

Diplejik Serebral Palside Yüksek Voltaj Kesikli Galvanik Stimülasyonun Motor Gelişim ve Hamstring Spastisitesi Üzerine Etkisi

Effect of High-Voltage Pulsed Galvanic Stimulation on Motor Development and Hamstring Spasticity in Diplegic Cerebral Palsy

Kemal Ün^{1,*}, Mehmet Kara², Levent Ediz³, Ayla Fil⁴

¹ Van Özel Elektromed Rehabilitasyon Merkezi, Van

² Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, Van

³ Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Van

⁴ Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Nörolojik Rehabilitasyon Ünitesi, Ankara

ÖZET

Amaç: Diplejik tip serebral palsy (SP)'li çocuklarda yüksek voltaj kesikli galvanik stimülasyonun (YVKGS) motor gelişim ve spastisite üzerine etkisini araştırmak.

Gereç ve Yöntem: 18 spastik diplejik SP'li çocuk kontrol ve çalışma grubu olmak üzere ikiye ayrıldı. Kontrol grubu 6 hafta boyunca haftada 3 kez olacak şekilde genel fizyoterapi aldı. Çalışma grubuna ise genel fizyoterapiye ek olarak kuadriseps kası üzerine YVKGS uygulandı. Hastaların motor gelişim düzeyi Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü (KMFÖ), hareket kalitesi Kaba Motor Performans Ölçümü (KMPÖ), alt ekstremitede eklem açıklıkları gonyometre, alt ekstremitede kas kuvveti manuel kas testi, hamstring kısalığı mezura ve hamstring spastisitesi Modifiye Ashworth Ölçeği (MAÖ) ile değerlendirildi. Ayrıca çocukların 1 dakikada yürüdükleri mesafe ve attıkları adım sayıları kaydedildi.

Bulgular: Çalışmanın sonunda KMPÖ, diz ekstansiyon derecesi, kuadriseps kas kuvveti, hamstring kısalığı ve spastisitesi bakımından çalışma grubunun kontrol grubuna göre daha iyi gelişim gösterdiği belirlendi ($p < 0.05$).

Sonuç: YVKGS ile kombine edilmiş fizyoterapinin kas tonusunu düzenleyip kas kuvvetini ve motor fonksiyonları klasik fizyoterapiye göre daha iyi geliştirdiği görülmüştür. Bu nedenle spastik tip diplejik SP'li çocuklarda kombine tedaviler daha etkili olabilir.

Anahtar Kelimeler: Serebral palsy, elektrik stimülasyonu, fizyoterapi-rehabilitasyon, spastisite, kas kuvveti

ABSTRACT

Objective: To determine the effect of high-voltage pulsed galvanic stimulation (HVPGS) on the motor development and spasticity in the children with spastic diplegic type cerebral palsy (CP).

Materials and Methods: 18 children with spastic diplegic CP divided into two groups as control and experimental. The control group received general physical therapy 3 times per week for 6 weeks. The study group received HVPGS on the quadriceps muscle in addition to the general physiotherapy. Children's motor development level was evaluated with Gross Motor Function Measure, movement quality Gross Motor Performance Measure (GMPM), lower extremity range of motion goniometer, muscle force manual muscle testing, hamstring shortness measuring tape, and hamstring spasticity with Modified Ashworth Scale (MAS). Also children's walking distance during one minute and number of steps taken were recorded. Results: The experimental group showed better improvement than the control group in terms of GMPM, knee extension degree, quadriceps muscle strength, hamstring spasticity and shortness values ($p < 0.05$).

Conclusion: Physiotherapy combined with HVPGS developed muscle strength and motor function better than conventional physiotherapy by regulating the muscle tone. Therefore combination therapy could be more effective in children with spastic diplegic CP.

Key Words: Cerebral palsy, electrical stimulation, physiotherapy-rehabilitation, spasticity, muscle strength

Giriş

Spastik dipleji/diparezi, spastik tip serebral palsilerin (SP) önemli bir kısmını oluşturmakta ve

üst ekstremitelere kıyasla alt ekstremiteler ile gövdede daha fazla tutulumu neden olmaktadır (1,2). Spastisite, üst motor nöron lezyonları sonucu oluşan tonik germe reflekslerin hız bağımlı

artışı ile karakterize motor bir bozukluk (3) olup hem fonksiyonel gelişmeyi hem de yaşam kalitesini primer veya sekonder olarak etkilemektedir. Bu nedenle SP'nin tedavisinde elzem olan fizyoterapi ve rehabilitasyon programları, özellikle spastik SP tiplerinde, spastisitenin azaltılmasına yönelik birçok uygulamayı içermektedir. Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES) bu uygulamalardan biri olup SP'de spastik kası gevşetme veya antagonist kası kuvvetlendirme amacıyla kullanılabilir (4). Yüksek voltaj kesikli galvanik stimülasyon (YVKGS) ise diğer stimülasyon tipleriyle karşılaştırıldığında daha iyi tolere edilmesi (5) ve daha az ağrılı olması sayesinde hastalardan daha kuvvetli kontraksiyonlar alınabilmesi avantajına sahiptir (6). Bu özellikleri sayesinde spastisite inhibisyonu yönünden özellikle çocuklardaki YVKGS kullanımının diğer akımlara göre daha iyi sonuç verebileceğini düşünmekteyiz. Ancak literatürde çocuklarda fizyoterapiyle YVKGS'nin kombine olarak kullanıldığı ve bu uygulamanın spastisite inhibisyonu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, spastik diplejik tip SP'li çocuklarda öncelikle spastisitenin inhibisyonunda ve ayrıca motor gelişimde YVKGS'nin etkisini araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

Çalışmaya Van Özel Elektromed Rehabilitasyon Merkezi'ne fizyoterapi için başvuran, yaşları 3 ile 8 arasında değişen spastik diplejik tip serebral paralizili 18 olgu dahil edildi. Çalışmaya alınma kriterleri spastik diplejik tip serebral paralizisi tanısı almış olmak, 3-8 yaş arasında olmak (7, 8) ve iki taraflı hamstring spastisitesinin bulunması (9) olarak belirlendi. Periferik sinir sistemini etkileyen bir problemi veya epilepsi gibi başka bir nörolojik hastalığı olanlar çalışmaya dâhil edilmedi. Çalışma süresince spastisiteye yönelik verilmiş ilaçların dozlarında değişiklik yapılan hastalar çalışma dışı bırakıldı (10). Hastaların daha önce başka kurumlarda tedavi almış olmaları veya ev programıyla takip ediliyor olmaları çalışmaya dâhil edilmeleri için bir engel teşkil etmedi. Çalışma için etik kurul kararı alındıktan sonra (Yüzüncü Yıl Üniversitesi Etik Kurulu, Karar No: 007) hastaların ailelerine ve koopere olabilen çocuklara çalışma anlatılıp onayları alındı ve onam formu imzalatıldı.

Rastgele sayılar tablosu kullanılarak 18 olgu tedavi ve kontrol olmak üzere iki gruba ayrıldı. Kontrol grubundaki olgulara 6 hafta boyunca haftada 3

seans olacak şekilde genel fizyoterapi programı uygulandı. Çalışma grubundaki olgulara ise genel fizyoterapi programına ek olarak YVKGS de verildi. Değerlendirmeler çalışmaya kör bir fizyoterapist tarafından yapıldı. Çalışmaya dâhil edilen tüm bireyler tedavi öncesi ve 6 haftalık tedavi sonrasında olmak üzere iki defa değerlendirildi.

Hastaların değerlendirmeleri 14 farklı parametre kullanılarak yapıldı (Tablo 3 ve Tablo 4). Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü (KMFÖ) ile çocukların motor gelişim düzeyi belirlendi (11). Her bölüm puanı kendi içinde de hesaplandı ve tüm bölümleri içeren toplam puan da ayrıca hesaplandı. Sonuçlar toplam puan üzerinden verildi. Kaba Motor Performans Ölçümü (KMPÖ) ile çocukların hareket kalitesi değerlendirildi. Test toplam 20 motor performansı değerlendiren alt kısımlardan oluşmakta, bu alt parametreler puanlanarak ve elde edilen puanlar toplanarak test tamamlanmaktadır (12).

Çalışma kapsamında diplejik çocuklarda yürümeyi en çok etkileyen kaslardan biri olan hamstringler hedef kas olarak seçildi ve bu kasın tonusu resiprokal inhibisyon yoluyla azaltılmak istendi. Resiprokal inhibisyon, kas tonusunun regülasyonunda son derece önemli olup spastisitesi olan hastalarda bu inhibisyonun azaldığı belirlenmiştir (13,14). Bu nedenle elektrik stimülasyon, antagonist kas olan kuadriseps femoris kası üzerine hem kuvvetlendirme hem de bu kasın kontraksiyonu ile resiprokal inhibisyon yoluyla (15,16) hamstringleri gevşetme amacıyla uygulandı. Hamstring spastisitesini değerlendirmek amacıyla Modifiye Ashworth Ölçeği (MAÖ) kullanıldı (11). Hasta yüzüstü yatırılıp dizler tam fleksiyondan tam ekstansiyona doğru açılarak hız bağımlı olarak kas tonusu değerlendirildi. Hamstring kısalığı, sırt üstü pozisyonda düz bacak kaldırma testi sırasında topuk ile yer arasındaki mesafenin ölçülmesi ile değerlendirildi. Ayrıca kalça 90 derece fleksiyonda iken diz düzeltildi ve ekstansiyon yönündeki limitasyon "diz ekstansiyon kısıtlılığı" olarak kaydedildi (9,11).

Alt ekstremitede diz fleksiyon ve ekstansiyonu universal gonyometre ile pasif olarak ölçüldü (17). Alt ekstremitede kalça ekstansör, kalça abdüktör, kalça fleksör, kuadriseps femoris ve tibialis anterior kaslarının kuvveti manuel kas testi ile belirlendi. Koopere olabilen çocuklarda standart kas testi prosedürü uygulandı. Koopere olunamaması durumunda; çocuklar oyuncak veya top gibi ilgilerini çekecek objeler kullanılarak istenilen hareketi gerçekleştirmeleri için motive edildi ve gözlemler analiz yapıldı. Hareketin

tamamlanması durumunda manuel kas testine göre kas kuvveti "3" kabul edildi. Hareketin tamamlanmaması durumunda ise hareketin yapıma miktarına göre kas kuvveti "3-" ve "2+" olarak kaydedildi. Gerekli görüldüğünde ise yerçekimi elimine edilmiş pozisyonda değerlendirmeler yapıp tamamlanan miktara göre "2" ve "2-" değerleri verildi (18).

Çocukların yürüyüş kapasitesinin belirlenmesi için çocuktan istediği hızda yürümesi istenip 1 dakikada yürünen mesafe ve atılan adım sayısı kaydedildi. Değerlendirmeler çocuğun fonksiyonel durumuna göre ortez ve/veya yürüme yardımcısı kullanarak ya da desteksiz olarak yapıldı.

Kontrol ve çalışma gruplarına haftada 3 kez 1-1,5 saat olmak üzere 6 hafta boyunca tedavi uygulandı. Tedavi programında yer alan bazı egzersizler ailelere ev programı olarak verildi. Genel fizyoterapi programı tedavi sürecinde oluşan değişiklikler gözlemlenerek ilerletildi. Fizyoterapi programı genel olarak kas tonusunu regüle etme, postürü düzeltme, kısıklıkları giderme, kasları kuvvetlendirme, denge/koordinasyon eğitimi, mobilizasyon gibi fonksiyonlar üzerine kuruldu (Tablo 1).

Tablo 1. Konvansiyonel fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları

Kısa kaslar için kısa süreli germe
Spastik kaslara uzun süreli buz uygulamaları
Antispastik pozisyonda uzun süreli germe
Spastik kasların gövdelerine ve ayakaltına derin masaj
Topuğun mobilizasyonu
Aşil tendonunun ve hamstring kaslarının tendonlarının mobilizasyonu
Alt gövdenin üst gövdeye göre rotasyonu
Alt ekstremitedeki zayıf kasların kuvvetlendirilmesi
Mobilizasyon egzersizleri
Yürüme ve ayakta durma eğitimi
Merdiven çıkma aktiviteleri
Denge eğitimi

Çalışma grubuna genel fizyoterapiye ek olarak kombine elektroterapi cihazı (Chattanooga Marka Intellect Advanced Monochromatic Combo marka) ile YVKGS uygulandı. Akım her atımı bir çift monofazik sivri dalga formu içerecek ve 1 saniyedeki atım frekansı 100 pps olacak şekilde belirlendi. Uygulama tekniği olarak 10 sn atım, 50 sn dinlenme olacak şekilde 10:50 oranına sahip

Russian Tekniği kullanıldı. Çıkış voltajı hastanın tolerabilitesine göre değişim gösterdi. Karbon yüzeyel elektrotlar kuadriseps kasının motor noktasına negatif elektrot (-), aynı kasın kirişine yakın yere ise pozitif (+) elektrot gelecek şekilde deri üstüne yapıştırıldı. İki çıkışlı olan bu cihazın bir kanalı sağ, diğer kanalı sol kuadriseps kasına bağlandı. Her bir kas aynı anda 20 dakika süreyle YVKGS ile uyarıldı.

İstatistiksel değerlendirme Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) for Windows (15.0 version) programıyla yapıldı. İstatistiksel analizlerde p değeri 0.05 olarak seçildi. Ölçümle belirlenen değişkenler için ortalama \pm standart sapma; sayımla belirlenen değişkenler için % (yüzde) değeri hesaplandı. Her bir grupta 9 hasta olmakla birlikte alt ekstremiteye ait veriler 36 alt ekstremiteden alındı. Verilerin dağılımı Shapiro-Wilk testi ile belirlenip dağılımın normal olması durumunda parametrik testler (iki ortalama ve iki eş arasındaki farkın anlamlılık testi) kullanıldı. Normal dağılım görülmemesi durumunda ise aynı grup için tedavi öncesi ve sonrası elde edilen değerlerin karşılaştırılmasında Wilcoxon İşaret testi kullanıldı. Gruplara ait tedavi sonrası değerlerden tedavi öncesi değerlerin çıkarılmasıyla elde edilmiş gelişim (fark) verilerine ise Mann-Whitney U testi veya iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi uygulandı.

Bulgular

İki grup arasında hastaların yaşı, cinsiyeti, boy ve kilosu açısından anlamlı farklılık saptanmadı (Tablo 2).

Tedavi öncesi (TÖ) ile tedavi sonrası (TS) değerlerin grup içi karşılaştırmaları dikkate alındığında, çalışma grubunda, iki parametre (1 dakikada atılan adım sayısı ve 1 dakikada kat edilen mesafe) hariç geri kalan 12 değerlendirme parametresinde anlamlı gelişmeler tespit edilirken, kontrol grubunda ise sadece altı parametrede (KMFÖ, KMPÖ, kalça fleksiyon gücü, kalça ekstansiyon gücü, kalça abduksiyon gücü ve tibialis anterior gücü) anlamlı gelişmeler görüldü (Tablo 3 ve Tablo 4).

TS ile TÖ değerlerin farkı (Fark TS-TÖ) dikkate alınarak yapılan gruplar arası karşılaştırmalarda ise altı parametre (KMPÖ, MAÖ-hamstring, Hamstring kısalığı, Diz ekstansiyon kısıtlılığı, Diz ekstansiyonu, Kuadriseps gücü) açısından çalışma grubunun üstün olduğu bulundu (Tablo 3 ve Tablo 4).

Tablo 2. Demografik bilgiler

	Çalışma grubu n=9	Kontrol grubu n=9	t	p
Cinsiyet (n, %)				
Erkek	4 (% 40)	4 (% 40)	0.000	1.000
Kız	5 (% 50)	5 (% 50)		
Yaş ($\bar{X} \pm SS$) (min-mak)	5.22±2.22 (3-8)	6.00±1.94 (4-8)	-1.054	0.292
Boy (cm) ($\bar{X} \pm SS$)	101.00±9.99	104.44±16.76	-0.530	0.605
Kilo (kg) ($\bar{X} \pm SS$)	14.22±4.24	17.56±6.64	-1.270	0.222

π : Ki kare değeri, $\pi\pi$:Man Whitney U testi Z değeri, n: kişi sayısı, \bar{X} : Ortalama, SS: Standart sapma *: $p < 0,05$ %: yüzde

Tablo 3. Grupların fonksiyonel seviyelerinin ve mobilizasyon düzeylerinin karşılaştırılması

		ÇALIŞMA GRUBU (n=9)	KONTROL GRUBU (n=9)	p ¹
KMFÖ	Fark (TS-TÖ)	2.83±2.06	1.55±1.62	0.094 ^β
	TÖ	12.68±7.32	13.70±10.84	0.818 ^β
	TS	15.51±7.25	15.25±11.39	
	p ₂	0.003*	0.005*	
KMPÖ	Fark (TS-TÖ)	17.11±7.98	5.89±4.62	0.002*
	TÖ	114.00±48.48	144.11±91.52	0.508
	TS	131.11±48.72	150.00±94.06	
	p ₂	0.0001**	0.021*	
1 dakikada atılan adım sayısı	Fark (TS-TÖ)	5.11±10.14	3.89±7.49	0.605
	TÖ	12.22±23,72	25.33±30.34	0.292
	TS	17.33±33.77	29.22±35.91	
	p ₂	0.157	0.068	
1 dakikada kat edilen mesafe (m)	Fark (TS-TÖ)	1.09±2.16	0.89±1.64	0.494
	TÖ	2.41±4.70	7.00±8.52	0.387
	TS	3.50±6.85	7.89±9.84	
	p ₂	0.180	0.068	

\bar{X} : ortalama, SS: standart sapma, n: kişi sayısı, TÖ: tedavi öncesi, TS: tedavi sonrası, KMFÖ: Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü, KMPÖ: Kaba motor performans ölçümü, ^β: t testi, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, m: metre, p¹: gruplar arası karşılaştırmaların anlamlılık düzeyi, p₂: grup içi karşılaştırmaların anlamlılık düzeyi

Tartışma

Bu çalışmada, spastik diplejik tip serebral paralizili çocuklarda, klasik fizyoterapi yöntemlerine eklenen YVKGS'nin hamstring spastisitesi ve motor gelişim üzerine etkisi incelendi. Çalışmanın sonuçlarına göre, YVKGS eklenen çalışma grubundaki KMPÖ, diz ekstansiyonu ölçümleri, kuadriseps kas kuvveti, hamstring kısalığı ve spastisitesi verilerinde kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzelmeler tespit edildi.

Çalışmamızın her iki grubunda da KMFÖ ve KMPÖ puanlarının anlamlı düzeyde geliştiği, KMPÖ puanındaki gelişme derecesinin ise

çalışma grubunda daha iyi olduğu belirlendi. Literatür incelendiğinde fizyoterapi programlarının SP'li çocuklarda KMFÖ puanlarını artırdığı görülmektedir (19-21). Bu açıdan verilerimizin literatürle uyumlu olduğu görülmektedir.

Yürüme fonksiyonları dikkate alındığında çalışmamızın her iki grubunda da anlamlı bir gelişme tespit edilmedi. Ancak, literatürde spastik diplejik SP'li çocuklarda elektrik stimülasyonu ile yürüme parametrelerinde anlamlı değişikliklerin ortaya çıktığı bildirilmiştir (22). Çalışma prosedürlerinin farklılığı ve çalışmaya dâhil edilen çocukların fonksiyonel düzeyi nedeniyle çalışmamızda farklı sonuçlara varılmış olabilir.

Tablo 4. Alt ekstremiteye ait verilerin karşılaştırılması

		ÇALIŞMA GRUBU	KONTROL GRUBU	p ¹
		$\bar{X} \pm SS$ (n=18)	$\bar{X} \pm SS$ (n=18)	
MAÖ-hamstring	Fark (TS-TÖ)	-1.78±0.65	-0.11±0.90	0.0001**
	TÖ	4.11±0.58	3.33±1.08	0.025*
	TS	2.33±0.84	3.22±1.44	
	p ²	0.0001**	0.557	
Hamstring kısalığı (yer ile topuk arasındaki mesafe) (cm)	Fark (TS-TÖ)	8.83±3.99	1.28±2.67	0.0001 ^β
	TÖ	21.83±2.21	28.39±9.03	**
	TS	30.67±3.56	29.67±9.61	0.009*
	p ²	0.0001**	0.072	
Diz ekstansiyon kısıtlılığı (°)	Fark (TS-TÖ)	-11.00±3.90	-2.89±5.99	0.0001 ^β
	TÖ	29.83±4.77	25.61±5.65	**
	TS	18.83±6.55	22.72±9.31	0.021 ^β *
	p ²	0.0001**	0.103	
Diz fleksiyonu (°)	Fark (TS-TÖ)	2.78±4.61	1.11±3.23	0.213
	TÖ	133.33±10.85	135.56±15.42	0.261
	TS	136.11±10.92	136.67±12.83	
	p ²	0.025*	0.157	
Diz ekstansiyonu (°)	Fark (TS-TÖ)	8.33±10.99	2.44±5.37	0.0001**
	TÖ	-27.39±13.75	-25.61±5.65	0.023*
	TS	-19.06±6.98	-23.17±8.87	
	p ²	0.003*	0.102	
Kalça fleksiyon gücü	Fark (TS-TÖ)	0.50±0.51	0.22±0.43	0.087
	TÖ	2.50±0.51	2.89±0.90	0.215
	TS	3.00±0.49	3.11±1.13	
	p ²	0.003*	0.046*	
Kalça ekstansiyon gücü	Fark (TS-TÖ)	0.33±0.49	0.61±0.50	0.100
	TÖ	3.11±0.58	2.55±1.38	0.134
	TS	3.44±0.71	3.16±1.24	
	p ²	0.014*	0.001*	
Kalça abduksiyon gücü	Fark (TS-TÖ)	0.22±0.43	0.22±0.43	1.000
	TÖ	1.44±0.51	1.67±0.84	0.569
	TS	1.67±0.70	1.89±1.02	
	p ²	0.046*	0.046*	
Kuadriseps gücü	Fark (TS-TÖ)	1.06±0.24	0.11±0.32	0.0001**
	TÖ	1.61±0.50	1.89±0.32	0.058
	TS	2.67±0.49	2.00±0.49	
	p ²	0.0001**	0.157	
Tibialis anterior gücü	Fark (TS-TÖ)	0.56±0.51	0.33±0.49	0.186
	TÖ	1.78±0.65	1.78±0.81	0.891
	TS	2.33±0.84	2.11±1.13	
	p ²	0.002*	0.014*	

n: alt ekstremitte sayısı, MAÖ: Modifiye Ashworth Ölçeği, \bar{X} : ortalama, SS: standart sapma, TÖ: tedavi öncesi, TS: tedavi sonrası, ^β: t testi, *: p<0.05, **: p<0.01, cm: santimetre, p¹: gruplar arası karşılaştırmaların anlamlılık düzeyi, p²: grup içi karşılaştırmaların anlamlılık düzeyi.

Değiştirmeyi hedeflediğimiz diz ekstansiyonuyla ilgili veriler (diz ekstansiyon kısıtlılığı ve diz ekstansiyonu dereceleri), kontrol grubuna kıyasla çalışma grubumuzda daha üstün bir gelişme gösterdi. Aynı klasik fizyoterapi programına tabi tutulan iki grup arasındaki bu farklılıklar elektrik stimülasyonundan kaynaklanmış olabilir. Ancak, ekstansiyon ilintili verilerin başlangıçta (TÖ) farklı olması da buna yol açmış olabilir.

Hamstring spastisitesi, hamstring kısalığı ve kuadriseps gücü parametrelerimizde kontrol grubuna kıyasla çalışma grubumuzda anlamlı düzelmeler olurken, kalça eklemının gücünü değerlendiren parametrelerde ise gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı. Literatürde SP'li çocuklarda elektrik stimülasyonun kas kuvvetini, fonksiyonel düzeyi, eklem hareket genişliğini arttırıp kontraktür ve spastisiteyi azalttığına dair çalışmalar bulunmaktadır (9,23-27). Wong 1986 yılında, YVKGS ile literatürde daha sık kullanılan düşük voltaj NMES'yi karşılaştırmış ve YVKGS akımının daha az rahatsızlık hissi ile daha fazla güç üretebileceği sonucuna varmıştır (28). Düşük voltaj NMES birçok çalışmada kullanılmış olsa da, YVKGS ile yapılmış çalışmaların literatürde oldukça sınırlı olduğu ve diplejik spastik SP'li çocuklarda sadece bir çalışmada baş kontrolü için başarıyla kullanıldığı görülmektedir (29).

Kas kuvvetini artırabilmek ve resiprokal inhibisyonu sağlayabilmek için bir kasta maksimal kontraksiyonu açığa çıkarabilmek önemlidir (30). YVKGS, çok kısa olan atım süresi ve düşük ortalama akımı sayesinde daha az rahatsızlık hissine neden olup daha derine penetre olabilmektedir. Daha derine penetre olması sayesinde de daha fazla motor üniti ateşleyerek daha güçlü kontraksiyonu ortaya çıkarabilmektedir (28). Çalışmamızdaki uygulamanın çocuklar üzerinde yapıldığı düşünüldüğünde, akımın ağrı oluşturmaması veya tolere edilebilmesi önem kazanmaktadır. Çalışmamızda, YVKGS'nin bu özellikleri sayesinde maksimale yakın kasılmalarla kuadriseps kas kuvvetinin artmış olması ve stimülasyon sonucu oluşan resiprokal inhibisyon sayesinde hamstring kaslarındaki kas tonusunun azalmış olması muhtemeldir. Ayrıca kuadriseps kasında meydana gelmiş olan kontraksiyonlar ile hamstringler aktif olarak gerilmiş olabilir. Magnusson ve ark. (31) germe egzersizlerinin kas tendon biriminin gevşemesine yardımcı olarak ve ağrı toleransını etkileyip kasın germeye karşı toleransını değiştirerek kas boyundaki uzamayı oluşturduğunu ileri sürmüştür. Özellikle spastisitenin patofizyolojisi düşünüldüğünde her

iki mekanizmanın da kas tonusu regülasyonuna katkıda bulunduğu söylenebilir.

Düzenli ve tekrarlı germelerin kas tendon biriminin viskoelastik özelliklerinde küçük değişimlere neden olarak daha fazla uzamaya olanak sağladığı ve pasif gerilimi azalttığı bildirilmiştir (32). Stimülasyonun sağladığı aktif tekrarlı germeler sayesinde hamstringlerin su ve proteoglikan gibi jelimsi komponentleri daha az viskoz hale gelmiş (33) ve bu da kasın pasif harekete direncini azaltmış olabilir. Kısacası, elde edilen sonuçların (kuadriseps kasında kuvvet artışı ve hamstring kaslarında uzama) altında yatan mekanizmalar, maksimale yakın kuadriseps kontraksiyonuyla antagonist hamstringlerin dolaylı olarak gerilmesi, viskoelastik iç yapısının dolaylı yoldan değişimi ve ortaya çıkan resiprokal inhibisyon ile hamstring kasındaki kas tonusunun azalması olabilir.

Çalışmamızın en önemli limitasyonu hasta sayısının azlığı ve çalışmaya dâhil ettiğimiz çocukların fonksiyonel seviyelerinin geniş bir yelpazede yer almış olmasıdır. Bu kısıtlılıklar bazı verilerin yorumlanmasını zorlaştırmış ve bazı önemli değişimlerin istatistiksel anlama ulaşmasını önlemiş olabilir. Bu nedenle fonksiyonel olarak daha homojen ve daha geniş bir hasta popülasyonunda farklı subgruplar oluşturarak çalışma geliştirilebilir. Ayrıca, altı haftalık tedavi süresi, literatürdeki birçok çalışmaya oranla daha kısa olup daha uzun tedavi ve takip süreli çalışmalar yapılabilir.

Sonuç olarak, çalışma grubumuzda ortaya çıkan olumlu gelişmeler dikkate alındığında spastik diplejik serebral palsili hastaların tedavi programlarına eklenecek YVKGS ile kuvvetlendirmenin rehabilitasyon sonuçlarını geliştirebileceği kanısındayız.

Kaynaklar

1. Damiano DL, Laws E, Carmines DV, Abel MF. Relationship of spasticity to knee angular velocity and motion during gait in cerebral palsy. *Gait & Posture* 2006; 23(1): 1-8.
2. Şimşek İ. Serebral Palsi. In: Beyazova M KY, editor. *Fiziksel Tıp Ve Rehabilitasyon Cilt 2*. Ankara: Güneş Kitabevi, 2000: 2395-439.
3. Lance JW. The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg Lecture. *Neurology* 1980; 30(12): 1303-1313.
4. Sahin N, Ugurlu H, Albayrak I. The efficacy of electrical stimulation in reducing the post-stroke spasticity: a randomized controlled study. *Disabil Rehabil* 2012; 34(2): 151-156.

5. Newton RA, Karselis TC. Skin pH following high voltage pulsed galvanic stimulation. *Phys Ther* 1983; 63(10): 1593-1596.
6. Robinson AJ, Robinson AJ, Snyder-Mackler L. *Clinical Electrophysiology: Electrotherapy and Electrophysiologic Testing*. 3 ed. Baltimore: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
7. Sandlund M, Waterworth EL, Hager C. Using motion interactive games to promote physical activity and enhance motor performance in children with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil* 2011; 14(1): 15-21.
8. Daichman J, Johnston TE, Evans K, Tecklin JS. The effects of a neuromuscular electrical stimulation home program on impairments and functional skills of a child with spastic diplegic cerebral palsy: a case report. *Pediatr Phys Ther* 2003; 15(3): 153-158.
9. Khalili MA, Hajihassanie A. Electrical stimulation in addition to passive stretch has a small effect on spasticity and contracture in children with cerebral palsy: a randomised within-participant controlled trial. *Aust J Physiother* 2008; 54(3): 185-189.
10. Nelson RM, Hayes KW, Currier DP. *Clinical electrotherapy*. 3 ed. Stamford: Appleton & Lange, 1999.
11. Kaishou X, Tiebin Y, Jianning M. A randomized controlled trial to compare two botulinum toxin injection techniques on the functional improvement of the leg of children with cerebral palsy. *Clin Rehabil* 2009; 23(9): 800-811.
12. Gunel MK, Tarsuslu T, Mutlu A, Livanelioglu A. Investigation of interobserver reliability of the Gillette Functional Assessment Questionnaire in children with spastic diparetic cerebral palsy. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2010; 44(1): 63-69.
13. Okuma Y, Mizuno Y, Lee RG. Reciprocal Ia inhibition in patients with asymmetric spinal spasticity. *Clin Neurophysiol* 2002; 113(2): 292-297.
14. Morita H, Crone C, Christenhuis D, Petersen NT, Nielsen JB. Modulation of presynaptic inhibition and disynaptic reciprocal Ia inhibition during voluntary movement in spasticity. *Brain* 2001; 124(4): 826-837.
15. Chen SC, Chen YL, Chen CJ, Lai CH, Chiang WH, Chen WL. Effects of surface electrical stimulation on the muscle-tendon junction of spastic gastrocnemius in stroke patients. *Disabil Rehabil* 2005; 27(3): 105-110.
16. Bakhtiyari AH, Fatemy E. Does electrical stimulation reduce spasticity after stroke? A randomized controlled study. *Clin Rehabil* 2008; 22(5): 418-425.
17. Norkin CC, White DJ. *Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry*. Philadelphia, PA: F.A. Davis Company, 2009.
18. Hislop H. Daniels and Worthingham's *Muscle Testing: Techniques of Manual Examination and Performance Testing*. 9 ed. Missouri: Elsevier Saunders, 2013.
19. Christy JB, Chapman CG, Murphy P. The effect of intense physical therapy for children with cerebral palsy. *J Pediatr Rehabil Med* 2012; 5(3): 159-170.
20. Lee JH, Sung IY, Yoo JY. Therapeutic effects of strengthening exercise on gait function of cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2008; 30(19): 1439-1444.
21. Tsorlakis N, Evaggelina C, Grouios G, Tsorbatzoudis C. Effect of intensive neurodevelopmental treatment in gross motor function of children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46(11): 740-745.
22. Alabdulwahab SS, Al-Gabbani M. Transcutaneous electrical nerve stimulation of hip adductors improves gait parameters of children with spastic diplegic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation* 2010; 26(2): 115-122.
23. Stackhouse SK, Binder-Macleod SA, Stackhouse CA, McCarthy JJ, Prosser LA, Lee SC. Neuromuscular electrical stimulation versus volitional isometric strength training in children with spastic diplegic cerebral palsy: a preliminary study. *Neurorehabil Neural Repair* 2007; 21(6): 475-485.
24. Kamper DG, Yasukawa AM, Barrett KM, Gaebler-Spira DJ. Effects of neuromuscular electrical stimulation treatment of cerebral palsy on potential impairment mechanisms: a pilot study. *Pediatr Phys Ther* 2006; 18(1): 31-38.
25. Arya BK, Mohapatra J, Subramanya K, Prasad H, Kumar R, Mahadevappa M. Surface EMG analysis and changes in gait following electrical stimulation of quadriceps femoris and tibialis anterior in children with spastic cerebral palsy. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2012; 2012: 5726-5729.
26. Alabdulwahab SS. Electrical stimulation improves gait in children with spastic diplegic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation* 2011; 29(1):37-43.
27. Nunes LCBG, Quevedo A, Magdalon E. Effects of neuromuscular electrical stimulation on tibialis anterior muscle of spastic hemiparetic children. *Rev Brasil Fisioter* 2008; 12(4): 317-323.
28. Wong RA. High voltage versus low voltage electrical stimulation. Force of induced muscle contraction and perceived discomfort in healthy subjects. *Phys Ther* 1986; 66(8): 1209-1214.
29. Sherief AAA, Hamed SA. Effect of High Voltage Pulsed Galvanic Stimulation on Head Control in Spastic Diplegic Cerebral Palsy. *J Am Sci* 2013; 9(3): 185-188.
30. Sato T, Tsuboi T, Miyazaki M, Sakamoto K. Post-tetanic potentiation of reciprocal Ia

- inhibition in human lower limb. J Electromyography Kinesiology 1999; 9(1): 59-66.
31. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Dyhre-Poulsen P, McHugh MP, Kjaer M. Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. Arch Phys Med Rehabil 1996; 77(4): 373-378.
32. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Costa PB, et al. The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. J Orthop Sports Phys Ther 2008; 38(10): 632-639.
33. Bressel E, McNair PJ. The effect of prolonged static and cyclic stretching on ankle joint stiffness, torque relaxation, and gait in people with stroke. Phys Ther 2002; 82(9): 880-887.