

Hemiplejik Serebral Palsili Çocuklarda Nöromuskuler Elektrik Stimülasyonunun Fonksiyonel Hareketlilik Üzerine Etkisi

*Effect of Neuromuscular Electrical Stimulation on Functional Mobility in
Children with Hemiplegic Cerebral Palsy*

Tomris Duymaz

İstanbul Bilgi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul

ÖZ

GİRİŞ ve AMAÇ: Serebral palsili (SP) çocuklarda ayak bileği deformiteleri sıklıkla görülmekte ve çocukların fonksiyonelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, hemiplejik spastik tip SP'li çocukların tibialis anterior, peroneus longus ve peroneus brevis kaslarına uygulanan elektrik stimülasyonunun eklem hareket açıklığı ve fonksiyonel hareket becerileri üzerine olan etkinliğini araştırmaktır.

YÖNTEM ve GEREÇLER: Çalışmaya 5-15 yaş arası toplam 40 hemiplejik spastik tip SP tanılı çocuk alınmıştır. Çocuklar randomize olarak 2 gruba ayrılmıştır. Tedavi grubuna (n=20) nörogelişimsel tedavi ile birlikte nöromuskuler elektrik stimülasyonu (NMES), kontrol grubuna (n=20) ise sadece nörogelişimsel tedavi uygulanmıştır. Tüm tedavi yöntemleri haftada 3 gün olmak üzere 12 hafta boyunca toplam 36 seans uygulanmıştır. Tüm çocukların yaş, vücut kütle indeksi, kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemine (KMFSS) göre seviyeleri kaydedildikten sonra kaba motor fonksiyon ölççeği-88(KMFÖ-88) ile motor fonksiyonları, gonyometre ile ayak bileği eklem hareket açıklıkları, zamanlı ayağa kalk yürü ve zamanlı merdiven çıkıp inme testleri ile fonksiyonel hareket becerileri değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizinde SPSS 22.0 programı kullanılarak $p<0,05$ düzeyi anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR: Çalışmaya katılan çocukların yaş ortalaması 8.30 ± 2.49 'dur. Tedavi öncesi ve sonrası gruplar arası ve gruplar içerisinde yapılan karşılaştırmalarda tedavi grubunun aktif dorsi fleksiyon açıklığı, zamanlı kalk yürü testi ve zamanlı merdiven çıkıp inme testlerinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşme gözlenmiştir($p=0,033$; $0,015$; $0,036$).

TARTIŞMA ve SONUÇ: NMES tedavisinin, hemiplejik SP'li çocukların zayıf olan kaslarını kuvvetlendiren, spastik kaslarda germe etkisi oluşturarak gevşemelerini sağlayan ve kas imbalansını normalize ederek kaba motor fonksiyonlar, yürüme kabiliyeti ve fonksiyonel yeteneğin artmasını sağlayan bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Serebral palsy, nöromuskuler elektrik stimülasyonu, fonksiyonel mobilite

Yayın hakları Güncel Pediatri'ye aittir.

Sorumlu yazar yazışma adresi: Tomris DUYMAZ. İstanbul Bilgi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-posta:

SUMMARY

INTRODUCTION: Ankle deformities are frequently seen in children with cerebral palsy (CP) and affect the functioning of children negatively. The purpose of this study was to investigate the effect of electrical stimulation on the range of motion and functional mobility of movements of tibialis anterior, peroneus longus and peroneus brevis muscles in children with hemiplegic spastic type CP.

METHODS: A total of 40 hemiplegic spastic type CP children between 5 and 15 years of age were included in the study. Children are randomly divided into 2 groups. Neurodevelopmental therapy and neuromuscular electrical stimulation (NMES) was applied to the treatment group (n = 20), only neurodevelopmental therapy was applied to the control group (n = 20). A total 36 treatments were administered for 12 weeks, with 3 treatment sessions per week. After recording the age, body mass index, and gross motor function levels of the children, motor functional levels with the Gross Motor Function Scale (GMFM-88), ankle range of motion with goniometer, functional mobility skills with timed up and go test, timed stairs up and down test were evaluated. Statistical analysis was done by SPSS 22.0 program and significance was accepted as $p < 0.05$.

RESULTS: The average age of the children participating in the study was 8.30 ± 2.49 years. Comparisons between groups before and after treatment showed statistically significant improvement in range of active dorsi flexion, timed up and go test, and timed stairs up and down test in the treatment group ($p=0.033, 0.015, 0.036$).

DISCUSSION and CONCLUSION: NMES therapy has been identified as a method that strengthens the weak muscles of children with hemiplegic CP, relaxes them by creating stretching effects on spastic muscles, and normalizes muscle imbalance, thereby increasing gross motor functions, walking ability, and functional ability.

Keywords: Cerebral palsy, neuromuscular electrical stimulation, functional mobility

Giriş

Serebral Palsi (SP); gelişmekte olan fetal veya infant beyinde oluşan progresif olmayan bir hasara bağlı olarak gelişen, aktivite limitasyonuna neden olan, hareket ve postür gelişiminin bir grup kalıcı bozukluğudur. SP'deki motor bozukluklara çoğunlukla duyuşal ve algısal problemler, kognitif bozukluklar, iletişimşel ve davranışşal problemler, epilepsi ve sekonder kas-iskelet problemleri eşlik eder (1).

SP'li çocuklarda ayak bileği eklem hareketliliğinin yürüme, denge, postür kontrol, fonksiyonel hareketlilik üzerine önemli ölçüde etkisi olduğu bilinmektedir (2). Ancak bu çocuklarda spastisite gibi çeşitli motor fonksiyon bozukluklarından dolayı eklem biyomekaniklerinde de bozulmalar karşımıza çıkmaktadır. Özellikle spastik tip SP'li çocuklarda korteks ve üst motor nöron lezyonuna bağlı olarak alt ekstremitede gastrosoleus kas grubunun spastisitesi ve antagonistinde yer alan tibialis anterior kasının zayıflığına sıklıkla rastlanır. Spastisite antigravite kaslarında daha fazla açığa çıkar. Gastrosoleus kas grubunun vücuttaki temel antigravite kasları arasında yer aldığından SP'li çocuklarda tutulumuna sıklıkla rastlanır. Bu tablo neticesinde de pes planus, pes planovarus, pes planovalgus gibi ayak bileği deformiteleri meydana gelir. Eklem çevresindeki kasların imbalansı ile birlikte eklem mekaniğinin bozulması fonksiyonellik kaybına neden olur. Zaman içerisinde eklemdeki proprioseptif ve kinestetik duyuşlar da bozularak yürüme, denge kayıpları açığa çıkar (3).

SP rehabilitasyonu doğumdan başlayarak oldukça zorlu ve yoğun bir çabayı gerektirmektedir. SP tedavisinde fizyoterapi, medikal tedavi, psikolojik tedavi, özel eğitim, ergoterapi, elektroterapi ajanları, ortezleme, akuatik terapi, hipoterapi, cerrahi girişimler gibi pek çok uygulanan tedavi yöntemi yer almaktadır (4). SP'li çocukların bedensel engellerinin tedavisinde sıklıkla nörogelişimsel tedavi yöntemleri kullanılmaktadır. Nörogelişimsel tedavi, çocuğun duyuşal motor fasilasyonunu sağlıyan aktif hareketler açığa çıkartmaya yönlendiren yöntemlerdir. Pasif tedaviler olarak da ortez, bantlama, elektroterapi gibi yöntemlerden destek amacıyla faydalanılmaktadır. Aktif ve pasif tedavi yöntemleri birlikte kullanıldıklarında rehabilitasyonun etkinliği artmaktadır. Nöromuskuler elektrik stimulasyon (NMES) uygulaması da sıklıkla tercih edilen uygulamalar arasında yer almaktadır. NMES, zayıf olan kas gruplarını kuvvetlendirmek amacıyla kullanılır. NMES uygulamak için kullanılan elektrotlar zayıf

olan kasın origo-insersiosuna veya origo-motor noktasına yerleştirilerek kas kontraksiyonu oluşturacak dozda elektrik akımı verilir. Bu elektrik akımı ağrı oluşturmayan, yanık riski olmayan selektif olarak kas kontraksiyonu açığa çıkartacak lifleri uyaran bir akımdır. NMES uygulaması kliniklerde rutinde kullanılmakla birlikte literatürde halen etkinliğine yönelik çeşitli fikirler yer almaktadır(5,24).

Bu çalışmanın amacı ise, hemiplejik spastik tip SP'li çocukların tibialis anterior, peroneus longus ve peroneus brevis kaslarına uygulanan elektrik stimülasyonunun eklem hareket açıklığı (EHA) ve fonksiyonel hareket becerileri üzerine olan etkinliğini araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışma İstanbul'da Mavi pusula özel eğitim ve rehabilitasyon merkezine 27 Şubat-24 Haziran 2017 tarihleri arasında hemiplejik spastik tip SP tanısı ile başvuran 5-15 yaş arası 40 çocuk ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya dahil edilme kriterleri arasında SP tanısı almak, 5-15 yaş arasında olmak, kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemine göre 1 ve 2. seviyelerde olmak, koopere olmak yer almaktadır. Çalışmadan dışlanma kriterleri arasında ise, ileri derecede mental retardasyon, bilateral tutulum, son 1 yıl içerisinde alt ekstremitte cerrahisi geçirmek, görme ve işitme kaybı yer almaktadır. Çocuklar rehabilitasyon merkezine geliş sıralarına göre randomize edilerek 2 gruba ayrılmıştır. Tedavi grubuna (n=20) nörogelişimsel tedavi ile birlikte NMES, kontrol grubuna (n=20) ise sadece nörogelişimsel tedavi uygulanmıştır.

Nörogelişimsel tedavi yöntemi olarak her çocuğun kendi seviyesine uygun motor gelişim fasilasyonları, EHA ve dengeyi arttırmaya yönelik egzersizler çalıştırılmıştır. NMES (EMS 2000) ise Tibialis anterior, Peroneus longus, Peroneus brevis kaslarının origo ve insersiyolarına kontraksiyon açığa çıkartacak şiddette 30 dakika boyunca uygulama yapılmıştır. NMES ile 20 Hz frekansta, normal stimülasyon modunda, tırmanış süresi 4 sn, akım süresi 10 sn, dinlenme süresi 10 sn olan simetrik bifazik stimülasyon uygulanmıştır. Elektrotlardan aktif olan katot kasların origosuna, pasif olan anot ise insersiyosuna yerleştirilmiştir. Tüm tedavi yöntemleri haftada 3 gün olmak üzere 12 hafta boyunca toplam 36 seans uygulanmıştır.

Çocukların yaş, boy, kilo, vücut kütle indeksi (VKİ), kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemine (KMFSS) göre seviyeleri kaydedildikten sonra Kaba Motor Fonksiyon Ölçeği-88 (KMFÖ-88) ile motor fonksiyonları, universal gonyometre ile Kendall değerleri baz alınarak ayak bileği dorsi fleksiyon, plantar fleksiyon, inversiyon, eversiyon hareket açıklıkları, zamanlı ayağa kalk yürü ve zamanlı merdiven çıkıp inme testleri ile fonksiyonel hareket becerileri değerlendirilmiştir.

KMFSS, Dünya Sağlık Örgütü'nün uluslararası fonksiyon, özürlülük ve sağlık sınıflamasına özgü kavramları vurgulamaktadır. Çalışmaya uygun çocuk seçiminde önemli kriter olan motor fonksiyon seviyelerinin belirlenmesi için KMFSS'nin genişletilmiş ve yeniden düzenlenmiş Türkçe versiyonu Kerem Günel ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Çocukların motor fonksiyonları yaşa bağlı olarak değiştiğinden, her seviye için 2 yaşın altı, 4-6 yaş arası ve 6-12, 12-18 yaş arası olmak üzere her yaş grubundaki çocuğa göre fonksiyonlar tanımlanmıştır (6). KMFSS seviyeleri genel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

Seviye I: Sınırlama olmaksızın yürürler. Çok ileri motor becerilerde sorun olabilir.

Seviye II: Yardımcı araç olmadan yürüyebilirler. Topluluk içinde ve dışarıda yürümede sınırlamalar vardır.

Seviye III: Yardımcı hareket araçlarıyla yürürler. Dışarıda ve topluluk içinde yürümede zorluklar vardır.

Seviye IV: kendi kendilerine hareket kabiliyetleri sınırlıdır. Çocuklar taşınır ya da kendi gücüyle çalışan hareketlilik araçları kullanırlar.

Seviye V: Yardımcı cihazlar kullanılsa bile kendi kendilerine hareketleri tamamen sınırlıdır.

KMFÖ-88, kaba motor fonksiyonları ve bu fonksiyonlardaki değişikliği göstermede kullanılan kriterlerin referans alındığı 88 sorudan Russell ve ark.ları tarafından oluşturulmuş ölçümdür. Normal motor gelişimi takip eden sırtüstü, yüzüstü, emekleme, oturma, dizüstü, ayakta durma pozisyonlarında, yürüme ve merdiven aktivitelerini içermektedir. Yatma-yuvarlanma bölümünde 17, oturma bölümünde 20, emekleme-dizüstü kısmında 14, ayakta durma kısmında 13, yürüme-koşma-merdiven çıkma bölümünde ise 24 olmak üzere toplam 88 sorudan oluşmaktadır. Her sorunun puanlaması için 0; hareketi başlatamaz, 1; hareketin bir miktarını aktif olarak başlatır (<%10), 2; hareketi kısmen tamamlar ancak bitiremez (%10-%90), 3; hareketi bağımsız olarak tamamlar şeklinde tanımlanmıştır.

Maksimum total puan 264'tür. Toplam puan hesaplanabildiği gibi, her bölümün kendi içinde yüzdeler olarak hesaplanması da mümkündür(7).

Zamanlı ayağa kalk ve yürü testi; yürüme hızı, postüral kontrol, fonksiyonel mobilite ve denge gibi çeşitli bileşenleri ölçmektedir. Değerlendirmede, çocuklar arkılığı olan, kol desteği olmayan bir sandalyede kalça ve dizleri 90° fleksiyonda oturacak şekilde duvardan 3 metre mesafede olacak şekilde oturtulmuştur. Çocuğun sandalyeden kalkıp, yürüyüp duvardaki işaretli resme dokunup tekrar geri dönüp oturması istenmiştir(8). Çocuktan bu hareketi iki kere yapması istenerek sandalyeden kalkıp tekrar sandalyeye oturana kadar geçen süre kaydedilmiştir. İki ölçümün ortalaması kaydedilmiştir.

Potansiyel olarak kas-iskelet sistemindeki ve nöromusküler sistemdeki postür kontrolü ile ilgili gelişmeleri yansıtmaktadır. Zamanlı merdiven çıkıp inme testi, kuvvet, hız, aktif eklem hareketi, geriye dönme kabiliyeti gibi fonksiyonel mobilite parametrelerini değerlendirmektedir. Test; çocuğun merdiven basamaklarını çıkması, orada dönüp başlangıç noktasına geri gelmesinden oluşmaktadır. Testin başlangıcında çocukların 10 basamaklı merdivenin alt kısmından 30 cm uzakta durmaları istenmiştir. Basamak yükseklikleri 17 cm'dir. 10 basamak merdiveni birer birer, çabuk ve dikkatli bir şekilde en üst basamağa kadar çıkıp burada beklemeden oldukları yerde dönüp merdiveni inmeleri istenmiştir. Merdivenin kenarlarındaki barlardan tutunarak herhangi bir şekilde çıkıp inmeleri serbest bırakılmıştır. Testin sonunda 2 ayak son merdiveni inene kadar geçen süre kaydedilmiştir(9).

İstatistiksel analiz: Çalışmanın istatistiksel analizi SPSS 22.0 programı kullanılarak yapılmıştır. Kolmogorow Smirnov testi ile verilerin normal dağılıma uyup uymadığı belirlenmiştir. Tanımlayıcı istatistiksel veriler kaydedildikten sonra non parametrik verilerin gruplar arası karşılaştırmasında Mann-Whitney U Test, tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırmasında Wilcoxon Test kullanılmıştır. $p < 0,05$ düzeyi anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular

Çalışmaya alınan çocukların %70'i erkek, %30'u kız; KMFSS'e göre %30'u Seviye I, %70'i Seviye II'dir. Demografik özellikleri Tablo 1'de yer almaktadır. Grupların yaş ve VKİ'leri arasında homojen bir dağılım bulunmaktadır ($p>0.05$).

Tablo 1. Hastaların demografik özellikleri

	NMES grubu (n=10) Ort±SS	Kontrol grubu (n=10) Ort±SS	z	p
Yaş (yıl)	8,20±2,86	8,40±2,40	-0,105	0,916 ^m
VKİ (kg/m ²)	22,08±3,08	22,10±3,63	-0,731	0,465 ^m

^mMann-Whitney U Test. NMES: Nöromuskuler elektrik stimulasyonu, VKİ: Vücut kütle indeksi

Tedavi öncesi ve sonrası gruplar arası ve gruplar içerisinde yapılan karşılaştırmalarda tedavi grubunun aktif dorsi fleksiyon açıklığı, zamanlı kalk yürü testi ve zamanlı merdiven çıkıp inme testlerinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşme gözlenmiştir ($p=0,033$; $0,015$; $0,036$) Böylelikle ek olarak NMES uygulanan grupta iyileşmenin daha fazla olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Gruplar arası ve grup içi kaba motor fonksiyon ölçümü, EHA, zamanlı kalk yürü ve merdiven testlerinin karşılaştırması

	NMES grubu Ort±SS	Kontrol grubu Ort±SS	z	p
KMFÖ TÖ	62,20±8,22	61,60±4,92	-0,105	0,917 ^m
KMFÖ TS	77,00±7,51	67,20±3,19	-1,163	0,035 ^{*m}
z	-2,060	-2,032		
p	0,039 ^{*w}	0,042 ^{*w}		
Zamanlı kalk yürü testi TÖ	21,60±4,03	26,00±4,84	-1,576	0,115 ^m
Zamanlı kalk yürü testi TS	15,20±2,86	23,60±4,66	-2,424	0,015 ^{*m}
z	-2,041	-2,060		
p	0,041 ^{*w}	0,039 ^{*w}		
Merdiven testi TÖ	22,80±3,70	26,00±2,91	-1,156	0,248 ^m
Merdiven testi TS	17,80±3,56	23,00±3,31	-2,102	0,036 ^{*m}
z	-2,041	-2,041		
p	0,041 ^{*w}	0,041 ^{*w}		
Dorsi fleksiyon TÖ	8,80±4,32	7,40±1,81	-0,636	0,525 ^m
Dorsi fleksiyon TS	14,00±3,39	9,80±0,83	-2,128	0,033 ^{*m}
z	-2,032	-1,841		
p	0,042 ^{*w}	0,066 ^w		

* $p<0,05$. ^mMann-Whitney U Test; ^wWilcoxon Test. KMFÖ: Kaba motor fonksiyon ölçümü; NMES: Nöromuskuler elektrik stimulasyonu; TÖ: Tedavi öncesi; TS: Tedavi sonrası.

Tartışma

SP’de spastisiteyi azaltmak, EHA’ını artırmak ve yürüyüş bozukluğu gibi fonksiyonel kayıpları gidermek rehabilitasyonun en öncelikli amaçlarından biridir (10). Bizim bu çalışmadaki amacımız da klasik egzersiz programına ek olarak uygulanan NMES tedavisinin SP’li çocukların kaba motor fonksiyonları, EHA ve fonksiyonel yeteneklerindeki artış üzerine etkisinin olup olmadığını araştırmaktır.

SP’li çocuklarda, spastik kas grupları ve antagonist kaslarında oluşan güçsüzlük neticesinde kas inbalansları sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu kas inbalansı postür, denge ve ambulasyon problemlerine neden olmaktadır (11,12). Crenna ve ark., yaptıkları çalışmada kas güçsüzlüğü, spastisite, antagonist kasların aşırı aktivasyonu, eklemler çevresindeki sertliğin SP’li çocuklarda postür ve yürümede bozukluklara neden olduğunu bulmuşlardır (13).

NMES, özellikle üst motor nöron lezyonu olan olgularda görülen spastik tonusu modüle etmek için kullanılmakta olan yöntemlerdir. Bunun için farklı mekanizmalar, çeşitli yollarla etki etmektedir. Bu mekanizmalar arasında, spastik kasın uyarılarak yorgunluk oluşturulması, nonspastik antagonist kasın uyarılmasıyla refleks inhibisyon oluşturulması, normal EHA paterninin kazandırılması ve duyuşal düzeyde uyarı ile afferent girdilerin modüle edilmesi yer almaktadır(14,15).

Stackhouse ve ark., NMES tedavisini spastik diplejik SP’li çocuklarda alt ekstremitelere uygulamışlar ve izometrik güçlendirme eğitimi ile karşılaştırmışlardır. NMES tedavisi quadriseps femoris ve triseps surae kaslarına elektrik stimulasyonu verilerek uygulanmış, tedavinin sonunda NMES grubunda quadriseps femoris ve triseps surae kaslarının kuvvet üretimi, ayak bileği ve diz eklemlerinin hareket açıklığının ve yürüme hızının daha fazla arttığını belirlemişlerdir (16). Carmick, SP’li çocuklardaki ekin deformitesinin tedavisi için triseps surae kasının NMES ile güçlendirilmesi gerektiğini, bu şekilde distal kas kontrolünü ve normal EHA’yı kazanıp yürüme paterni, denge ve vücut postürünün iyileştireceklerini savunmuştur(17). Hazlewood ve ark., 6 hafta boyunca haftada 6 gün 1’er saat boyunca tibialis anterior kasına elektrik stimulasyonu uyguladıkları SP’li çocukların ayak bileği dorsi fleksiyon açılarının arttığını ve yürüyüşlerinin düzeldiğini bildirmişlerdir (18). Bizim

de çalışmamızda literatüre paralel olarak tibialis anterior, peroneus longus ve brevis kaslarına NMES uyguladığımız çocukların dorsi fleksiyon hareket açıklıklarının daha fazla artış gösterdiğini belirledik.

Karabay ve ark.nın çalışmasında 4 hafta boyunca nörogelişimsel tedaviye aldıkları SP'li çocukların bir grubuna ek olarak bantlama, diğer gruba ise ek olarak NMES tedavisi uygulamışlar ve özellikle NMES grubundaki çocukların oturma pozisyonundaki KMFÖ değerlendirmelerinin daha iyi olduğu bildirilmiştir (19). Kerr ve ark., 60 SP'li çocuğa uyguladıkları NMES tedavisinin kaba motor fonksiyonları geliştirmesi üzerine faydalı olduğunu bulmuşlardır (20). Van der Linden ve ark., SP'li çocukların gluteus maksimus kaslarına haftada 1 saat, haftada 6 gün, toplamda ise 8 hafta boyunca elektrik stimulasyonu uygulamışlar ve kontrol grubuyla karşılaştırdıklarında stimulasyon uygulamasının kaba motor fonksiyon ölçeğinin yürüme parametresinde belirgin iyileşme olduğunu bildirmişlerdir (21). Park ve ark., 8-16 yaş arası SP'li çocukların karın ve sırt kaslarına elektrik stimulasyonu uyguladıklarında kaba motor fonksiyon ölçeğinin oturma parametresinde iyileşme olduğunu ve lomber kifotik açının azaldığını görmüşlerdir (22). Stein bok ve ark., ambulasyonu olmayan çocuklarda ambulasyonu olanlara göre elektrik stimulasyonunun KMFÖ değerlendirmesinde daha fazla iyileşme sağladığını tespit etmişlerdir (23). Wright ve ark., spastik diplejik 10 çocuğun quadriseps ve triseps surae kaslarına elektrik stimulasyonu uygulamışlar, çalışmanın sonucunda kaba motor fonksiyonlarda, yürüme hızında iyileşme bulmuşlardır (24). Bu çalışmanın sonucunda da NMES uyguladığımız çocukların KMFÖ skorlarında ve fonksiyonel yeteneklerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın kısıtlılıkları: NMES'in etkinliğini daha net ortaya koyabilmek için elektromyografik ölçüm ve yürüme analizi parametrelerinin değerlendirmede kullanılamamış olması çalışmanın kısıtlılıkları arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak, NMES tedavisinin uygun dozda uygulandığında SP'li çocukların zayıf olan kaslarını kuvvetlendiren, azalmış EHA'nın, kaba motor fonksiyonların, yürüme kabiliyetinin ve fonksiyonel yeteneğin artmasını sağlayan bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Kaynaklar

1. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl.* 2007;109:8-14.
2. Willerslev-Olsen M, Lorentzen J, Nielsen JB. Gait training reduces ankle joint stiffness and facilitates heel strike in children with Cerebral Palsy. *NeuroRehabilitation* 2014;35:643-55.
3. Rasooli AH, Birgani PM, Azizi S, Shahrokhi A, Mirbagheri MM. Therapeutic effects of an anti-gravity locomotor training (AlterG) on postural balance and cerebellum structure in children with Cerebral Palsy. *IEEE Int Conf Rehabil Robot.* 2017;2017:101-105.
4. Novak I, McIntyre S, Morgan C, Campbell L, Dark L, Morton N, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol.* 2013;55:885–910.
5. Detrembleur C, Lejeune TM, Renders A, Van Den Bergh PY. Botulinum toxin and short-term electrical stimulation in the treatment of equines in cerebral palsy. *Mov Disord* 2002;17:162-9.
6. El Ö, Baydar M, Berk H, Peker Ö, Koşay C, Demiral Y. Inter observer reliability of the Turkish version of the expanded and revised gross motor function classification system. *Disability and Rehabilitation* 2012; 34: 1030-33.
7. Russell DJ, Avery LM, Rosenbaum PL, Raina PS, Walter SD, Palisano RJ. Improved scaling of the Gross Motor Function Measure for children with cerebral palsy. *Phys Ther.* 2000;80:873–885.
8. Williams E, Carroll SG, Reddihough DS, Philips BA, Galea MP. Investigation of the timed up&go test in children. *Developmental Medicine&Child Neurology* 2005;47: 518-524.
9. Ziano CA, Marchese VG, Westcott SL. Timed Up and Down Stairs Test: Preliminary Reliability of a New Measure of Functional Mobility. *Pediatric Physical Therapy* 2004; 90-98.
10. Dinçer Ü, Çakar E, Kıralp MZ, Dursun H. Diplejik serebral palsili hastalarda botulinum toksin uygulaması sonrasında fizyoterapi ve alt ekstremitte ortezinin etkinliğinin karşılaştırılması. *Türk Fiz Tıp Rehab Derg* 2008; 54: 41-5.
11. Tekin F, Kavlak E, Cavlak U, Altug F. Effectiveness of Neuro-Developmental Treatment (bobath concept) on postural control and balance in Cerebral Palsied Children. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;1-7.
12. Park ES, Park CI, Lee HJ, Cho YS. The effect of electrical stimulation on the trunk control in young children with spastic diplegic cerebral palsy. *J Korean Med Sci.* 2001;16:347-350.
13. Crenna P, Inverno M. Objective detection of pathophysiological factors contributing to gait disturbance in supraspinal lesions. In: *Motor Development in Children.* London: John Libbey Press; 1994. p.103-18.
14. 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; 18:31-8.

15. 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; 15:153-8.
16. 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; 21:475-85.
17. Carmick J. Managing equines in children with cerebral palsy: Electrical stimulation to strengthen the triceps surae muscle. *Dev Med Child Neurol* 1995; 37:965-75.
18. Hazlewood ME, Brown JK, Rowe PJ, Salter PM. The use of therapeutic electrical stimulation in the treatment of hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1994; 36: 661-73.
19. Karabay I, Doğan A, Ekiz T, Köseoğlu BF, Ersöz M. Training postural control and sitting in children with cerebral palsy: Kinesio taping vs. neuromuscular electrical stimulation. *Complementary Therapies in Clinical Practice* 2016; 24: 67-72.
20. Kerr C, McDowell B, Cosgrove A, Walsh D, Bradbury I, McDonough S. Electrical stimulation in cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol.* 2006; 48: 870-6.
21. van der Linden ML, Hazlewood ME, Aitchison AM, Hillman SJ, Robb JE. Electrical stimulation of gluteus maximus in children with cerebral palsy: effects on gait characteristics and muscle strength. *Dev Med Child Neurol.* 2003; 45: 385-90.
22. Park EY, Kim WH. Effect of neurodevelopmental treatment-based physical therapy on the change of muscle strength, spasticity, and gross motor function in children with spastic cerebral palsy. *J Phys Ther Sci.* 2017; 29: 966-969.
23. Steinbok P. Selection of treatment modalities in children with spastic cerebral palsy. *Neurosurg Focus.* 2006; 21: 4.
24. Wright PA, Durham S, Ewins DJ, et al. Neuromuscular electrical stimulation for children with cerebral palsy: A review. *Arch Dis Child* 2012; 97: 364-71.