranda Tip I liflerini içerir. Tonik kaslardan ekstremitelerde yer alanlar sadece bir eklem kat ederken omurgada yer alanlar birkaç eklem kat eder. Bu kaslar genellikle multi pennat özelliğe sahiptir (78).

Hızlı kasılan (Tip II) liflerin ise oksidatif kapasitesi düşüktür ve kendi içerisinde Tip IIa ve Tip IIb olarak 2 gruba ayrılır. Tip II liflerinin tümünde kasılma ve gevşeme süresi düşük, motor nöron uyarı eşiği yüksek ve kas lifi çapı büyüktür. Tip IIa liflerinin Tip IIb liflerine göre mitokondri sayısı, kapiller yoğunlukları ve miyogloblin sayısı daha yüksektir. Fazık kaslarda daha yüksek oranda Tip II lifleri bulunur. Bu kaslar ekstremitelerden uzaktır, birkaç eklem kat edebilir ve bipennat özelliğe sahiptir (78).

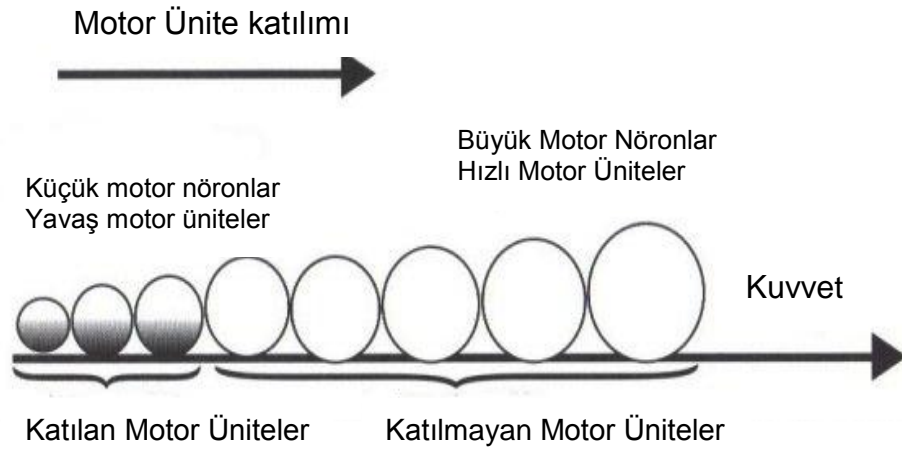
**Tablo 2.3.** Kas liflerinin yapısal ve metabolik özellikleri (78).

Özellik	Tip I	Tip IIa	Tip IIb
Motor nöron hacmi	Küçük	Büyük	Büyük
Motor nöron uyarı eşiği	Düşük	Yüksek	Yüksek
Sinir ileti hızı	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Kas lif çapı	Küçük	Büyük	Büyük
Mitokondri yoğunluğu	Yüksek	Yüksek	Az
Miyogloblin sayısı	Yüksek	Orta	Az
Kasılma süresi	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Gevşeme süresi	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Kuvvet üretimi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Enerji verimi	Yüksek	Az	Az
Yorgunluk direnci	Yüksek	Az	Az



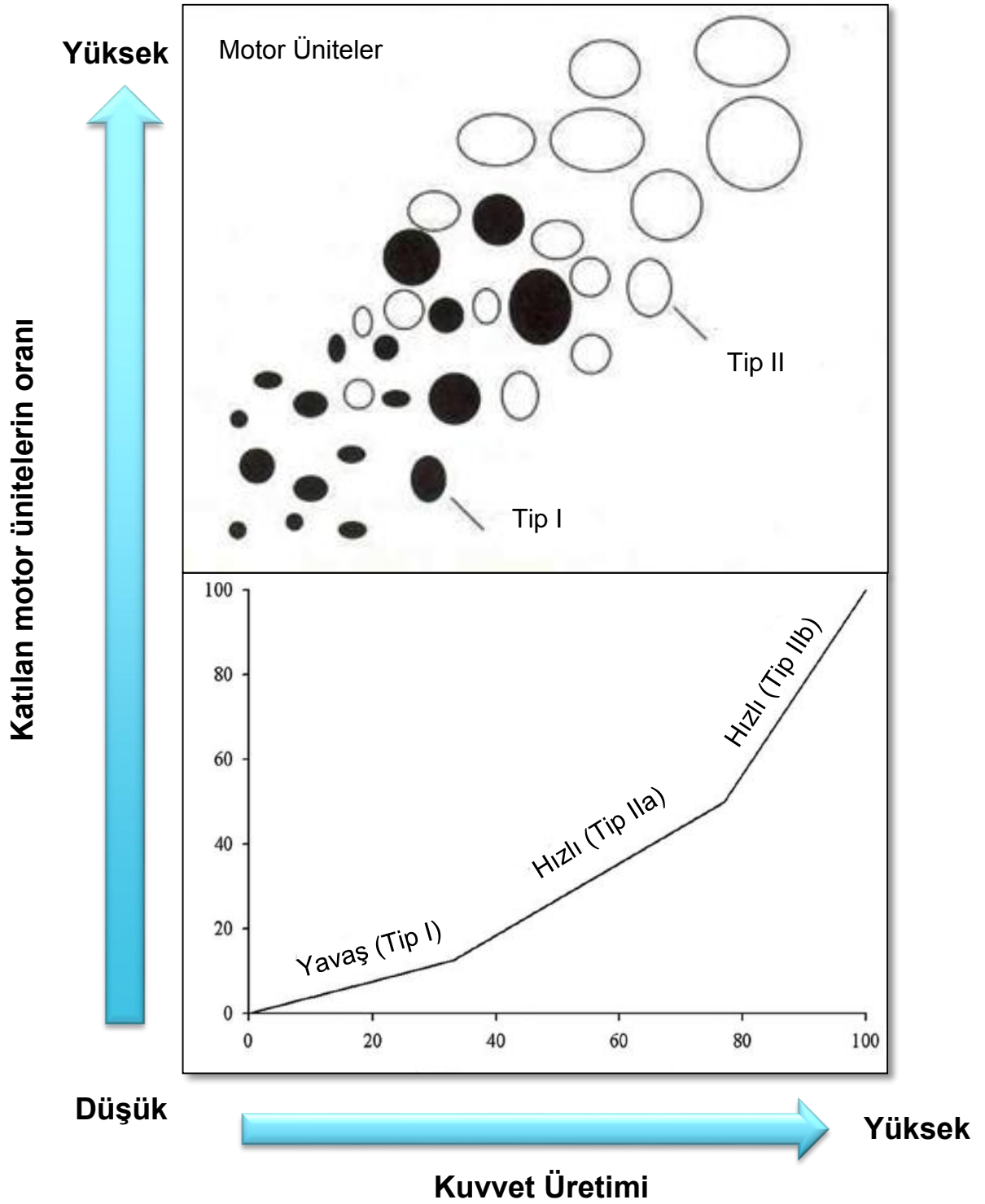
### III. Normal Motor Ünite Ateşlenme Özellikleri

Bir kas kontraksiyonunun gücü, aktive olan motor ünitelerin sayısı ve bunların ateşlenme oranlarına bağlıdır. Merkezi sinir sistemi, kas kasılması için zayıf bir sinyal gönderdiği zaman, önce küçük motor üniteler uyarılır. Sinyalin gücü arttıkça, büyük motor üniteler uyarılmaya başlanır. Bu sumasyon paterni kasılmaların basamak halinde oluşmasını ve büyük güç gerektiren kas kuvvetinin dereceli olarak artmasını sağlar (80,81) (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Motor Ünite Ateşleme Oranı (81)

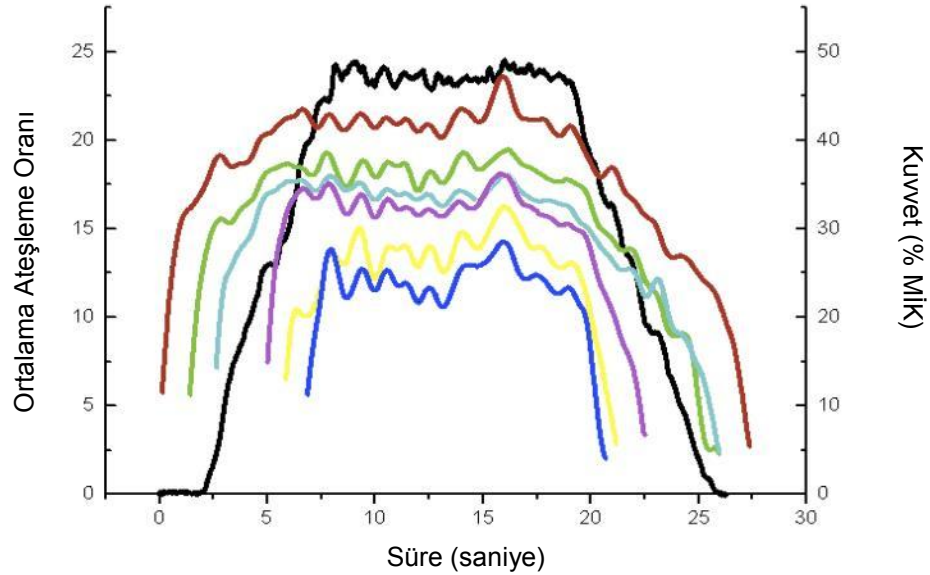
Kas aktive olduğunda motor üniteler kasa özgü bir dizi şeklinde çalışır. Eşik değeri düşük motor üniteler (Tip I) kasılmanın başlangıcında çalışırken, daha sonra eşik değeri yüksek motor üniteler (Tip II) aktifleşir. Bütün motor üniteler aktive olduğunda, kas aktivitesinin ileri modülasyonu her bir motor ünitenin ateşlenme oranının düzeltilmesi ile yapılır. Normal kasın kasılma kuvveti hem aktif motor ünite sayısını arttırarak hem de aktif olan motor ünitelerin ateşlenme oranını arttırarak geliştirilir; bu, özellikle motor ünitenin sahip olduğu sumasyon paterninin düzenli olması ile sağlanır (80)(Şekil 2.12).



**Şekil 2.12.** İstemli iskelet kası kasılması sırasında motor ünitelerin katılımı (81)

Farklı kaslar, kuvveti düzenlemek için ateşlenme oranı ve katılım arasında farklı bir denge kullanır. Örneğin; m. biceps brachi'de yeni motor ünitelerin katılımı maksimum istemli kontraksiyonun (MİK) %80'ine kadar devam eder. Oysa ki,

m.adduktör pollicis'te tüm motor üniteler MİK'nun %30-50'sinde katılım göstermiştir ve daha sonra bu kuvvetin üzerine çıkmak için sadece ateşlenme oranı modülasyonu kullanılabilir (82) (Şekil 2.13.) .



Şekil 2.13. Motor Üniteler için ortalama ateşlenme oranı (82)

### 2.7.2. SP'li Çocuklarda Kas Zayıflığının Sebepleri

SP'li çocuklarda kas zayıflığına sebep olan faktörler nörolojik ve kassal olarak ikiye ayrılır (83).

#### I. Zayıflığın Nörolojik Temeli

Kas aktivitesi periferel sinirler sayesinde santral sinir sistemi tarafından kontrol edilir (84). Sağlıklı çocuklarda, normal hareketin tekrarı ile sinir sisteminde nöral ağların güçlenmesi sağlanır. Normal gelişen bir çocuk, istemli olarak birçok kez normal aktiviteyi tekrarlar, SP'li bir çocuk anormal hareket paternlerini tekrarlar ve böylece nöral ağlar bozuk şekilde güçlenir (83).

SP'li çocuklarda piramidal yol hasarı sonucu motor nöronları uyaran santral inputlar azalır. Bu yüzden motor nöron havuzu agonist kasın yönetiminde yetersiz kalır. Bunun yanı sıra, motor ünitelerin ateşlenmesi yetersiz, düzensiz ve normalden daha yavaştır. Bu yüzden kas tamamen aktive olamaz (85). Spastik diplegik SP'li

çocuklarda m. kuadriseps femoris kuvvet üretimini araştıran bir çalışmada, SP'li çocukların sağlıklı yaşlılarına göre oldukça yavaş kuvvet üretimine ve motor ünitelerin ateşlenme yeteneğinde yetersizliğe sahip oldukları kanıtlanmıştır (86).

Her bir kasın kuvvet üretimi sırasında ateşlenme oranı modülasyonu ve motor ünite sumasyonu arasında kendine özel bir denge vardır. Spastik kaslarda ateşlenme oranı modülasyonundaki bozukluktan dolayı kas kuvveti çoğunlukla motor ünitelerin sumasyonu ile oluşur. Motor ünite ateşlenme oranı ile kas liflerinin mekanik özellikleri arasındaki normal eşleşme de bozulmuştur. Bu durum kasın kuvvet üretiminde yetersizliğe ve erken dönemde yorgunluğa sebep olur (80). Ayrıca, büyük motor ünitelerin yetersiz ateşlenmesi, erken dönemde kuvvet kaybına neden olurken motor cevapları ayarlama yeteneğindeki azalma da selektif motor kontrolü ve kuvvet üretim yeteneğini kısıtlar (87). Rose ve McGill (88) yaptıkları çalışmada, SP'li çocukların itme fazı sırasında m. gastroknemius kasında, sağlıklı kontrollerine göre %50 güç kaybı olduğunu ve motor ünite ateşlenme oranının da daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Sonuçta, SP'li çocukların maksimum istemli kontraksiyon için gerekli yüksek eşikli motor ünite gruplarını aktifleştiremedikleri ve düşük eşikli motor ünitelerin ateşlenme oranını değiştiremediklerini ortaya çıkarmışlardır (88).

Resiprokal inhibitör yollar ile agonist kasta istemli bir hareket meydana gelirken antagonist kasta gevşeme elde edilir. Bu inhibitör yollardaki bozukluk, anormal ko-kontraksiyona sebep olur. Bu durumda uzamış spastik antagonist kas aktivitesi nedeniyle oluşan belirgin agonist zayıflık gözlenir (83). Agonist-antagonist arasındaki anormal ko-kontraksiyonun önlenmesi normal hareket için gereklidir. Yapılan çalışmalarda normal gelişen çocuklarda da ko-kontraksiyon bulunmuştur. Çünkü kastaki ko-kontraksiyon stabiliteyi arttırmanın temel yollarından biridir. Ancak fizyolojik ve patolojik şartlar kasın ko-kontraksiyon derecesini etkiler. SP'li çocuklarda karşılaşılan ko-kontraksiyon normal çocuklardaki ko-kontraksiyona oranla oldukça yüksek seviyededir. Özellikle bu ko-kontraksiyonlar hızlı ve resiprokal hareketler sırasında meydana gelir (89,90).

Kas içiğinin duyusal ve motor inervasyonu karmaşıktır. Kas içiği kasın boyuna son derece duyarlı bir yapıdır. Kas içiğinin duyusal liflerinin uyarılma eşiği kronik olarak kısalmış spastik bir kasta cevabın tamamen sıfır olmasına neden olabilirken tam tersine kronik olarak uzamış bir kasta, anormal dinlenme uzunluğuna

ve kas iğciğinin affarent lifleri yoluyla gerçekleşen üst merkezlerin kontrolünde azalmaya neden olur. SP'li çocuklarda kalça abduktörlerinin maksimum kuvvet üretiminin, sağlıklı yaşlılarına göre daha erken hareket aralığında görüldüğü kanıtlanmıştır. SP'li çocuklarda abduktör kasların en etkin çalıştığı ve maksimum kuvvet üretimi meydana getirdiği dönemde bacak hala adduksiyon pozisyonunda ve abduktör kaslar uzamış pozisyonudadır (91). Diğer bir deyişle, kas iğciği afferentleri, abduktörlerin gerçekteki kısalmış pozisyonuna alışkın değildir ve kasın bu uzun halini normal kabul etmektedir. Bu nedenle, kas iğciği afferentlerinin bu alışkanlığı kronik olarak uzamış abduktörler de maksimum kuvvet üretiminin kas halen daha uzun pozisyondayken gerçekleşmesine sebep olur ve istenilen kas kuvvetine ulaşamaz.

Özetle, azalmış motor yönetim, anormal nöral ağların güçlenmesi, bozulmuş ateşlenme paterni, resiprokal inhibisyonun ve kas iğciğindeki ayarlamaların bozulması SP'li çocuklarda kas zayıflığına sebep olur. Normal nöral gelişim; ilerleyici kuvvet kazanımı, daha hızlı kontraksiyon hızı ve daha kuvvetli izometrik maksimum istemli kontraksiyon ile ilişkilidir. SP'li çocuktaki nörofizyolojik anormallikler, yetişkin döneme geçişte ısrarlı ve kalıcı bozukluklara sebep olur. Bu anormallikler SP'li çocuğun normal şekilde kuvvetlenmesi için gerekli büyüme yeteneğini kısıtlar (83).

## **II. Zayıflığın Kassal Temeli**

SP'li çocuklarda kas dokusu histolojik olarak değişir. Güncel literatür, SP'li bireylerde iskelet kasının morfolojik yapısındaki bozuklukların kas zayıflığına yol açtığını göstermektedir. Kas dokusundaki değişiklikler çocuğun yaşına ve ambulasyon seviyesine göre çeşitlilik gösterir. Serebral hasarın kazanıldığı yaş histolojii etkileyebilir. 9 SP'li çocuktan alınan kas biyopsisi sonucunda, perinatal nedenlerden dolayı SP olan çocuklarda, 17 aylıkken serebral hasar geçiren bir çocuğa göre kontraktıl özelliklerin değişiminin daha belirgin olduğu gösterilmiştir (92).

### *a) Kas Lifli Tiplerinde Görülen Değişiklikler*

Üst motor nöron lezyonu sonucunda motor ünite tiplerinin değişebileceği belirtilmiştir. Motor nöronun aktivitesi ve büyüklüğü, bir motor ünitedeki kas liflerinin sayısını ve bu liflerin içinde bulunan miyozin tipini büyük ölçüde tanımlar.

Miyozin üretimi, hormonal ve mekanik aktivite ile sağlanır. Çoğu kasta Tip I ve Tip II motor üniteleri karışık şekilde bulunur, bunların oranları kasın temel fonksiyonuna göre farklılık gösterir. Örneğin; m. soleus kasında yüksek oranda yavaş kasılan Tip 1 lifleri yer alır ve postürü destekler. M. Gastroknemius'ta ise yüksek oranda hızlı kasılan Tip 2 lifleri yer alır. Böylece yürüyüşte ve koşmada itme fazı için güç oluşturur. Serebral hasar nedeniyle bozulmuş nöral input bu lif tiplerindeki farklılaşmayı etkiler. Büyümeyle birlikte yetişkin miyozin formlarının embriyonik ve neonatal formların yerine geçmesiyle kas değişiklik geçirir. Bu değişiklik çocukluk çağından yetişkinliğe kadar görülür. Kas aktivite seviyesine, çevresel etkilere ve özellikle mekanik gerimlere bağlı şekillenir. Bozulmuş aktivite seviyesi ve ağırlık aktarma yeteneği miyozinin gelişimini etkiler (92,93).

Kas içiği gelişimi ve asetilkolin (Ach) reseptörlerinin sentezi, prenatal olarak nöral aktivasyon paternine bağlıdır. Antenatal dönemde görülen nöral lezyonlar, fetal kas hücrelerinin, kas içciklerinin ve nörotransmisyonun gelişimini bozabilir (94) . Bu yüzden çocuk yetersiz şekilde farklılaşmış kas dokusuyla, kas içiği ve Ach reseptörlerindeki olası yapısal anormallikler ile doğabilir. Nöromusküler ve terminal bağlantıların yoğun şekilde değiştiği postnatal dönemin ilk haftaları, kas fizyolojisinin gelişiminde kritiktir. Üst motor nöron lezyonuna sahip düşük doğum ağırlıklı 21 çocukta, postnatal kas lifi gelişiminde gecikme olduğu gösterilmiştir (83).

SP'li çocuklarda kasın kontraktıl özelliklerinin değişimi, Tip I liflerinin predominant, Tip IIa ve IIb liflerinde ise seçici atrofisi ile karakterizedir. M. Gastroknemius kası biyopsisi sonucunda, sağlıklı bireylerde Tip I liflerinin %45.6 ile %56.5 arasında olduğu, SP'li çocuklar da ise Tip I liflerinin %68 ile %95.6 oranında olduğu bulunmuştur. Ayrıca SP'li çocuklarda Tip II liflerinin özellikle de Tip IIb liflerinin sayısının azaldığı gösterilmiştir. Tip I liflerinin sayısı artınca kas uzamış-düşük kuvvet üretirken, hızlı-yüksek kuvvet oluşturan kontraksiyonlar üretemez (83,92).

#### *b) Kas Lifi Uzunluğundaki Değişim*

Maksimum kuvvet, aktin ve miyozun filamentlerinin optimum çakışmasına bağlı olup, kas kuvveti sarkomerlerin sayısı ve her bir sarkomerin uzunluğu ile

ilişkilidir (70). Lif büyümesi, kemik büyümesine ve yüklenmeye cevap olarak görülür (95). Uzamış sarkomerler sonucu SP'li çocuklarda oluşan gerim, aktin ve miyozinin filamentlerinin üst üste binişmesini azaltır ve bunun sonucunda oluşan çapraz köprü sayısı kısıtlanarak ve kuvvet üretim yeteneği azalır (83). SP'li çocuklarda yapılan çalışmada m. fleksör karpi ulnaris lifleri içindeki sarkomerler cerrahi sırasında ölçülmüştür. SP'li çocukların sarkomer uzunlukları spastisitesi olmayan kontrollerine göre anormal derecede uzun bulunmuştur. Bu kadar uzamış sarkomerler ile normal kuvvetin sadece %40'ının üretilebileceği belirtilmiştir. Sarkomer uzunluğunun sebebi; kemik uzamasına karşın kas büyümesinin yetersiz olmasından veya atrofi sebebiyle yüksek derecede pennat bir kas olan m. fleksör karpi ulnaris içerisindeki pennasyon açısının azalmasından kaynaklanır (96).

### *c) Tüm Kas Uzunluğundaki Değişim*

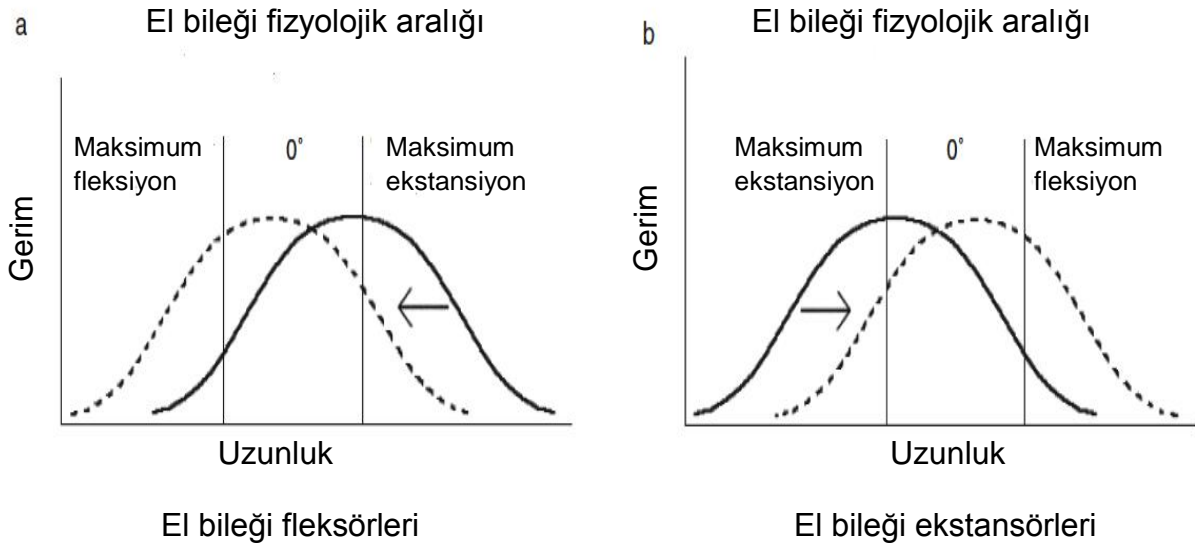
SP'li çocuklarda fasikül uzunluğu sağlıklı yaşlılarına göre daha kısadır. Bu durum hacimsel büyüklükteki bozukluktan, fibril atrofisinden, pennasyon açısının azalmasından, intramusküler apenerozun kısalmasından kaynaklanabilir (97). Malaiya ve diğ.'nin (97) çalışmasında 16 spastik hemiparetik ve 15 sağlıklı çocuğun mediyal m. gastroknemiusları karşılaştırılmıştır. Sadece ayak bileğinin dinlenme açısında hemiparetik tarafta kas fasikül uzunluğunun sağlıklı çocuklara göre %10 daha kısa olduğu gösterilmiştir. Kasın en şişkin yerinin daha kısa olmasının yanında, muskulotendinöz birimin tendonu normalden daha uzundur. Kısa kaslar daha az sarkomer içerir ve bu yüzden kuvvet üretmek için daha az çapraz köprüye sahiptir. Tendonun daha uzun olması da biyomekanik yararı azaltır (83).

Spastik kas uzunluk-gerim eğrisi boyunca maksimum güç açığa çıkarmak için çaba harcarsa da fonksiyonel yetenek azalmıştır. Çünkü spastik kas, fonksiyonu gerçekleştirmek için gerekli olan optimal uzunlukta uzun süre çalışamaz (83). SP'li çocuklarda m. gastroknemius fasya uzatma cerrahisi sonrasında, itme fazında kuvvet üretiminin arttığı gösterilmiştir. Bunun sebebi, uzatılmış spastik kasın son noktadan daha çok orta noktada çalışması ya da daha uzun kasın, hareketin erken dönemindeki refleks cevaba daha az duyarlı olmasıdır. Böylece kişi itme fazı sırasında istemli kontraksiyon üretebilmiştir (98).

Spastik kas daha kısa olduğu için, ters yöndeki kas kronik olarak uzamış dinlenme pozisyonundadır. Biyomekanik olarak kasın dinlenme pozisyonunda olması dezavantajdır ve gerekli fonksiyonel hareketi üretmek için yeterince kısalamamasına sebep olur (83). SP'li 14 çocuğun m. kuadriseps femoris kas kuvvetleri diz 90<sup>0</sup> fleksiyondayken 30<sup>0</sup> fleksiyonda olmasına göre daha kuvvetli bulunmuştur (71). Kalça ve diz ekstansörleri, yürüyüş sırasında yeterli kuvvet açığa çıkarabilmek için fonksiyonlarını neredeyse en kısa pozisyonlarında gerçekleştirmelidir, fakat SP'li çocuklarda bu pozisyon kasların en zayıf olduğu noktadır (83). Engsberg ve diğ. (99), SP'li çocuklarda kalça abduktörlerinin kısalmış pozisyonun aksine uzamış pozisyonda daha kuvvetli olduğunu kanıtlamışlardır. 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 (83).

SP'li çocuklarda üst ekstremitelerde de bu durum benzer şekildedir. El bileği fleksörlerinin fizyolojik aralıktaki uzunluk-gerim eğrisi Şekil 2.14'te gösterilmiştir (82). Spastik el bileği fleksörlerin de, kasın boyu kısaldığı için eğri sol tarafa doğru kaymıştır. Bu durum ters yöndeki el bileği ekstansörlerinde sarkomerin uzamasına neden olur ve sonuç olarak kas kuvveti azalır. El bileği ekstansörleri uzun pozisyonda kaldığı için eğri sağa doğru kaymıştır. Ekstansörlerin bu uzamış pozisyonu, kasın fonksiyonu gerçekleştirecek gerimi üretmesine engel olur. Bu nedenle de el bileği fleksiyondayken hiç bir zaman yeterinde büyük ekstansör kuvvet oluşturulamaz (Şekil 2.14.) (100).





**Şekil 2.14.** Uzunluk-gerim grafiği

(-----) uzamış ve kısalmış kasta uzunluk-gerim eğrisi

(————) normal kasta uzunluk-gerim eğrisi (100)

#### d) Fizyolojik Kesit Alanındaki Değişim

Kasın kuvvet oluşturma kapasitesi direkt olarak fizyolojik kesit alanı (FKA) ile ilişkilidir (83). FKA'nın her bir birimi büyümeyle birlikte artar ve yaklaşık olarak puberteden sonra yetişkin halini alır. Marbini ve diğ. (93) SP'li çocukların m.triceps surae ve adduktör kaslarda FKA'nında ve pennasyon açısında azalma olduğunu göstermiştir. Pennasyon açısı azalmış olan spastik m. gastrocnemius medialis'in hacmi normalden %30 daha azdır (93). Prematüre olarak doğan çocuklarda hiç bir zaman tam sayıda kas lifi gelişmeyebilir, bu yüzden FKA normalden daha azdır ve maksimum istemli kontraksiyon kısıtlanmıştır (83). Yapılan çalışmalarda kas hacminin SP'li çocuklarda %10-58 oranında daha az olduğu ve normal akranlarına göre FKA'nın da intramusküler adipoz doku infiltrasyonunun arttığı gösterilmiştir (101).

#### f) Kastaki Pasif Özelliklerin Değişimi

SP'li çocuklarda spastik kasta kollajen miktarı artmıştır. Bozukluğun şiddeti arttıkça kollajen miktarı artar. Bu durum kontraktürlerin oluşumundan sorumludur. Kasın pasif viskoelastik özelliklerini kollajen tipi, miktarı, kollajen bağlantıları ve

kollajen liflerinin yapısal organizasyonu etkiler. Kasın viskoelastik özellikleri kasılma sırasında kasın başa çıkması gereken internal direnci ve ters yöndeki kas kasılırken uzama sırasındaki başa çıkması gereken pasif direnci etkiler (83). Zayıf bir agonist kas, spastik antagonistinin uzamasını tam olarak sağlayamayabilir ve kontraktürlerin gelişmesine izin verir. Bu yüzden de artmış pasif gerginlik ile birlikte kas zayıflığı devam eder (102). Booth ve diğ. (103), SP'li çocuklarda spastisite şiddetinin kollajen birikimine etkisini incelemişlerdir. Spastisite şiddeti arttıkça kasta kollajen miktarı da artmaktadır.

Sonuç olarak; miyozin üretimindeki bozukluk, perinatal dönemdeki yapısal anormallikler, azalmış kas fasikül uzunluğu, artmış sarkomer uzunluğu, azalmış kas hacmi ve fizyolojik kesit alanı gibi kas dokusundaki değişiklikler SP'li çocuklarda kas zayıflığına sebep olur (83). Tablo 2.4.'de SP'li çocuklarda kas zayıflığının nörolojik ve kassal temeli özetlenmiştir.

**Tablo 2.4.** SP’li çocuklarda kas zayıflığının nörolojik ve kassal temeli

<b>Nörolojik Temel</b>	<b>Kassal Temel</b>
Santral inputların azalması	Miyozin üretimindeki bozukluk
Bozuk nöral ağların güçlenmesi	Kas içciği ve Asetilkolin reseptörlerinin gelişiminde bozukluk
Motor ünitelerin ateşlenme yetersizliği	Kas lifi gelişiminde gecikme
Ateşlenme oranı modülasyonundaki bozukluk	Tip 1 liflerinde hipertrofi Tip IIa ve IIb liflerinde atrofi
Resiprokal inhibisyon bozukluğu	Fasikül uzunluğunda azalma
Bozulmuş kas içciği ayarlaması	Sarkomer uzunluğunda artma
Artmış ko-kontraksiyon	Fizyolojik kesit alanında azalma
Azalmış maksimum kuvvet üretme kapasitesi	Fasikül açısında azalma Pennasyon açısında azalma Kas hacminde ve kasın en şişkin yerinde azalma Tendon boyunun normalden uzun olması Agonist antispastik kasın uzamış pozisyonu, antagonist spastik kasın kısalmış pozisyonu Kollajen miktarında artış

### 2.7.3. SP’li Çocuklarda Kuvvetlendirme Eğitiminin Kas Morfolojisi

#### Üzerine Etkisi

Çok az sayıda çalışma spastik SP’li bireylerin fonksiyonlarını geliştirmeye yönelik uygulamaları, kasın özelliklerindeki değişimleri inceleyerek değerlendirmiştir. Mcnee ve diğ. (7), spastik SP’li çocuklarda plantar fleksör kuvvetlendirme eğitiminin kas hacmine etkisini incelemişlerdir. 10 haftalık eğitim sonucunda kas hacminin giderek arttığını ve bu artışın takip döneminde de devam ettiğini göstermişlerdir. İlk 5 haftada kas hacmi başlangıca göre %16.6-35, 10. haftada %23.1-23.6, takip döneminde %30.5 artmıştır. Yine de kas hacimleri sağlıklı

kontrollerinden azdır (7). Reid ve diğ.'nin (9) çalışmasına göre ise SP'li çocuklarda eksentrik kuvvetlendirme eğitimi ile yüzeysel elektromyografi (yEMG) aktivasyonu azalmış, maksimal kuvvet üretimi artmıştır.

#### **2.7.4. SP'li Çocuklarda Üst ve Alt Ekstremiteler için Kuvvetlendirme Eğitim Programları**

Son 20 yıldır, SP rehabilitasyonunda tedavi uygulamaları, kas zayıflığının öneminin anlaşılmasıyla kuvvetlendirme eğitimine odaklanmıştır. SP'li çocuklarda kas zayıflığı günlük yaşam aktivitelerini olumsuz yönde etkiler ve sosyal katılımı ve fonksiyonel kapasiteyi azaltır. SP'li çocuklarda kuvvetlendirme eğitimi çoğunlukla GMFCS'ya göre seviye I ve II'de yer alan spastik SP'li çocuklara uygulanmıştır. Daha şiddetli seviyede motor bozukluğa sahip olan SP'li çocuklarda ise istemli kas aktivasyonunu sağlamak için farklı protokoller uygulamak gerekir (ör: elektrik stimülasyonu, biofeedback, magnetik stimülasyon) (6). Eek ve diğ. (13), ortalama yaşları 10.7 yıl olan 55 SP'li çocukta kas kuvvetinin yürüme yeteneği üzerine etkisini araştırmışlardır. Sekiz kas grubu; Kalça ekstansiyon-fleksiyon, abduksiyon-adduksiyon, diz ekstansiyon-fleksiyon, ayak bileği dorsi-plantar fleksiyon kas kuvveti değerlendirilmiştir. Yürüme yeteneği GMFCS'ye göre belirlenmiştir. Seviye I'deki çocukların kas kuvveti sağlıklı kontrollerinin %75-100'ünde, Seviye II'deki %50-75'inde, Seviye III'de %25-50'si arasındadır. Sadece Seviye III'te diz ekstansörlerinin kuvvetinin %50'den fazla olduğu gösterilmiştir. Sonuçta, SP'li çocuklarda kas kuvveti ve yürüme yeteneği arasında yüksek uyum olduğu kanıtlanmıştır (13).

“*National Strength and Conditioning Association (NSCA)*” çocuklarda kuvvetlendirme eğitimine özel bir rehber geliştirmiştir. Bu programa göre SP'li çocuklarda kullanılan kuvvetlendirme eğitim programları egzersiz tipine, yoğunluğuna, frekansına ve süresine göre incelenmektedir (6). Tablo 2.5'te literatürde SP'li çocuklar için randomize kontrollü çalışmalarda kullanılan kuvvetlendirme egzersiz programlarının ısınma, tip, yoğunluk/güç, dinlenme aralıkları, frekans, süre, ilerleme ve yaş ile ilgili özellikleri verilmiştir (9,76,104-108).

a) *Egzersiz Tipi*: SP'li çocuklarda yapılan 4 randomize kontrollü çalışmada tek eklemli yönelik egzersizler (ör: diz ekstansiyonu) yerine çok eklemli yönelik egzersizler (ör: lateral adım alma, squat) kullanılmıştır (76,104-106). Bu çalışmaların tümünde fonksiyonel egzersizler kullanılmış ve diz ekstansörleri en iyi gelişimi göstermiştir. NSCA rehberine göre, kuvvetlenme sağlamak için hem çok eklemli hem de tek eklemli egzersizlerin konsentrik ve eksentrik kontraksiyonlar ile birlikte çalıştırılması önerilmektedir. Literatürdeki çalışmaların programları benzerdir ve çocuktan ayakta duruşta veya diğer alt ekstremitesine ağırlık aktarırken bir görevi yapması istenmektedir. SP'li çocuklarda ve adölesanlarda, eğitim programının ilerleyici olması için görevlerin daha kompleks olması gerekir, bu sırada hareket bir kaç eklemde kontrol edilmeli ve düzgün vücut postürü korunmalıdır. Eğer kuvvetlendirme egzersizleri sadece çok eklemli egzersizleri içerirse, zayıf kasların kuvvetlenmesinde kısıtlılık görülebilir çünkü bu kasların görevi kompanse edilir. Örneğin; oturma-kalkma egzersizi boyunca güçlü m.kuadriseps femoris kasları, zayıf kalça ekstansörlerini kompanse edebilir. Bu nedenle çok zayıf kasların, tek eklemli egzersizler ile kuvvetlendirilmesi daha uygundur (6).

b) *Egzersiz Yoğunluğu ve Gücü*: Eğitimin yoğunluğu kullanılan direncin miktarına bağlıdır (ör: 1 maksimum tekrar (MT) oranı). Eğitimin gücü ise bir eğitim seansı boyunca gerçekleştirilen tüm iş yüküdür (setler x tekrarlar) (109). Her ikisi de önemli olmasına rağmen, dirençli egzersiz programı planlanırken eğitim yoğunluğu daha önemlidir, çünkü bu kas kuvvetini değiştirmek için temel uyarıdır (110). NSCA rehberine göre dirençli egzersiz 1-3 set arasında 6-15 tekrar olmalı ve kas yorulmadan tamamlanmalıdır (6).

c) *Egzersiz Frekansı*: Literatürdeki tüm randomize kontrollü çalışmalar haftada 3 gün kuvvetlendirme programı uygulamışlardır (76,104-106). NSCA rehberine göre, sağlıklı çocuklarda ve adölesanlarda eğitim haftada 2-3 kez birbirini takip etmeyen günlerde olmalıdır. Bu sıklık seanslar arasında uygun toparlanma zamanına izin verir (48-72 saat). Bu sebeple, SP'li çocuklarda eğitimin frekansı NSCA rehberine göre düzenlenmelidir (109).

f) *Egzersiz Süresi*: NSCA rehberine göre, kısa dönem dirençli egzersiz programı 8-20 hafta sürmelidir (109). Ancak SP'li çocuklarda yaşlarına göre motor kontroldeki yetersizlikler nedeniyle bu süre her zaman uygun olmayabilir. SP'li

çocuklar için kuvvetlendirme programı en az 8 hafta olmalıdır, eğitimde çocuğun maksimum etkiyi görebilmesi için önerilen süre 12 haftadır (6).

*g) Isınma:* NSCA rehberine göre 5-10 dakika dinamik aktiviteler ile ısınma önerilmektedir. Isınma, motor ünite uyarılabilirliğini arttırmak, vücut ısısını kontrol etmek, kinestetik farkındalığı geliştirmek ve aktif hareket genişliğini üst düzeye çıkarmak için gereklidir (6).

*h) Dinlenme araları:* NSCA rehberine göre orta-yoğun dirençli egzersiz sırasında mutlaka 1 dakika dinlenme aralığı verilmelidir. SP'li çocuklar ise egzersizleri yaparken daha fazla güç ve enerji harcarlar bu nedenle setler arasında daha uzun dinlenme araları verilebilir (ör:2-3 dakika) (6,109).

*i) İlerleme:* NSCA rehberine göre egzersiz programının taze ve zorlayıcı olması için, çocuk kuvvetini %5 ile %10 arasında arttıracak şekilde ağırlık giderek arttırılmalıdır. Aynı zamanda tekrar sayısını arttırmakta kullanılabilir. SP'li çocuklarda her zaman istenilen kuvvet kazanımı görülmediği için bu mümkün olmayabilir (6,109).

*k) Yaş:* NSCA rehberine göre eğer çocuk bazı sporlara katılmaya hazırsa (genellikle 7 yaş) dirençli egzersiz programına da başlayabilir (109). Dirençli eğitime katılım için minimum bir yaş yoktur ancak çocuğun emosyonel ve entellektüel kapasitesi emirleri takip edecek ve bunları yapmak için maksimum efor sarf edecek düzeyde olmalıdır (6). Ayrıca, denge ve koordinasyon becerilerinin gelişimi yaklaşık 7 yaşta yetişkin seviyesine yakındır. Bu nedenle kuvvetlendirme eğitimi bu beceriler kazanılmadan başlamamalıdır (110).

**Tablo 2.5.** SP’li çocuklarda üst ve alt ekstremitte kuvvetlendirme eğitimi programlarının özellikleri

Dirençli Eğitim Özellikleri	SP’de Randomize Kontrollü Alt ve Üst Ekstremitte Kuvvetlendirme Çalışmaları	NSCA Rehberi
<b>Isınma</b>	<b>Dodd ve diğ:</b> Belirtmemiş <b>Liao ve diğ:</b> 5–10 dakika (egzersizler belirtilmemiş) <b>Lee ve diğ:</b> Belirtilmemiş <b>Scholtes ve diğ:</b> 5–10 dakika (kas kuvvetlendirme ve aerobik)	5–10 dakika dinamik aktiviteler
<b>Tip</b>	<b>Dodd ve diğ:</b> Birden fazla eklem içeren egzersizler (parmak ucu kalkma, yarım squat, ve adım alma) <b>Liao ve diğ:</b> Birden fazla eklem içeren egzersizler (oturmada ayağa kalkma) yüklenme (ağırlık yeleği kullanılarak) <b>Lee ve diğ:</b> Birden fazla eklem içeren egzersizler (squat’tan ayağa kalkma, lateral adım alma, yürüme ve merdiven çıkma) yüklenme (kum torbası kullanılarak), tek eklem egzersizleri <b>Scholtes ve diğ:</b> Birden fazla eklem içeren egzersizler (leg press) and yüklenme (ağırlık yeleği kullanılarak) <b>McCubbin ve diğ:</b> İzokinetik egzersiz (triceps brachi) <b>Reid ve diğ:</b> İlerleyici dirençli egzersiz (Dirsek fleksörleri) <b>Elvrum ve diğ:</b> Tek eklem egzersizleri (Dirsek ve el bileği fleksör-ekstansörleri, önkol supinator ve pronatörleri)	Konsentrik ve Eksentrik kontraksiyonun kullanıldığı tek eklem ve birden fazla eklem içeren egzersizler
<b>Yoğunluk/Güç</b>	<b>Dodd ve diğ:</b> 3 set, 8–12 tekrar <b>Liao ve diğ:</b> 1 set, 1-MT’un %20’sinde 10 tekrar 1 set, 1-MT’un 50%’inde yorgunluk açığa çıkana kadar tekrar <b>Lee ve diğ:</b> 2 set, 10 tekrar <b>Scholtes ve diğ:</b> 3 set, 8-MT <b>McCubbin ve diğ:</b> 3 set, Maksimal hızda 10 tekrar (90 <sup>0</sup> /s) <b>Reid ve diğ:</b> Maksimum eksentrik kuvvetin %50’sinde 10 tekrar <b>Elvrum ve diğ:</b> 3 set, 10 tekrar	1–3 set 6–15 tekrar 1-MT’un %50–%85’inde
<b>Dinlenme Aralıkları</b>	<b>Dodd ve diğ:</b> Belirtilmemiş <b>Liao ve diğ:</b> 1–3 dakika <b>Lee ve diğ:</b> Belirtilmemiş <b>Scholtes ve diğ:</b> 90 saniye <b>McCubbin ve diğ:</b> Belirtilmemiş <b>Reid ve diğ:</b> Belirtilmemiş <b>Elvrum ve diğ:</b> Setler arasında 1 dk, kas grupları arasında 2 dk	1–3 dakika
<b>Frekans</b>	<b>Dodd ve diğ:</b> 3 X/hft <b>Liao ve diğ:</b> 3 X/hft <b>Lee ve diğ:</b> 3 X/hft <b>Scholtes ve diğ:</b> 3 X/hft <b>McCubbin ve diğ:</b> 3 X/hft <b>Reid ve diğ:</b> 3 X/hft <b>Elvrum ve diğ:</b> 3 X/hft	2–4X/hft (birbirini takip etmeyen günler)
<b>Süre</b>	<b>Dodd ve diğ:</b> 6 hft <b>Liao ve diğ:</b> 6 hft <b>Lee ve diğ:</b> 5 hft <b>Scholtes ve diğ:</b> 12 hft <b>McCubbin ve diğ:</b> 6 hft <b>Reid ve diğ:</b> 6 hft <b>Elvrum ve diğ:</b> 8 hft	8–20 hft
<b>İlerleme</b>	<b>Dodd ve diğ:</b> Her 2 hft da 8–12 tekrar yapabilecek şekilde ayarlanır <b>Liao ve diğ:</b> Her 2 hft da 1-MT’in %50’sinde yorgunluk açığa çıkana kadar <b>Lee ve diğ:</b> İlerleme belirtilmemiş <b>Scholtes ve diğ:</b> Her 2 hft da 8-MT sürdürebilecek şekilde yüklenme <b>McCubbin ve diğ:</b> Belirtilmemiş <b>Reid ve diğ:</b> Haftada %5 <b>Elvrum ve diğ:</b> Eğer 3 sette 10 tekrar yapılabiliyorsa 0.25-0.5 kg/haftada	Kuvvet gelişimine göre aşamalı olarak direnç artışı (%5-%10)
<b>Yaş</b>	<b>Dodd ve diğ:</b> 8–18 yaş arası <b>Liao ve diğ:</b> 5–12 yaş arası <b>Lee ve diğ:</b> 4–12 yaş arası <b>Scholtes ve diğ:</b> 6–13 yaş arası <b>McCubbin ve diğ:</b> 10-20 yaş <b>Reid ve diğ:</b> 9-15 yaş <b>Elvrum ve diğ:</b> 8.9-17.8 yaş	7 yaş ve üstü

### 2.7.5. Pliometrik Egzersizler

Pliometrik egzersizler, ilk defa 1969 yılında Rusya’ da Verkhoshanski tarafından atletlerde gerekli patlayıcı gücü uyarmak amacıyla eğitimde “şok” metodu olarak ortaya çıkmıştır (111). “Plyo” kelimesinin anlamı “artmak” ve “metric” kelimesinin anlamı ise “ölçmek” tir. *Pliometrik terimi* ise, ilk kez Amerikalı atletizm antrenörü Fred Wilt tarafından 1975'te ileri sürülmüştür. Pliometrik terimi 1970’lerden beri kullanılıyor olmasına karşın, pliometrik antrenmanlar çok uzun bir dönem İtalya, İsveç ve Sovyetler Birliğindeki araştırmacılar, pliometrik terimi yerine “Gerilme-Kasılma Döngüsü” (*Stretch-Shortening Cycle*) terimini kullanmışlardır. Bu yüzden, pliometrik terimi 1970’lerden itibaren kullanılıyor olmasına karşın, pliometrik egzersiz prensiplerinin kullanımı çok uzun yıllara dayanmaktadır. Özellikle, Doğu Avrupa ülkelerinin spordaki başarılarıyla pliometrik egzersizler tüm dünyada popüler hale gelmiştir (112).

Pliometrik egzersizler; insan kaslarının doğal elastikiyetini ve sinirsel gerilme kapasitesini ya da miyotatik refleksini kullanarak, daha hızlı, kuvvetli kas düzenlemesi sağlayan bir egzersiz tipidir (112). Pliometrik egzersiz, bir eksentrik kontraksiyon ve hemen ardından patlayıcı bir konsentrik kontraksiyon içeren hızlı ve güçlü bir hareket olarak ortaya çıkar (113). Bütün hareket paternleri meydana gelirken oluşan fonksiyonel aktivite sırasında tekrarlayan bir dizi konsentrik-eksentrik kasılma döngüsü meydana gelir. Bunun için gerekli kuvvetin açığa çıkarması için nöromüsküler sistemin hızlı ve etkili şekilde cevap oluşturması gerekir. SP’li çocuklarda azalmış olan kasın maksimum kuvvet üretim kapasitesinin ve ateşlenen motor-ünitelerin sayısının artırılabilmesi için nöromüsküler sistemin uyarılabilirlik, duyarlılık ve reaktivitesi sağlanmalıdır. Pliometrik egzersizler motor öğrenme prensiplerini kullanarak nöromüsküler verimliliği geliştirdiği için bunların sağlanmasında etkili bir egzersiz şeklidir (12).

#### I. Pliometrik Egzersizin Fazları

Bir pliometrik aktivitenin fizyolojisine bakıldığında, aktivitenin eksentrik yükleme evresi, amortizasyon evresi ve konsentrik kasılma evresi olmak üzere üç önemli evrede ele alınabileceği görülmektedir (114);



*a) Eksentrik Faz (Yükleme Fazı)*

Pliometrik egzersizin fazlarında ilk basamak eksentrik faz olarak adlandırılır. Bu fazda kas aktifleştirilmeden önce, önceden gerilme ile kas içiği aktivitesinde artış olur (114).

*b) Amortisman Fazı (Geçiş Fazı)*

Bu faz dinamik stabilizasyon içerir ve bu süreç eksentrik kontraksiyonun bitişi ile konsentrik kontraksiyonun başlangıcı arasındadır (114). Bu faz kasın eksentrik ve konsentrik kontraksiyonu arasında elektro-mekaniksel gecikmesi olarak da bilinir. Bu fazın uzamasından dolayı elastik potansiyel enerji kaybı ve bunun sonucunda da daha az optimum nöromusküler verimlilik olur. Eksentrik kontraksiyondan konsentrik kontraksiyona hızlı geçiş daha güçlü bir cevaba yol açar (115). Bu amortizasyon evresi ne kadar kısa olursa, depolanan elastik enerji de o kadar fazla kullanılacaktır ve kullanılan bu enerji miktarına paralel büyüklükte de bir iş gerçekleştirilmiş olur (116).

*c) Konsentrik Faz (Boşaltma Fazı)*

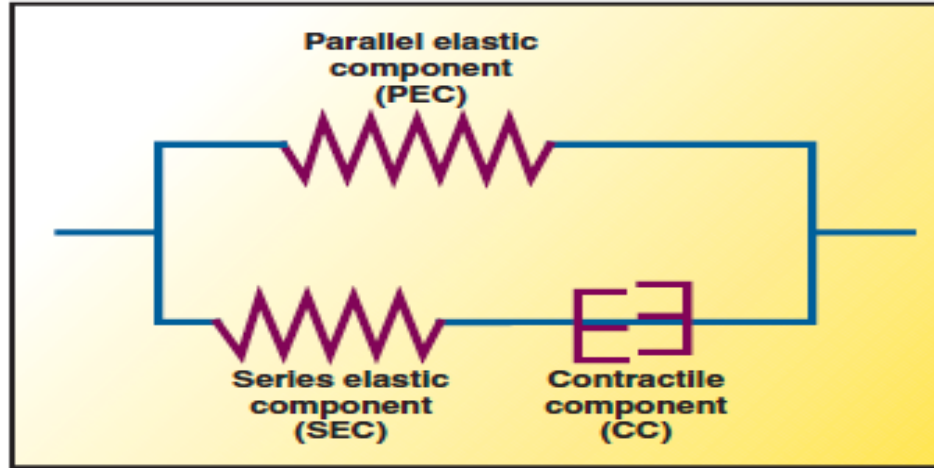
Konsentrik faz amortisman fazının hemen ardından meydana gelir ve konsentrik kontraksiyon içerir (116). Kas kasılmasının eksentrik fazının ardından kas performansında artmaya neden olur (117).

## **II. Pliometrik Egzersizin Fizyolojik Prensipleri**

Pliometrik egzersiz, en kısa sürede ateşlenen motor ünitelerin sayısının ve maksimum güç üretiminin artırılması için mekanoreseptörleri uyarak kasın elastik ve proprioseptif özelliklerinden faydalanır (115,116). Kas içiği ve Golgi Tendon Organı (GTO) pliometrik egzersiz için propriosepsiyonun temelini oluşturmaktadır. Bu reseptörlerin stimülasyonu agonist ve antagonist kas aktivitesinde fasilitasyona, inhibisyona ve modülasyona neden olur. Bu nöromusküler verimlilik ve fonksiyonel gücü artırır. Merkezi sinir sistemi daha sonra bu duyu girdilerini kas tonusunu, motor uygulamaları ve kinestetik farkındalığı düzenlemek için kullanılır (118).

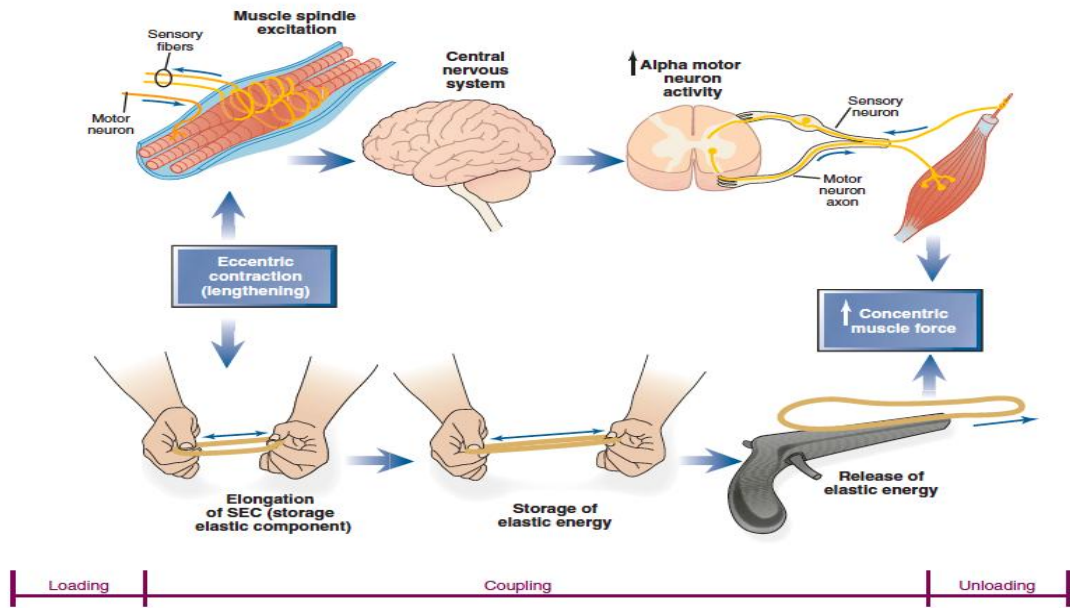
Pliometrik egzersizler, üç bileşenli kas modeline dayanır (Şekil 2.15). Bu modelde, kas bir tane kontraktıl element ve iki tane elastik element olarak modellenir. Elastik elementler kontraktıl elementle ilişkilerine göre isimlendirilerek

aynı hatta olana “seri elastik element” ve paralel olana ise “paralel elastik element” denir (111).



Şekil 2.15. Üç bileşenli kas modeli (111)

Pliometrik egzersizde ilk olarak gerçekleşen eksentrik kontraksiyon sırasında yük seri elastik komponentlere aktarılır ve elastik potansiyel enerji olarak depolanır. Daha sonra gerçekleşecek olan konsentrik kontraksiyon için depolanmış olan bu enerji kullanılarak güçlü bir kinetik enerjinin açığa çıkması sağlanır (113). Bir başka deyişle, kaslar süratli gerilmeyle artırılmış tonusu korur ve bir çeşit elastik kuvvet potansiyeline ve enerjisine sahip olurlar. Bu tıpkı bir lastik bandın gerilmesine benzemektedir (Şekil 2.16). Bant gerildiğinde üzerinde bir potansiyel enerji birikmekte ve tekrar bırakıldığında ise orijinal boyuna dönerken, biriken bu potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşmektedir (114). Kasın bu depolanmış elastik potansiyel enerjiyi kullanma yeteneği gerilme hızı, gerilme büyüklüğü ve zaman değişkeninden etkilenir (119). Kas performansının derecesi eksentrik kontraksiyondan konsentrik kontraksiyona geçiş süresine bağlıdır. SP’li çocukların rehabilitasyonu sırasında hedef, eksentrik ve konsentrik kontraksiyon arasındaki süreyi azaltıp nöromüsküler verimliliği geliştirmek ve böylece fiziksel uygunluğu artırmaktır (111).



Şekil 2.16. Eksentrik-konsentrik kasılma (111)

### III. Unilateral Spastik SP'li Çocuklarda Pliometrik Egzersiz Kullanımı

Hemiparetik SP'li çocuklarda, çocukluk çağı günlük yaşam aktivitelerine katılımlarını etkileyen fiziksel uygunluk (anaerobik kas gücü, aerobik kapasite ve kas kuvveti) seviyeleri sağlıklı yaşlılarıyla karşılaştırıldığında oldukça düşüktür (120). Günümüzde, Uluslararası Sağlık Sınıflandırma Sistemi (*International Classification System of Functioning, Disability & Health-ICF*) tarafından tanımlanan “katılımın” SP'li çocuğun yaşamındaki öneminin anlaşılması ile çocuklarda katılım seviyesini artırmak için, kısa süreli kas gücü ve çevikliği arttıracak aktivitelerin rehabilitasyon sürecinde kullanımını ön plana çıkarmıştır (121,122). Literatüre bakıldığında, özellikle hemiparetik SP'li çocukların tedavisinde hızlı yapılan ve patlayıcı kuvvet kullanımını gerektiren pliometrik egzersizlerin kullanımı giderek artmaktadır (12,123,124). Bu kısa süreli faaliyetleri gerçekleştirmek için yeterli seviyede kas gücü ve çeviklik gereklidir (125). Pliometrik egzersizlerin tedavi programına dahil edilmesi ile hemiparetik SP'li çocuklarda kısa süreli kas gücünün, çevikliğin ve fonksiyonelliğin artırılabilceği düşünülmektedir (12).

Günümüzde SP'li çocukların fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarında genellikle anaerobik kapasiteye odaklanılmamıştır. Ancak anaerobik kapasite, hemen hemen bütün çocukluk çağı günlük aktiviteleri için önemlidir. Literatürde kısa sürede, hızlı yapılan, patlayıcı kuvvet gerektiren bu aktivite performanslarını

geliştirmek için pliometrik egzersizler kullanımı giderek artmaktadır (12).

Yapılan bir çalışmada hemiparatik SP'li çocuklarda pliometrik eğitimin optimum süresi ve etkisinin kaba motor yetenekler üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla belirlenen koşullara uyan çocuklara pliometrik egzersiz programı uygulanmıştır (12). Değerlendirmeler (*Gross Motor Function Measure-GMFM-66, 10×5-m sprint, 20-m run, throw ball, broad jump ve vertical jump* testleri) sonucunda pliometrik eğitimin hemiparatik SP'li çocuklarda kaba motor yeteneği, çevikliği ve üst ekstremité gücünü arttırdığı bulunmuştur (12).

Vershuren ve diğ. (124) tarafından yapılan diğér bir çalışmada GMFCS Seviyesi I – II olan SP'li çocuklarda fiziksel uygunluk ve kaba motor kapasite arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Değerlendirilen fiziksel uygunluk parametreleri aerobik kapasite, kas kuvveti, anaerobik kas gücü, çeviklikdir. Bunlar genellikle bu çocuklarda zayıftır ve günlük yaşam aktivitelerini olumsuz etkiler. Sonuçta kısa süreli kas gücü, çeviklik ve fonksiyonel kas kuvveti ile GMFM-88 (ayakta durma bölümü ve yürüme-merdiven çıkma bölümü) arasında ilişki bulunmuştur (124).

*a) SP'li çocuklarda fiziksel uygunluğun değerlendirilmesi*

Birçok çocukluk çağı aktivitesi kısa süreli patlayıcı, yoğun aktivitelerden oluşmaktadır. Çocukların günlük yaşam aktivitelerinin çoğu, kısa dönem ateşlemeli yoğun aktiviteyi içerdiği için, anaerobik kas gücü fonksiyonel yeteneği ölçmede önemlidir. Hatta nörogelişimsel bozukluğu olan çocuklarda, anaerobik kas gücünün fonksiyonel yeteneği ölçmede, aerobik kapasiteden daha iyi olabileceği belirtilmiştir. Bu kısa süreli aktiviteleri gerçekleştirmek için de yeterli seviyede kas gücü ve çeviklik gereklidir (125).

Kısa süreli kas gücü olarak da adlandırılan anaerobik performans, nöromusküler sistemin kısa sürede bir işi gerçekleştirme yeteneğidir (12). Anaerobik kas gücünün testi ise *muscle power sprint test* ile yapılır (126). Bu testin SP'li çocuklarda güvenilir olduğu gösterilmiştir. Test için çocuklardan maksimum hızda 15 metrelik 6 turu tamamlaması istenir. Çocuğun her koşu arasında 10 saniye süre ile dinlenmesine izin verilir. Ortalama güç çıkışı (watt cinsinden) çocuğun ağırlığı ve 6 turun performansından alınan ortalama süre temel alınarak hesaplanır (126). Çeviklik ise verimli ve etkili bir biçimde vücudun yönünün değiştirilmesi yeteneğidir. Çocuğun bunu başarması için denge, hız, kas kuvveti ve koordinasyon

kombinasyonuna ihtiyacı vardır. Çeviklik klinikte *10 x 5 sprint testi* ile değerlendirilebilir. Bu çocuğun her beş metrenin bitiminde hızlı bir dönüş yapmak zorunda olduğu sürekli bir sürat testidir. Onuncu dönüşün ardından çocuk bitiş çizgisine gelir. Bu testin SP'li çocuklarda geçerli ve güvenilir olduğu gösterilmiştir (126). Anaerobik performans ve çeviklik yetersizliği olan çocuklar belirli aktiviteleri normal gelişen çocuklarla aynı hızda yapamaz veya bu çocuklar bu aktiviteleri hiç gerçekleştiremeyebilir (123). SP'li çocuklarda zirve güç ve ortalama güç alt ekstremiteler için belirgin bir şekilde normalin altında bildirilmiştir (127). Yapılan bir çalışmada sağlıklı çocuklar ile SP'li çocuklardan elde edilen üst ve alt ekstremitelerde anaerobik güç ve kas endüransı verileri karşılaştırıldığında, SP'li çocukların skorları beklenen değerlerin altında bulunmuştur (128).

### 2.7.6. Sanal Gerçeklik

Çocuklar ve gençler için bilgisayar teknolojisi ilgi çekici ve motive edicidir. Sanal Gerçeklik (SG) uygulamaları, SP'li çocuklar ve gençler için kullanılan yeni tedavi modaliteleri için de bir kıvılcım olmuştur. Rehabilitasyon için kullanımı uygundur çünkü; aktif öğrenmeye fırsat verir, katılımcıyı cesaretlendirir, motive eder. Güvenli bir çevrede zorlu hareketlerin yapılmasına fırsat sağlar ve bu hareketler sonucu açığa çıkan davranışları objektif olarak gösterir (129).

SG, bilgisayar ortamında oluşturulan 3 boyutlu resimlerin ve animasyonların yardımıyla gerçek bir ortamda bulunma hissi veren, kişinin ortamda bulunan objelerle etkileşimde bulunmasını sağlayan teknolojidir (130). Çeşitli bilgisayar teknolojileri kullanılarak sanal çevre oluşturulur. Sanal çevre, sanal veya yapay üretilmiş duyuşsal bilgileri gösterir, kullanıcının gerçek hayattaki olaylara ve aktivitelere benzer tecrübeleri hissetmesine olanak sağlar. Böylelikle, katılımcının vücut hareketleri ile 3 boyutlu alan arasında etkileşim kurmasına izin veren interaktif simülasyonlar oluşturulmuş olur. Kişi, gerçek dünyadaki objelerin, olayların benzerlerini görür ve hisseder, sanal objeleri manipule edebilir, hareket ettirebilir, içine daldığı sanal çevrede diğer olayları yapabilir. Böylece, sanal dünyada “hayali bir varoluş hissi” ortaya çıkar. Kısacası SG, gerçeğin yeniden inşa edilmesidir (131).

Dünyada SG uygulamaları 1950 yıllarında başlamıştır. 2. Dünya Savaşı sırasında Amerika'da hava ve uçak endüstrisi tarafından geliştirilmiştir. “*Head*

*Mounted Display* (HAD)", 1965'te SG uygulamalarında kilometre taşı olmuştur. Son 6-7 yıldır psikoterapi ve rehabilitasyonda SG kullanımı oldukça artmıştır. Güçlü var oluş hissini başarılması için, kullanıcılara; farklı uyarı modaliteleri sağlanır (görsel-işitsel feedback). Kullanılan yazılımın özelliklerine bağlı olarak, SG temelli terapiler, terapinin hedefleri içerisinde kullanıcıya anlamlı tecrübeler sağlar (132).

### **I. Sanal Gerçeklik Uygulamasının Fizyolojik Temeli**

SP'li çocukların tedavi sürecinde, terapistler, ilgi çekici ve etkili aktiviteler arasında bir denge bulmaya çalışmaktadır. SP heterojen bir grup olduğu için tedavi ve rehabilitasyonda daha genel prensipler kullanılır. SG terapisi, motor öğrenme teorilerinin temel prensiplerini içerir. Bunu, kullanıcının bilgisayar ekranından hareketlerini 3 boyutlu olarak devamlı görmesiyle sağlar. Günlük işlerde fonksiyonel bağımsızlığı arttırmak için SG tekrarlı pratik ve pozitif geri bildirim sağlar. Sanal çevrede öğrenilen hareketler, eş değer motor görevler ile gerçek dünyaya transfer edilebilir (129).

Motor kontrol ve motor öğrenme teorilerine göre, SP'li çocukların tedavisinde; motivasyon, tekrar, amaca yönelik ve özel hedefe yönelik eğitim kullanılmalıdır. Dahası, çocuğun gelişiminin sağlanması için oyunun ve sosyal aktivitelerin rehabilitasyona dahil edilmesi önemlidir. İyi bir tedavi, terapinin günlük yaşamdaki aktiviteler ve görevlere transfer olmasını sağlamalıdır. Motor öğrenme teorilerine dayanan tedavi teknikleri, fonksiyonel aktivitelerin yoğun pratiğini temel alır ve iyi sonuçlar göstermektedir (133).

Motor öğrenme ve kortikal reorganizasyon için pasif eğitim yerine aktif eğitim önerilmektedir. İnme hastalarında pasif egzersizlerin etkilenmiş üst ekstremitelerde maksimum iyileşmeyi sağlamadığı gösterilmiştir. Dahası inme sonrası motor tekrar öğrenme ve iyileşme için yeni motor becerilerin kazanılması, güçlendirilmesi, fonksiyonel ve göreve odaklı pratiklerin sağlanması, motivasyonun artırılması gereklidir. SP'li çocuklarda, inmeye veya spinal kord yaralanmasına göre motor öğrenme oldukça farklı olsa da, aktivite ve göreve odaklanma tedavinin en önemli yönlerinden biridir (134).

Çocuk ve yetişkin nörolojik hastalarda rehabilitasyonun major amaçlarından biri, temel yetenekleri restore etmektir. Genelde nöral hasardan sonra iyileşme

rehabilitasyonun doğası ve miktarı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Konvansiyonel rehabilitasyon programları optimal terapatik sonuçların sağlanması için daha kısa ve daha az yoğunudur. Hastanın motivasyonunu yeteri kadar arttıramazlar veya aktivite katılımını desteklemezler. Birçok çalışma, hastanın motivasyonunun terapi sonuçlarında kritik rol oynadığını göstermiştir. Dahası daha fazla merak uyandıran ve rekabete dayalı şartlar, sanal çevre tarafından sağlanarak, hastanın motivasyonunu artırarak aktif olarak katılımını sağlayabilir, böylece motor becerilerin yeniden kazanımı için daha az süre kullanılmış olur (135).

SG'in yetişkinlerde ve çocuklarda bir terapi yaklaşımı olarak kullanımının sonuçları umut vericidir. SG'in rehabilitasyonda kullanımının altında yatan bir çok faktör vardır; çevre çeşitliliği imkanı sağlar, performansın test edilebileceği ve bağımsız eğitilebileceği doğal çevreye benzer tasarım yapılabilir. Tasarlanmış senaryolar ile gerçek hayattaki fonksiyonel davranışlar eğitilebilir, fonksiyonel performans geliştirilebilir. Bozulmuş kortiko-motor fonksiyondaki tekrar öğrenmeye "ayna nöron sisteminin" aracılık ettiği düşünülmektedir (62). Ayna nöronlar; sadece motor hareketi yaparken değil, aynı zamanda aynı motor aktiviteyi gözlemlerken, hayal ederken veya dinlerken aktive olurlar. Yetişkin beynindeki nöronların ateşleme oranı, bireyler aynı hareketi başkası yaparken izlediklerinde artmaktadır. Çocuklarda ayna nöron sisteminin gelişimi ve yapısıyla ilgili birçok önemli görüş vardır. Çocuklarda ayna nöron sisteminin gelişmesi motor öğrenmeyi ve günlük yaşamdaki sosyal fonksiyonu destekler. Kortikal reorganizasyon uygulamaları ayna nöron sisteminin özellikleri ile geliştirilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar, ayna nöron bilgisinin klinikte tedaviye aktarılmasının yararını ortaya koymuştur (136-138).

## **II. Sanal Gerçeklik Uygulamasının Rehabilitasyonda Kullanımının Yararları**

Bu konuyla ilgili ilk çalışmalar SG yönteminin uygulanabilir, çok eğlenceli ancak tedavi edici olmadığını belirtmiştir. Ancak yetişkin inme rehabilitasyonunda üst ekstremité motor iyileşmesinin SG ile sağlandığı gösterilmiştir (139).

Literatürdeki ilk sonuçlar, SG'in fonksiyonel, amaca yönelik, motivasyon sağlayan güçlü bir terapi yöntemi olduğunu gösterir (139). Özellikle pediatrik rehabilitasyon alanındaki çalışmalar, SG'in çeşitli yönlerini dikkate almıştır (yaşam

becerilerinin gelişimi, mobilite, kognitif yetenekler, eğlence, motivasyon gibi). Çocuklar için özgün ve yoğun terapiler sağlar. Buna rağmen, nörolojik bozukluğu olan çocuklarda rehabilitasyonda SG uygulamasını destekleyen kanıtlar sınırlıdır (133,140-142).

SG gibi yeni teknolojiler, fonksiyonun eğitiminde ve fonksiyonel performansta önemli rol oynar. Yoğun ve motivasyonlu eğitime imkan verir. Birçok interaktif çevrenin ve çoklu duyuşsal geri bildirim kullanılması sağlar. SG, motor öğrenme ve motor kontrol için önemli şartları yerine getirir. Aynı zamanda SG uygulamaları terapistte çocuğu evde eğitime imkanı sağlar. Özürlü bireylerde bu teknolojinin kullanımı diğerleri ile iletişim sağlar, sosyal ilişkileri geliştirir, bağımsızlığın artmasını sağlar (143,144).

Yüksek seviye motivasyon, katılım, kooperasyon oyun sisteminin bir görevidir. Eğitimin bu özellikleri davranışsal değişiklikleri ve nöral plastisiteyi destekler. Sonuç olarak “multisensori feedback”, öğrenme ve performansındaki gelişimi açıklar (145).

SP’li çocuklarda SG uygulaması beyin reorganizasyonunu, plastisitesini, motor kapasiteyi, görsel algısal becerileri, sosyal katılımı ve kişisel faktörleri olumlu etkiler (129,146).

Özetle SG uygulamaları;

- Motivasyonun artırır,
- Hedefe yönelik fonksiyonları daha gerçekçi gösterir,
- Her çocuğun kendi motor öğrenme kapasitesine göre deneyim yaşatır,
- Motor öğrenmeyi destekler,
- Kortikal re-organizasyonu destekler,
- İnteraktif bir terapi sağlar.

Pediyatrik rehabilitasyon alanında SG’nin kullanımını destekleyen güncel derlemeler yayınlanmıştır. Bunlardan birinde Galvin ve diğ. (142), SP’li çocuklarda üst ekstremitte becerilerinin gelişimi için SG’yi kullanan 5 çalışmayı incelemişlerdir. Sonuç ölçümlerindeki tutarsızlıklar nedeniyle bulguların limitli olduğu belirtilmiştir. Parsons ve diğ. (147) ise rehabilitasyon yaklaşımı olarak SG tedavisinin kullanımının SP’li çocuklarda otizm ve dikkat eksikliği olan çocuklara göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Son olarak SG uygulamaları ile ilgili Wang ve diğ. (148)



derlemesinde ise, çalışma dizaynlarının, sonuç ölçümlerinin, terapi yoğunluklarının heterojen ve örneklem gruplarının küçük olduğunu belirtmişlerdir, SP'li çocuklarda üst ekstremitte eğitiminde SG kullanımını desteklemişlerdir. Alt ekstremitelere odaklanan SG çalışmalarında ise temel amaç kuvveti ve yürüme yeteneğini geliştirmektir (149,150).

### 3. BİREYLER VE YÖNTEM

Bu çalışma, hemiparetik SP'li çocuklarda alt ekstremiteye yönelik 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitim programı ve geleneksel fizyoterapi uygulaması arasındaki farkı incelemeyi amaçlayan randomize kontrollü bir araştırmadır. Çalışma, Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul'u tarafından tıbbi etik açıdan uygun bulundu (GO 14/224). Ailelerden ve çocuklardan yazılı aydınlatılmış onam formu alındı.

#### 3.1. Bireyler

Bu çalışmaya pediatrik nörolog tarafından hemiparetik SP tanısı almış 43 çocuk dahil edildi. Çalışmaya dahil edilme ve çıkarılma kriterleri aşağıdaki gibidir.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- 7-16 yaş arası
- Kaba Motor Fonksiyon Sınıflandırma Sistemi (*Gross Motor Function Classification System-GMFCS*)'ye göre Seviye I'de yer alan
- İletişime engel olacak kooperasyon problemine sahip olmayan
- Çalışmaya katılmayı kabul eden aileler ve çocuklar

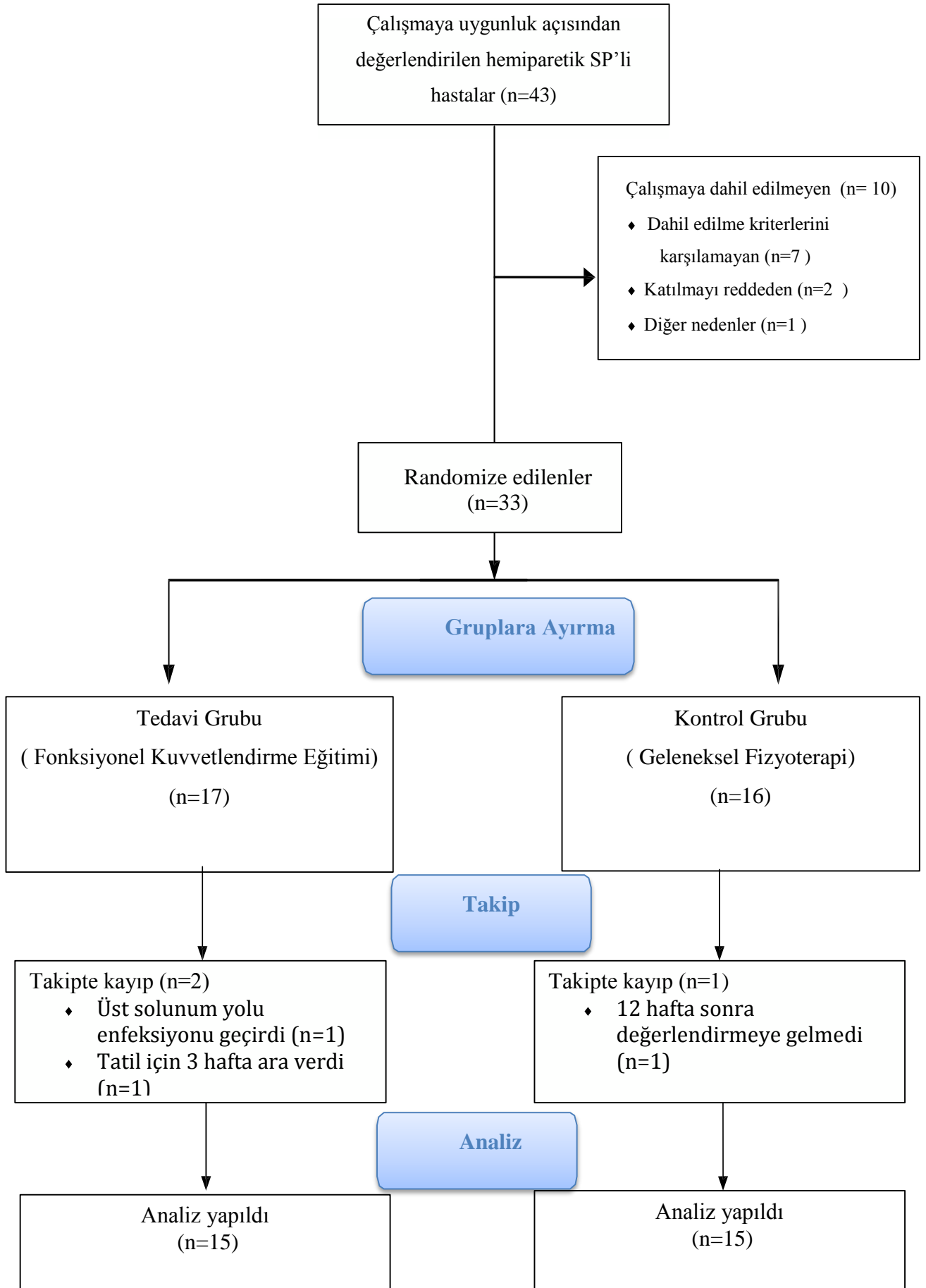
Çalışmadan Çıkarılma Kriterleri:

- Son 6 ayda spastisite tedavisi için cerrahi ya da nöromusküler enjeksiyon geçiren
- Durdurulamayan epileptik nöbetleri olan
- SP dışında herhangi bir kronik hastalık nedeniyle fiziksel aktiviteye katılamayacak olanlar
- Çalışmaya katılmayı kabul etmeyen aileler ve çocuklar
- Tedavi programına düzenli devam etmeyen çocuklar

#### 3.2. Yöntem

Çalışmaya dahil edilmek için aranan 43 hemiparetik SP'li çocuğun 1'i farklı bir şehre taşındığı için, 4 tanesi son 6 ayda Botulinium toksin enjeksiyonu veya cerrahi geçirdiği için, 3'ü gelecek 1 ay içinde Botulinium toksin enjeksiyonu veya

cerrahi geçireceği için ve 2'si *yüzeysel elektromyografi* (yEMG) değerlendirmesini istemediği için çalışmadan çıkarıldı. Çalışmaya katılmayı kabul eden 33 çocuk cinsiyet, yaş (küçük: 7-11 yaş, büyük: 12-16 yaş) ve El Becerisi Sınıflandırma Sistemine (*Manual Ability Classification System-MACS*) (I, II-III) göre tabakalı randomizasyon yöntemi kullanılarak iki farklı gruba ayrıldı. Çocukların 17'si tedavi (ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi) grubunda, 16'sı kontrol (geleneksel fizyoterapi) grubunda yer aldı. Tedavi grubunda yer alan 17 çocuktan 1'i tedavi başladıktan 4 hafta sonra ağır üst solunum yolu enfeksiyonu geçirmesi sebebiyle tedaviden ayrıldı, diğer 1'i ise tedavinin 8. haftasından sonra tatil için tedaviye 3 hafta ara vermesi nedeniyle çıkarıldı. Kontrol grubunda yer alan 16 çocuktan 1'i ikinci değerlendirmeye katılmadı (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışmanın akış çizelgesi

### 3.2.1. Değerlendirme

Çalışmaya dahil edilen hemiparetik SP'li bireylerin, kaba motor fonksiyonları GMFCS ile el becerileri ise MACS ile sınıflandırıldı.

#### a. Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi (GMFCS):

GMFCS, oturmadan yürüme aşamasına kadar çocuğun yapabileceği hareketleri temel alır. Klinikte ve araştırmalarda heterojen bir grup olan SP'li çocukların sınıflanabilmesini, uygulamalardaki etkinliğin gösterilebilmesini ve yurtdışı ve yurtiçinde intra-inter disiplinler arasında ortak bir dil oluşmasını sağlayan pratik bir sistemdir. Çocukların kaba motor fonksiyonlarını 0-18 yaş arasında 5 seviyede sınıflandırır. Seviye I minimal özürlü, Seviye V ise şiddetli etkilenimi ifade etmektedir. Testin geçerliliği ve güvenilirliği mevcuttur ( $r=0.75$ ) (54,55).

#### b. El Becerileri Sınıflandırma Sistemi (MACS):

4-18 yaş aralığındaki SP'li çocuklarda günlük aktiviteleri sırasındaki nesnelere elle tutma becerilerini sınıflandırmak amacı ile geliştirilmiştir. Her iki elin aktivitelere katılımını birlikte değerlendirirken, el fonksiyonlarını ayrı ayrı değerlendirmez. 5 seviye tanımlanmıştır. Testin geçerliliği ve güvenilirliği mevcuttur (0.91-0.98) (59,151).

### Değerlendirme Parametreleri

Tüm değerlendirme parametreleri tedavi öncesinde ve tedaviden sonra (12 hafta) uygulandı.

#### a. Fiziksel Özellikler

Çalışmaya dahil edilen hemiparetik SP'li çocukların yaşları, dominant ve etkilenen ekstremiteleri kaydedildi. Vücut ağırlığı (kg), standart elektronik tartı ile ölçüldü (Şekil 3.2). Boy(m), stadiometre ile ölçüldü. Vücut kütle indeksi (VKİ), vücut ağırlığının boy uzunluğunun karesine bölünmesiyle hesaplandı ( $\text{kg/m}^2$ ).



**Şekil 3.2.** Vücut ağırlığının ölçüldüğü elektronik tartı

### **b. Fonksiyonun Değerlendirilmesi**

#### **Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Ölçütü -88 (GMFM-88):**

GMFM, SP'li çocuklarda fonksiyonel kaba motor seviyeyi belirlemek için kullanılan en yaygın testtir. Beş alt bölümden oluşur. Bunlar; sırtüstü-yüzüstü pozisyon ve dönme (A: 17 madde), oturma (B: 20 madde), emekleme ve dizüstü (C: 14 madde), ayakta durma (D: 13 madde), yürüme, koşma ve zıplama (E: 24 madde). Motor performansla ilgili toplam 88 madde bulunmaktadır. Özellikle GMFCS'ye göre seviye I-III'de yer alan SP'li çocukların ve gençlerin fonksiyonunun değerlendirilmesinde GMFM'nin D ve E alt bölümlerinin kullanımı önerilmektedir. Testin geçerliliği ve güvenilirliği mevcuttur ( $r=0.8-0.9$ ) (152,153). Çalışmamızda, kaba motor fonksiyon, GMFM D ve E alt bölümleri kullanılarak değerlendirildi.

#### **10-metre yürüme testi:**

Çocuğun kendisini seçtiği günlük yürüyüş hızında 10-metre yürümesini değerlendirir. SP'li çocuğun kaba motor fonksiyonu ile yüksek korelasyonu vardır

( $r=0.91-0.93$ ). Çocuktan 14 metrelik mesafeyi yürümesi istenir. Değerlendirici, başlangıçtan 2 metre sonra ve bitişten 2 metre önce arasındaki 10-metrelik mesafedeki süreyi ölçer (121,154).

### **1-dakika yürüme testi:**

SP'li çocuğun 1 dakika süresince koşmadan ancak hızlı bir şekilde yürüyerek kaç metre kat ettiği kaydedilir. Çocuk aralarında 20 metre'lik mesafe bulunan dubalar etrafında dönerek yürür. SP'li çocuklarda yürüme yeteneğinin değerlendirilmesinde geçerli bir testtir ( $r=0.92$ ). SP'li çocukların endurans, kuvvet ve fonksiyonel dengesi açısından fonksiyonel yeteneğin iyi bir tanımlayıcısıdır (121,154).

### **c. Kas tonusu:**

M. Hamstring, m. gastrocnemius ve m. soleus kaslarının tonusu, etkilenmiş alt ekstremitelerde *Modifiye Tardieu Skalası* (MTS) ile değerlendirildi (Şekil 3.3, Şekil 3.4). MTS, orijinali 1954 yılında geliştirilmiş spastisiteyi pasif hareketle değerlendiren diğer bir skaladır. Bu skala, spastisitenin hıza bağımlı doğasını ortaya koyar. Pasif germe, ekstremitelerinin yerçekimi ile düşüş hızında ve bu hızdan daha hızlı yapılır. 1999'da Boyd ve Graham tarafından geliştirilmiştir (155). Orijinal skalaya, ekstremitelerin değerlendirme pozisyonları ve spastisite açısı eklenmiştir. SP'li çocukların spastisitesinin ölçülmesinde *Modifiye Ashwort Skalası* (MAS), Wartenberg Pendulum test ve MTS karşılaştırılmış, MTS'nin en uygun ölçüm metodu olduğu bildirilmiştir (156).



Şekil 3.3. MTS ile m. hamstring kas tonusunun değerlendirilmesi



Şekil 3.4. MTS ile m. gastro-soleus kas tonusunun değerlendirilmesi



### *Kas Reaksiyon Açısı (Y)*

Kasın minimum gerildiği pozisyona göre gonyometre kullanılarak ölçüldü. Normal eklem aralığındaki kısıtlılık V1 ve V3 hızlarında kaydedildi.

### *Skorlama Kriterleri*

Tardieu skalasında kullanılan hızlar aşağıda belirtilmiştir (157):

- V1: Mümkün olduğunca yavaş,
- V2: Ekstremitelerin yer çekimi ile düşüş hızında
- V3: Mümkün olduğunca hızlı, ekstremitenin yerçekimi ile normal düşüş hızından daha hızlı

*R1:* Y parametresinin V2 veya V3 hızında yapılan ölçümü R1 olarak kaydedilir. Yüksek hızda yapılan pasif germenin ardından hissedilen yakalama açısıdır. Spastisite, dinamik kas boyu değeri olarak kaydedilir.

*R2:* Y parametresinin V1 hızında yapılan ölçümü R2 olarak kaydedilir. Bu yapılan pasif germe sonucu ölçülen statik kas boyudur.

### **d. Dinamik Denge:**

#### *Time Up & Go (TUG):*

Fonksiyonel mobilite ve dinamik dengenin değerlendirilmesi için TUG kullanıldı. TUG, SP'li çocuklarda denge değerlendirmesinde geçerli ve güvenilir bir testtir ( $r=0.99$ ) (158). Değerlendirmede, arkılığı olan ancak kol desteği olmayan bir sandalye kullanıldı. Çocuğun kalça ve dizleri  $90^\circ$  fleksiyonda olacak şekilde sandalyede otururken teste başlandı. Çocuktan sandalyeden kalkması, 3 metre yürümesi ve tekrar geri oturması istendi. Sandalyeden kalkıp tekrar sandalyeye oturana kadar geçen süre kaydedildi. Test, 3 kez tekrarlandı ve analizde bu üç değerlerin ortalaması alındı (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5.** Time Up & Go testi

*Fonksiyonel Uzanma Testi:*

Duncan ve diğ. (159) tarafından 1990 yılında dinamik dengeyi değerlendirmek için geliştirilmiştir. Sabit ayakta duruş pozisyonunu bozmadan kol ile öne doğru maksimum uzama bildiği mesafe ölçülür. Testin başlangıç ve bitiş pozisyonunda 3. Metakarpal arasındaki mesafe ölçülür. 3 kez uzanması istenir ve ortalaması alınır (Şekil 3.6). SP'li çocuklar için geçerli ve güvenilirdir (ICC = 0.94, 0.97, 0.98) (160).



Şekil 3.6. Fonksiyonel uzanma testi

**e. Fonksiyonel Kas kuvveti ve Kas performansı**

*Kısa-dönem kas kuvveti;* Kas kuvveti koşu testi (*Muscle Power Sprint Test*) ile ölçülür. SP'li çocuklar için geçerli ve güvenilirdir. Çocuk, 6 kez 15 metrelik mesafeyi koşar. Her bir koşu arasında çocuğun dinlenmesine izin verilir ( $r=0.97$ ) (126) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. “Muscle Power Sprint” Test

*Çeviklik*; Devamlı koşu testi (*10x5m sprint test*) ile bakılır. Çocuk 5 metrelik alanı hızlı dönüşler ile 10 kez tamamlar. SP’li çocuklar için geçerli ve güvenilir bir yöntemdir ( $r=8.8-9.2$ ) (Şekil 3.8) (126).



**Şekil 3.8.** “10x5m sprint” testi

*Fonksiyonel kas kuvveti*; 30 saniye (sn) maksimum tekrar testi (*30s Repetition Maximum test*) ile alt ekstremitelerin fonksiyonel kas kuvveti ölçülür. Bu testte çocuk 3 tane kapalı kinetik zincir egzersizini yapar: (1) “*lateral step up*” test (2) “*sit to stand*”, 3 “*attain stand through half knee*” çocuğun 30 saniyede maksimum kaç tekrar yaptığına bakılır (Şekil 3.9, Şekil 3.10). 1 ve 3. değerlendirmeler bilateral olarak hesaplanır. Toplam puan için her bir taraftaki maksimum tekrar ayrı hesaplanır. Sonuçta 5 toplam skor elde edilir. SP’li çocuklar için geçerli ve güvenilir bir yöntemdir ( $r=0.91-0.96$ ) (154).



Şekil 3.9. “Half knee” testi



Şekil 3.10. “Lateral step up” testi

*Vertikal zıplama:* Test alt ekstremitenin patlayıcı kuvvetini değerlendirir. Çocuk duvarın yanında durur ve kolunu yukarıya uzatır. Daha sonra tüm gücüyle yukarıya doğru zıplayarak mümkün olan en üst seviyeye uzanmaya çalışır. Uzanma ve zıplama yüksekliği arasındaki mesafe kaydedilir. Test iki kez tekrarlanır ve en iyi skor kaydedilir (Şekil 3.11) (161).



**Şekil 3.11.** Vertikal zıplama

*İleriye doğru zıplama:* Üst gövdenin kassal enduransını ve fonksiyonel kas alt ekstremitelerin kuvvetini değerlendirir. Çocuk başlangıç noktasında durur ve mümkün olduğunca uzağa güçlü şekilde zıplar. Zıpladığı noktada dik bir pozisyonda durmak zorundadır. Test iki kez tekrarlanır ve en iyi sonuç kaydedilir (Şekil 3.12) (161).



Şekil 3.12 . İleriye doğru zıplama



### f. Kas Kuvveti:

#### *El Dinamometresi:*

Çocukların izometrik kas kuvvetleri (m. Quadriceps femoris, hamstrings, m. Tibialis anterior, m. Gastro-soleus) “Power track II commander” (JTECH Medical, Salt Lake City, Utah, USA) el dinamometresi ile değerlendirildi (Şekil. 3.13) SP’li çocukların alt ekstremitelerinin kuvvetinin ölçümünde güvenilir bir yöntemdir (0.95) (Şekil 3.14)(162).



Şekil 3.13 . “Power track II” el dinamometresi



Şekil 3.14 . El dinamometresi ile kas kuvveti ölçümü

*Leg press:*

Kas performansı *leg-press*'de etkilenmiş alt ekstremitenin 1 maksimum tekrarı (MT) kullanılarak değerlendirildi. Çocukların boyuna uyum sağlayacak şekilde ayarlandı (Şekil 3.15) (163).



Şekil 3.15 . “Leg press” cihazı

*Yüzeyel Elektromyografi (yEMG) Kayıt Sistemi:*

yEMG verileri, kas kuvvetindeki değişimlerin fizyolojik mekanizmasını göstermek için kullanılan en yaygın elektrofizyolojik tekniktir (88). Her iki alt ekstremitedeki m. rektus femoris, m. vastus laterali, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. tibialis anterior, m. gastroknemius lateralis ve m. gastroknemius medialis kaslarından EMG sinyallerin kaydedilmesi için 8 kanallı Biopac® MP150 cihazı ve EMG100C EMG amplifikatörleri kullanıldı (Şekil 3.16). EMG amplifikatörlerinin geçirgenlik bandı 1-500 Hz, kazancı 1000x, ortak gürültüden kurtulma oranı (CMRR) 80 dB üzeri idi. Analog EMG sinyali, dijital forma 16 bit'lik ve 1000 Hz'lik dijital çevirici ile dönüştürüldü. Kasta gelen sinyallerin bilgisayara aktarılması için “Biopac EMGworks Acquisition & Analysis System” programı kullanıldı (164).



**Şekil 3.16.** Biopac® MP150 cihazı ve EMG100C EMG amplifikatörleri

*yEMG kayıt protokolü ve elektrot yerleşimi:*

yEMG ölçümlerinde bipolar Silver/silver chloride (Ag/AgCl) Ambu Blue-Sensor R-00-S/25 elektrotlar kullanıldı (Ambu A/S, Neuroline, Ballerup, Denmark). Elektrotun yüksekliği 2 mm, cilde temas ettiği yüzey 48 mm ve sensör alanı 27 mm'dir (Şekil 3.17). SENIAM (“Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles”) protokolüne önerildiği şekilde cilt hazırlandı ve elektrotlar yerleştirildi (Enschede, The Netherlands) (165).



**Şekil 3.17.** “Ambu Blue Sensor R” elektrot

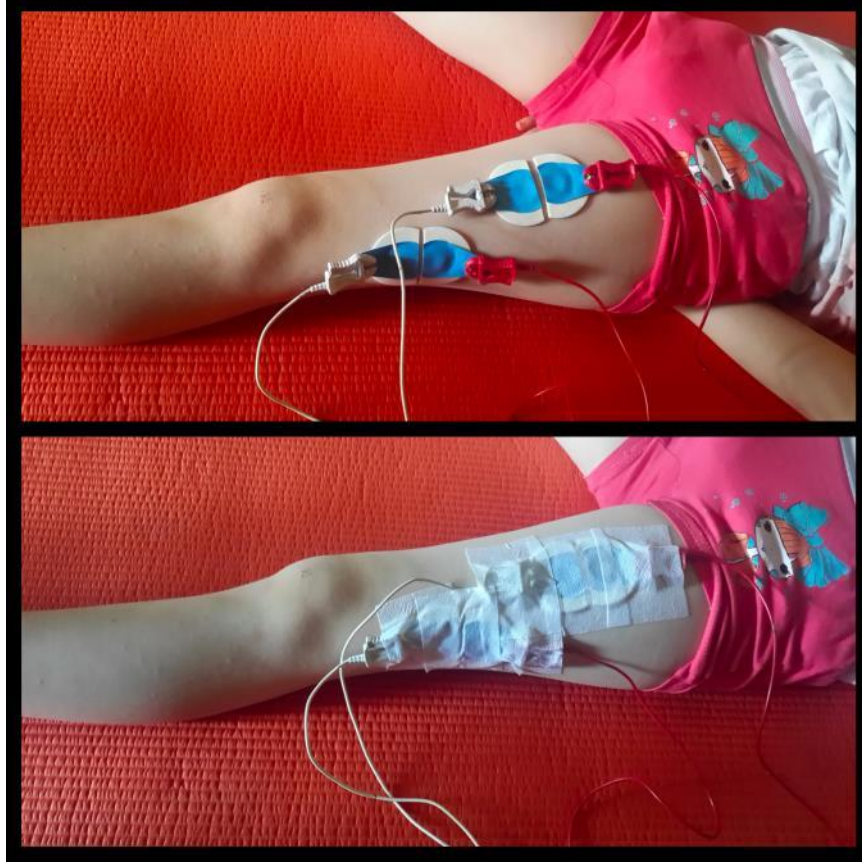
Elektromyografik aktivite kaydından önce, elektrot yerleşim yerlerinde cilt %70 alkol ile temizlendi ve tüyler alındı. Elektrotlar, merkezleri arasındaki mesafe 15mm-20mm'i geçmeyecek şekilde yerleştirildi. Elektrotlar cilde yerleştirildikten sonra yEMG kanalları gümüş sensörlere yerleştirildi. Daha sonra 5cm x10 mm “Hypafix” bant (BSN medical GmbH, Hamburg, Germany) ile hareket etmemesi için tespit edildi (Şekil 3.18).



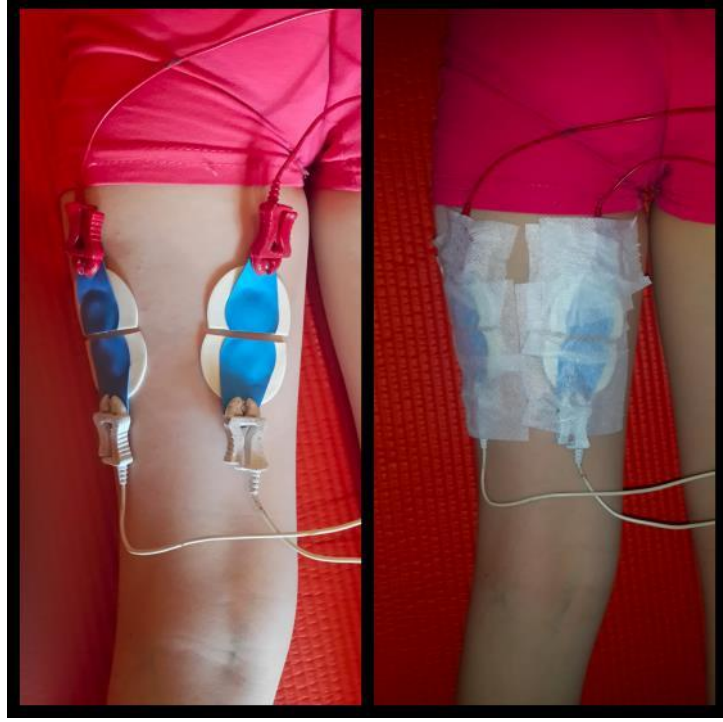
**Şekil 3.18.** “Hypafix” bant

Elektrotlar ;

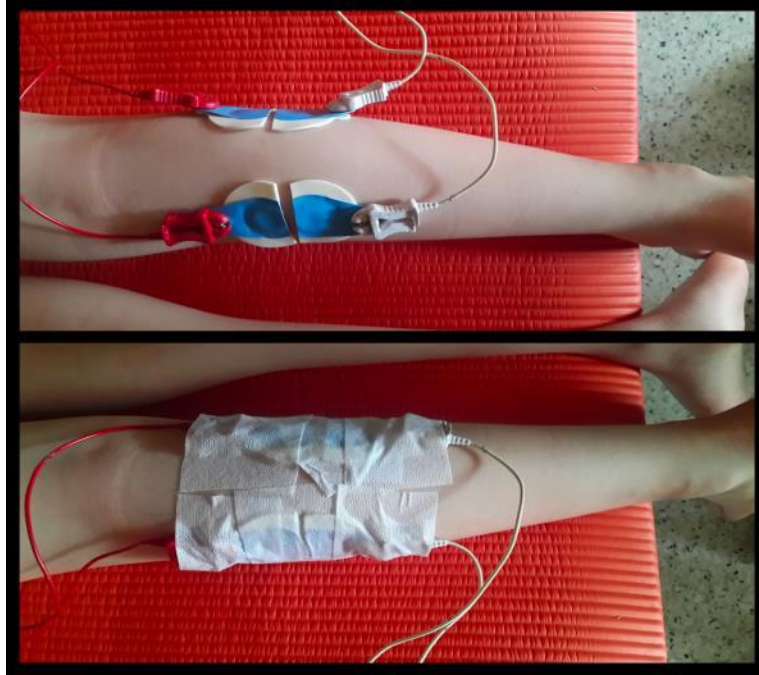
- M. Rektus femoris için anterior spina iliaca superior ile patellenın üst kısmı arasındaki çizginin ortasına (Şekil 3.19),
- M. Vastus lateralis için anterior spina iliaca superior ile patellanın lateral kenarı arasındaki çizginin 1/3 distaline (Şekil 3.19),
- M. Biceps femoris için iskiyal tuberositas ile lateral epikondil arasındaki çizginin orta noktasına (Şekil 3.20),
- M. Semitendinosus için iskiyal tuberositas ile medial epikondil arasındaki çizginin orta noktasına (Şekil 3.20).
- M. Gastroknemius medialis için kasin en şişkin bölgesine (Şekil 3.21),
- M. Gasroknemius lateralis için fibulanın başı ile topuk arasındaki çizginin 1/3 proksimaline (Şekil 3.21)
- M. Tibialis anterior kası için fibulanın proksimal ucu ile medial malleolun ucu arasındaki mesafenin 1/3 proksimaline yerleştirildi (Şekil 3.22).



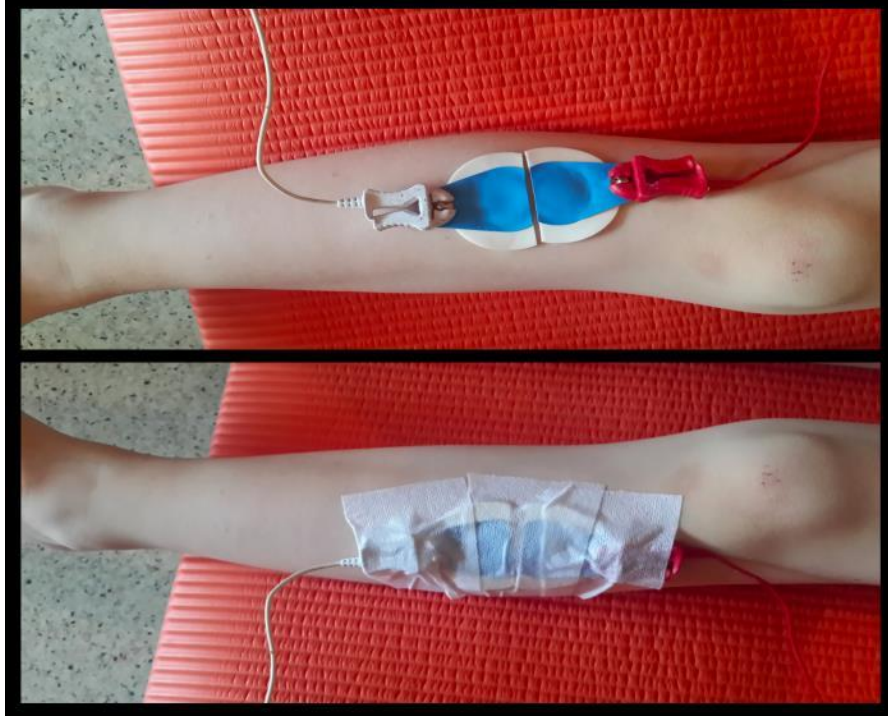
Şekil 3.19. M. Rektus femoris ve m. vastus lateralis için elektrot yerleşimi



Şekil 3.20. M. Biceps femoris ve m. semitendinosus için elektrot yerleşimi



Şekil 3.21. M. Gastrocnemius lateralis ve m. gastrocnemius medialis için elektrot yerleşimi



**Şekil 3.22.** M. Tibialis anterior için elektrot yerleşimi

yEMG kayıtlar elektromanyetik gürültü geçirmeyen Faraday kafesi içeren izole edilmiş oda da alındı (Şekil 3.23).



**Şekil 3.23.** Faraday kafesi içeren özel oda



Sağ alt ekstremitedeki m. rektus femoris, m. vastus laterali, m. biceps femoris, m. semitendinosus kaslarından kayıt alırken çocuk sağ bacağı üste kalacak şekilde yan yattı ve kalça  $45^{\circ}$  derece fleksiyonda, diz  $60^{\circ}$  fleksiyonda pozisyonlandı (Şekil 3.24). M. Tibialis anterior, m. gastroknemius lateralis ve m. gastroknemius medialis kaslarından kayıt alırken çocuk kalça ve diz nötral ekstansiyonda olacak şekilde sırt üstü yattı. Ayak bileği m. tibialis anterior kaydı sırasında  $5-10^{\circ}$  dorsi fleksiyonda, m. gastroknemius lateralis ve m. gastroknemius medialis kayıtları sırasında nötralde pozisyonlandı (Şekil 3.25). Pozisyonlar yerçekiminin etkisini en aza indirecek şekilde Tedroff ve diğ. (84) önerisi doğrultusunda seçildi. Her kasa, 10 saniye boyunca maksimum izometrik kontraksiyon (*Maximum Voluntary Isometric Contraction-MVIC*) yapacak şekilde direnç verildi. MVIC, 3 kez tekrarlandı, her denemeden sonra 3 dakika dinlenme arası verildi (16,84).



**Şekil 3.24.** M. Rektus femoris, m. vastus laterali, m. biceps femoris, m. semitendinosus kasları için yEMG kaydı



Şekil 3.25. M. Tibialis anterior, m. gastroknemius lateralis ve m. gastroknemius medialis kasları için yEMG kaydı

#### yEMG Analizi:

yEMG sinyallerinin analizinde Macintosh işletim sistemi için tasarlanmış Matlab programı, R2011a-versiyon 7. 12 (MathWorks Inc, MA, USA) kullanıldı (Şekil 3.26).

```

>> load solTA1.acq.txt
>> time2(solTA1_acq(:,1));
tboS= 3593 ms    tMVC1= 5332 ms    tMVC2= 5314 ms
>>
>> [ybosEMG,yrmsall,yrms3s,yrms4s, yrms5s,ymf]=analiz(solTA_acq(:,1),3593,5332);
??? Undefined variable solTA_acq.

>> [ybosEMG,yrmsall,yrms3s,yrms4s, yrms5s,ymf]=analiz(solTA1_acq(:,1),3593,5332);
>> clear
>> load solTA1.txt
>> time2(solTA1_acq(:,1));
??? Undefined variable solTA1_acq.

>> time2(solTA1(:,1));
tboS= 2632 ms    tMVC1= 4925 ms    tMVC2= 4895 ms
>> [ybosEMG,yrmsall,yrms3s,yrms4s, yrms5s,ymf]=analiz(solTA1(:,1),2632,4925);
>>

```

Name	Value
solTA1	<20368x4 double>
ybosEMG	0.0099
ymf	[13.2813,12.2813]
yrms3s	0.4784
yrms4s	0.5090
yrms5s	0.5474
yrmsall	[0.2177,0.4784]

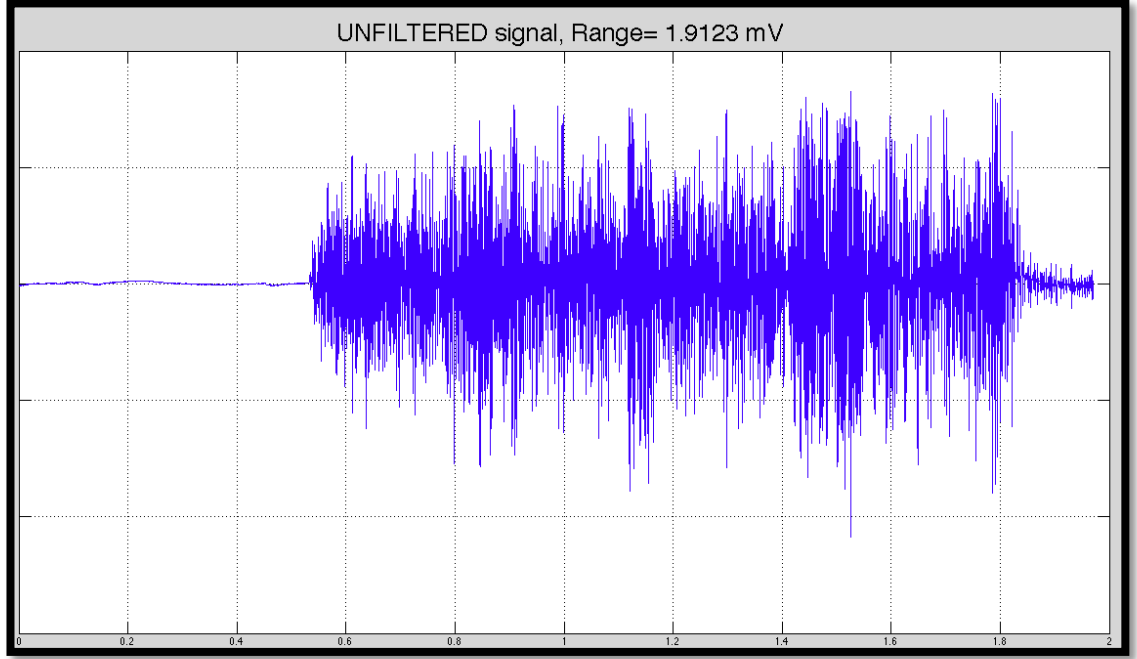
Şekil 3.26. Matlab yEMG veri analizi

Hareket artefaktları kesim frekansı 20 Hz olan “6. derece yüksek geçiren Butterworth” filtre ile filtrelendi. Kayıtlar ve analiz sırasında Dr. Soylu’nun (166), belirttiği tüm konulara dikkat edilerek kayıtlar hassas biçimde kaydedilip bilgisayarın hafızasında saklandı. Hareket komutu verildikten 1 saniye sonrasında başlayarak 10 saniyelik filtrelenmiş EMG sinyalleri analizde kullanıldı (Şekil 3.27, Şekil 3.28).

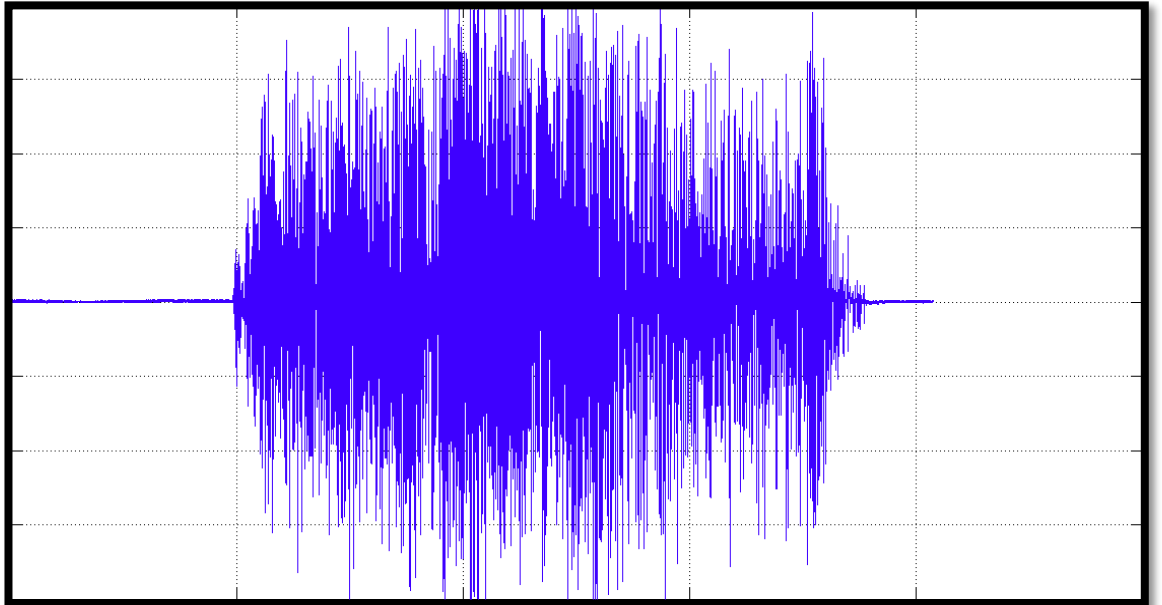
Hareketin ilk saniyesinin kullanılmama amacı, hareketin en kararlı kısmını kullanmaktır. EMG sinyallerinden ilk 3 saniyedeki “root mean square” (RMS) değeri hesaplandı. Hareketin ilk 3 saniyesinin kullanılmasının amacı en yüksek MVIC’nun ilk üç saniyede görülmesidir. RMS, belli bir sürede kas ve sinirdeki deşarjların ortalama değişimini, motor ünitelerin ateşlenme oranını ve kasın aktivasyon amplitüdünün niceliğini gösterir. Bu yüzden RMS değeri kuvvetin ve güç üretiminin en güvenilir göstergelerinden biridir. RMS değeri aşağıdaki formülle hesaplandı (167-169):

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x(i)^2}$$

EMG analizinde üç deneme içindeki en yüksek performans değerlendirme için kullanıldı.



Şekil 3.27. Tedavi öncesi sol m. tibialis anterior filtresiz yEMG kaydı



Şekil 3.28. Tedavi sonrası sol m. tibialis anterior filtresiz yEMG kaydı

### 3.2.2. Tedavi Protokolü

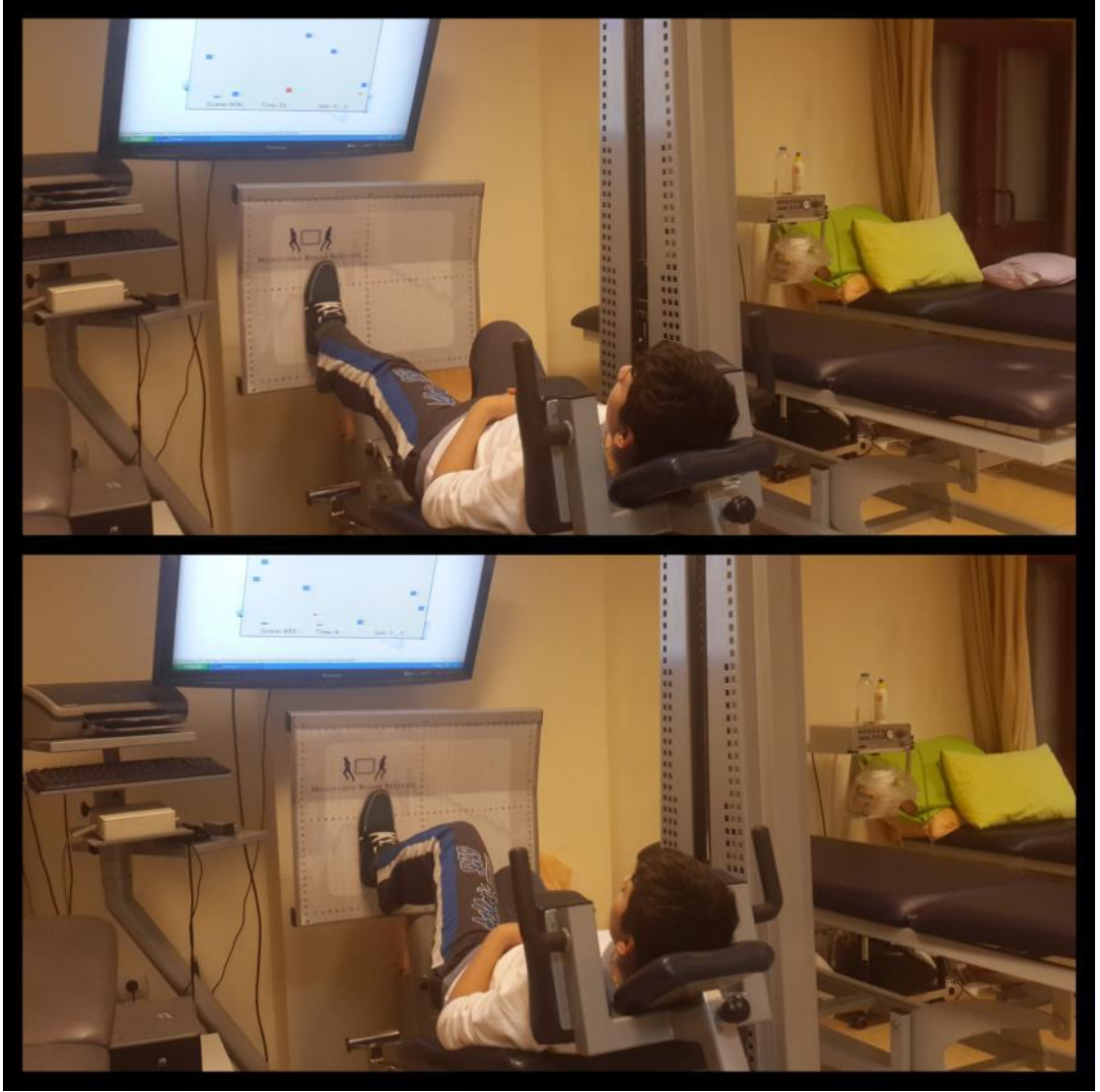
Kontrol grubunda yer alan SP'li çocuklar, hafta da 3 gün rutin konvansiyonel fizyoterapi programlarına (nörogelişimsel tedavi, germe, yürüme eğitimi, ağırlık aktarma) devam etti. Tedavi grubun da yer alan hemiparetik SP'li çocuklar ise 12 hafta boyunca hafta 3 kez 90 dakika (dk) alt ekstremiteler için ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi programına katıldı.

Tedavi grubuna uygulanan ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitim protokolü; sanal gerçeklik odaklı fonksiyonel kuvvetlendirme egzersizlerini, pliometrik egzersizleri, BOSU topu ile kuvvetlendirme egzersizlerini, topuk kaldırma egzersizini içerdi. Tedavi başlangıcında hafif koşu ile ısınma egzersizleri, tedavi sonunda dinamik germe egzersizleri ile soğuma egzersizleri uygulandı. Egzersizler arasında 1-3 dk dinlenme aralığı verildi.

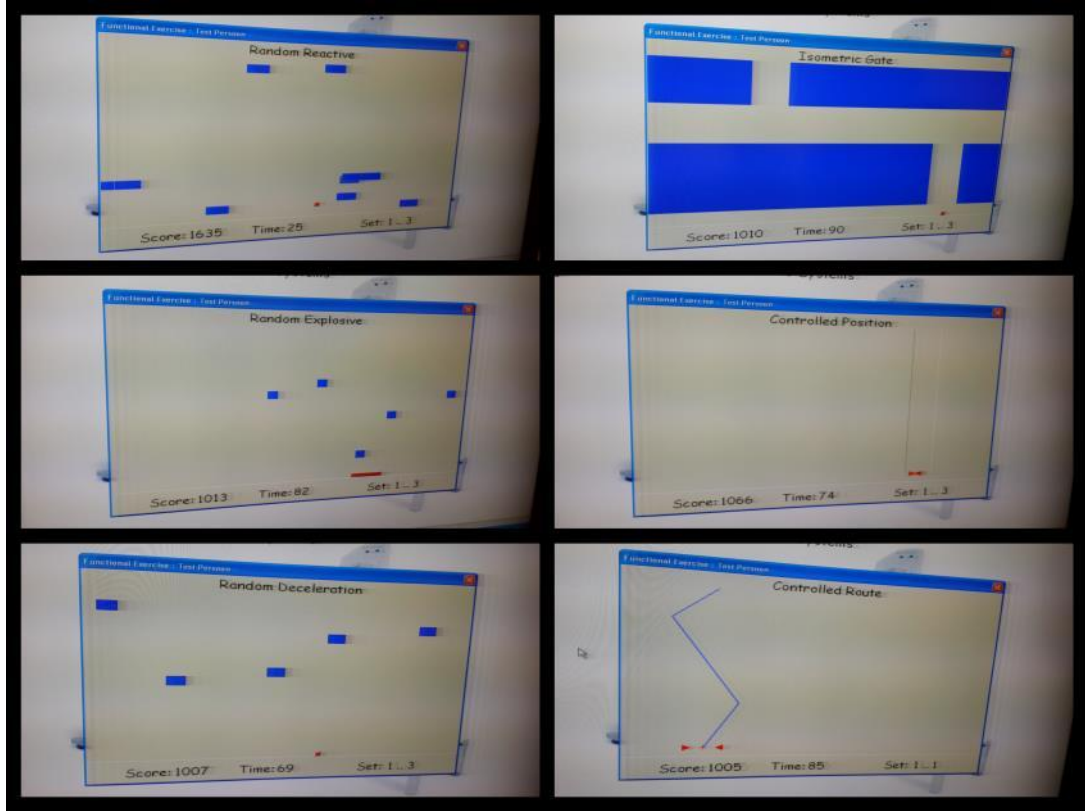
#### a. Sanal gerçeklik odaklı fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi;

Bilgisayar destekli horizontal leg press aleti olan fonksiyonel squat sistem (Monitered Rehab System, Harlem, Hollanda)-versiyon 3.12 kullanılarak çalışıldı (Şekil 3.29). Bu cihaz ile çalışırken alt ekstremitede bulunan kaslar eksentrik, konsentrik ve izometrik kasılma ile güçlendirildi. Çocuğun çalışması gereken ağırlık için öncelikle 1 maksimum tekrarı (MT) bulundu. "National Strenght and Conditioning Association (NSCA)" protokülüne göre 1 maksimum tekrarın %60-80'nin de çalıştırıldı. İki haftada bir kuvvet gelişimine göre %10 artış uygulandı. Çocuk leg press'de 6 farklı oyun oynayarak çalıştı (Şekil 3.30). Her oyunu 3 set oynadı. 2 kez etkilenmiş bacağıyla, 1 kez etkilenmemiş bacağıyla oynadı. Setler 90 sn sürdü ve aralarda 30 sn dinlenme verildi. Fonksiyonel "squat" sistemi ile çalışması toplam 30 dakika sürdü. Bu oyunlar;

- *Random Reactive*
- *Isometric Gate*
- *Random Explosive*
- *Controlled Position*
- *Random Decleration*
- *Controlled Route*



Şekil 3.29. Fonksiyonel Rehabilitasyon Sistemi ile alt ekstremite kuvvetlendirme



**Şekil 3.30.** Sanal gerçeklik ile alt ekstremite kuvvetlendirme eğitiminde kullanılan oyunlar

### b. Pliometrik egzersizler

NSCA rehberine göre 3 set 15 tekrar yapıldı. Egzersizler aşağıdaki gibidir;

- Engeller arasında çift ayak ile zıplama; Sıçramada m. kuadriseps femoris ve m. hamstring kaslarının konsentrik-eksentrik kasılmaları ile kas kuvvetinin artırılması amaçlandı. Hasta ilk başta kalça ve diz fleksiyonunda pozisyonlanır. Daha sonra kalça ve diz ekstansiyonu ile hızlı ve kuvvetli bir sıçrama ile engel atlanır. Hasta engeli atladıktan sonra kalça ve diz ekstansiyonda iken hareket sonlanır, tekrar kalça ve diz fleksiyon pozisyonuna alınarak hareket tekrarlanır (Şekil 3.31).
- Engeller arasında tek ayak ile zıplama; Çift ayak sıçrama egzersizinin ileri aşaması olarak etkilenmiş alt ekstremite ile tek ayak sıçrama egzersizine geçildi. Özellikle yürüyüşün itme fazında görevli olan m. gastroknemius kasının kuvvetlenmesi için önemlidir (Şekil 3.32).



Şekil 3.31. Pliometrik egzersizler- Çift ayakla sıçrama



Şekil 3.32. Pliometrik egzersizler-Tek ayak sıçrama



### c. BOSU topu ile alt ekstremite kuvvetlendirme ve denge eğitimi



**Şekil 3.33.** BOSU topu ile alt ekstremite kuvvetlendirme ve denge eğitimi

Egzersizler 3 set 10 tekrar yapıldı. Çocuk, BOSU topunun üzerinde iki ayağıyla durur. Fizyoterapist, hastanın diz kontrolü yetersiz olduğu durumlarda m. kuadriseps femoris kasını fasilite ederek hastayı destekleyebilir. Burada özellikle m. kuadriseps femoris ve m. hamstring kaslarının kuvvetlenmesi amaçlanmıştır. Hastanın denge ve kas kuvveti seviyesi ilerledikçe BOSU üzerinde top yakalama ve atma aktiviteleri çalışıldı. Daha ileri seviyede hasta BOSU üzerinde küçük zıplamalar yaparken top yakalama ve atma yapıldı. Aynı zamanda bu egzersiz ile postural kontrolün geliştirilmesi de amaçlandı (Şekil 3.33). Hasta eğitimine BOSU topunda tek ayak üzerinde durarak devam edildi. Burada fonksiyonel durumuna göre bilateral üst ekstremite aktiviteleri yapıldı (ör:top atma-tutma) (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. İleri seviye alt ekstremite kuvvetlendirme ve denge eğitimi

**d. Topuk kaldırma egzersizi:**

Hastadan öncelikle tek ayak üzerinde durması istenir. Daha sonra hasta, aynı taraf üst ekstremitesi ile yukarıya doğru uzanarak topuğunu kaldırır ve parmak uçlarında yükselir. Bu egzersiz m. gastroknemius'un kuvvetlenmesi için oldukça önemlidir. Egzersiz 3 set 6 tekrar yapıldı. Egzersizi zorlaştırmak ve proprioseptif uyarı sağlamak amacıyla "*stabilite trainer*" kullanıldı.



Şekil 3.35. Topuk kaldırma egzersizi

### 3.3. İstatistiksel Yöntem

İstatistiksel analizler, Macintosh işletim sistemi için hazırlana SPSS versiyon-21 (IBM SPSS Statistics; IBM Corporation, Armonk, NY, USA) yazılımı kullanılarak yapıldı. Çalışmaya  $\alpha=0,05$  ve  $\beta=0.20$  'de (%80 güç için) power analizine göre birey sayısı 15 olarak belirlendi. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu "Kolmogorov-Smirnov testi", histogram ve kutu-çizgi grafikleri incelenerek karar verildi. Verilerin tanımlayıcı istatistiği ortalama ve standart sapma ile hesaplandı. Tanımlayıcı analizler normal dağılmayan değişkenler için ortanca ve minimum-maksimum değerleri kullanılarak verildi. Nitel değişkenlerin karşılaştırılmasında (MACS seviyeleri, hemiplejik tarafları) Ki-kare analizi kullanıldı.

Kilo, boy, VKİ, GMFM D&E, 10-metre yürüme, 1-dakika yürüme, MTS değeri, TUG, fonksiyonel uzanma, *Muscle power sprint test*, *10x5 metre sprint test*, *lateral step up testi*, *sit-to-stand testi*, *half knee testi*, vertikal zıplama, ileriye doğru zıplama, RMS değerleri, el dinamometresi ile kas kuvvet ölçümü değerleri, 1 MT değerlerinde tedavinin etkinliğini göstermek için gruplar arasındaki fark Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırıldı.

GMFM D&E, 10-metre yürüme, 1-dakika yürüme, MTS değeri, TUG, fonksiyonel uzanma, *Muscle power sprint test*, *10x5 metre sprint test*, *lateral step up testi*, *sit-to-stand testi*, *half kneel testi*, vertikal zıplama, ileriye doğru zıplama, RMS değerleri, el dinamometresi ile kas kuvvet ölçüm değerleri, 1 MT değerlerinde grup içindeki tedavi öncesi ve sonrası arasındaki fark Wilcoxon testi kullanılarak analiz edildi.

Tedavinin klinik anlamlılığını göstermek için Effect size (d) GPower V3.1.7 (University of Kiel, Kiel, Germany) kullanılarak hesaplandı (d=0.20 küçük, d=0.50 orta, d=0.80 büyük).  $p<0.05$  istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri

Grupların fiziksel özellikleri (yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, VKİ, bacak uzunluğu), cinsiyetleri, hemiplejik tarafları ve MACS seviyeleri arasında farklılık bulunmadı (Tablo 4.1).

**Tablo 4.1.** Bireylerin demografik bilgileri

Demografik Özellikler	Tedavi grubu (n=15)		Kontrol grubu (n=15)		p <sup>a,b</sup>
	X±SD		X±SD		
Yaş (yıl)	11.8±2.95		11.26±3.28		0.645 <sup>a</sup>
Vücut Ağırlığı (kg)	44.26±14.08		37.86±13.48		0.254 <sup>a</sup>
Boy (m)	148.86±17.45		139.6±17.88		0.106 <sup>a</sup>
Bacak uzunluğu (cm)	78.6±9.95		73.3±10.77		0.105 <sup>a</sup>
VKİ (kg/m <sup>2</sup> )	19.27±3.73		18.70±3.57		0.82 <sup>a</sup>
	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	
<b>Cinsiyet</b>					1.00 <sup>b</sup>
<b>Kız</b>	8	53.3	8	53.3	
<b>Erkek</b>	7	46.7	7	46.7	
<b>Hemiplejik Taraf</b>					0.713 <sup>b</sup>
<b>Sağ</b>	8	53.3	9	60	
<b>Sol</b>	7	46.7	6	40	
<b>MACS Seviyesi</b>					0.881 <sup>b</sup>
<b>I</b>	7	46.7	7	46.7	
<b>II</b>	5	33.3	4	26.7	
<b>III</b>	3	20	4	26.7	

p<sup>a</sup> değeri; Mann-Whitney U testi, p<sup>b</sup> değeri; Ki-Kare testi, X: ortalama, SD: standart sapma, VKİ: Vücut kütle indeksi, kg: kilogram, m: metre, cm: santimetre, MACS: El Becerisi Sınıflandırma Sistemi \*p<0.05

## 4.2. Bireylerin Ölçüm Parametrelerinin Başlangıç Değerlerinin Karşılaştırılması

Tedavi öncesinde, bireylerin kaba motor fonksiyonlarında, MTS'na göre R1 ve R2 ölçümlerinde, denge parametrelerinde, fonksiyonel kas kuvvetinde, kas performansında ve kas kuvveti ölçüm parametrelerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0.05$ ). Başlangıç değerlerinin gruplar arasındaki karşılaştırılması sırasıyla Tablo 4.2, Tablo 4.3 , Tablo 4.4 ve Tablo 4.5' de gösterildi.

**Tablo 4.2.** Kaba motor fonksiyon, kas tonusu ve denge ölçüm parametrelerinin başlangıç değerlerinin karşılaştırılması

Ölçüm parametreleri	Tedavi grubu (n=15)		Kontrol grubu (n=15)		Mann-Whitney U testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	U	p
<b>GMFM-D</b>	99.82±0.67	97.4-100	99.13±1.60	94.87-100	90.00	0.151
<b>GMFM-E</b>	95.08±3.55	88.88-100	96.01±1.95	93.05-100	92.00	0.387
<b>10-metre yürüme (dk)</b>	7.60±1.75	5.26-12.65	8.15±2.66	5.84-16.01	108.00	0.852
<b>1-dakika yürüme (m)</b>	97.6±11.18	80-116	91.4±8.11	79-103	79.50	0.171
<b>Hamstring (°) R2</b>	21.06±12.56	0-35	20.73±10.20	10-45	112.5	0.492
<b>Hamstring (°) R1</b>	37±12.40	15-57	35.73±10.31	20-60	96	0.338
<b>Gastroknemius (°) R2</b>	19.4±12.17	0-46	15.13±5.27	5-22	89.5	0.269
<b>Gastroknemius (°) R1</b>	32.66±11.56	10-55	25.8±5.97	18-38	86	0.051
<b>Soleus (°) R2</b>	12.2±9.42	0-28	9.2±7.03	0-25	65.5	0.453
<b>Soleus (°) R1</b>	20.4±10.56	0-35	18.46±8.20	7-30	94.5	0.453
<b>TUG (sn)</b>	6.07±0.84	4.76-7.47	5.95±0.73	4.96-7.76	100.00	0.604
<b>Fonksiyonel Uzanma Testi (cm)</b>	23.73±6.01	14-37	23.53±5.61	13-37	110.00	0.917

Min: minimum. Max: Maksimum. GMFM: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü. m:metre. dk:dakika. R1: Hızlı, R2: Yavaş. TUG: Time up & go. \* $p<0.05$

**Tablo 4.3.** Fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı ölçüm parametrelerinin başlangıç değerlerinin karşılaştırılması

Ölçüm Parametreleri	Tedavi grubu (n=15)		Kontrol grubu (n=15)		Mann-Whitney U testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	U	p
<b>10x5 metre Sprint (sn)</b>	31.37±4.46	24.62-39.04	30.61±3.14	25.65-37.2	107.00	0.82
<b>Muscle Power Sprint Test (sn)</b>	4.58±0.83	3.05-6.23	4.98±1.15	3.71-7.38	96.50	0.507
<b>Muscle Power Sprint Test (watt)</b>	56.04±48.4	12.74-170.1	43.73±25.81	10.36-93.06	91.00	0.373
<b>Lateral step up test (etkilenmiş)</b>	27.6±6.31	19-40	26.53±5.05	21-40	99.50	0.589
<b>Lateral step up test (etkilenmemiş)</b>	25.33±7.16	14-39	23.86±4.48	19-33	102.00	0.662
<b>Sit to stand</b>	7.93±1.9	5-11	10.06±3.47	6-16	77.00	0.136
<b>Half knee (etkilenmiş)</b>	19±5.09	9-26	18.13±4.50	9-26	94.00	0.441
<b>Half knee (etkilenmemiş)</b>	17.86±3.88	11-25	17.2±4.93	10-31	89.00	0.328
<b>Vertikal sıçrama(cm)</b>	21.8±7.75	7-40	21.6±6.89	11-36	105.00	0.755
<b>İleriye doğru sıçrama(cm)</b>	92.86±28.8	44-164	90.46±24.56	62-162	108.50	0.868

Min: minimum. Max: Maksimum. sn:saniye, cm:santimetre. \*p<0.05

**Tablo 4.4.** Tedavi öncesinde grupların kas kuvvetlerinin karşılaştırılması

Ölçüm Parametreleri	Tedavi grubu (n=15)		Kontrol grubu (n=15)		Mann-Whitney U testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	U	p
<b>Etkilenmiş alt ekstremitte</b>						
<b>1MT (kg)</b>	28.33±16.54	10-70	39.66±27.0 8	5-100	88.00	0.307
<b>Kuadriseps Femoris (N/kg)</b>	24.87±11.609	5.33-50.5	24.14±11.6 3	10-53.16	104.00	0.724
<b>Hamstring (N/kg)</b>	16.39±7.46	5.5-32.83	19.06±11.4 6	9-49.5	105.50	0.771
<b>Dorsi Fleksörler (N/kg)</b>	15.64±7.66	6.83-36	13.95±6.43	6.88-31	101.00	0.633
<b>Plantar Fleksörler (N/kg)</b>	23.28±8.47	10.5-37.33	23.65±8.86	14.16-46.5	106.50	0.803
<b>Etkilenmemiş alt ekstremitte</b>						
<b>1MT (kg)</b>	43±21.36	20-90	54±28.98	5-100	85.00	0.251
<b>Kuadriseps Femoris (N/kg)</b>	27.52±10.54	9.16-44.16	27.89±12.1 3	13.83-59	103.50	0.709
<b>Hamstring (N/kg)</b>	21.06±7.73	7-32.33	22.34±13.8 5	9.5-53.33	108.00	0.852
<b>Dorsi Fleksörler (N/kg)</b>	22.51±9.308	8.33-37.16	19.306±7.3 06	10.33-34	87.00	0.29
<b>Plantar Fleksörler (N/kg)</b>	30.85±9.007	15.16-46.83	30.03±8.87	21-50	104.50	0.74

Min: minimum. Max: Maksimum. kg:kilogram, N/kg: Newton/kilogram. \*p<0.05.



**Tablo 4.5.** yEMG (RMS) değerlerinin başlangıç sonuçlarının karşılaştırılması

RMS değerleri	Tedavi grubu (n=15)		Kontrol grubu (n=15)		Mann-Whitney U testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	U	p <sup>a</sup>
<b>Etkilenmiş alt ekstremite</b>						
Lateral Gastroknemius	0.0116±0.0098	0.0002-0.0325	0.0237±0.0238	0.0011-0.0850	80.00	0.178
Medial Gastroknemius	0.0144±0.0132	0.0013-0.0426	0.0277±0.0296	0.0012-0.0844	88.00	0.31
Tibialis Anterior	0.0358±0.0214	0.0104-0.0883	0.0544±0.0517	0.0066-0.2077	93.00	0.419
Rektus Femoris	0.0165±0.0113	0.0017-0.0372	0.0423±0.0499	0.0012-0.1758	80.00	0.178
Vastus Lateralis	0.0145±0.0106	0.0047-0.0413	0.0332±0.0343	0.0001-0.1196	76.00	0.13
Biceps Femoris	0.0156±0.0097	0.0030-0.0381	0.0349±0.0300	0.0023-0.0982	96.00	0.494
Semitendinosus	0.0221±0.0161	0.0024-0.0560	0.0667±0.0676	0.0029-0.2010	83.00	0.221
<b>Etkilenmemiş alt ekstremite</b>						
Lateral Gastroknemius	0.0146±0.0140	0.0007-0.0454	0.0396±0.0619	0.0007-0.2053	100.00	0.604
Medial Gastroknemius	0.0325±0.0207	0.0017-0.0642	0.0571±0.0513	0.0021-0.1946	80.00	0.178
Tibialis Anterior	0.0706±0.0286	0.0315-0.1284	0.0847±0.1000	0.0067-0.3643	90.00	0.351
Rektus Femoris	0.0230±0.0177	0.0006-0.0628	0.0502±0.0535	0.0014-0.1634	89.00	0.33
Vastus Lateralis	0.0178±0.0090	0.0009-0.0342	0.0321±0.0347	0.0003-0.1184	94.00	0.443
Biceps Femoris	0.0227±0.0137	0.0034-0.0443	0.0501±0.0564	0.0029-0.1653	76.00	0.13
Semitendinosus	0.0585±0.0292	0.0173-0.1072	0.0885±0.0825	0.0056-0.2307	112.00	0.983

RMS: Root Mean Sequence, Min: minimum. Max: Maksimum, X:ortalama, SD:standart sapma. \*p<0.05.

### 4.3. Bireylerin Ölçüm Parametrelerinin Tedavi Öncesi-Tedavi Sonrası Karşılaştırılması

#### a. Kaba Motor Fonksiyon

Tedavi grubunda, tedavi sonrasında GMFM-E ve 1-dakika yürüme parametrelerindeki artış istatistiksel olarak bulundu ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6.** Tedavi grubunda kaba motor fonksiyonun gelişimi

Ölçüm Parametreleri	Tedavi grubu				Wilcoxon testi	
	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Z	p
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max		
<b>GMFM-D</b>	99.82±0.67	97.4-100	100±0	100-100	-1.000	0.317
<b>GMFM-E</b>	95.08±3.55	88.88-100	97.40±2.28	91.66-100	-2.952	<b>0.003*</b>
<b>10-metre yürüme (dk)</b>	7.60±1.75	5.26-12.65	7.54±1.44	5.86-10.77	-.738	0.46
<b>1-dakika yürüme (m)</b>	97.6±11.18	80-116	105.36±8.02	89-118.5	-3.353	<b>0.001*</b>

Min: minimum. Max: Maksimum. GMFM: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü. m:metre. dk:dakika. \* $p<0.05$

Kontrol grubunda ise tedavi sonrasında motor fonksiyonun değerlendirildiği ölçüm parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark görülmedi ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.7).

**Tablo 4.7.** Kontrol grubunda kaba motor fonksiyonun gelişimi

Ölçüm Parametreleri	Kontrol Grubu				Wilcoxon testi	
	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Z	p
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max		
<b>GMFM-D</b>	99.13±1.60	94.87-100	99.45±1.54	94.43-100	-.365	0.715
<b>GMFM-E</b>	96.01±1.95	93.05-100	95.64±2.96	88.88-100	-.042	0.967
<b>10-metre yürüme (dk)</b>	8.15±2.66	5.84-16.01	8.19±2.55	5.64-15.82	-.057	0.955
<b>1-dakika yürüme (m)</b>	91.4±8.11	79-103	91.93±9.37	80-110	-.429	0.668

Min: minimum. Max: Maksimum. GMFM: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü. m:metre. dk:dakika. \* $p<0.05$

### b. Kas tonusu

Tedavi grubunda, 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrası etkilenmiş alt ekstremitelerde de kas tonusundaki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.8).

**Tablo 4.8.** Tedavi grubunda, ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrası kas tonusunun değişimi

Tedavi grubu						
Ölçüm Parametreleri	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Wilcoxon testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	Z	p
Hamstring (°) R2	21.06±12.56	0-35	10.46±9.69	0-30	-3.182	<b>0.001*</b>
Hamstring (°) R1	37±12.40	15-57	25.06±14.88	0-45	-3.297	<b>0.001*</b>
Gastroknemius (°) R2	19.4±12.17	0-46	12.53±8.21	0-35	-2.482	<b>0.013*</b>
Gastroknemius (°) R1	32.66±11.56	10-55	23.4±8.74	0-40	-3.182	<b>0.001*</b>
Soleus (°) R2	12.2±9.427	0-28	6±6.51	0-20	-2.668	<b>0.008*</b>
Soleus (°) R1	20.4±10.56	0-35	12.53±7.33	0-21	-3.078	<b>0.002*</b>

Min: minimum. Max: Maksimum. R1: Hızlı R2: Yavaş \* $p<0.05$

Kontrol grubunda ise tedavi sonrasında kas tonusunun da fark bulunmadığı ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.9).

**Tablo 4.9.** Kontrol grubunda kas tonusunun değişimi

Kontrol Grubu						
Ölçüm Parametreleri	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Wilcoxon testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	Z	p
Hamstring (°) R2	20.73±10.20	10-45	20.46±10.32	7-45	-.205	0.838
Hamstring (°) R1	35.73±10.31	20-60	36.13±10.42	17-60	-.614	0.539
Gastroknemius (°) R2	15.13±5.27	5-22	16.13±5.06	8-23	-1.597	0.11
Gastroknemius (°) R1	25.8±5.97	18-38	25.6±6.05	15-37	-.317	0.751
Soleus (°) R2	9.2±7.03	0-25	8.53±6.53	0-22	-1.378	0.168
Soleus (°) R1	18.46±8.20	7-30	19±7.09	8-30	-1.058	0.29

Min: minimum. Max: Maksimum. R1: Hızlı, R2: Yavaş. \* $p<0.05$ .

### c. Denge

Tedavi grubunda, 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrasında dinamik denge parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.10).

**Tablo 4.10.** Tedavi grubunda dengenin gelişimi

Tedavi grubu						
Ölçüm Parametreleri	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Wilcoxon testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	Z	p
TUG (sn)	6.07±0.84	4.76-7.47	5.05±0.56	4.15-5.97	-3.408	<b>0.001*</b>
Fonksiyonel Uzanma Testi (cm)	23.73±6.01	14-37	30.86±9.07	22-56	-3.300	<b>0.001*</b>

Min: minimum. Max: Maksimum. sn:saniye, cm:santimetre, TUG: Time up & go. \* $p<0.05$ .

Kontrol grubunda ise tedavi sonrasında dinamik denge parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.11).

**Tablo 4.11.** Kontrol grubunda dengenin gelişimi

Kontrol Grubu						
Ölçüm Parametreleri	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Wilcoxon testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	Z	p
TUG (sn)	5.95-0.73	4.96-7.76	6.04±0.71	5.05-7.62	-.852	0.394
Fonksiyonel Uzanma Testi (cm)	23.53-5.61	13-37	23.93±5.16	15-38	-1.200	0.23

Min: minimum. Max: Maksimum. sn:saniye, cm:santimetre, TUG: Time up & go. \* $p<0.05$ .

#### d. Fonksiyonel Kas Kuvveti ve Kas Performansı

Tedavi grubunda, tedavi sonrasında fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.12). Kontrol grubunda ise tedavi sonrasında fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı ölçüm parametrelerinde fark yoktu ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.13).

**Tablo 4.12.** Tedavi grubunda, fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansının gelişimi

Tedavi grubu						
Ölçüm Parametreleri	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Wilcoxon testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	Z	p
10x5 metre Sprint (sn)	31.37±4.46	24.62-39.04	30.15±3.89	23.82-39.28	-1.704	0.088
Muscle Power Sprint Test (sn)	4.58±0.83	3.05-6.23	4.20±0.74	2.94-5.8	-3.408	<b>0.001*</b>
Muscle Power Sprint Test (watt)	56.04±38.34	12.74-170.1	71.32±44.23	15.79-189.92	-3.408	<b>0.001*</b>
Lateral step up test (etkilenmiş)	27.6±6.31	19-40	32.33±6.38	24-47	-3.420	<b>0.001*</b>
Lateral step up test (etkilenmemiş)	25.33±7.16	14-39	29.86±6.53	19-42	-3.422	<b>0.001*</b>
Sit to stand	7.93±1.90	5-11	10.66±1.58	8-13	-3.363	<b>0.001*</b>
Half knee (etkilenmiş)	19±5.09	9-26	23.46±5.60	12-36	-3.207	<b>0.001*</b>
Half knee (etkilenmemiş)	17.86±3.88	11-25	22.26±5.96	13-33	-3.241	<b>0.001*</b>
Vertikal sıçrama (cm)	21.8±7.75	7-40	24.46±8.06	12-47	-2.527	<b>0.012*</b>
İleriye doğru sıçrama (cm)	92.86±28.85	44-164	109.13±24.86	74-175	-3.068	<b>0.002*</b>

Min: minimum. Max: Maksimum. sn:saniye, cm:santimetre. \* $p<0.05$ .

**Tablo 4.13.** Kontrol grubunda, fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansının gelişimi

Kontrol Grubu						
Ölçüm Parametreleri	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Wilcoxon testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	Z	p
10x5 metre Sprint (sn)	30.61±3.14	25.65-37.2	30.91±2.80	26.02-35.6	-1.351	0.177
Muscle Power Sprint Test (sn)	4.98±1.15	3.71-7.38	4.88±1.22	3.56-7.48	-1.421	0.155
Muscle Power Sprint Test (watt)	43.73±25.81	10.36-93.06	47.53±29.42	9.95-113.2	-1.250	0.211
Lateral step up test (etkilenmiş)	26.53±5.05	21-40	26.4±4.70	21-38	-.177	0.86
Lateral step up test (etkilenmemiş)	23.86±4.48	19-33	23.86±4.65	16-32	-.159	0.874
Sit to stand	10.06±3.47	6-16	9.13±3.24	4-17	-1.715	0.086
Half knee (etkilenmiş)	18.13±4.50	9-26	17.53±3.70	8-23	-1.400	0.162
Half knee (etkilenmemiş)	17.2±4.93	10-31	17.06±3.55	10-23	-.317	0.751
Vertikal sıçrama (cm)	21.6±6.89	11-36	21.2±7.16	11-35	-.700	0.484
İleriye doğru sıçrama (cm)	90.46±24.56	62-162	90.2±24.46	63-160	-.670	0.503

Min: minimum. Max: Maksimum. sn:saniye, cm:santimetre. \*p<0.05.

#### d. Kas Kuvveti

Tedavi grubunda, 1 MT'da ve el dinamometresi ile ölçülen izometrik kas kuvvetinde tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.14). Kontrol grubunda, 12 hafta sonrasında kas kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.15).

**Tablo 4.14.** Tedavi grubunda kas kuvvetindeki değişim

<b>Tedavi grubu</b>						
<b>Ölçüm Parametreleri</b>	<b>Tedavi öncesi</b>		<b>Tedavi sonrası</b>		<b>Wilcoxon testi</b>	
	<b>X±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>X±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
<b>Etkilenmiş alt ekstremitte</b>						
<b>1MT (kg)</b>	28.33±16.54	10-70	79.66±20.74	35-100	-3.415	<b>0.001*</b>
<b>Kuadriseps Femoris (N/kg)</b>	24.87±11.609	5.33-50.5	30.42±9.58	15.66-50.5	-2.731	<b>0.006*</b>
<b>Hamstring (N/kg)</b>	16.39±7.46	5.5-32.83	22.39±10.301	7.5-43.16	-2.897	<b>0.004*</b>
<b>Dorsi Fleksörler sağ (N/kg)</b>	15.64±7.66	6.83-36	20.26±7.77	10-41.66	-3.039	<b>0.002*</b>
<b>Plantar Fleksörler (N/kg)</b>	23.28±8.47	10.5-37.33	35.19±9.65	23.16-52.16	-3.408	<b>0.001*</b>
<b>Etkilenmemiş alt ekstremitte</b>						
<b>1MT (kg)</b>	43±21.36	20-90	86.66±17.59	45-100	-3.416	<b>0.001*</b>
<b>Kuadriseps Femoris (N/kg)</b>	27.52±10.54	9.16-44.16	32.08±9.31	16.16-49	-2.669	<b>0.008*</b>
<b>Hamstring (N/kg)</b>	21.06±7.73	7-32.33	26.07±11.13	8.66-47.83	-2.556	<b>0.011*</b>
<b>Dorsi Fleksörler (N/kg)</b>	22.51±9.308	8.33-37.16	27.44±11.53	10-52.5	-2.499	<b>0.012*</b>
<b>Plantar Fleksörler (N/kg)</b>	30.85±9.007	15.16-46.83	42.03±10.14	22-54.83	-3.352	<b>0.001*</b>

Min: minimum. Max: Maksimum. kg:kilogram, N/kg: Newton/kilogram. \*p<0.05.

**Tablo 4.15.** Kontrol grubunda kas kuvvetindeki değişim

<b>Kontrol Grubu</b>						
<b>Ölçüm Parametreleri</b>	<b>Tedavi öncesi</b>		<b>Tedavi sonrası</b>		<b>Wilcoxon testi</b>	
	<b>X±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>X±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
<b>Etkilenmiş alt ekstremitte</b>						
<b>1MT (kg)</b>	39.66±27.08	5-100	36.66±22.41	5-80	-1.342	0.18
<b>Kuadriseps Femoris (N/kg)</b>	24.14±11.63	10-53.16	24.19±11.66	10.83-54.33	-.398	0.691
<b>Hamstring (N/kg)</b>	19.06±11.46	9-49.5	18.97±11.32	8.33-49	-.426	0.67
<b>Dorsi Fleksörler sağ (N/kg)</b>	13.95±6.43	6.88-31	13.65±6.407	5.33-30.16	-1.364	0.173
<b>Plantar Fleksörler (N/kg)</b>	23.65±8.86	14.16-46.5	23.65±8.80	15-46.16	-.199	0.842
<b>Etkilenmemiş alt ekstremitte</b>						
<b>1MT (kg)</b>	54±28.98	5-100	53.33±27.94	5-100	-.632	0.527
<b>Kuadriseps Femoris (N/kg)</b>	27.89±12.13	13.83-59	28.309±12.38	14-60.83	-1.307	0.191
<b>Hamstring (N/kg)</b>	22.34±13.85	9.5-53.33	22.26±13.44	9.83-53.5	-.313	0.754
<b>Dorsi Fleksörler (N/kg)</b>	19.306±7.306	10.33-34	19.108±7.19	10-35.16	-.440	0.66
<b>Plantar Fleksörler (N/kg)</b>	30.03±8.87	21-50	30.35±8.74	20.33-49.83	-.853	0.394

Min: minimum. Max: Maksimum. kg:kilogram, N/kg: Newton/kilogram. \*p<0.05.

Tedavi ve kontrol grubunda tedavi sonrasındaki yEMG(RMS) değerlerindeki değişim sırasıyla tablo 4.16 ve 4.17' da gösterildi. Tedavi grubunda, ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrasında her iki alt ekstremitenin RMS değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0.05). Kontrol grubunda, tedavi sonrasında RMS değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (p>0.05).



**Tablo 4.16.** Tedavi grubunda yEMG(RMS) değerlerindeki değişim

Tedavi grubu						
RMS değerleri	Tedavi öncesi		Tedavi Sonrası		Wilcoxon testi	
	X±SD	Min-Max	X±SD	Min-Max	Z	p <sup>a</sup>
<b>Etkilenmiş alt ekstremitte</b>						
Lateral Gastroknemius	0.0116±0.0098	0.0002-0.0325	0.0491±0.0461	0.0116-0.1605	-3.408	<b>0.001*</b>
Medial Gastroknemius	0.0144±0.0132	0.0013-0.0426	0.0733±0.0542	0.0054-0.1817	-3.408	<b>0.001*</b>
Tibialis Anterior	0.0358±0.0214	0.0104-0.0883	0.1381±0.1096	0.01701-0.4548	-3.408	<b>0.001*</b>
Rektus Femoris	0.0165±0.0113	0.0017-0.0372	0.0932±0.0528	0.0454-0.2601	-3.408	<b>0.001*</b>
Vastus Lateralis	0.0145±0.0106	0.0047-0.0413	0.0874±0.0446	0.0191-0.1631	-3.408	<b>0.001*</b>
Biceps Femoris	0.0156±0.0097	0.0030-0.0381	0.0965±0.0518	0.0368-0.1847	-3.408	<b>0.001*</b>
Semitendinosus	0.0221±0.0161	0.0024-0.0560	0.1135±0.1658	0.0117-0.6867	-3.408	<b>0.001*</b>
<b>Etkilenmemiş ekstremitte</b>						
Lateral Gastroknemius	0.0146±0.0140	0.0007-0.0454	0.1160±0.0877	0.0346-0.3305	-3.408	<b>0.001*</b>
Medial Gastroknemius	0.0325±0.0207	0.0017-0.0642	0.1393±0.0948	0.0508-0.3617	-3.408	<b>0.001*</b>
Tibialis Anterior	0.0706±0.0286	0.0315-0.1284	0.2359±0.1383	0.0618-0.4783	-3.408	<b>0.001*</b>
Rektus Femoris	0.0230±0.0177	0.0006-0.0628	0.1285±0.0893	0.0289-0.3851	-3.408	<b>0.001*</b>
Vastus Lateralis	0.0178±0.0090	0.0009-0.0342	0.1136±0.0764	0.0338-0.3428	-3.408	<b>0.001*</b>
Biceps Femoris	0.0227±0.0137	0.0034-0.0443	0.0711±0.0476	0.0146-0.2058	-3.408	<b>0.001*</b>
Semitendinosus	0.0585±0.0292	0.0173-0.1072	0.1998±0.1665	0.08309-0.7584	-3.408	<b>0.001*</b>

Min: minimum. Max: Maksimum. RMS: root mean square. \*p<0.05.

**Tablo 4.17.** Kontrol grubunda yEMG(RMS) değerlerindeki değişim

<b>Kontrol Grubu</b>						
<b>RMS değerleri</b>	<b>Tedavi öncesi</b>		<b>Tedavi Sonrası</b>		<b>Wilcoxon testi</b>	
	<b>X±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>X±SD</b>	<b>Min-Max</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
<b>Etkilenmiş alt ekstremitte</b>						
<b>Lateral Gastroknemius</b>	0.0237±0.0238	0.0011-0.0850	0.0239±0.0235	0.0011-0.0847	-.341	0.733
<b>Medial Gastroknemius</b>	0.0277±0.0296	0.0012-0.0844	0.0275±0.0291	0.0012-0.0891	-.227	0.82
<b>Tibialis Anterior</b>	0.0544±0.0517	0.0066-0.2077	0.0739±0.0749	0.0063-0.27604	-.057	0.955
<b>Rektus Femoris</b>	0.0423±0.0499	0.0012-0.1758	0.0411±0.0469	0.0012-0.1602	-1.647	0.1
<b>Vastus Lateralis</b>	0.0332±0.0343	0.0001-0.1196	0.0412±0.0449	0.0001-0.1414	-1.420	0.156
<b>Biceps Femoris</b>	0.0349±0.0300	0.0023-0.0982	0.0500±0.0562	0.0029-0.16405	-.738	0.46
<b>Semitendinosus</b>	0.0667±0.0676	0.0029-0.2010	0.0695±0.0657	0.0029-0.2018	-.284	0.776
<b>Etkilenmemiş ekstremitte</b>						
<b>Lateral Gastroknemius</b>	0.0396±0.0619	0.0007-0.2053	0.0383±0.0612	0.0008-0.2005	-1.475	0.14
<b>Medial Gastroknemius</b>	0.0571±0.0513	0.0021-0.1946	0.0566±0.0509	0.0021-0.1932	-1.590	0.112
<b>Tibialis Anterior</b>	0.0847±0.1000	0.0067-0.3643	0.0806±0.0905	0.0073-0.31508	-.966	0.334
<b>Rektus Femoris</b>	0.0502±0.0535	0.0014-0.1634	0.0479±0.0491	0.0014-0.1642	-.454	0.65
<b>Vastus Lateralis</b>	0.0321±0.0347	0.0003-0.1184	0.0317±0.0357	0.0003-0.1152	-1.420	0.156
<b>Biceps Femoris</b>	0.0501±0.0564	0.0029-0.1653	0.0325±0.0266	0.0023-0.0983	-.909	0.363
<b>Semitendinosus</b>	0.0885±0.0825	0.0056-0.2307	0.1073±0.0887	0.0061-0.2722	-.284	0.776

Min: minimum. Max: Maksimum. RMS: root mean square. \*p<0.05.

#### 4.4. İlerleyici fonksiyonel alt ekstremite kuvvetlendirme eğitiminin etkinliği

Fonksiyonel alt ekstremite kuvvetlendirme eğitiminin etkinliğini araştırmak için ölçüm parametrelerinde 12 haftalık tedavi sonrasında ortaya çıkan farklar tedavi ve kontrol grubu arasında karşılaştırıldı.

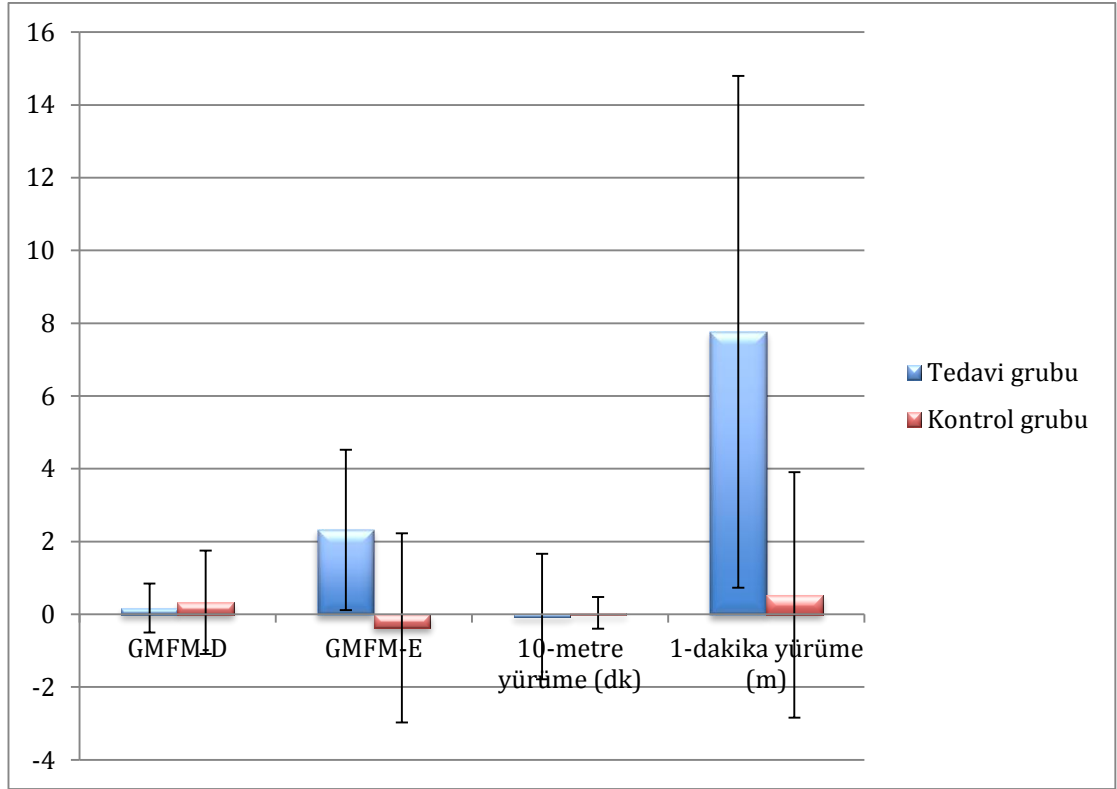
##### a. Kaba motor fonksiyon üzerine etkisi

İlerleyici fonksiyonel alt ekstremite kuvvetlendirme eğitiminin kaba motor fonksiyon üzerine GMFM-E ve 1-dk yürüme ölçüm parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı değişim ortaya çıkardı (Tablo 4.18). Şekil 4.1’de tedavi ve kontrol grubunda kaba motor fonksiyon üzerine görülen değişim gösterildi.

**Tablo 4.18.** Tedavi ve kontrol grubunda kaba motor fonksiyondaki farkların karşılaştırılması

Tedavi öncesi-sonrası farklar	Tedavi grubu	Kontrol grubu	Mann-Whitney U		
	X±SD	X±SD	U	p	Effect size (d)
<b>GMFM-D</b>	0.17±0.67	0.32±1.42	105.00	0.632	0.13
<b>GMFM-E</b>	2.31±2.20	-0.37±2.59	45.00	<b>0.004*</b>	<b>1.11<sup>b</sup></b>
<b>10-metre yürüme (dk)</b>	-0.05±1.72	0.03±0.43	84.00	0.237	0.07
<b>1-dakika yürüme (m)</b>	7.76±7.03	0.53±3.37	31.00	<b>0.001*</b>	<b>1.31<sup>b</sup></b>

Min: minimum. Max: Maksimum. GMFM: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü. m:metre. dk:dakika.  
\*p<0.05, d<sup>b</sup>>0.80



Şekil 4.1. Tedavi ve kontrol grubunda Kaba motor fonksiyonunun değişimi

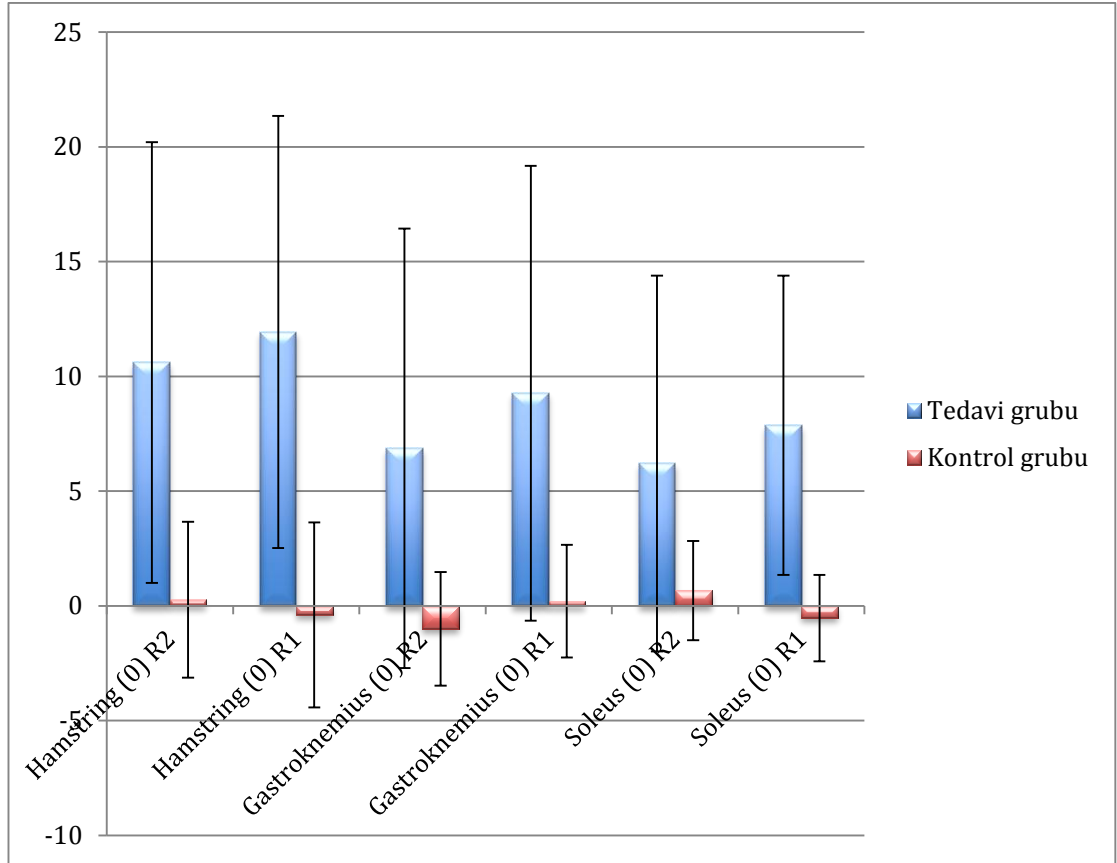
#### b. Kas tonusu üzerine etkisi

Tedavi grubunda, ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrası kontrol grubuna göre kas tonusunun da istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (Tablo 4.19). Şekil 4.2’de tedavinin etkinliği ile kas tonusu üzerindeki değişimin gruplar arasındaki karşılaştırılması gösterildi.

Tablo 4.19. Tedavi ve kontrol grubunda kas tonusundaki farkların karşılaştırılması

Tedavi öncesi-sonrası farklar	Tedavi grubu	Kontrol grubu	Mann-Whitney U		
	X±SD	X±SD	U	p <sup>a</sup>	Effect size (d)
Hamstring (°) R2	10.6±9.60	0.26±3.39	34.00	<b>0.001*</b>	<b>1.43<sup>b</sup></b>
Hamstring (°) R1	11.93±9.41	-0.4±4.03	15.50	<b>&lt;0.001*</b>	<b>1.703<sup>b</sup></b>
Gastroknemius (°) R2	6.86±9.57	-1±2.47	29.5	<b>0.001*</b>	<b>1.12<sup>b</sup></b>
Gastroknemius (°) R1	9.26±9.91	0.2±2.45	32.00	<b>0.001*</b>	<b>1.25<sup>b</sup></b>
Soleus (°) R2	6.2±8.18	0.66±2.16	55.50	<b>0.014*</b>	<b>0.92<sup>b</sup></b>
Soleus (°) R1	7.86±6.52	-0.53±1.88	26.50	<b>&lt;0.001*</b>	<b>1.74<sup>b</sup></b>

Min: minimum. Max: Maksimum. R1: Hızlı, R2: Yavaş. \*p<0.05, d<sup>b</sup>>0.80



Şekil 4.2. Tedavi ve kontrol grubunda kas tonusunun değişimi

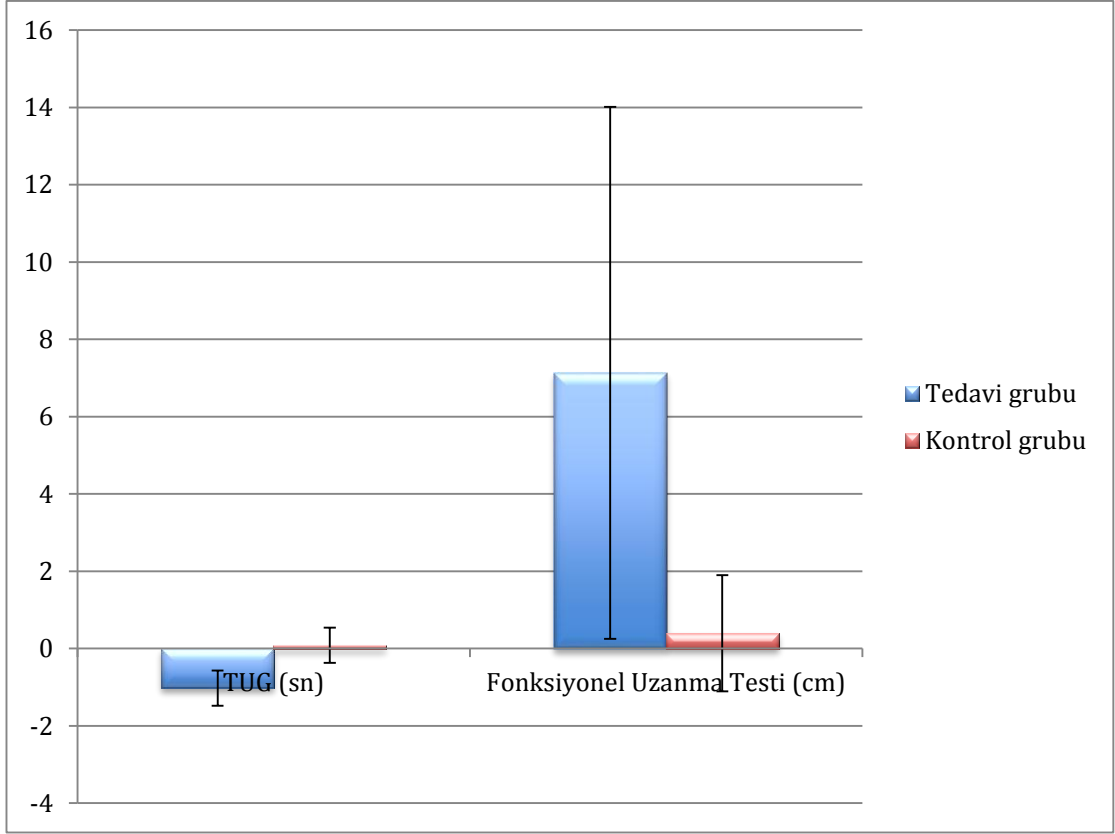
### c. Denge üzerine etkisi

İlerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin dinamik denge üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu bulundu (Tablo 4.20). Şekil 4.3’de tedavi ve kontrol grubu arasında denge parametrelerindeki değişimin karşılaştırılması gösterildi.

Tablo 4.20. Tedavi ve kontrol grubunda denge parametrelerindeki farkların karşılaştırılması

Tedavi öncesi-sonrası farklar	Tedavi grubu	Kontrol grubu	Mann-Whitney U		
	X±SD	X±SD	U	p	Effect size (d)
<b>TUG (sn)</b>	-1.02±0.45	0.08±0.45	12.00	<0.001*	2.42 <sup>b</sup>
<b>Fonksiyonel Uzanma Testi (cm)</b>	7.13±6.88	0.4±1.502	18.00	<0.001*	1.35 <sup>b</sup>

Min: minimum. Max: Maksimum. sn:saniye, cm:santimetre, TUG: Time up & go. \*p<0.05, d<sup>b</sup>>0.80.



Şekil 4.3. Tedavi ve kontrol grubunda dengenin değişimi

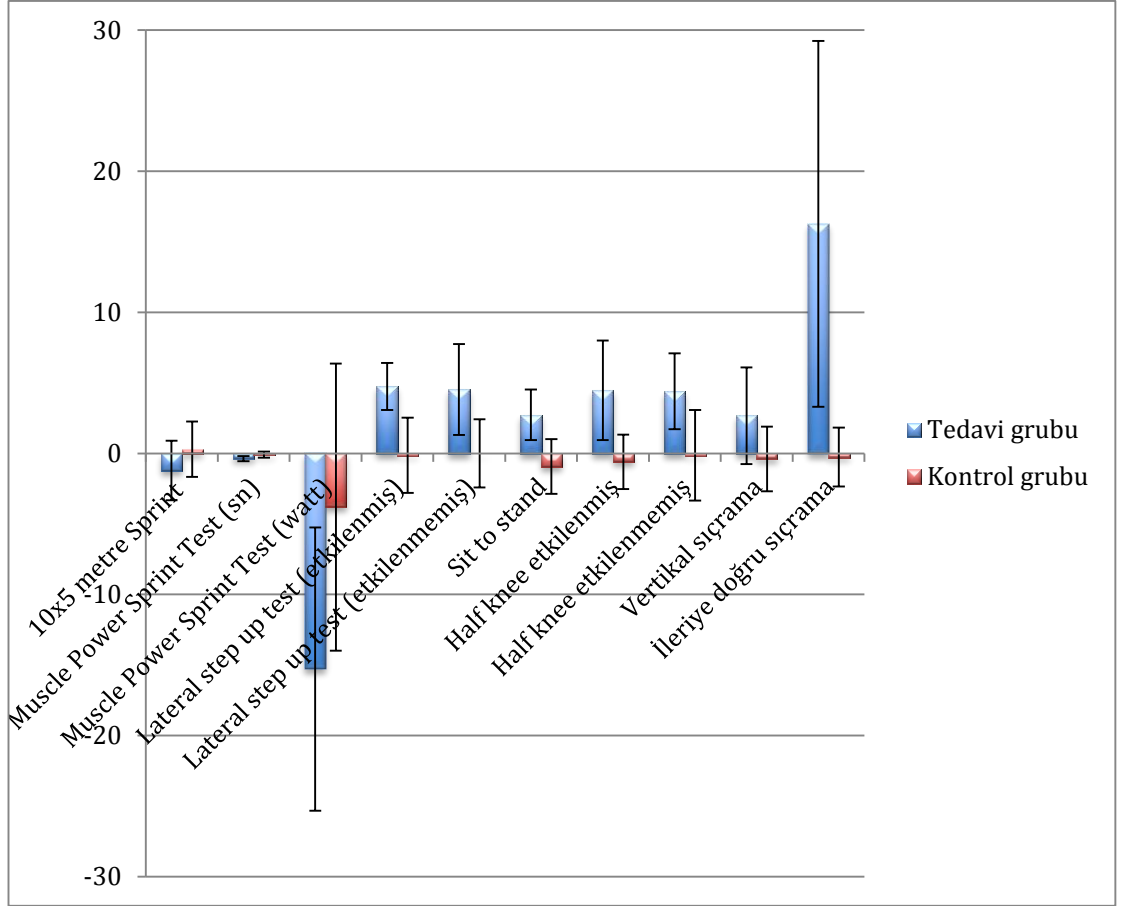
#### d. Fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı üzerine etkisi

Alt ekstremitelere yönelik ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin çeviklik dışındaki fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansını değerlendiren ölçüm parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu bulundu ( $p < 0.05$ ) (Tablo 4.21). Şekil 4.4'da tedavi ve kontrol grubu arasında fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı değişiminin karşılaştırılması gösterildi.

**Tablo 4.21.** Tedavi ve kontrol grubunda fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansı farklarının karşılaştırılması

Tedavi öncesi- sonrası farklar	Tedavi grubu	Kontrol grubu	Mann-Whitney U testi		
	X±SD	X±SD	U	p	Effect size (d)
10x5 metre Sprint (sn)	-1.21±2.103	0.29±1.96	73.00	0.101	0.74
Muscle Power Sprint Test (sn)	-0.37±0.18	-0.09±0.21	37.00	<b>0.002*</b>	<b>1.39<sup>b</sup></b>
Muscle Power Sprint Test (watt)	-15.28±10.04	-3.807±10.18	42.00	<b>0.003*</b>	<b>1.13<sup>b</sup></b>
Lateral step up test (etkilenmiş)	4.73±1.66	-0.133±2.66	9.00	<b>&lt;0.001*</b>	<b>2.18<sup>b</sup></b>
Lateral step up test (etkilenmemiş)	4.53±3.22	0±2.42	11.50	<b>&lt;0.001*</b>	<b>1.58<sup>b</sup></b>
Sit to stand	2.73±1.79	-0.93±1.94	11.00	<b>&lt;0.001*</b>	<b>1.96<sup>b</sup></b>
Half knee (etkilenmiş)	4.46±3.52	-0.6±1.91	20.50	<b>&lt;0.001*</b>	<b>1.78<sup>b</sup></b>
Half knee (etkilenmemiş)	4.4±2.69	-0.13±3.204	27.00	<b>&lt;0.001*</b>	<b>1.53<sup>b</sup></b>
Vertikal sıçrama (cm)	2.66±3.41	-0.4±2.29	53.00	<b>0.013*</b>	<b>1.05<sup>b</sup></b>
İleriye doğru sıçrama (cm)	16.26±12.96	-0.267±2.08	25.50	<b>&lt;0.001*</b>	<b>1.78<sup>b</sup></b>

Min: minimum. Max: Maksimum. sn:saniye, cm:santimetre. \*p<0.05, d<sup>b</sup>>0.80.



**Şekil 4.4.** Tedavi ve kontrol grubunda fonksiyonel kas kuvveti ve kas performansının değişimi

#### **e. Kas Kuvveti üzerine etkisi**

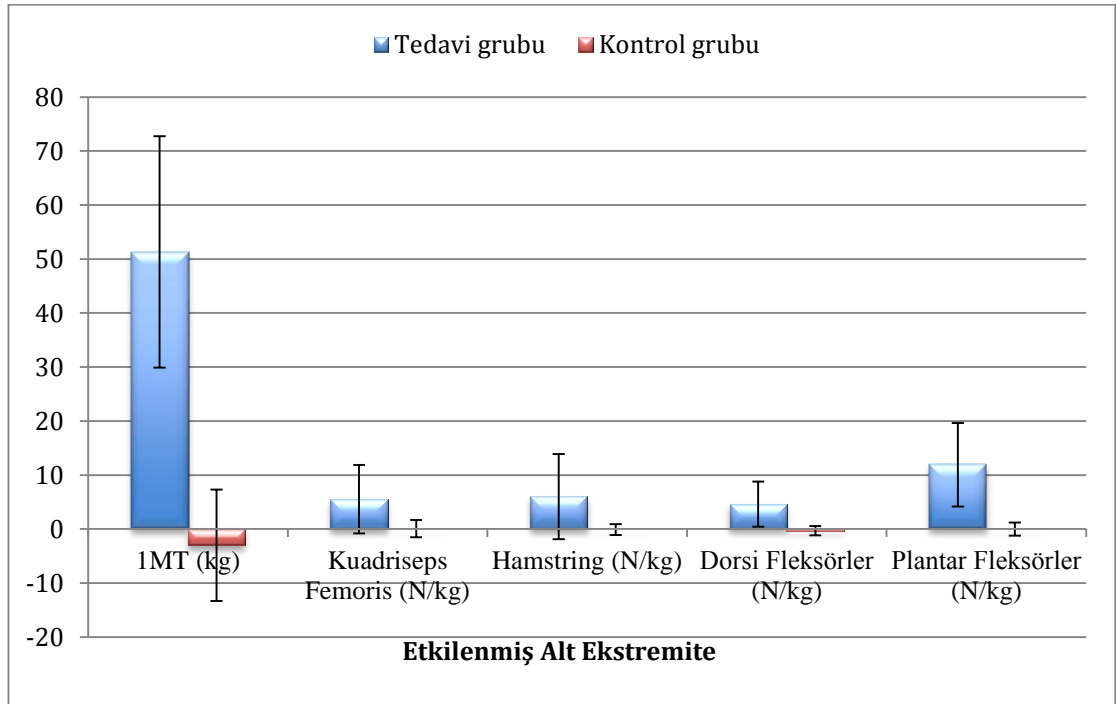
İlerleyici fonksiyonel alt ekstremite kuvvetlendirme eğitiminin kas kuvveti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı fark ortaya çıkardığı bulundu ( $p < 0.05$ ). Tablo 4.22’de, Şekil 4.5’de ve Şekil 4.6’da tedavi ve kontrol grubunda 1-MT ve el dinamometresi ile ölçülen kas kuvveti sonuçlarının tedavi sonrasındaki farklarının karşılaştırılması gösterildi.



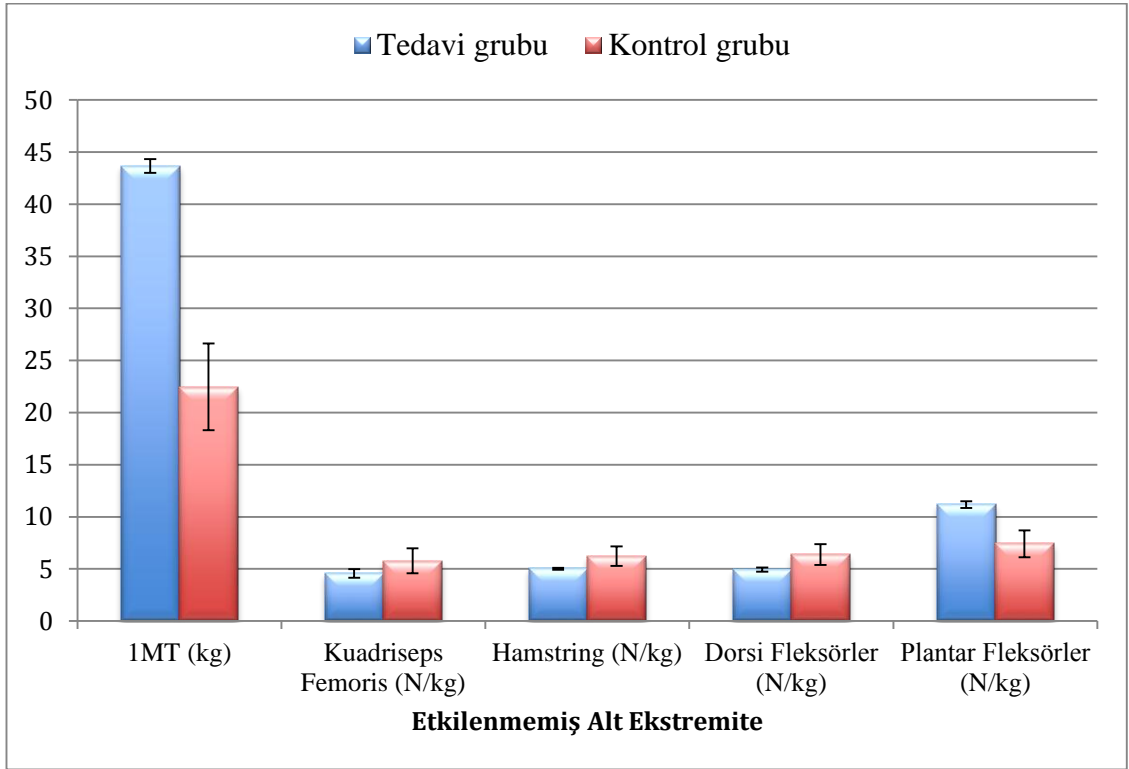
**Tablo 4.22.** Tedavi ve kontrol grubunda kas kuvveti farklarının karşılaştırılması

Tedavi öncesi- sonrası farklar	Tedavi grubu	Kontrol grubu	Mann-Whitney U testi		
	X±SD	X±SD	U	p	Effect size (d)
<b>Etkilenmiş alt ekstremitte</b>					
1MT (kg)	51.33±21.41	-3±10.31	0.00	<0.001*	3.23 <sup>b</sup>
Kuadriseps Femoris (N/kg)	5.54±6.33	0.05±1.59	51.00	0.011*	1.18 <sup>b</sup>
Hamstring (N/kg)	6.00±7.86	-0.09±1.02	30.50	0.001*	1.08 <sup>b</sup>
Dorsi Fleksörler sağ (N/kg)	4.62±4.16	-0.29±0.87	22.50	<0.001*	1.63 <sup>b</sup>
Plantar Fleksörler (N/kg)	11.91±7.72	-0.007±1.21	0.00	<0.001*	2.15 <sup>b</sup>
<b>Etkilenmemiş alt ekstremitte</b>					
1MT (kg)	43.66±22.47	-0.66±4.16	15.00	<0.001*	2.74 <sup>b</sup>
Kuadriseps Femoris (N/kg)	4.55±5.77	0.41±1.19	47.00	0.007*	0.99 <sup>b</sup>
Hamstring (N/kg)	5.01±6.21	-0.08±0.94	42.00	0.003*	1.14 <sup>b</sup>
Dorsi Fleksörler (N/kg)	4.92±6.36	-0.19±1.006	45.00	0.005*	1.12 <sup>b</sup>
Plantar Fleksörler (N/kg)	11.17±7.41	0.31±1.29	19.00	<0.001*	2.04 <sup>b</sup>

Min: minimum. Max: Maksimum. kg:kilogram, N/kg: Newton/kilogram. \*p<0.05. d<sup>b</sup>>0.80.



**Şekil 4.5.** Tedavi ve kontrol grubunda etkilenmiş alt ekstremitte kas kuvvetinin değişimi



**Şekil 4.6.** Tedavi ve kontrol grubunda etkilenmemiş alt ekstremitede kas kuvvetinin değişimi

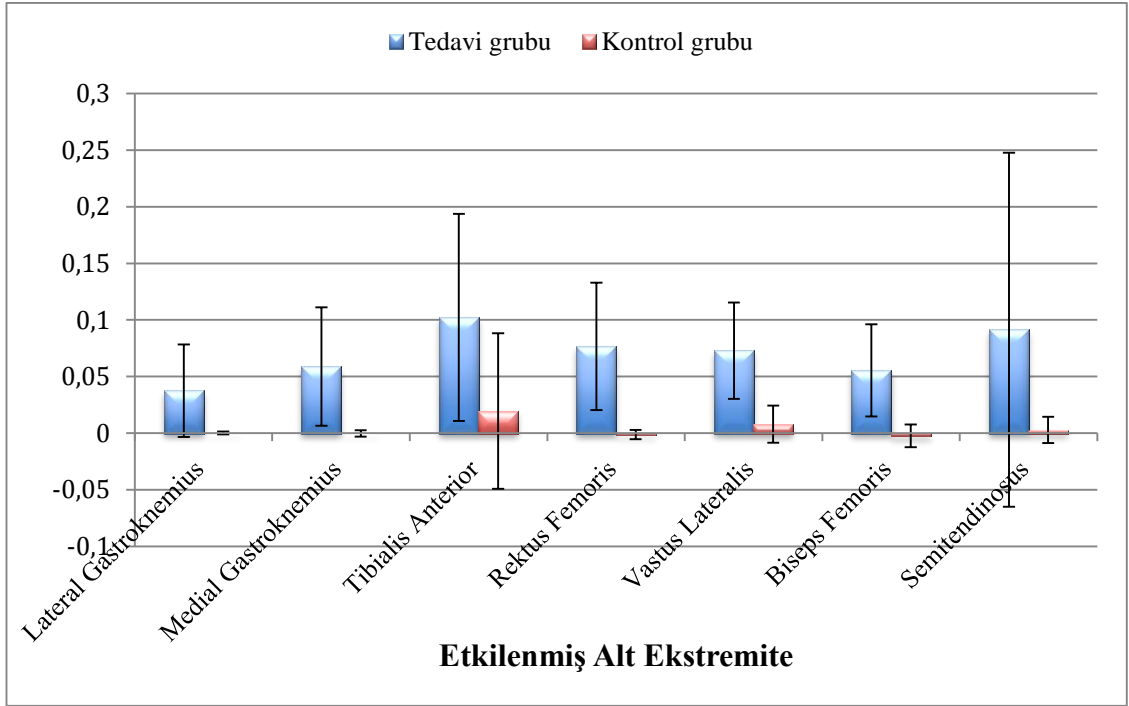
Tablo 4.23’de, Şekil 4.7’de ve Şekil 4.8’de yEMG (RMS) değerlerindeki farkın karşılaştırılması ile ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin kas kuvveti üzerine etkisi gösterildi. Tedavi ve kontrol grubu karşılaştırıldığında RMS değerlerinde görülen farkın kuvvetlendirme eğitimi sonucu istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulundu ( $p<0.05$ ).

**Tablo 4.23.** Tedavi ve kontrol grubunda kas kuvveti farklarının RMS değerlerine göre karşılaştırılması

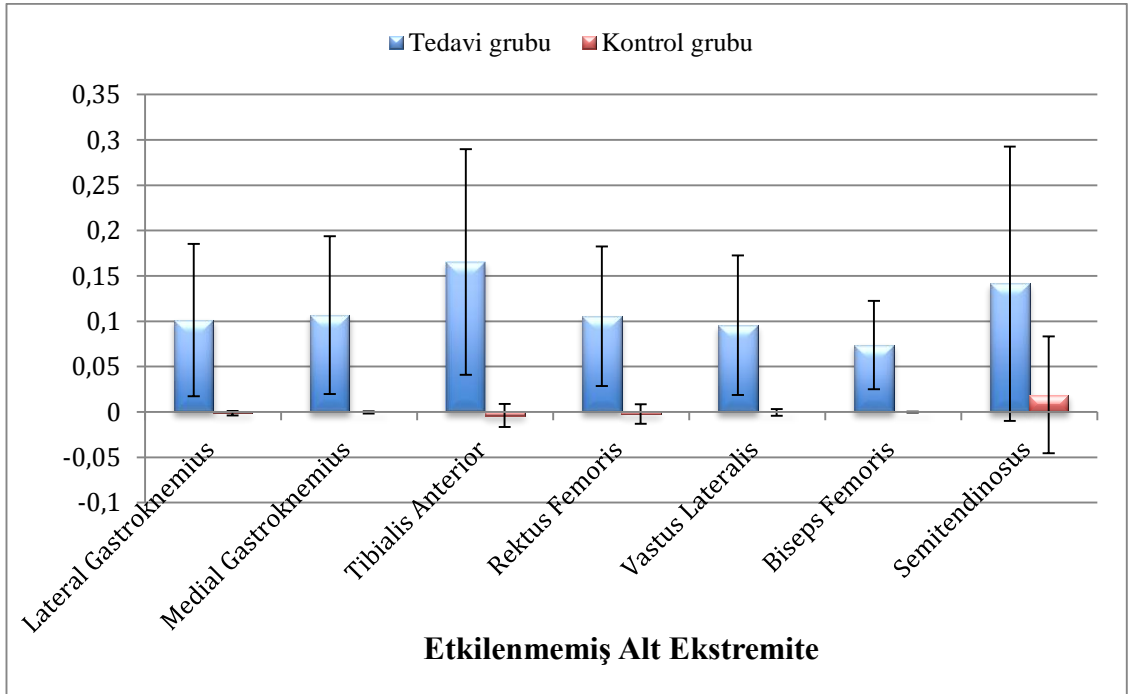
Tedavi öncesi-sonrası farklar (RMS)	Tedavi grubu	Kontrol grubu	Mann-Whitney U		
	X±SD	X±SD	U	p	Effect size (d)
<b>Etkilenmiş alt ekstremitte</b>					
Lateral Gastroknemius	0.0375±0.04088	0.0002±0.00119	0.00	<0.001*	1.28 <sup>b</sup>
Medial Gastroknemius	0.0589±0.05221	-0.0002±0.00274	0.00	<0.001*	1.59 <sup>b</sup>
Tibialis Anterior	0.1023±0.0914	0.0195±0.06866	0.00	<0.001*	1.02 <sup>b</sup>
Rektus Femoris	0.0767±0.05621	-0.0012±0.00411	0.00	<0.001*	1.95 <sup>b</sup>
Vastus Lateralis	0.0728±0.04261	0.008±0.01645	0.00	<0.001*	2.006 <sup>b</sup>
Biseps Femoris	0.0555±0.04081	-0.0024±0.01006	0.00	<0.001*	1.94 <sup>b</sup>
Semitendinosus	0.0914±0.15627	0.0028±0.01156	17.00	<0.001*	0.79
<b>Etkilenmemiş alt ekstremitte</b>					
Lateral Gastroknemius	0.1014±0.08405	-0.0013±0.00244	0.00	<0.001*	1.72 <sup>b</sup>
Medial Gastroknemius	0.1068±0.08709	-0.0005±0.00121	1.00	<0.001*	1.74 <sup>b</sup>
Tibialis Anterior	0.1653±0.12436	-0.004±0.01273	16.00	<0.001*	1.91 <sup>b</sup>
Rektus Femoris	0.1055±0.07684	-0.0023±0.01073	0.00	<0.001*	1.96 <sup>b</sup>
Vastus Lateralis	0.0958±0.07694	-0.0004±0.0037	11.00	<0.001*	1.76 <sup>b</sup>
Biseps Femoris	0.0737±0.04869	-0.0001±0.00042	1.00	<0.001*	2.14 <sup>b</sup>
Semitendinosus	0.1414±0.15121	0.0188±0.06439	7.00	<0.001*	1.05 <sup>b</sup>

RMS: Root Mean Sequence, Min: minimum. Max: Maksimum, X:ortalama, SD:standart sapma.

\*p<0.05. d<sup>b</sup>>0.80.



**Şekil 4.7.** Tedavi ve kontrol grubunda etkilenmiş alt ekstremitede yEMG (RMS) değerlerine göre kas kuvvetinin değişimi



**Şekil 4.8.** Tedavi ve kontrol grubunda etkilenmemiş alt ekstremitede yEMG (RMS) değerlerine göre kas kuvvetinin değişimi

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışma, spastik hemiparetik SP'li çocuklarda sanal gerçeklik temelli fonksiyonel *squat* ve pliometrik egzersizler ile kombine edilmiş 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin etkisinin incelendiği literatürdeki ilk randomize kontrollü araştırma olması nedeniyle değerlidir. Bu güncel randomize kontrollü çalışma sonucunda, ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitim protokolünün rutin fizyoterapi programı ile karşılaştırıldığında spastik hemiparetik SP'li çocuklarda kaba motor kapasiteyi, performans ile ilişkili fiziksel uygunluğu ve kas kuvvetini arttırdığı, dinamik dengeyi geliştirdiği ve kas tonusunu azalttığı bulundu.

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

### *İlerleyici dirençli kuvvetlendirme eğitimi*

SP'li çocuklarda performans ile ilişkili fiziksel uygunluk; denge, çeviklik, kısa dönem kas gücü (anaerobik performans) ve fonksiyonel kas kuvveti ile ilişkilidir. Verschuren ve diğ. (124) kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemi (Gross Motor Function Classification System-GMFCS)'ye göre seviye I ve II'de yer alan SP'li çocuklarda performans ile ilişkili fiziksel uygunluk ve kaba motor kapasite arasında orta-yüksek düzey korelasyon bulmuşlardır. Johnson ve diğ. (12) 3 unilateral SP'li çocukta 8-14 hafta boyunca haftada 2 kez uygulanan pliometrik eğitimde 8 pliometrik egzersizi ( 4 zıplama-4 fırlatma) 3 set 5 tekrar uygulamışlardır. Sonuçta kaba motor fonksiyonda, çeviklikte ve üst ekstremitte gücünde artış olduğunu belirtmişlerdir. Verschuren ve diğ. (5) GMFCS'ye göre seviye I ve II'de yer alan 86 SP'li çocukta egzersiz eğitiminin etkisini araştırmışlardır. Tedavi grubunda yer alan 32 çocuk haftada 2 kez 45 dakika egzersiz eğitimi almışlardır. Program 8 aerobik egzersiz, 8 anaerobik egzersiz, koşma, vücudun yönünü aniden değiştirme ve merdiven çıkma gibi görev odaklı egzersizleri içermiştir. Sekiz ay

sonrasında aerobik kapasitede %38, anaerobik kapasitede %11 artış olduğu görülmüştür. Anaerobik kapasitedeki artışın temel sebebinin kas kuvvetindeki %22'lik artış olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda çeviklikte kontrol grubuna göre anlamlı derecede gelişme olduğu kanıtlanmıştır. Kontrol grubunda ise aerobik ve anaerobik kapasite, çeviklik ve kas kuvveti zamanla azalmıştır. Fiziksel uygunluktaki bu azalmanın sebebi SP'li çocukların ve gençlerin günlük yaşamlarında sedanter olarak geçirdikleri sürenin fazla olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (5). Çalışmamızda, literatür ile uyumlu olarak 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitim protokolü, fonksiyonel kas kuvvetinde yaklaşık 5 birim, kısa-dönem kas gücünde 15 watt, ve kaba motor kapasiteyi gösteren kaba motor fonksiyon ölçütü (Gross Motor Function Measurement-GMFM) E bölümü ölçümünde 2 birim artış olduğunu ancak çeviklikte istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını göstermiştir. Çalışmamızda çeviklikte gelişim görülmemesinin olası nedeni, 12 haftalık eğitim süresince çevikliği arttıracak kadar koordinasyonu geliştirmeye yönelik koşma gibi egzersizlerin ve vücudun aniden yön değiştirdiği pratik çalışmaların yapılmamış olması olabilir.

SP'li çocukların tedavisinde ilerleyici dirençli kuvvetlendirme eğitiminin etkisini araştıran çalışmaların çoğunda tedavi tipi, süresi, yoğunluğu ve frekansı oldukça değişkendir. Yine de, Park ve diğ. (74) SP'li çocuklarda kuvvetlendirme eğitiminin etkisini inceledikleri güncel meta analizde kuvvetlendirme eğitiminin tedavide SP'li bireyler üzerinde büyük *effect size* ( $d=0.861$ )'a sahip olduğunu kanıtlamışlardır. Aynı zamanda kuvvetlendirme egzersizlerinin *effect size*'ını ( $d=1.105$ ) oldukça yüksek olarak gösterilmiştir (74). Çalışmamızda, literatür ile benzer şekilde alt ekstremitelere yönelik ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin *effect size* değeri oldukça yüksek bulunmuştur. Bu uygulanan egzersiz yaklaşımlarının klinik yararının büyük olduğunun göstergesidir ve klinisyenler için SP'li çocukların tedavisinde sanal gerçeklik temelli ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin yeni bir bakış açısı oluşturacağını kanıttır.

Literatürde SP'de tedavisinde ilerleyici kuvvetlendirme eğitiminin etkinliğini araştıran çalışmalardan çok azı tedavide leg-press cihazından yararlanmıştır. Taylor ve diğ. (163) ortalama yaşları 18 yıl olan GMFCS'ye göre seviye II veya III'te yer alan 47 spastik diparetik SP'li bireylerde ilerleyici dirençli eğitimin fonksiyon ile

ilişkili mobilite üzerine etkisini randomize kontrollü bir çalışmada araştırmışlardır. Leg-press ile haftada 2 kez 12 hafta boyunca ilerleyici dirençli eğitim uygulanmıştır. Sonuçta, ilerleyici dirençli eğitim grubunda hedef kaslarda kas kuvvetinde %27 (95%CI 8-%46) oranında artış, leg-press’de ortalama 14.8 kg (%95CI 4.3-25.3kg) artış görülmüştür. Mobiliteyi değerlendirdikleri 6-dakika yürüme (ortalama fark: 0.1; %95CI -20.6- -20.9m), 10-metre yürüme (ortalama fark: 0.01m/s; %95CI -0.06-0.07m/s), GMFM D(%-1.3; %95CI %-4.8- 2.4) ve GMFM E (ortalama fark: %0.9, %95CI %-3.0-%4.7) parametrelerinde fark gösterilmemiştir. Ancak fonksiyonel mobilite skalasında (ortalama fark: 0.8 birim, 95%CI 0.1-1.6 birim, p=0.02), kontrol grubuyla karşılaştırıldığında tedavi grubunda anlamlı gelişme olduğunu kanıtlamışlardır (163). Scholtes ve diğ. (76) ortalama yaşları 10 yıl olan GMFCS’ye göre seviye I-III’te yer alan spastik unilateral ve bilateral ambulatuar SP’li çocuklarda 12 hafta boyunca haftada 3 kez uygulanan ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin etkinliğini araştırmışlardır. İlerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminde, leg-press’te 1 tane egzersiz ve arkasında fonksiyonel egzersizleri (*sit to stand*, *half knee rise* ve *lateal step-up*) 8 maksimum tekrara göre uygulamışlardır. El dinamometresi ile ölçülen kas kuvvetinde yaklaşık %8 (1.30N/kg) artış ve leg-press’de 6 maksimum tekrarda %14 artış olduğunu kanıtlamışlardır. GMFM-66, *sit to stand* ve *lateral step up* testlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulamamışlardır (76). Çalışmamızda, literatürde SP’li çocuklarda tedavi programında leg-press kullanan araştırmalardan farklı olarak, tedavinin yoğunluğu ve frekansı daha fazla ve tedaviye dahil edilen SP’li çocuklar daha homojen bir grup olarak seçilmiş olup etkilenim düzeyleri daha hafiftir. Aynı zamanda sanal gerçeklik temelli fonksiyonel *squat* sistemi kullanılmıştır. Egzersizin yoğunluğu ve yararı arasındaki ilişki çok kritik bir konudur. Egzersiz sonucu oluşacak fizyolojik cevap egzersizin yoğunluğuna, frekansına ve süresine bağlıdır. Haftada 3 gün uygulanan kuvvetlendirme egzersizinin *effect size* değeri  $d=1.094$ ’dir olarak gösterilmiştir (74). Bu nedenle, çalışmamızda ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi alan tedavi grubunda el dinamometresi ve yEMG ile ölçülen kas kuvvetinde yaklaşık 3-12 kat artış, 1MT’da %16 artış görülmüş, aynı zamanda *sit to stand* testinde yaklaşık %50, *lateral step up* testinde yaklaşık %20, GMFM E (ortalama fark: 2.31) ve 1-dakika yürüme testlerinde (ortalama fark: 7.76 cm)

gelişme kanıtlanmıştır. Çalışmamızda kuvvetlendirme eğitimi ile görülen *Time up & go* (TUG) (1.02 sn) ve fonksiyonel uzanma testlerindeki (7.13 cm) gelişme, dinamik dengenin kaba motor fonksiyonun gelişimine katkı sağladığının göstergesidir. Bireylerin dengesinin gelişmesiyle etkilenmiş tarafta tek ayak üzerinde durma süreleri artmıştır ve bu durum GMFM-E skorlarının yükselmesine katkı sağlamıştır. Yürüme yeteneğini değerlendiren parametrelerden 1-dakika yürüme testinde gelişme görülürken 10-metre yürüme testinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Yürüme, kompleks bir görevdir. Kas zayıflığı, yürüme bozukluğu ile ilişkili olmasına rağmen motor planlama ve koordinasyon gibi faktörler yürüme yeteneğini etkiler. Bir dakika yürüme testi kaba motor kapasitenin en iyi göstergelerinden biridir ve özellikle plantar fleksörlerin kuvvetindeki gelişimden etkilenir. Test sırasında çocuk mümkün olan en hızlı şekilde yürüyerek kas kuvvetini ve gücünü ortaya koyar. Aksine, 10-metre yürüme testinde çocuğun kendi seçtiği günlük hızda yürümesi, testin motor öğrenme ve motor planlama faktörlerinden daha çok etkilendiğini düşündürmektedir. Bu nedenle çalışmamızda, 12 haftalık tedavi günlük alışkanlıktaki yürüyüş hızını değiştirebilecek kadar uzun olmamıştır.

Literatürdeki çalışmaların çoğu kuvvetlendirme eğitiminde tek bir kasa odaklanarak ve 1-3 egzersiz tipi kullanmışlardır. Bu nedenle “*National Strength and Conditioning Association*” (NSCA) kriterlerine göre hazırlanmış kompleks kuvvetlendirme programlarına ihtiyaç duyulmuştur. Jung ve diğ. (170) 2’si unilateral, 4’ü bilateral SP’li çocukta plantar fleksörleri kuvvetlendirmek için 6 hafta boyunca haftada 3 kez 8-12 tekrar topuk kaldırma egzersizi ile çalışmışlardır. Sonuçta, GMFM E’de ortalama 2.3’lük, yürüyüş hızında 7.3cm/s artış ve el dinamometresi ile ölçülen kas kuvvetinde yaklaşık %13.6 (3 N) artış olduğunu kanıtlamışlardır (170). Damiano ve diğ. (171) 14 spastik diparetik çocukta kuadriseps femoris kasına yönelik kuvvetlendirme eğitiminin yürüme fonksiyonu üzerine etkinliğini araştırmışlardır. Kuvvetlendirme eğitimi, 6 hafta boyunca haftada 3 kez 15 dakika, ayak bileğine bağlanan kum torbası ile çalıştırılmıştır. Tedavi sonucunda kuadriseps femoris kas kuvvetinde yaklaşık %160 (62 N) artış olduğunu kanıtlamışlardır. Dodd ve diğ. (106) 21 spastik diparetik SP’li çocukta ev temelli 6 hafta kuvvetlendirme eğitim programının alt ekstremité kas kuvveti üzerine etkisini araştırmışlardır. Tedavi grubunda yer alan 10 çocuk haftada 2 kez, 1-3 set 8-12 tekrar



olmak üzere 3 tane kapalı kinetik zincir egzersizi (topuk kaldırma, *half squat*, *step-up*) ile 6 hafta boyunca çalışmışlardır. Tedavi grubunda, kontrol grubuna göre plantar fleksörlerin ve kalça ekstansörlerinin kas kuvvetinde daha fazla artış ( $F(1.19)=4.58$ ,  $p=0.046$ ) olduğunu kanıtlamışlardır. Yürüyüş hızında ve GMFM E bölümlerinde artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (106). Literatürdeki bu çalışmalar ile karşılaştırıldığında çalışmamızda, tedavi süresi uygulanan tedavilerin yaklaşık 2 katıdır ve GMFM E değerinde, yürüyüş hızında ve hedef alt ekstremitel kas kuvvetlerinde belirgin artış gözlenmiştir. Bu gelişmedeki önemli nedenlerden birinin Blundell ve diğ. (172) belirttiği gibi kapalı kinetik zincir egzersizlerinin yürüyüş gibi alt ekstremiteleri içeren fonksiyonel aktiviteler ile yüksek oranda ilişkili olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ayrıca Rutherford ve diğ. (173) belirttiği gibi kas gücü direkt olarak fonksiyon ile ilişkilidir. Çalışmamızda kuvvetlendirme eğitimi sonucu kas gücü %26.7 artmıştır.

Geçmişte, SP tedavisinde kuvvetlendirme eğitiminin kullanımının kas tonusunu arttıracığından endişe edilmiştir. Ancak günümüzde kuvvetlendirme eğitiminin herhangi bir olumsuz etkisi olmaksızın alt ekstremiteler de fonksiyonel gelişme sağladığı kanıtlanmıştır. Lee ve diğ. (104) alt ekstremitelere yönelik kuvvetlendirme eğitiminin etkisini araştırdıkları çalışmalarında GMFCS seviye II ve III'te yer alan 17 diparetik ve hemiparetik çocukta (tedavi grubu=9, kontrol grubu=8) 5 hafta boyunca haftada 3 kez 2 set 10 tekrar *squat to stand*, *lateral step up*, merdiven inme-çıkma ve isokinetik cihaz ile çalışmışlardır. *Lateral step up* (3 birim), *squat to stand* (2 birim), GMFM D& E, yürüyüş hızı (22 cm/s) ve çift adım uzunluğunda (18 cm) kuvvetlendirme eğitimi ile anlamlı derecede artış olduğunu ve kas tonusunun değişmediğini göstermişlerdir (104). Lee ve diğ. (174) diğer bir çalışmada 6'sı hemiparetik 13 SP'li çocukta *sit to stand* egzersizi 8 hafta boyunca hafta da 2 kez 30 dakika kuvvetlendirme eğitiminin etkisini araştırmışlardır. Tedaviyi tamamlayan 9 çocuğun diz ekstansör (10 N) ve fleksör kaslarının (6 N) peak torkunda, 6 dakika yürüme (33 metre) ve 10 metre yürüme testinde (2 saniye) ve *Time up & go* (3 saniye) testinde anlamlı gelişme olduğunu kanıtlamışlardır. Modifiye Ashworth Skalası'na (MAS) ve Modifiye Tarideu Skalası (MTS)'na göre kas tonusunun değişmediğini belirtmişlerdir (174). Çalışmamızda literatürden farklı olarak ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonucunda MTS ile ölçülen kas

tonusun da azalma olduğu kanıtlanmıştır. Bunun sebebi çalışmamızın kuvvetlenmenin yanı sıra fiziksel uygunluğu geliştirmeye de odaklanmış olması olabilir. Buna paralel olarak çalışmamızda tedavi sonrasında MTS'na göre R1 ve R2 hızlarında ölçülen eklem hareket genişliği artmış ve kısıtlılık derecesi azalmıştır. Literatürdeki ilerleyici dirençli kuvvetlendirme eğitiminin normal eklem hareket genişliğinde artışa sebep olduğuna dair kanıtlar vardır. Unger ve diğ. (175) 31 spastik SP'li çocuğun tedavi grubunda yer alan 21'ine 8 hafta boyunca haftada 1-3 kez okul saatlerinde kum torbası veya elastik bant ile 8-12 egzersiz, 3- 12 tekrar ile uyguladıkları kuvvetlendirme eğitiminde üst ekstremitte, gövde ve proksimal alt ekstremitte kaslarının kuvvetinin arttığını, kalça fleksiyon kontraktürünün 5<sup>0</sup> azaldığını kanıtlamışlardır. Ensberg ve diğ. (176) ise 12 spastik diparetik SP'li çocuğa 12 hafta boyunca haftada 3 kez plantar fleksörlere konsetrik ve eksentrik olarak uygulanan kuvvetlendirme eğitimi sonrasında yürüyüş hızında (6cm/s) ve çift adım uzunluğunda (2cm) artış olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada GMFM E skoru (%5.2) artmıştır, duruş fazında kalça fleksiyon derecesi (16<sup>0</sup>) azalmış ve yaşam kalitesinin değerlendirildiği Peds QL'de önemli derecede gelişme gösterilmiştir (7.1 birim) (176) . McNee ve diğ. (7) 10 spastik diparetik ve hemiparetik çocuğa plantar fleksörleri kuvvetlendirmek için haftada 4 kez (3 gün evde, 1 gün rehabilitasyon merkezinde) 6-12 tekrar 10 hafta boyunca *Thera-band* ile dirençli eğitim uygulamışlardır. Tedavi sonrasında dorsi fleksiyon normal eklem hareketi 7<sup>0</sup> artmıştır. Medial ve lateral gastroknemius kas hacmi tedavinin 5. haftasında sırasıyla %16.6 ve %13.5 oranında artmıştır (p<0.003 ve p=0.028). Tedavi sonunda (10. haftada) ise medial ve lateral gastroknemius kas hacmi sırasıyla %23.1 (p=0.001) ve %23.6 (p=0.006) oranında artmıştır (7). Çalışmamızda da benzer şekilde R1 ve R2 hızlarında yaklaşık 6-12<sup>0</sup> arasında artış olduğu görülmüştür. Bunun nedeni kuvvetlendirme eğitimi ile birlikte, kasta zayıflığa sebep olan fasikül uzunluğunda, pennasyon açısında ve kas kalınlığında azalma, kollajen dokusunun artması gibi olumsuz faktörlerin önüne geçilmiş olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

#### *Sanal Gerçeklik Uygulamaları*

Çalışmamızın diğer bir güçlü yönü literatürdeki kuvvetlendirme eğitimlerinden farklı olarak sanal gerçeklik temelli fonksiyonel *squat* sistemi

kullanılmasıdır. Bryanton ve diğ. (177) 10 SP'li ve 6 sağlıklı çocukta yaptıkları gözlemsel çalışmada, ayak bileği dorsi fleksiyon kinematiklerini araştırmışlardır. Sonuçta, sanal gerçeklik egzersizlerinde eklem hareket açıklığı ve gergin pozisyonda tutulma süresinin konvansiyonel egzersizlere göre daha fazla olduğunu, egzersize uyumun ve egzersizin yararının arttığını kanıtlamışlardır. Brien ve diğ. (178) GMFCS'ye göre seviye I'de yer alan SP'li adölesanların yoğun kısa süreli sanal gerçeklik uygulaması sonrası fonksiyonel denge ve mobilitelerini araştırmışlardır. SP'li 4 çocuk, *IREX sistemi* ile 5 gün 90 dakika tedaviye alınmıştır. Sonuçta kısa süreli ve yoğun sanal gerçeklik uygulaması ile TUG testi ile değerlendirilen fonksiyonel dengenin gelişebildiği gösterilmiştir (178). Çalışmamızda da benzer şekilde TUG ve fonksiyonel uzanma testindeki anlamlı gelişmenin sebebi, çocukların kas kuvvetindeki gelişime bağlı olmasının yanında BOSU topu üzerindeki denge çalışmasıyla vestibüler sistemin uyarılması ile iç kulaktaki semisirküler kanalların aktive edilmesinden kaynaklanmış olabileceğini düşünmekteyiz.

Literatürdeki az sayıda çalışma sanal gerçeklik sistemlerinin kuvvet üzerine etkisini incelemiştir. Burdea ve diğ. (149) yaptıkları çalışmada, *Rutgers Ankle CP system* ile her bir ayak bileği için bir oyun seansında 400 tekrar ile 3 SP'li çocuğu tedaviye almışlardır. Sonuçta çocukların plantar fleksiyon kuvvetinin 0.15 Nm/kg arttığını kanıtlamışlardır (149). Çalışmamızda fonksiyonel *squat* rehabilitasyon sisteminde etkilenmiş bacak için 6 oyun toplam 18 tekrar oynatılmıştır, her bir oyun seti 270 saniye sürmüştür ve plantar fleksörlerde 11.9N/kg kuvvet artışı görülmüştür. Çalışmamızda alt ekstremitedeki hedef kasları arasında etkilenmiş ve etkilenmemiş tarafta en fazla kuvvetlenme görülen kas plantar fleksörlerdir.

#### *Yüzeyel Elektromyografi Uygulamaları*

Literatürdeki çalışmaların çoğu yüzeyel elektromyografi (yEMG) ile SP'li çocuklarda kasların aktivasyonunu incelemeye odaklanmıştır, kuvvetlendirme eğitiminin etkinliğini inceleyen araştırmaların çoğu bu objektif ölçüm yöntemini kullanmamıştır. Bunda uygulamanın, verilerin analizinin ve yorumlamasının zor, masraflı ve emek isteyen bir süreç olmasının etkisi büyüktür. SP'de görülen kas zayıflığına neden olan nöral faktörlerden en önemlisi motor ünite ateşlemesidir (89).

yEMG'nin spektral parametreleri (*root mean square (rms)* ve *median frequency*), motor ünite fonksiyonunu ve kas yorgunluğunu değerlendirmek için kullanılır (169).

SP'li çocuklar kullanılabilir motor ünitelerinin hepsini aktifleştiremezler. Üst motor nöron lezyonu olan bireylerde olduğu gibi SP'li çocuklarda da maksimal kuvvet üretim torku azalmış, antagonistin yEMG sinyalleri artmış ve nöromuskuler aktivasyon azalmıştır, bu durum da kas zayıflığına neden olur (88). Downing ve diğ. (179) , 6 SP'li çocuk ile ortopedik yaralanma geçiren yaşlılarının alt ekstremitte kas aktivasyonunu araştırmışlardır. SP'li çocukların maksimum istemli kontraksiyon (*Maximum Voluntary Contraction-MVC*) testi sırasında daha az motor (<%20MVC) ünitelerini ateşleyebildiklerini göstermişlerdir. Bunun sebebi SP'li çocuklarda Tip I liflerinin daha baskın hale gelmesi ve kasın dinlenme pozisyonunun yaklaşık %25 daha kısalmış olmasından dolayı olabileceğini belirtmişlerdir (179).

Leunkeu ve diğ. (180) 20 unilateral SP'li çocuk ile 10 sağlıklı yaşlılarının rektus femoris kasının aktivasyonunu değerlendirmişlerdir. SP'li çocuklarda etkilenmiş ekstremitedeki rektus femoris (%113.32) ve vastus lateralis (%185.13) kaslarının normalize edilmiş RMS değerleri, sağlıklı yaşlılarının rektus femoris ve vastus lateralis kaslarına (sırasıyla; %125.66-%271.40) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür ( $p=0.017$ ,  $0.014$ ). Bunun sebebi, kontrol grubundaki çocukların, izometrik kontraksiyon sırasında Tip II liflerini daha iyi ateşleyebilmeleridir. Çoğu sağlıklı kasta MVC'nun %75'inde motor ünitelerin hepsi ateşlenir. yEMG RMS değeri Tip II kas lifleri ve motor ünite ateşleme oranı ile yüksek düzeyde ilişkilidir ( $r=0.91$ )(180).

SP'li çocuklarda fonksiyonel aktivitelerde güç üretiminde azalma varken ko-kontraksiyonda artış görülür (181). Stackhouse ve diğ.'nin (85) 12 spastik diparetik çocukta yaptıkları çalışmalarında spastik kuadriseps femoris %33 ( $p<0.01$ ) ve triseps surae %49 ( $p<0.001$ ) kaslarının istemli kas aktivasyonu azalmışken, antogonistlerinin (semitendinosus ve tibialis anterior) aktivasyonu sağlıklı kontrollerine ( $n=10$ ) göre artmıştır ( $p=0.002$ ,  $0.012$ ). SP'li çocukların istemli kas aktivasyonunda %20-50 arasında büyük azalma olduğunu, bu nedenle istemli kontraksiyonların kullanıldığı kuvvetlendirme eğitimlerinin SP'li çocuklar için faydalı olacağını belirtmişlerdir (85). Elder ve diğ. (89) 15 hemiparetik, 14 diparetik ve 14 sağlıklı çocukta yaptıkları çalışmaya göre özellikle hemiparetik çocukların

etkilenmiş taraf maksimal kuvvet üretim torkunun, diparetiklere ve etkilenmemiş tarafa göre daha az olduğunu kanıtlamışlardır. Rose ve McGill (88) 10 SP'li ve 10 sağlıklı çocukta motor ünite ateşleme özelliklerini ve nöromuskuler aktivasyonunu inceledikleri çalışmalarında itme fazı sırasında gastroknemiusta, sağlıklı kontrollerine göre %50 güç kaybını göstermişlerdir. Ortalama MVC tork, maksimal nöromusküler aktivasyon tibialis anterior (2.3-2.4) ve gastroknemius (1.04-2.4) kaslarında kontrol grubuna (tibialis anterior:8.9-9.7, gastroknemius: 28.6-3.08) göre önemli derecede azaldığını kanıtlamışlardır (88). Braendvik ve diğ. (181) 13 unilateral SP'li çocukta m. biceps brachi ve m. triseps brachi'nin yEMG ile maksimum istemli kontraksiyonlarını kaydetmiştir. Fleksiyon ve ekstansiyonda, etkilenmiş kolda *peak tork*, etkilenmemiş kola göre daha düşüktür ( $p<0.001$ ). Antagonistin koaktivasyonu RMS değeri ise etkilenmiş kolda, etkilenmemiş kola göre daha yüksektir ( $p=0.038$ ). Etkilenmemiş kolda m. biceps brachi'nin RMS değeri etkilenmiş kola göre daha yüksek, ancak istatistiksel olarak anlamlı fark gösterilmemiştir ( $p=0.139$ ). Braendvik ve diğ. (182) 15 unilateral SP'li çocukta m. biceps brachi MVC'nunu RMS değerini kullanarak sağlıklı yaşlılarıyla karşılaştırmışlardır. SP'li çocukların m. biceps brachi RMS değerlerinin sağlıklı yaşlılarına göre oldukça düşük olduğu gösterilmiştir ( $p<0.001$ ). Doix ve diğ. (183) 20 SP'li çocuk ile 17 sağlıklı yaşlılarının biceps brachi ve triseps brachi kaslarının aktivasyonunu incelemişlerdir. Sağlıklı grubun MVC sırasındaki biceps brachi ve triseps brachi kaslarının RMS değerleri (sırasıyla 453 ve 477) SP'li çocuklarınkinden (sırasıyla 183 ve 169) anlamlı derecede yüksektir ( $p=0.027, 0.004$ ) (183).

Çalışmamızda 12 haftalık ilerleyici dirençli kuvvetlendirme eğitimi sonucunda etkilenmiş ve etkilenmemiş alt ekstremite kaslarında maksimum istemli kontraksiyon sırasındaki RMS değerlerinde 0.03-0.16 birimlik artış olduğu görüldü. Bu durum kas kuvvetlenmesi ile SP'li çocukların daha fazla motor ünitelerini ateşleyebilmesinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda pliometrik egzersizler ile hızlı kasılan Tip II kas liflerinin korunması sağlanmış olabilir. Literatürde kuvvetlendirme, ortez kullanımı ve pozisyonlama gibi değişik tedavi yaklaşımlarının etkinliğini yEMG ile değerlendiren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Reid ve diğ.'nin (9) 14 SP'li çocuğun 6 hafta boyunca haftada 3 kez üst ekstremitelerine yönelik ev temelli ilerleyici kuvvetlendirme eğitimi uygulamışlardır. Buna göre SP'li

çocuklarda eksentrik kuvvetlendirme eğitimi ile yEMG aktivasyonu azalmış (ko-kontraksiyon), maksimal tork üretimi artmış olduğunu kanıtlamışlardır (9). Olsen ve diğ. (184) ayak bileği kuvvetlendirme eğitiminin kas aktivasyonu üzerindeki etkisini GMFCS'ye göre seviye III'de yer alan 2 spastik diparetik SP'li çocukta araştırmışlardır. Çocuklar 12 hafta boyunca hafta 3 kez 45 dakika izokinetik *KinCom* dinamometre ile çalıştırılmıştır. Sağ plantar fleksörlerde eksentrik peak tork tedavi öncesinde  $0.024\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$  iken tedavi sonrasında  $3.987\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ 'a yükselerek 160 kat artmıştır, konsentrik peak tork ise  $0.238\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$  iken  $2.465\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ 'a yükselerek 10 kat artmıştır. Sol plantar fleksörlerde de eksentrik ve konsentrik *peak torkta* benzer artış görülmüştür. GMFM D skoru ise tedavi sonrasında yaklaşık %10 artmıştır. yEMG (on-off raitos) değeri sağ gastroknemius kasında tedavi öncesinde 0.05 iken, tedavi sonrasında 0.57'ye yükselerek 10 kat artmıştır, sol gastroknemius kasında 0.01'den 0.42'ye yükselerek 40 kat artmıştır. Bu durumun, kuvvetteki artış sonucu motor ünite ateşlemesinin artmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (184). Çalışmamızda da benzer şekilde kas kuvvetindeki artış ile paralel olarak yEMG RMS değeri yaklaşık 3-12 kat artmıştır. Lam ve diğ. (168) ise 13 spastik diparetik SP'li çocukta yürüme sırasındaki farklı ortez çeşitlerinin kullanımını araştırmışlardır. Çocuklar çıplak ayakla, AFO ve DAFO ile yürürken yEMG kaydı alınmıştır. AFO kullanımında hamstring ve gastroknemius kaslarında çıplak ayak yürümeye göre RMS değerleri istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksektir ( $p<0.05$ ). Bunun sebebi, AFO kullanımı ile yürüme eduransının geliştirilmesi ve gastroknemius kaslarının etkinliğinin artırılması ile kas ateşleme amplitüdünü gösteren RMS değerlerinde artışın kanıtlanmasıdır (168). Miranda ve diğ. (185) yeni doğan servisinde kanguru pozisyonuna alınan prematüre bebeklerin, kanguru pozisyonuna yerleştirilmeyen prematüre bebeklere göre biceps brachi kaslarında normalize edilmiş RMS değerinin %66 (31.85-49.30,  $p=0.004$ ) arttığını kanıtlamışlardır.

Lindeman ve diğ. (186) yetişkin nöromusküler hastalarda alt ekstremiti kaslarının MVC sırasındaki RMS değerlerinin sağlıklı kontrollerinden yaklaşık %62 daha düşük olduğunu kanıtlamışlardır. Daha sonraki çalışmalarında nöromusküler hastalarda 24 hafta boyunca haftada 3 kez alt ekstremiteye yönelik uygulanan konsentrik egzersizler ile ilerleyici kuvvetlendirme eğitiminin etkisini araştırmışlardır. RMS değerinin tedaviyle birlikte giderek arttığını kanıtlamışlardır

(187). Sağlıklı bireylerde yapılan birçok çalışma 2-8 haftalık kuvvetlenmeyle birlikte yEMG aktivasyonunun arttığını kanıtlamıştır. Bunun temel sebebinin nöral mekanizmaların eğitilmesiyle motor ünite ateşlemesinin gelişmesi olduğu vurgulanmıştır (188). Bizim çalışmamızda da yEMG RMS değerleri 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin nöral mekanizmaların eğitilmesini sağladığını  $d= 0.79-2.80$ 'lik büyük *effect size* değeri ile kanıtlamıştır.

SP'li çocuklarda ilerleyici kuvvetlendirme eğitiminin etkisini araştıran çalışmaların çoğunda tedavi ev-temelli uygulanmış, tedavi süresi yaklaşık 6-hafta seçilmiş ve sadece bir kasa yönelik tek tip egzersiz eğitimi verilmiştir. Aynı zamanda çoğu çalışmada kuvvetlendirme eğitimi NSCA kriterlerine göre hazırlanmamıştır. Bu nedenle çalışmaların çoğu kuvvetlendirme eğitimi sonucu kaba motor fonksiyonda görülen gelişimi kanıtlayamamıştır. Sonuçların değerlendirildiği yöntemlere bakıldığında ise çok az sayıda çalışmada yEMG analizi gibi kas aktivasyonunu objektif olarak gösterecek yöntemler kullanmıştır. Bu çalışmanın en güçlü yönü randomize kontrollü bir çalışma olmasının dışında, literatürle karşılaştırıldığında tedavi protokolünün NSCA kriterlerine göre hazırlanması, oldukça uzun süreli bir tedavinin uygulanmış olması, ilk defa kuvvetlendirme eğitiminde konsentrik, izometrik ve eksentrik egzersiz eğitiminin bir arada yer alması ve sanal gerçeklikten yararlanılmasıdır. Aynı zamanda çalışmamızda sadece bir kasa değil tüm alt ekstremitte kaslarına yönelik kuvvetlendirme eğitimi verilmiştir. Fonksiyonel squat rehabilitasyon sistemi ile kuvvetin motor performansa dönüşümünü daha iyi sağlayan kapalı kinetik zincir egzersizleri kullanılarak kuvvetlendirme eğitiminin gücü artırılmıştır. Bunun yanı sıra SP'li çocukta kaba motor fonksiyonu ve performans ile ilişkili fiziksel uygunluğu geliştirmek için denge eğitimi ve pliometrik egzersizler tedavi programına eklenmiştir. Böylelikle, çalışmamızda literatürden farklı olarak sanal gerçeklik temelli fonksiyonel squat, pliometrik egzersizler ve plantar fleksör kaslara yönelik egzersizler ile kombine edilmiş, izometrik, konsentrik ve eksentrik eğitimin bir arada kullanıldığı 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi protokolü oluşturulmuştur. Çalışmamızın en kuvvetli yanlarından bir diğeri ise değerlendirmede yEMG analizinin kullanılmasıdır. yEMG analizi, hastanın EMG kaydına hazırlanmasından ham verilerin işlenmesine kadar olan tüm süreçlerde ciddi emek gerektirmektedir. Her bir değerlendirmesi için 4-5

saat harcanmıştır. Tüm verilerin işlenmesi yaklaşık 300 saatte tamamlanmıştır. Bu nedenle çalışmamızın literatürdeki çalışmalardan bir diğer önemli farkı, güncel ve kanıta dayalı bir değerlendirme yöntemi kullanılarak tedavinin etkinliğinin kanıtlanmasıdır. Sonuç olarak, 12 hafta boyunca haftada 3 kez ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi alan hemiparetik SP'li çocuklarda kas kuvvetinde, kas aktivasyonunda, performans ile ilişkili fiziksel uygunlukta, kaba motor fonksiyonda, dengede ve hatta kas tonusunda önemli düzeyde gelişme olduğu kanıtlanmıştır.

Bu çalışmanın sonuçları ışığında klinikte çalışan fizyoterapistler kuvvetlendirme eğitimi programlarını tedavi protokollerine dahil etmelelidirler. Tüm alt ekstremitte kaslarının yanı sıra özellikle spastisite nedeniyle göz ardı edilen hamstring ve plantar fleksör kaslarının da kuvvetlendirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızın limitasyonu tedavinin uzun dönemdeki etkinliğinin gösterilmesi için takip değerlendirmesinin bulunmamasıdır. Bu durum değerlendirme sürecindeki zorluktan kaynaklanmıştır. Gelecekteki çalışmalarda SP'li çocuklarda ilerleyici dirençli kuvvetlendirme eğitiminin Sağlıkın Uluslararası Sınıflandırması (*International Classification of Function-ICF*) parametrelerine göre katılım üzerine etkisini uzun süreli takip çalışmaları ile incelemelidir.



## 6. SONUÇLAR

Çalışmamızda spastik hemiparetik SP’li çocuklarda sanal gerçeklik temelli fonksiyonel *squat* ve pliometrik egzersizler ile kombine edilmiş 12 haftalık ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin kas kuvveti, performans ile ilişkili fiziksel uygunluk, dinamik denge, kas tonusu ve kaba motor fonksiyon üzerine olumlu etkisinin olduğu gösterildi.

Çalışmamızın sonucunda ulaşılan sonuçlar şunlardır:

1. Çalışmamızda ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrasında GMFM-E değerinde ve 1-dakika yürüme testinde anlamlı artış bulundu. Bu sonuçlar tedavi grubunda yer alan spastik hemiparetik SP’li bireylerin kaba motor fonksiyonlarının ve yürüme yeteneklerinin geliştiğini gösterdi.
2. Çalışmamızda, ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrasında MTS ile ölçülen R1 ve R2 parametrelerinde kas tonusunda azalma ve normal eklem hareket açıklığında anlamlı artış bulundu. Bu sonuçlar ilerleyici kuvvetlendirme eğitiminin, kas tonusu üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını ve hatta NSCA kriterlerine göre hazırlanmış tedavi protokolünün kas tonusunun azalmasına ve normal eklem hareket açıklığının artmasına katkı sağladığını gösterdi.
3. Çalışmamızda performans ile ilişkili fiziksel uygunluğun değerlendirildiği fonksiyonel kas kuvveti (*lateral step up, sit to stand, half knee*) ve kas performansında (*muscle power sprint test, vertikal ve horizontal sıçrama*) anlamlı gelişme bulundu ancak çevikliğin değerlendirildiği *10x5 metre sprint* teste fark gösterilemedi. Çocukluk döneminde ani hız ve güç gerektiren aktiviteler oldukça önemlidir. Sonuçlarımız çocukluk çağında önemli olan aktiviteler için fonksiyonel kas kuvvetini ve kas gücünün arttığını gösterdi ancak çevikliğin geliştirilmesi için daha çok pratik uygulamaya ihtiyaç olduğu düşünüldü.
4. Çalışmamızda ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi sonrasında el dinamometresi ile ölçülen alt ekstremite kas kuvvetinde, *leg-press* ile değerlendirilen 1MT’da ve yEMG RMS değerlerinde belirgin artış gözlemlendi. Kuvvetteki en büyük artış plantar fleksör kaslarda görüldü. Kontrol grubunda anlamlı bir değişim gözlenmedi. Sonuçlarımız ışığında, SP’li çocuklarda

aktivite ve katılımı etkileyen en önemli bozukluklardan biri olan kas zayıflığı üzerine ilerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitiminin olumlu etkisi kanıtlandı.

İlerleyici fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimi spastik hemiparetik SP'li çocuklarda kas kuvvetini korumak ve arttırmak, dengeyi geliştirmek, performans ile ilişkili fiziksel uygunluğu arttırmak için klinisyenler tarafından kullanılması gereken güncel, yararlı ve uygulanabilir bir tedavi yaklaşımıdır.

Fizyoterapistlerin, SP'li çocuklarda sedanter yaşamın ve büyümenin ortaya çıkardığı olumsuzluklar ile başa çıkmak için kas kuvvetini ve fiziksel uygunluğu koruyan tedavi yöntemlerini seçmeleri gereklidir. Bu açıdan ilerleyici dirençli fonksiyonel kuvvetlendirme yaklaşımları SP' li çocukların tedavisinde umut vadetmektedir. Klinisyenlerin dirençli kuvvetlendirme eğitimi uygularken istenen yararın sağlanması için tedavinin tipi, süresi, frekansı, yoğunluğu, dinlenme aralarına dikkat etmeleri gerekir. Kuvvetlendirme eğitimi sırasında daha fazla kas kuvvetlenmesini sağlamak, proprioseptif girdi oluşturmak ve çocuğun motivasyonunu arttırmak için sanal gerçeklik uygulamaları fizyoterapistler tarafından kullanılabilir. Fizyoterapistler, hafif motor bozukluğa sahip SP'li çocuklarda çocukluk dönemindeki aktiviteleri gerçekleştirmek için gerekli olan anaerobik performansı arttırmaya yönelik pliometrik egzersizleri tedavi programında kullanmalıdırlar.

## KAYNAKLAR

1. Flores-Mateo, G., Argimon, J.M. (2007) Evidence based practice in postgraduate healthcare education: a systematic review. *BioMed central health services research*, 7, 119.
2. Novak, I., McIntyre, S., Morgan, C., Campbell, L., Dark, L., Morton, N. ve diğ erleri. (2013) A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Developmental medicine and child neurology*, 55 (10), 885-910.
3. Wiley, M.E., Damiano, D.L. (1998) Lower-extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 40 (2), 100-107.
4. Fowler, E.G., Kolobe, T.H., Damiano, D.L., Thorpe, D.E., Morgan, D.W., Brunstrom, J.E. ve diğ erleri. (2007) Promotion of physical fitness and prevention of secondary conditions for children with cerebral palsy: section on pediatrics research summit proceedings. *Physical therapy*, 87 (11), 1495-1510.
5. Verschuren, O., Ketelaar, M., Gorter, J.W., Helders, P.J., Uiterwaal, C.S., Takken, T. (2007) Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 161 (11), 1075-1081.
6. 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. *Physical therapy*, 91 (7), 1130-1139.
7. 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. *Developmental medicine and child neurology*, 51 (6), 429-435.
8. Zhao, H., Wu, Y.N., Hwang, M., Ren, Y., Gao, F., Gaebler-Spira, D. ve diğ erleri. (2011) Changes of calf muscle-tendon biomechanical properties induced by passive-stretching and active-movement training in children with cerebral palsy. *Journal of applied physiology*, 111 (2), 435-442.

9. Reid, S., Hamer, P., Alderson, J., Lloyd, D. (2010) Neuromuscular adaptations to eccentric strength training in children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 52 (4), 358-363.
10. Higbie, E.J., Cureton, K.J., Warren, G.L., 3rd, Prior, B.M. (1996) Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of applied physiology*, 81 (5), 2173-2181.
11. Moreau, N.G., Falvo, M.J., Damiano, D.L. (2012) Rapid force generation is impaired in cerebral palsy and is related to decreased muscle size and functional mobility. *Gait & posture*, 35 (1), 154-158.
12. Johnson, B.A., Salzberg, C., MacWilliams, B.A., Shuckra, A.L., D'Astous, J.L. (2014) Plyometric training: effectiveness and optimal duration for children with unilateral cerebral palsy. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 26 (2), 169-179.
13. Eek, M.N., Beckung, E. (2008) Walking ability is related to muscle strength in children with cerebral palsy. *Gait & posture*, 28 (3), 366-371.
14. Lampe, R., Grassl, S., Mitternacht, J., Gerdesmeyer, L., Grading, R. (2006) MRT-measurements of muscle volumes of the lower extremities of youths with spastic hemiplegia caused by cerebral palsy. *Brain & development*, 28 (8), 500-506.
15. Ostensjo, S., Carlberg, E.B., Vollestad, N.K. (2004) Motor impairments in young children with cerebral palsy: relationship to gross motor function and everyday activities. *Developmental medicine and child neurology*, 46 (9), 580-589.
16. Tedroff, K., Knutson, L.M., Soderberg, G.L. (2006) Synergistic muscle activation during maximum voluntary contractions in children with and without spastic cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 48 (10), 789-796.
17. Colver, A., Fairhurst, C., Pharoah, P.O.D. (2014) Cerebral palsy. *The Lancet*, 383 (9924), 1240-1249.

18. Little, W.J. (1966) On the influence of abnormal parturition, difficult labours, premature birth, and asphyxia neonatorum, on the mental and physical condition of the child, especially in relation to deformities. *Clinical orthopaedics and related research*, 46, 7-22.
19. Freud, S. (1897). *Die infantile Cerebrallähmung*. Wien: A. Hölder.
20. Phelps, W.M. (1947) When a child has cerebral palsy. *The Child*, 11 (12), 194-197.
21. Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D. ve diğerleri. (2007) A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental medicine and child neurology. Supplement*, 109, 8-14.
22. Pruitt, D.W., Tsai, T. (2009) Common medical comorbidities associated with cerebral palsy. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 20 (3), 453-467.
23. Surveillance of cerebral palsy in Europe. Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. (2002) *Developmental medicine and child neurology*, 44 (9), 633-640.
24. Sigurdardottir, S., Eiriksdottir, A., Gunnarsdottir, E., Meintema, M., Arnadottir, U., Vik, T. (2008) Cognitive profile in young Icelandic children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 50 (5), 357-362.
25. Carlsson, M., Hagberg, G., Olsson, I. (2003) Clinical and aetiological aspects of epilepsy in children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 45 (6), 371-376.
26. Venkateswaran, S., Shevell, M.I. (2008) Comorbidities and clinical determinants of outcome in children with spastic quadriplegic cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 50 (3), 216-222.
27. Kilincaslan, A., Mukaddes, N.M. (2009) Pervasive developmental disorders in individuals with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 51 (4), 289-294.

28. Blair, E. (2010) Epidemiology of the cerebral palsies. *The Orthopedic clinics of North America*, 41 (4), 441-455.
29. McIntyre, S., Taitz, 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. *Developmental medicine and child neurology*, 55 (6), 499-508.
30. Reid, S., Halliday, J., Ditchfield, M., Ekert, H., Byron, K., Glynn, A. ve diğ erleri. (2006) Factor V Leiden mutation: a contributory factor for cerebral palsy? *Developmental medicine and child neurology*, 48 (1), 14-19.
31. Ahlin, K., Himmelmann, K., Hagberg, G., Kacerovsky, M., Cobo, T., Wennerholm, U.B. ve diğ erleri. (2013) Non-infectious risk factors for different types of cerebral palsy in term-born babies: a population-based, case-control study. *BJOG : an international journal of obstetrics and gynaecology*, 120 (6), 724-731.
32. Kyriakopoulos, P., Oskoui, M., Dagenais, L., Shevell, M.I. (2012) Does antenatal tobacco or alcohol exposure influence a child's cerebral palsy? A population-based study. *Pediatric neurology*, 47 (5), 349-354.
33. Basu, A.P. (2014) Early intervention after perinatal stroke: opportunities and challenges. *Developmental medicine and child neurology*, 56 (6), 516-521.
34. Golomb, M.R., Garg, B.P., Saha, C., Azzouz, F., Williams, L.S. (2008) Cerebral palsy after perinatal arterial ischemic stroke. *Journal of child neurology*, 23 (3), 279-286.
35. Ahlin, K., Himmelmann, K., Hagberg, G., Kacerovsky, M., Cobo, T., Wennerholm, U.B. ve diğ erleri. (2013) Cerebral palsy and perinatal infection in children born at term. *Obstetrics and gynecology*, 122 (1), 41-49.
36. Sukhov, A., Wu, Y., Xing, G., Smith, L.H., Gilbert, W.M. (2012) Risk factors associated with cerebral palsy in preterm infants. *The journal of maternal-fetal & neonatal medicine : the official journal of the European Association of Perinatal Medicine, the Federation of Asia and Oceania Perinatal Societies, the International Society of Perinatal Obstet*, 25 (1), 53-57.

37. Ogunlesi, T.A., Ogunfowora, O.B. (2011) Predictors of acute bilirubin encephalopathy among Nigerian term babies with moderate-to-severe hyperbilirubinaemia. *Journal of tropical pediatrics*, 57 (2), 80-86.
38. Kulak, W., Okurowska-Zawada, B., Sienkiewicz, D., Paszko-Patej, G., Krajewska-Kulak, E. (2010) Risk factors for cerebral palsy in term birth infants. *Advances in medical sciences*, 55 (2), 216-221.
39. Stoknes, M., Andersen, G.L., Elkamil, A.I., Irgens, L.M., Skranes, J., Salvesen, K.A. ve diğ erleri. (2012) The effects of multiple pre- and perinatal risk factors on the occurrence of cerebral palsy. A Norwegian register based study. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 16 (1), 56-63.
40. Himmelmann, K., Hagberg, G., Uvebrant, P. (2010) The changing panorama of cerebral palsy in Sweden. X. Prevalence and origin in the birth-year period 1999-2002. *Acta paediatrica*, 99 (9), 1337-1343.
41. Cans, C., Sellier, E., Mermet, M.A. (2011). Epidemiology of cerebral palsy. C. P. Panteliadis (Ed.). *Cerebral Palsy: A multidisciplinary approach* (s. 17-26). Germany: Dustri-Verlag
42. Yeargin-Allsopp, M., Van Naarden Braun, K., Doernberg, N.S., Benedict, R.E., Kirby, R.S., Durkin, M.S. (2008) Prevalence of cerebral palsy in 8-year-old children in three areas of the United States in 2002: a multisite collaboration. *Pediatrics*, 121 (3), 547-554.
43. Yam, W.K., Chan, H.S., Tsui, K.W., Yiu, B.P., Fong, S.S., Cheng, C.Y. ve diğ erleri. (2006) Prevalence study of cerebral palsy in Hong Kong children. *Hong Kong medical journal = Xianggang yi xue za zhi / Hong Kong Academy of Medicine*, 12 (3), 180-184.
44. Liu, J.M., Li, S., Lin, Q., Li, Z. (1999) Prevalence of cerebral palsy in China. *International journal of epidemiology*, 28 (5), 949-954.
45. Serdaroglu, A., Cansu, A., Ozkan, S., Tezcan, S. (2006) Prevalence of cerebral palsy in Turkish children between the ages of 2 and 16 years. *Developmental medicine and child neurology*, 48 (6), 413-416.

46. Banerjee, T.K., Hazra, A., Biswas, A., Ray, J., Roy, T., Raut, D.K. ve diğeri. (2009) Neurological disorders in children and adolescents. *Indian journal of pediatrics*, 76 (2), 139-146.
47. Platt, M.J., Cans, C., Johnson, A., Surman, G., Topp, M., Torrioli, M.G. ve diğeri. (2007) Trends in cerebral palsy among infants of very low birthweight (<1500 g) or born prematurely (<32 weeks) in 16 European centres: a database study. *Lancet*, 369 (9555), 43-50.
48. Sellier, E., Surman, G., Himmelmann, K., Andersen, G., Colver, A., Krageloh-Mann, I. ve diğeri. (2010) Trends in prevalence of cerebral palsy in children born with a birthweight of 2,500 g or over in Europe from 1980 to 1998. *European journal of epidemiology*, 25 (9), 635-642.
49. Ravn, S.H., Flachs, E.M., Uldall, P. (2010) Cerebral palsy in eastern Denmark: declining birth prevalence but increasing numbers of unilateral cerebral palsy in birth year period 1986-1998. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 14 (3), 214-218.
50. Himmelmann, K., McManus, V., Hagberg, G., Uvebrant, P., Krageloh-Mann, I., Cans, C. ve diğeri. (2009) Dyskinetic cerebral palsy in Europe: trends in prevalence and severity. *Archives of disease in childhood*, 94 (12), 921-926.
51. Howard, J., Soo, B., Graham, H.K., Boyd, R.N., Reid, S., Lanigan, A. ve diğeri. (2005) Cerebral palsy in Victoria: motor types, topography and gross motor function. *Journal of paediatrics and child health*, 41 (9-10), 479-483.
52. Christine, C., Dolk, H., Platt, M.J., Colver, A., Prasauskiene, A., Krageloh-Mann, I. ve diğeri. (2007) Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology. Supplement*, 109, 35-38.
53. Beckung, E., Hagberg, G., Uldall, P., Cans, C., Surveillance of Cerebral Palsy in, E. (2008) Probability of walking in children with cerebral palsy in Europe. *Pediatrics*, 121 (1), e187-192.



54. Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., Galuppi, B. (1997) Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 39 (4), 214-223.
55. Palisano, R.J., Rosenbaum, P., Bartlett, D., Livingston, M.H. (2008) Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Developmental medicine and child neurology*, 50 (10), 744-750.
56. Morris, C., Kurinczuk, J.J., Fitzpatrick, R., Rosenbaum, P.L. (2006) Who best to make the assessment? Professionals' and families' classifications of gross motor function in cerebral palsy are highly consistent. *Archives of disease in childhood*, 91 (8), 675-679.
57. Gorter, J.W., Rosenbaum, P.L., Hanna, S.E., Palisano, R.J., Bartlett, D.J., Russell, D.J. ve diğerleri. (2004) Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 46 (7), 461-467.
58. Beckung, E., Hagberg, G. (2002) Neuroimpairments, activity limitations, and participation restrictions in children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 44 (5), 309-316.
59. Eliasson, A.C., Krumlinde-Sundholm, L., Rosblad, B., Beckung, E., Arner, M., Ohrvall, A.M. ve diğerleri. (2006) The Manual Ability Classification System (MACS) for children with cerebral palsy: scale development and evidence of validity and reliability. *Developmental medicine and child neurology*, 48 (7), 549-554.
60. Gordon, A.M., Bleyenheuft, Y., Steenbergen, B. (2013) Pathophysiology of impaired hand function in children with unilateral cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 55 Suppl 4, 32-37.
61. Kulak, W., Sobaniec, W. (2004) Comparisons of right and left hemiparetic cerebral palsy. *Pediatric neurology*, 31 (2), 101-108.
62. Katak, S.S., Stinear, J.W., Buch, E.R., Cohen, L.G. (2012) Rewiring the brain: potential role of the premotor cortex in motor control, learning, and recovery of

- function following brain injury. *Neurorehabilitation and neural repair*, 26 (3), 282-292.
63. Deiber, M.P., Wise, S.P., Honda, M., Catalan, M.J., Grafman, J., Hallett, M. (1997) Frontal and parietal networks for conditional motor learning: a positron emission tomography study. *Journal of neurophysiology*, 78 (2), 977-991.
  64. Bischoff-Grethe, A., Goedert, K.M., Willingham, D.T., Grafton, S.T. (2004) Neural substrates of response-based sequence learning using fMRI. *Journal of cognitive neuroscience*, 16 (1), 127-138.
  65. Pardo-Vazquez, J.L., Leboran, V., Acuna, C. (2008) Neural correlates of decisions and their outcomes in the ventral premotor cortex. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 28 (47), 12396-12408.
  66. Pardo-Vazquez, J.L., Leboran, V., Acuna, C. (2009) A role for the ventral premotor cortex beyond performance monitoring. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (44), 18815-18819.
  67. Stefan, K., Cohen, L.G., Duque, J., Mazzocchio, R., Celnik, P., Sawaki, L. ve diğ erleri. (2005) Formation of a motor memory by action observation. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 25 (41), 9339-9346.
  68. Cross, E.S., Kraemer, D.J., Hamilton, A.F., Kelley, W.M., Grafton, S.T. (2009) Sensitivity of the action observation network to physical and observational learning. *Cerebral cortex*, 19 (2), 315-326.
  69. Staudt, M. (2010) Brain plasticity following early life brain injury: insights from neuroimaging. *Seminars in perinatology*, 34 (1), 87-92.
  70. Lieber, R.L., Steinman, S., Barash, I.A., Chambers, H. (2004) Structural and functional changes in spastic skeletal muscle. *Muscle & nerve*, 29 (5), 615-627.
  71. Damiano, D.L., Vaughan, C.L., Abel, M.F. (1995) Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 37 (8), 731-739.

72. Mockford, M.,Caulton, J.M. (2008) Systematic review of progressive strength training in children and adolescents with cerebral palsy who are ambulatory. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 20 (4), 318-333.
73. Franki, I., Desloovere, K., De Cat, J., Feys, H., Molenaers, G., Calders, P. ve diğeri. (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. *Journal of rehabilitation medicine*, 44 (5), 385-395.
74. 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 (2), 239-249.
75. Lee, J.A., You, J.H., Kim, D.A., Lee, M.J., Hwang, P.W., Lee, N.G. ve diğeri. (2013) Effects of functional movement strength training on strength, muscle size, kinematics, and motor function in cerebral palsy: a 3-month follow-up. *NeuroRehabilitation*, 32 (2), 287-295.
76. Scholtes, V.A., Becher, J.G., Comuth, A., Dekkers, H., Van Dijk, L.,Dallmeijer, A.J. (2010) Effectiveness of functional progressive resistance exercise strength training on muscle strength and mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Developmental medicine and child neurology*, 52 (6), e107-113.
77. Rowland, P. (1991). Disease of the motor unit. E. Kandel, J. Schwartz & T. Jessel (Ed.). Principles of Neural Science (3rd bs., s. 244-245). Amsterdam: Elsevier
78. Hancı, M.,Erhan, B. (2011). *Spastisite* (1. bs.). Ankara: Nobel Tıp Kitap Evi.
79. Gollnick, P.D.,Hodgson, D.R. (1986) The identification of fiber types in skeletal muscle: a continual dilemma. *Exercise and sport sciences reviews*, 14, 81-104.

80. Rose, J.,McGill, K.C. (1998) The motor unit in cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 40 (4), 270-277.
81. Gregory, C.M.,Bickel, C.S. (2005) Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Physical therapy*, 85 (4), 358-364.
82. Lieber, R.L.,Friden, J. (1998) Musculoskeletal balance of the human wrist elucidated using intraoperative laser diffraction. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 8 (2), 93-100.
83. Mockford, M.,Caulton, J.M. (2010) The pathophysiological basis of weakness in children with cerebral palsy. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 22 (2), 222-233.
84. Tedroff, K., Knutson, L.M.,Soderberg, G.L. (2008) Co-activity during maximum voluntary contraction: a study of four lower-extremity muscles in children with and without cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 50 (5), 377-381.
85. Stackhouse, S.K., Binder-Macleod, S.A.,Lee, S.C. (2005) Voluntary muscle activation, contractile properties, and fatigability in children with and without cerebral palsy. *Muscle & nerve*, 31 (5), 594-601.
86. Tammik, K., Matlep, M., Ereline, J., Gapeyeva, H.,Paasuke, M. (2008) Quadriceps femoris muscle voluntary force and relaxation capacity in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Pediatric exercise science*, 20 (1), 18-28.
87. Damiano, D.L., Quinlivan, J., Owen, B.F., Shaffrey, M.,Abel, M.F. (2001) Spasticity versus strength in cerebral palsy: relationships among involuntary resistance, voluntary torque, and motor function. *European journal of neurology : the official journal of the European Federation of Neurological Societies*, 8 Suppl 5, 40-49.
88. Rose, J.,McGill, K.C. (2005) Neuromuscular activation and motor-unit firing characteristics in cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 47 (5), 329-336.

89. Elder, G.C., Kirk, J., Stewart, G., Cook, K., Weir, D., Marshall, A. ve diğeri. (2003) Contributing factors to muscle weakness in children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 45 (8), 542-550.
90. Givon, U. (2009) [Muscle weakness in cerebral palsy]. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*, 43 (2), 87-93.
91. 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.
92. Ito, J., Araki, A., Tanaka, H., Tasaki, T., Cho, K., Yamazaki, R. (1996) Muscle histopathology in spastic cerebral palsy. *Brain & development*, 18 (4), 299-303.
93. Marbini, A., Ferrari, A., Cioni, G., Bellanova, M.F., Fusco, C., Gemignani, F. (2002) Immunohistochemical study of muscle biopsy in children with cerebral palsy. *Brain & development*, 24 (2), 63-66.
94. Blair, E., Stanley, F. (1992) Intrauterine growth and spastic cerebral palsy II. The association with morphology at birth. *Early human development*, 28 (2), 91-103.
95. O'Dwyer, N.J., Neilson, P.D., Nash, J. (1989) Mechanisms of muscle growth related to muscle contracture in cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 31 (4), 543-547.
96. Lieber, R.L., Friden, J. (2002) Spasticity causes a fundamental rearrangement of muscle-joint interaction. *Muscle & nerve*, 25 (2), 265-270.
97. Malaiya, R., McNee, A.E., Fry, N.R., Eve, L.C., Gough, M., Shortland, A.P. (2007) The morphology of the medial gastrocnemius in typically developing children and children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 17 (6), 657-663.
98. Rose, S.A., DeLuca, P.A., Davis, R.B., 3rd, Ounpuu, S., Gage, J.R. (1993) Kinematic and kinetic evaluation of the ankle after lengthening of the gastrocnemius fascia in children with cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics*, 13 (6), 727-732.

99. Engsberg, J.R., Ross, S.A., Hollander, K.W., Park, T.S. (2010) Hip Spasticity and Strength in Children With Spastic Diplegia Cerebral Palsy. *Journal of applied biomechanics*, 16, 221-233.
100. Vaz, D.V., Cotta Mancini, M., Fonseca, S.T., Vieira, D.S., de Melo Pertence, A.E. (2006) Muscle stiffness and strength and their relation to hand function in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 48 (9), 728-733.
101. Lieber, R.L., Runesson, E., Einarsson, F., Friden, J. (2003) Inferior mechanical properties of spastic muscle bundles due to hypertrophic but compromised extracellular matrix material. *Muscle & nerve*, 28 (4), 464-471.
102. Toner, L.V., Cook, K., Elder, G.C. (1998) Improved ankle function in children with cerebral palsy after computer-assisted motor learning. *Developmental medicine and child neurology*, 40 (12), 829-835.
103. Booth, C.M., Cortina-Borja, M.J., Theologis, T.N. (2001) Collagen accumulation in muscles of children with cerebral palsy and correlation with severity of spasticity. *Developmental medicine and child neurology*, 43 (5), 314-320.
104. Lee, J.H., Sung, I.Y., Yoo, J.Y. (2008) Therapeutic effects of strengthening exercise on gait function of cerebral palsy. *Disability and rehabilitation*, 30 (19), 1439-1444.
105. Liao, H.F., Liu, Y.C., Liu, W.Y., Lin, Y.T. (2007) Effectiveness of loaded sit-to-stand resistance exercise for children with mild spastic diplegia: a randomized clinical trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88 (1), 25-31.
106. Dodd, K.J., Taylor, N.F., Graham, H.K. (2003) A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 45 (10), 652-657.
107. Elvrum, A.K., Braendvik, S.M., Saether, R., Lamvik, T., Vereijken, B., Roeleveld, K. (2012) Effectiveness of resistance training in combination

- with botulinum toxin-A on hand and arm use in children with cerebral palsy: a pre-post intervention study. *BioMed central pediatrics*, 12, 91.
108. McCubbin, J.A., Shasby, G.B. (1985) Effects of Isokinetic Exercise on Adolescents with Cerebral Palsy. *Adapted physical activity quarterly*, 2, 56-64.
  109. Faigenbaum, A.D., Kraemer, W.J., Blimkie, C.J., Jeffreys, I., Micheli, L.J., Nitka, M. ve diğerleri. (2009) Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 23 (5 Suppl), S60-79.
  110. Faigenbaum, A.D., Myer, G.D. (2010) Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Current sports medicine reports*, 9 (3), 161-168.
  111. Verkhoshanski, Y. (1983) Depth jumping in the training of jumpers. . *Track technique*, 51, 1618-1619.
  112. Duda, M. (1998) Plyometrics, a legitimate form of power training. *The physician and sport medicine*, 16, 213-218.
  113. Bosco, C., Viitasalo, J.T., Komi, P.V., Luhtanen, P. (1982) Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta physiologica scandinavica*, 114 (4), 557-565.
  114. Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., Fukunaga, T. (2001) Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of applied physiology*, 90 (2), 520-527.
  115. Wilk, K.E., Voight, M.L., Keirns, M.A., Gambetta, V., Andrews, J.R., Dillman, C.J. (1993) Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 17 (5), 225-239.
  116. Voight, M.L., Wieder, D.L. (1991) Comparative reflex response times of vastus medialis obliquus and vastus lateralis in normal subjects and subjects with extensor mechanism dysfunction. An electromyographic study. *The American journal of sports medicine*, 19 (2), 131-137.

117. Ishikawa, M., Niemela, E., Komi, P.V. (2005) Interaction between fascicle and tendinous tissues in short-contact stretch-shortening cycle exercise with varying eccentric intensities. *Journal of applied physiology*, 99 (1), 217-223.
118. Rassier, D.E., Herzog, W. (2005) Force enhancement and relaxation rates after stretch of activated muscle fibres. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 272 (1562), 475-480.
119. Wilson, G.J., Wood, G.A., Elliott, B.C. (1991) Optimal stiffness of series elastic component in a stretch-shorten cycle activity. *Journal of applied physiology*, 70 (2), 825-833.
120. Deluca, S.C., Echols, K., Law, C.R., Ramey, S.L. (2006) Intensive pediatric constraint-induced therapy for children with cerebral palsy: randomized, controlled, crossover trial. *Journal of child neurology*, 21 (11), 931-938.
121. Chrysagis, N., Skordilis, E.K., Koutsouki, D. (2014) Validity and clinical utility of functional assessments in children with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95 (2), 369-374.
122. Verschuren, O., Bloemen, M., Kruitwagen, C., Takken, T. (2010) Reference values for aerobic fitness in children, adolescents, and young adults who have cerebral palsy and are ambulatory. *Physical therapy*, 90 (8), 1148-1156.
123. Verschuren, O., Bloemen, M., Kruitwagen, C., Takken, T. (2010) Reference values for anaerobic performance and agility in ambulatory children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 52 (10), e222-228.
124. Verschuren, O., Ketelaar, M., Gorter, J.W., Helders, P.J., Takken, T. (2009) Relation between physical fitness and gross motor capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 51 (11), 866-871.
125. Green, S. (1994) A definition and systems view of anaerobic capacity. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 69 (2), 168-173.



126. Verschuren, O., Takken, T., Ketelaar, M., Gorter, J.W.,Helders, P.J. (2007) Reliability for running tests for measuring agility and anaerobic muscle power in children and adolescents with cerebral palsy. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 19 (2), 108-115.
127. Parker, D.F., Carriere, L., Hebestreit, H.,Bar-Or, O. (1992) Anaerobic endurance and peak muscle power in children with spastic cerebral palsy. *American journal of diseases of children*, 146 (9), 1069-1073.
128. Unnithan, V.B., Clifford, C.,Bar-Or, O. (1998) Evaluation by exercise testing of the child with cerebral palsy. *Sports medicine*, 26 (4), 239-251.
129. Snider, L., Majnemer, A.,Darsaklis, V. (2010) Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Developmental neurorehabilitation*, 13 (2), 120-128.
130. Wilson, P.N., Foreman, N.,Stanton, D. (1997) Virtual reality, disability and rehabilitation. *Disability and rehabilitation*, 19 (6), 213-220.
131. Weiss, P.L., Rand, D., Katz, N.,Kizony, R. (2004) Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 1 (1), 12.
132. Weiss, P.L.,Katz, N. (2004) The potential of virtual reality for rehabilitation. *Journal of rehabilitation research and development*, 41 (5), vii-x.
133. Reid, D.T. (2002) Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. *Pediatric rehabilitation*, 5 (3), 141-148.
134. Dancause, N., Barbay, S., Frost, S.B., Plautz, E.J., Chen, D., Zoubina, E.V. ve diğ erleri. (2005) Extensive cortical rewiring after brain injury. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 25 (44), 10167-10179.
135. Papavasiliou, A.S. (2009) Management of motor problems in cerebral palsy: a critical update for the clinician. *European journal of paediatric neurology* :

- EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 13 (5), 387-396.
136. Rizzolatti, G., Craighero, L. (2004) The mirror-neuron system. *Annual review of neuroscience*, 27, 169-192.
  137. Pfeifer, J.H., Iacoboni, M., Mazziotta, J.C., Dapretto, M. (2008) Mirroring others' emotions relates to empathy and interpersonal competence in children. *NeuroImage*, 39 (4), 2076-2085.
  138. Garrison, K.A., Winstein, C.J., Aziz-Zadeh, L. (2010) The mirror neuron system: a neural substrate for methods in stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and neural repair*, 24 (5), 404-412.
  139. Sveistrup, H. (2004) Motor rehabilitation using virtual reality. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 1 (1), 10.
  140. Galvin, J., Levac, D. (2011) Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: describing and classifying virtual reality systems. *Developmental neurorehabilitation*, 14 (2), 112-122.
  141. Wille, D., Eng, K., Holper, L., Chevrier, E., Hauser, Y., Kiper, D. ve diğeri. (2009) Virtual reality-based paediatric interactive therapy system (PITS) for improvement of arm and hand function in children with motor impairment--a pilot study. *Developmental neurorehabilitation*, 12 (1), 44-52.
  142. Galvin, J., McDonald, R., Catroppa, C., Anderson, V. (2011) Does intervention using virtual reality improve upper limb function in children with neurological impairment: a systematic review of the evidence. *Brain injury*, 25 (5), 435-442.
  143. Burdea, G.C., Jain, A., Rabin, B., Pellosie, R., Golomb, M. (2011) Long-term hand tele-rehabilitation on the PlayStation 3: benefits and challenges. *Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*, 2011, 1835-1838.
  144. Chen, C.L., Chen, C.Y., Liaw, M.Y., Chung, C.Y., Wang, C.J., Hong, W.H. (2013) Efficacy of home-based virtual cycling training on bone mineral density

- in ambulatory children with cerebral palsy. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 24 (4), 1399-1406.
145. Thorpe, D.E.,Valvano, J. (2002) The effects of knowledge of performance and cognitive strategies on motor skill learning in children with cerebral palsy. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 14 (1), 2-15.
146. Ketelaar, M., Vermeer, A., Hart, H., van Petegem-van Beek, E.,Helders, P.J. (2001) Effects of a functional therapy program on motor abilities of children with cerebral palsy. *Physical therapy*, 81 (9), 1534-1545.
147. Parsons, T.D., Rizzo, A.A., Rogers, S.,York, P. (2009) Virtual reality in paediatric rehabilitation: a review. *Developmental neurorehabilitation*, 12 (4), 224-238.
148. Wang, M.,Reid, D. (2011) Virtual reality in pediatric neurorehabilitation: attention deficit hyperactivity disorder, autism and cerebral palsy. *Neuroepidemiology*, 36 (1), 2-18.
149. Burdea, G.C., Cioi, D., Kale, A., Janes, W.E., Ross, S.A.,Engsberg, J.R. (2013) Robotics and gaming to improve ankle strength, motor control, and function in children with cerebral palsy--a case study series. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 21 (2), 165-173.
150. Brutsch, K., Schuler, T., Koenig, A., Zimmerli, L., Koeneke, S.M., Lunenburger, L. ve diğ erleri. (2010) Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 7, 15.
151. Morris, C., Kurinczuk, J.J., Fitzpatrick, R.,Rosenbaum, P.L. (2006) Reliability of the manual ability classification system for children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 48 (12), 950-953.

152. Russell, D.J., Rosenbaum, P.L., Cadman, D.T., Gowland, C., Hardy, S., Jarvis, S. (1989) The gross motor function measure: a means to evaluate the effects of physical therapy. *Developmental medicine and child neurology*, 31 (3), 341-352.
153. Rosenbaum, P.L., Walter, S.D., Hanna, S.E., Palisano, R.J., Russell, D.J., Raina, P. ve diğerleri. (2002) Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *JAMA : the journal of american medical association*, 288 (11), 1357-1363.
154. 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. *Disability and rehabilitation*, 30 (18), 1358-1366.
155. Haugh, A.B., Pandyan, A.D., Johnson, G.R. (2006) A systematic review of the Tardieu Scale for the measurement of spasticity. *Disability and rehabilitation*, 28 (15), 899-907.
156. Mehrholz, J., Wagner, K., Meissner, D., Grundmann, K., Zange, C., Koch, R. ve diğerleri. (2005) Reliability of the Modified Tardieu Scale and the Modified Ashworth Scale in adult patients with severe brain injury: a comparison study. *Clinical rehabilitation*, 19 (7), 751-759.
157. Yam, W.K., Leung, M.S. (2006) Interrater reliability of Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in children with spastic cerebral palsy. *Journal of child neurology*, 21 (12), 1031-1035.
158. 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. *Developmental medicine and child neurology*, 47 (8), 518-524.
159. Duncan, P.W., Weiner, D.K., Chandler, J., Studenski, S. (1990) Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of gerontology*, 45 (6), M192-197.

160. Saether, R., Helbostad, J.L., Riphagen, II, Vik, T. (2013) Clinical tools to assess balance in children and adults with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental medicine and child neurology*, 55 (11), 988-999.
161. Castro-Pinero, J., Gonzalez-Montesinos, J.L., Mora, J., Keating, X.D., Girela-Rejon, M.J., Sjoström, M. ve diğeri. (2009) Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: influence of weight status. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 23 (8), 2295-2310.
162. Taylor, N.F., Dodd, K.J., Graham, H.K. (2004) Test-retest reliability of hand-held dynamometric strength testing in young people with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85 (1), 77-80.
163. Taylor, N.F., Dodd, K.J., Baker, R.J., Willoughby, K., Thomason, P., Graham, H.K. (2013) Progressive resistance training and mobility-related function in young people with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Developmental medicine and child neurology*, 55 (9), 806-812.
164. Ohata, K., Tsuboyama, T., Haruta, T., Ichihashi, N., Kato, T., Nakamura, T. (2008) Relation between muscle thickness, spasticity, and activity limitations in children and adolescents with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 50 (2), 152-156.
165. Hermens, H.J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., Rau, G. (2000) Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 10 (5), 361-374.
166. Soylu, A. (2010). Spor Bilimleri için Yüzey Elektromyografi: Olası Hata Kaynakları ve Bazı Teknik Detaylar. Erişim : 9 Haziran 2009, [http://yunus.hacettepe.edu.tr/~arsoylu/Soylu\\_2010\\_Yuzey\\_Elektromyografi.pdf](http://yunus.hacettepe.edu.tr/~arsoylu/Soylu_2010_Yuzey_Elektromyografi.pdf)
167. Larsson, B., Mansson, B., Karlberg, C., Syvertsson, P., Elert, J., Gerdle, B. (1999) Reproducibility of surface EMG variables and peak torque during three sets of ten dynamic contractions. *Journal of electromyography and kinesiology*

- : *official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 9 (5), 351-357.
168. Lam, W.K., Leong, J.C., Li, Y.H., Hu, Y., Lu, W.W. (2005) Biomechanical and electromyographic evaluation of ankle foot orthosis and dynamic ankle foot orthosis in spastic cerebral palsy. *Gait & posture*, 22 (3), 189-197.
  169. Christie, A., Greig Inglis, J., Kamen, G., Gabriel, D.A. (2009) Relationships between surface EMG variables and motor unit firing rates. *European journal of applied physiology*, 107 (2), 177-185.
  170. Jung, J.W., Her, J.G., Ko, J. (2013) Effect of strength training of ankle plantarflexors on selective voluntary motor control, gait parameters, and gross motor function of children with cerebral palsy. *Journal of physical therapy science*, 25 (10), 1259-1263.
  171. Damiano, D.L., Kelly, L.E., Vaughn, C.L. (1995) Effects of quadriceps femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia. *Physical therapy*, 75 (8), 658-667; discussion 668-671.
  172. 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. *Clinical rehabilitation*, 17 (1), 48-57.
  173. Rutherford, O.M. (1988) Muscular coordination and strength training. Implications for injury rehabilitation. *Sports medicine*, 5 (3), 196-202.
  174. Lee, Y.S., Kim, W.B., Park, J.W. (2014) The effect of exercise using a sliding rehabilitation machine on the gait function of children with cerebral palsy. *Journal of physical therapy science*, 26 (11), 1667-1669.
  175. Unger, M., Faure, M., Frieg, A. (2006) Strength training in adolescent learners with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 20 (6), 469-477.
  176. Engsberg, J.R., Ross, S.A., Collins, D.R. (2006) Increasing ankle strength to improve gait and function in children with cerebral palsy: a pilot study. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 18 (4), 266-275.

177. Bryanton, C., Bosse, J., Brien, M., McLean, J., McCormick, A., Sveistrup, H. (2006) Feasibility, motivation, and selective motor control: virtual reality compared to conventional home exercise in children with cerebral palsy. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 9 (2), 123-128.
178. Brien, M., Sveistrup, H. (2011) An intensive virtual reality program improves functional balance and mobility of adolescents with cerebral palsy. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*, 23 (3), 258-266.
179. Downing, A.L., Ganley, K.J., Fay, D.R., Abbas, J.J. (2009) Temporal characteristics of lower extremity moment generation in children with cerebral palsy. *Muscle & nerve*, 39 (6), 800-809.
180. Leunkeu, A.N., Keefer, D.J., Imed, M., Ahmaidi, S. (2010) Electromyographic (EMG) analysis of quadriceps muscle fatigue in children with cerebral palsy during a sustained isometric contraction. *Journal of child neurology*, 25 (3), 287-293.
181. Braendvik, S.M., Roeleveld, K. (2012) The role of co-activation in strength and force modulation in the elbow of children with unilateral cerebral palsy. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 22 (1), 137-144.
182. Braendvik, S.M., Elvrum, A.K., Vereijken, B., Roeleveld, K. (2013) Involuntary and voluntary muscle activation in children with unilateral cerebral palsy--relationship to upper limb activity. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society*, 17 (3), 274-279.
183. Doix, A.C., Gulliksen, A., Braendvik, S.M., Roeleveld, K. (2013) Fatigue and muscle activation during submaximal elbow flexion in children with cerebral palsy. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 23 (3), 721-726.

184. Olsen, J.E., Ross, S.A., Foreman, M.H.,Engsberg, J.R. (2013) Changes in muscle activation following ankle strength training in children with spastic cerebral palsy: an electromyography feasibility case report. *Physical & occupational therapy in pediatrics*, 33 (2), 230-242.
185. Miranda, R.M., Cabral Filho, J.E., Diniz, K.T., Souza Lima, G.M.,Vasconcelos Dde, A. (2014) Electromyographic activity of preterm newborns in the kangaroo position: a cohort study. *British medical journal open*, 4 (10), e005560.
186. Lindeman, E., Spaans, F., Reulen, J.P., Leffers, P.,Drukker, J. (1999) Surface EMG of proximal leg muscles in neuromuscular patients and in healthy controls. Relations to force and fatigue. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 9 (5), 299-307.
187. Lindeman, E., Spaans, F., Reulen, J., Leffers, P.,Drukker, J. (1999) Progressive resistance training in neuromuscular patients. Effects on force and surface EMG. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 9 (6), 379-384.
188. Moritani, T.,deVries, H.A. (1979) Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American journal of physical medicine*, 58 (3), 115-130.



## EKLER

### Ek 1. Etik Kurul Onayı



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

Sayı : 16969557 -837

25 2014

**Prof. Dr. Ayşe LİVANELİOĞLU**  
Sağlık Bilimleri Fakültesi  
Fizik Tedavi ve Rahabiliasyon Bölümü  
Öğretim Üyesi

Sayın Prof. Dr. LİVANELİOĞLU,

Kurulumuzun 02.04.2014 tarih ve GO 13/224-23 karar numarası ile onaylanmış bulunduğu "*Hemiparetik Serebral Palsi'li Çocuklarda Alt Ekstremité Fonksiyonel Kuvvetlendirme Eğitiminin Kas Kuvvetine, Morfolojisine ve Yapısına Etkisi*" başlıklı doktora projesinde danışman değişikliği nedeni ile sorumlu araştırmacı olma yönündeki talebiniz Kurulumuzun 23.07.2014 tarihli toplantısında değerlendirilerek ilgili değişiklik uygun bulunmuştur.

Bilgilerinize saygılarımla rica ederim.

Prof. Dr. Nurten AKARSU  
Başkan



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

08 Nisan 2014

Sayı : 16969557 - 619

**ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU**

**Toplantı Tarihi** : 02.04.2014 ÇARŞAMBA  
**Toplantı No** : 2014/06  
**Proje No** : GO 14/224 (Değerlendirme Tarihi 02.04.2014)  
**Karar No** : GO 14/224 - 23

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNEL'in sorumlu araştırmacı olduğu Doç.Dr. Abdullah Ruhi SOYLU, Prof.Dr. Alp ÇETİN ve Prof.Dr. Gül BALTACI ile birlikte çalışacakları Uzm. Fzt. Özgün KAYA KARA'nın tezi olan GO 14/224 kayıt numaralı ve "Hemiparetik Serebral Palsi'li Çocuklarda Alt Ekstremitte Fonksiyonel Kuvvetlendirme Eğitiminin Kas Kuvvetine, Morfolojisine ve Yapısına Etkisi" başlıklı proje önerisi araştırmının gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Prof. Dr. Nurten Akarsu (Başkan)     | 9 Prof. Dr. Melahat Görduysus (Üye)        |
| <b>GÖREVLİ</b>                          | <b>GÖREVLİ</b>                             |
| 2. Prof. Dr. Nüket Örnek Buken (Üye)    | 10. Prof. Dr. Cansın Saçkesen (Üye)        |
| 3. Prof. Dr. M. Yücel Sara (Üye)        | 11. Prof. Dr. R. Köksal Özgül (Üye)        |
| 4. Prof. Dr. Sevdâ F. Müftüoğlu (Üye)   | 12. Prof. Dr. Ayşe Lale Doğan (Üye)        |
| 5. Prof. Dr. Cenk Sökmenşür (Üye)       | <b>GÖREVLİ</b>                             |
| 6. Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay (Üye) | 13 Doç. Dr. S. Kutay Demirkan (Üye)        |
| <b>GÖREVLİ</b>                          | <b>GÖREVLİ</b>                             |
| 7. Prof. Dr. Songül Vaizoğlu (Üye)      | 14. Prof. Dr Leyla Dinç (Üye)              |
| <b>GÖREVLİ</b>                          | 15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev Turnagöl (Üye) |
| 8. Prof. Dr. Yılmaz Selim Erdal (Üye)   | 16. Av. Meltem Onurlu (Üye)                |