

Farklı Fizyoterapi Uygulamalarının Spastisite Üzerine Kısa Dönem Etkilerinin Karşılaştırılması: Randomize Çapraz Çalışma

A Comparison of Immediate Effects of Different Physiotherapy Applications on Spasticity: Randomized Cross-Over Study

¹Güngör ÇOŞKUN^a, ²Serkan TAŞ^b

^aÜsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, İstanbul, Türkiye

^bAlanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Antalya, Türkiye

ÖZET Amaç: Bu çalışmanın amacı, spastisite regülasyonunda kullanılan transkütanöz elektriksel sinir stimülasyonu [transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS)], nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES) ve lokal vibrasyon uygulamalarının, kronik inmeli hastalarda spastisite üzerine anlık etkilerini incelemek ve uygulamaların etkilerini birbirleriyle karşılaştırmaktır. **Gereç ve Yöntemler:** Çapraz kontrollü olarak tasarlanan bu çalışma, 15 kronik inme hastasının katılımı ile gerçekleşti. Rastgele olarak 1 hafta arayla hastaların gastrocnemius kasına TENS ve NMES, tibialis anterior kasına lokal vibrasyon uygulaması yapıldı. Uygulamalardan önce ve sonra hastaların gastrocnemius kas tonusu Modifiye Ashworth Skalası (MAS); yürüyüş hızları Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT); dengeleri Berg Denge Ölçeği (BDÖ) ve ayak bileği eklem hareket açıklığı gonyometre ile değerlendirildi. **Bulgular:** TENS, NMES ve vibrasyon sonrası hastaların MAS skorları benzerdi ($p>0,05$). Tüm uygulamalardan sonra ZKYT skorlarının azaldığı bulundu ($p<0,05$); ancak uygulamalar arasında fark yoktu ($p=0,655$). TENS, NMES ve vibrasyon sonrası BDÖ skoru artsa ($p<0,05$) da fark, tüm gruplarda benzerdi ($p=0,335$). TENS sonrası hastaların aktif plantar fleksiyon, pasif dorsi fleksiyon ve aktif dorsi fleksiyon derecesinde; vibrasyon sonrası pasif plantar fleksiyon, aktif plantar fleksiyon ve pasif dorsi fleksiyon derecesinde artış vardı ($p<0,05$). **Sonuç:** Kronik inmeli hastalara uygulanan tek seanslık TENS, NMES ve vibrasyon uygulamalarının, hastaların kas tonusu üzerine etkisi olmazken; denge, yürütme hızı ve eklem hareket açıklığı üzerine istatistiksel olarak etkili olduğu bulundu. Bununla birlikte parametrelerin uygulama öncesi ve sonrası değerleri arasındaki farklar çok azdı. Tüm uygulamaların, incelenen parametreler üzerine etkileri benzerdi.

ABSTRACT Objective: To examine the immediate effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS), neuromuscular electrical stimulation (NMES), and local vibration applications used in spasticity regulation in patients with chronic stroke and to compare the effects of the applications with each other. **Material and Methods:** This cross-over and controlled study was conducted with the participation of 15 chronic stroke patients. Applications of TENS and NMES to the gastrocnemius muscle and local vibration to the tibialis anterior muscle of the patients were made randomly 1 week apart. Before and after each application, the gastrocnemius muscle tone of the patients via Modified Ashworth Scale (MAS), gait speed via Timed Up and Go Test (TUG), balance via Berg Balance Scale (BBS), and ankle range of motion via goniometer were evaluated. **Results:** MAS scores of patients were similar after TENS, NMES, and vibration ($p>0.05$). TUG scores decreased after all applications ($p<0.05$), but there was no difference between applications ($p=0.655$). The BBS score increased after TENS, NMES, and vibration ($p<0.05$), but the difference was similar in all groups ($p=0.335$). Patients' active plantar flexion, passive dorsi flexion, and active dorsi flexion increased after TENS, and their passive plantar flexion, active plantar flexion, and passive dorsi flexion increased after vibration ($p<0.05$). **Conclusion:** The single session TENS, NMES, and vibration applications in chronic stroke patients had no effect on muscle tone; however, these applications were statistically effective on balance, walking speed, and range of motion. The differences between parameters before and after the application were very small. The effects of all applications on the investigated parameters were similar.

Anahtar Kelimeler: İnme; kas spastisitesi; elektriksel uyarı tedavisi; fizik tedavi modaliteleri

Keywords: Stroke; muscle spasticity; electric stimulation therapy; physical therapy modalities

İnme, yaygın ve ciddi özür lülüğ e neden olan küresel bir sağlık sorunudur ve birçok ülkede 2 veya 3. en yaygın ölüm nedenidir.¹ Spastisitenin başlangıcı oldukça değişkendir ve inme sonrası kısa, orta veya

uzun dönemde ortaya çıkabilmektedir. İnme hastalarının %25'inde, inme sonrası ilk 6 haftada spastisite görülmektedir.² Ortaya çıkan spastisite, inme hastalarının esas olarak %79'unda dirseği, %66'sında el

Correspondence: Serkan TAŞ

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Antalya, Türkiye

E-mail: serkntas@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences.

Received: 11 May 2021

Received in revised form: 21 Oct 2021

Accepted: 22 Oct 2021

Available online: 27 Oct 2021

2536-4391 / Copyright © 2022 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

bileğini ve %66'sında ayak bileğini etkilemektedir.² Spastisite, alt ekstremitede en sık ayak ve ayak bileğinde görülmekte; ekinovarus deformitesine yol açmaktadır.² Ekinovarus deformitesi olan hastalar, zeminle optimal teması sağlayamadığından etkilenen ekstremitelerine daha az ağırlık aktarmaktadır.³ Transfer ve yürüme, temelde bir bacak üzerinde dengede durma ve diğer bacağı öne doğru sallama gibi aşamaları içeren bir aktivitedir. Spastisite, ayağın anormal pozisyonuna, spazma ve ağrıya neden olmanın yanı sıra hastaların dengesini, transferini, yürüyüş kinematığını ve günlük yaşam aktiviteleri sırasında gerçekleştirdikleri hareket paternlerini bozmaktadır.³

Spastisite tedavisi; provokatif faktörleri önlemeyi, kasın aşırı aktivasyonunu tedavi etmeyi ve spastisitenin neden olduğu komplikasyonları engellemeyi içermektedir.⁴ Spastisitenin regülasyonu için medikal tedavi, cerrahi müdahaleler ya da fizyoterapi uygulamaları yapılmaktadır. Spastisite regülasyonu için yapılan fizyoterapi uygulamaları arasında germe egzersizleri, pozisyonlama, inhibisyon ortezleri ya da elektrofiziksel modalitelerin kullanılması yer almaktadır.⁵

Transkütanöz elektriksel sinir stimülasyonu [transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS)], nöromusküler elektrik stimülasyon (NMES) ve lokal vibrasyon uygulamaları, klinikte spastisitenin regülasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. TENS resiprokal inhibisyonun modülasyonu, gerilim refleks uyarılabilirliğinin azaltılması ve presinaptik inhibisyonun artırılması gibi çeşitli mekanizmalarla spastisiteyi regüle ettiği varsayılmaktadır.⁶ Sağlıklı bireyler üzerinde yapılan çalışmalar, TENS'in uyarılmış bölgelerin kortikomotor uyarılabilirliğini azaltabildiğini göstermektedir.⁶ Diğer bir uygulama olan lokal vibrasyon, kas içiği primer uçlarının aktivasyonu ile Ia girdilerinin oluşumunu indüklemekte; aktive edilen Ia girdileri, intrakortikal inhibe edici ve kolaylaştırıcı girdilerin modülasyonu yoluyla kortikospinal yolun uyarılabilirliğini değiştirebilmektedir.⁷ Yapılan bir sistematik derleme sonucunda, inme hastalarında hemiplejik üst ekstremiteye uygulanan titreşim stimülasyonunun spastisiteyi azalttığı bildirilmiştir.⁸ Bunlara ek olarak spastik kas üzerine uygulanan NMES'in, kısa süreli otojenik inhibisyon (Ib inhibisyonu) ve Renshaw hücrelerinin tekrarlayan inhibis-

yonu ile spastisitede regülasyonu sağladığı bildirilmiştir.⁹ Spinal kord yaralanmalı bireylerde yapılan bir çalışma sonucunda, plantar fleksör spastisitesi için 3 farklı NMES uygulamasının etkileri incelenmiş ve "triceps surae" üzerine yapılan uygulamanın diğerlerine göre daha etkili olduğu belirtilmiştir.¹⁰

Literatür incelendiğinde, genel olarak elektrofiziksel modalitelerin spastisite üzerine uzun dönem etkilerinin incelendiği görülmüştür. Bununla birlikte literatürdeki çalışmalarda uygulanan TENS, NMES ve lokal vibrasyon modalitelerinin, spastisite üzerine gösterdikleri etkileri karşılaştıran bir çalışmaya da rastlanmamıştır. TENS, NMES ve vibrasyon modalitelerinin spastisite üzerine anlık etkilerinin ortaya konulması, bu alanda çalışan klinisyenlere yol gösterici olacaktır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, spastisitenin regülasyonunda kullanılan TENS, NMES ve vibrasyon modalitelerinin tek seans uygulamasının, kronik inme hastalarında denge, yürüme hızı, kas tonusu ve eklem hareket açıklığı (EHA) üzerine anlık etkilerini incelemek ve modalitelerin, incelenen parametreler üzerine etkilerinin birbirleriyle karşılaştırılmasıdır. Çalışmanın hipotezleri şunlardır:

H⁰: Uygulamaların, incelenen parametreler üzerine etkisi yoktur.

H¹: Uygulamaların, incelenen parametreler üzerine etkileri vardır ve tüm uygulamaların, incelenen parametreler üzerine etkileri benzerdir.

H²: Uygulamaların, incelenen parametreler üzerine etkileri vardır ve uygulamaların, incelenen parametreler üzerine etkileri birbirinden farklıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

1. GÜÇ ANALİZİ

Çalışmaya dâhil edilmesi gereken vaka sayısına karar verilmesi için özel bir istatistiksel yazılım kullanılarak güç analizi yapıldı (SPSS Sample Power 3.0 Software, IBM Corporation, Armonk, NY, ABD). Bu çalışmada, %80 güç ve %5 Tip 1 hata ile bireylerin beklenen Modifiye Ashworth Skalası (MAS) ortalamasının 2,6, standart sapmasının 0,63 olduğu durumda, uygulama öncesi ve sonrası 0,8'lik bir farkın anlamlı olarak gösterilebilmesi için en az 10 birey alınması gerekli olduğu sonucuna varıldı.¹¹

2. BİREYLER

Bu çalışma, 29-73 yaş aralığında 15 (6 erkek, 9 kadın) kronik inmeli hastanın katılımıyla gerçekleşti. Çalışmaya, Mini Mental Durum Testi'nden 23 ve üzeri puan alan, Ulusal Sağlık Enstitüleri İnme Ölçeği'nden 20 puandan az alan, Brunnstrom alt ekstremitte iyileşme evresi 3 ve üzeri olan, yardım almadan tek başına sandalyeden kalkabilecek hastalar dâhil edildi. Bu çalışmaya, baş dönmesi veya vestibüler bozukluğu olan, peroneal sinir lezyonu öyküsü, ihmal ve duyu kaybı olan, otururken ayağa kalkmaya engel olabilecek ortopedik rahatsızlığı olan, kas tonusu değerlendirmesini etkileyecek derecede eklem kontraktürü olan, MAS skoru 0 ve 4 olan bireyler dâhil edilmedi. Bu çalışmanın yapılabilmesi için Özel Üsküdar Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulundan 26.11.2020 tarihli gerekli izin ve onay alındı (61351342/2020-545). Çalışmaya dâhil edilen tüm hastalardan, Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak sözlü ve yazılı bilgilendirilmiş gönüllü onam formu alındı.

3. ÇALIŞMA PROTOKOLÜ

Çapraz kontrollü olarak planlanan bu çalışmaya alınan her hasta, 1 hafta arayla TENS, NMES ve lokal vibrasyon uygulamalarına tabi tutuldu. Öğrenme faktörü etkisinin en aza indirilebilmesi amacıyla bireylere yapılacak olan uygulamaların sırası bir program kullanarak randomize edildi (Randomizer.org).¹² Uygulamalar, nörolojik rehabilitasyon konusunda 3 yıllık deneyimli bir fizyoterapist tarafından yapıldı. Değerlendirmeler, yapılan uygulamalara kör bir fiz-

yoterapist tarafından gerçekleştirildi. Değerlendirmeler, uygulama öncesi ve uygulamadan hemen sonra olmak üzere gerçekleştirildi (Şekil 1).

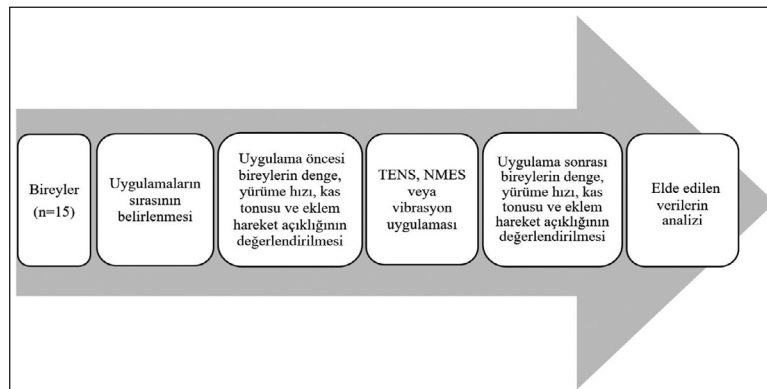
4. DEĞERLENDİRME VE VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Kas Tonusunun Değerlendirilmesi

Hastaların gastroknemius spastisite düzeyleri, değerlendirme esnasında hissedilen direnci subjektif olarak değerlendirilmesi esasına dayanan bir yöntem olan MAS'a göre değerlendirildi.¹³ MAS, spastisiteyi 0-4 arasında 6 derecede puanlayan bir ölçektir. Skala 0: Kas tonusunda artış yok; 1: Hareket aralığının sonunda kas tonusunda hafif bir artış; 1+: Hareket aralığının yarısından daha azında kas tonusunda hafif bir artış; 2: Hareket aralığının çoğunda kas tonusunda bir artış; 3: Pasif hareketi zorlaştıran belirgin tonus artışı; 4: Ayak bileği eklemi fleksiyon veya ekstansiyonda rijittir anlamına gelmektedir. Değerlendirme, hastalar yatakta diz eklemi ekstansiyonda sırtüstü yattıkça gerçekleştirildi. Ayak bileği eklemi, normal hareket açıklığı içerisinde hareket ettirilip karşılaşılan direnç terapist tarafından skalaya göre puanlandı.¹⁴

Aktif ve Pasif Eklem Hareket Açıklığı Ölçümü

Hastaların ayak bileği normal hareket açıklığı ölçümleri universal gonyometre kullanılarak yapıldı. Ölçümler, literatürde tarif edildiği şekilde hastalar sırtüstü yatış pozisyonundayken diz altlarına gastroknemius kasını gevşetmek için küçük bir yastık yerleştirilerek yapıldı.¹⁴ Ölçümlerde, pivot nokta olarak lateral malleol belirlendi. Ölçüm sırasında gonyometrenin sabit kolu, fibulanın lateral orta çizgisine paralel olarak yerleştirildi.



ŞEKİL 1: Çalışma akış şeması. TENS: Transkütanöz elektriksel sinir stimülasyonu; NMES: Nöromusküler elektrik stimülasyonu.

Hareketli kol ile 5. metatarsal kemiğin lateral orta çizgisi takip edildi. Ölçümler, 3 kere tekrarlandı ve değerlendirme için ölçüm sonuçlarının ortalamaları esas alındı.

Yürüme Hızının Değerlendirilmesi

Hastaların yürüme hızı ve dinamik dengeleri, geçerli ve güvenilir olduğu bildirilen Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT) kullanılarak değerlendirildi.^{15,16} Test için bir sandalye başlangıç noktası olacak şekilde belirlendi. Mezura ile sandalyeden 3 m uzaklıktaki bir nokta işaretlendi. Sandalyede oturan hastanın bu mesafeyi yürümesi ve geri dönüp sandalyeye tekrar oturması istendi. Değerlendirme sırasında hastalar eğer kullanıyorsa yürümeye yardımcı cihazlarını kullanabilecekleri konusunda bilgilendirildi. Değerlendirme öncesi hastalara deneme seansı uygulandı. Sandalyeden kalkma ile tekrar oturma arasında geçen zaman kronometre kullanılarak sn cinsinden kaydedildi. Test süresinin azalması, yürüme hızında artma ve dinamik dengede iyileşmeye işaret eder.^{15,17}

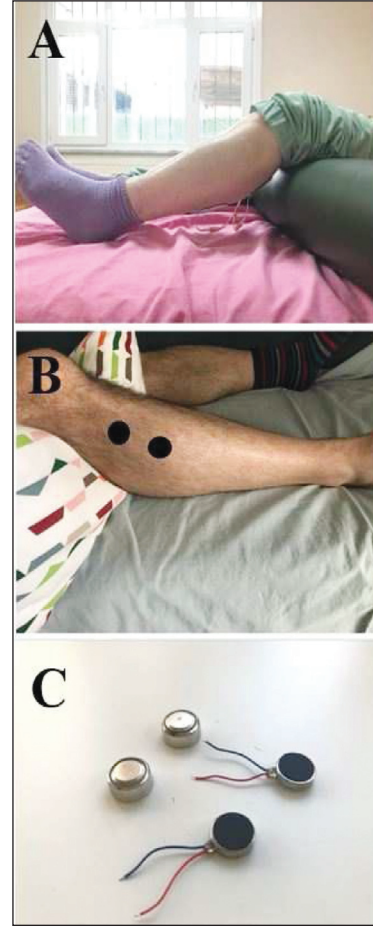
Denge Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında hastaların dengeleri, güvenli ve geçerli bir test bataryası olduğu bildirilen Berg Denge Ölçeği (BDÖ) kullanılarak değerlendirildi.^{18,19} Ölçek, 14 görevden (sorudan) oluşmaktadır. Her görev (soru), hastanın yeteneğine göre 0-4 arası puan alır. Toplam puan 0-56 arasında değişmektedir. Düşük puan, denge etkileniminin daha fazla olduğunu göstermektedir.

5. MÜDAHALELER

Transkütanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu

TENS uygulaması, taşınabilir bir elektroterapi cihazı kullanılarak yapıldı (Genesy 1200 Pro, Globus, İtalya). Hastalara TENS uygulaması, literatürde önerildiği şekilde 100 Hz frekans ve 180 µs atım süresine sahip 30 dk olarak uygulandı.⁶ Uygulama, hastalar sırtüstü yatış pozisyonunda, kalça ve dizi nötral pozisyonunda ve gastroknemius kasını gevşetmek için diz altına küçük bir yastık yerleştirilerek yapıldı. Elektrotlardan (5 cm²) birisi gastroknemius kasının en şişkin olan yerine diğeri ise bu elektrotun 5 cm distaline yerleştirildi (Resim 1).⁶ Akım şiddeti, hastaların belirgin karıncalanma hissettiği seviyeye kadar artırıldı.



RESİM 1: TENS, NMES ve vibrasyon uygulaması. **A)** TENS ve NMES uygulamalarında, elektrotlardan birisi gastroknemius kasının en şişkin olan yerine diğeri ise bu elektrotun 5 cm distaline yerleştirildi. **B)** Vibrasyon uygulamasında, vibrasyon motorlarından biri tibialis anterior kasının en şişkin olduğu noktaya diğeri ise bu motorun 5 cm distaline yerleştirildi. **C)** Vibrasyon uygulaması için kullanılan motorlar ve piller. TENS: Transkütanöz elektriksel sinir stimülasyonu; NMES: Nöromusküler elektrik stimülasyonu.

Vibrasyon

Çalışma kapsamında yapılan lokal vibrasyon uygulamaları, 10x3 mm büyüklüğünde şaftsız bir vibrasyon motoru kullanılarak (Ar-161, Fortor AS, Çin), literatürde tarif edildiği üzere 120 Hz frekansta olacak şekilde tibialis anterior kasına 30 dk uygulandı.⁷ Uygulamalar, hastaların sırtüstü yatış pozisyonunda, kalça ve dizi nötral pozisyonunda ve gastroknemius kasını gevşetebilmek için diz altına küçük bir yastık yerleştirilerek gerçekleştirildi. Vibrasyon motorlarından biri tibialis anterior kasının en şişkin yerine diğeri ise bu motorun 5 cm distaline yerleştirildi (Resim 1). Uygulama sırasında motorların kaymasını

engellemek için motorlar kumaş bant yardımıyla sabitlendi. Deri üzerinde basınç oluşturmamak adına kumaş esnek materyalden seçildi.

Nöromusküler Elektrik Stimülasyonu

NMES uygulaması, taşınabilir bir elektroterapi cihazı kullanılarak yapıldı (Genesy 1200 Pro, Globus, İtalya). Literatür incelendiğinde, NMES modalitesinin agonist stimülasyonu, antagonist stimülasyonu veya dermatom stimülasyonu şeklinde uygulandığı görülmektedir.^{10,20,21} Bu çalışmada, antagonist ve dermatom stimülasyonuna göre spastisite regülasyonunda daha etkili olduğu bildirilen agonist kas üzerine uygulama tercih edildi.¹⁰ NMES uygulaması, gastroknemius kası üzerine 60 Hz frekans ve 200 µs atım süresi ile 30 dk yapıldı.²⁰ Uygulama, hastalar sırtüstü yatış pozisyonunda, kalça ve dizi nötral pozisyonunda ve gastroknemius kasını gevşetmek için diz altına küçük bir yastık yerleştirilerek yapıldı. Elektrotlardan (5 cm²) birisi gastroknemius kasının en şişkin olan yerine diğeri ise bu elektrotun 5 cm distaline yerleştirildi (Resim 1).¹⁶ Akım şiddeti, kasta belirgin bir kontraksiyon görülene kadar artırıldı.

6. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analizler, SPSS 22.0 for Windows programı kullanılarak gerçekleştirildi (IBM Corporation, Armonk, NY, ABD). Parametrelerin normal dağılımları, görsel ve analitik yöntemler kullanılarak incelendi. Demografik veriler ve değerlendirilen parametreler, ortanca ve çeyrekler arası aralık kullanılarak verildi.

Parametreler	Ortanca (çeyrekler arası aralık)	
Yaş (yıl)	61 (43-64)	
Vücut ağırlığı (kg)	71 (63-86)	
Boy uzunluğu (m)	1,65 (1,58-1,77)	
BKİ (kg/m ²)	26,3 (24,9-28,0)	
İnme süresi (yıl)	3 (2-5)	
USEİÖ (skor)	4 (2-5)	
MMDT (skor)	24 (23-27)	
Cinsiyet		
	Erkek (n, %)	6, %40
	Kadın (n, %)	9, %60

BKİ: Beden kitle indeksi; USEİÖ: Ulusal Sağlık Enstitüleri İnme Ölçeği; MMDT: Mini Mental Durum Testi.

Uygulama öncesi ve sonrası değerler arasındaki farklar, Wilcoxon testi ile incelendi. Gruplar arası farklar, Kruskal-Wallis testi kullanılarak incelendi. Gruplar arasında fark bulunduğu durumda, farkın hangi gruptan kaynaklandığı Mann-Whitney U testi kullanılarak araştırıldı. Tüm analizlerde anlamlılık düzeyi p<0,05 olarak kabul edildi.

BULGULAR

Çalışmaya katılan hastalara ait demografik veriler Tablo 1’de yer almaktadır.

Hastaların MAS skorları, TENS (p=0,083), NMES (p=0,083) ve vibrasyon (p=0,153) uygulaması öncesi ve sonrası benzerdi (Tablo 2).

	TENS			NMES			Vibrasyon			
	Uygulama öncesi (n-%)	Uygulama sonrası (n-%)	p değeri	Uygulama öncesi (n-%)	Uygulama sonrası (n-%)	p değeri	Uygulama öncesi (n-%)	Uygulama sonrası (n-%)	p değeri	
MAS	0	0-0	0,083	0-0	0-0	0,083	0-0	0-0	0,157	
	1	7-46,7		7-46,7	7-46,7		8-53,3			
	1	1-6,7		2-13,3	1-6,7		2-13,3	1-6,7		0-0
	2	4-26,7		5-33,3	4-26,7		4-26,7	4-26,7		6-40,0
	3	3-20,0		1-6,7	3-20,0		2-13,3	3-20,0		1-6,7
	4	0-0		0-0	0-0		0-0	0-0		0

MAS: Modifiye Ashworth Skalası; TENS: Transkütanöz elektriksel sinir stimülasyonu; NMES: Nöromusküler elektrik stimülasyonu.

TENS ($p=0,038$), NMES ($p=0,014$) ve vibrasyon ($p=0,001$) uygulaması sonrasında ZKYT süresinin azaldığı bulundu. Bununla birlikte her 3 uygulama sonrasında ZKYT'deki azalma sürelerinin benzer olduğu bulundu ($p=0,655$). Kronik inmeli hastalarda TENS ($p=0,002$), NMES ($p=0,005$) ve vibrasyon ($p=0,008$) uygulamaları sonrasında BDÖ skorunun arttığı bulundu. BDÖ skorundaki artış miktarı, her 3 uygulama için benzerdi ($p=0,335$) (Tablo 3). TENS sonrası hastaların aktif plantar fleksiyon ($p=0,028$), pasif dorsi fleksiyon ($p=0,017$) ve aktif dorsi fleksiyon ($p=0,007$) derecesinde; vibrasyon sonrası pasif plantar fleksiyon ($p=0,046$), aktif plantar fleksiyon ($p=0,034$) ve pasif dorsi fleksiyon

($p=0,014$) derecesinde artış olduğu bulundu. Bununla birlikte NMES uygulamasının EHA üzerine anlamlı bir etkisi yoktu ($p>0,05$) (Tablo 3). Aktif dorsi fleksiyon derecesindeki artış miktarı TENS uygulamasında, NMES ($p=0,019$) ve vibrasyon uygulamasına ($p=0,026$) göre daha fazlaydı.

TARTIŞMA

Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, kronik inmeli hastalarda TENS, NMES ve/veya lokal vibrasyon uygulamasının yürüme hızı, denge, kas tonusu ve EHA üzerine anlık etkilerinin incelendiği ilk çalışmadır. Çalışmamızın H¹ ve H² hipotezi, kronik inmeli hastalarda TENS, NMES ve/veya vibrasyon uygulaması-

TABLO 3: Çalışmaya dâhil edilen hastaların TENS, NMES ve vibrasyon uygulamaları öncesi ve sonrası ZKYT, BDÖ ve normal eklem hareketi sonuçları.

Parametreler		TENS	Vibrasyon	NMES	p ²
		Ortanca (çeyrekler arası aralık)	Ortanca (çeyrekler arası aralık)	Ortanca (çeyrekler arası aralık)	
ZKYT (sn)	Uygulama öncesi	15,1 (13,4-18,4)	15,7 (14,1-19,1)	15 (13,2-18,0)	
	Uygulama sonrası	14,7 (12,1-18,3)	15,1 (13,4-19,2)	14,6 (12,9-17,5)	
	p ¹	0,038*	0,001*	0,014*	
	Fark	-0,5 (-0,75/-0,15)	-0,4 (-0,6/-0,3)	-0,6 (-0,9/-0,2)	0,655**
BDÖ (skor)	Uygulama öncesi	31 (24-39)	36 (26-39)	33 (23-43)	
	Uygulama sonrası	32 (24-44)	35 (24-43)	35 (24-43)	
	p ¹	0,002*	0,008*	0,005*	
	Fark	1 (1-3)	1 (1-3)	1 (1-3)	0,335**
Pasif plantar fleksiyon (°)	Uygulama öncesi	40 (36-45)	42 (36-45)	40 (35-45)	
	Uygulama sonrası	40 (38-45)	42 (37-45)	40 (35-45)	
	p ¹	0,066	0,046*	0,995	
	Fark	0 (0-0)	0 (0-1)	0 (0-0)	0,157**
Aktif plantar fleksiyon (°)	Uygulama öncesi	36 (29-45)	34 (29-45)	33 (29-42)	
	Uygulama sonrası	36 (30-45)	34 (29-45)	33 (29-43)	
	p ¹	0,028*	0,034*	0,066	
	Fark	0 (0-0)	0 (0-1)	1 (1-1)	0,631**
Pasif dorsi fleksiyon (°)	Uygulama öncesi	8 (0-17)	9 (0-17)	9 (1-16)	
	Uygulama sonrası	9 (0-19)	9 (0-18)	10 (5-16)	
	p ¹	0,017*	0,014*	0,429	
	Fark	0 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-1)	0,366**
Aktif dorsi fleksiyon (°)	Uygulama öncesi	5 (0-10)	5 (0-9)	5 (0-10)	
	Uygulama sonrası	6 (0-11)	5 (0-9)	5 (0-10)	
	p ¹	0,007*	0,317	0,990	
	Fark	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)	0,002**

*p¹<0,05, Wilcoxon testi (Tedavi öncesi ve sonrası grup içi karşılaştırma); **p²<0,05, Kruskal-Wallis testi (Gruplar arası karşılaştırma); TENS: Transkütanöz elektriksel sinir stimülasyonu; NMES: Nöromusküler elektrik stimülasyonu; ZKYT: Zamanlı Kalk ve Yürü Testi; BDÖ: Berg Denge Ölçeği.

nın yürüme hızı, denge performansı ve EHA'yı artıracağı ve kas tonusu azaltacağıydı. Elde edilen sonuçlar, TENS, NMES ve vibrasyon uygulamalarının kronik inmeli hastalarda kas tonusunu etkilemediği fakat hastaların denge performansını, yürüme hızını ve normal EHA'yı artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte uygulamalarla denge performansı, yürüme hızı veya normal EHA'da elde edilen artış miktarı oldukça azdı. Denge ve yürüme hızı fonksiyonla ilişkili olduğu için akut etkisinin sınırlı kaldığı düşünüldü.

Bu çalışma kapsamında hastaların kas tonusu, MAS kullanılarak uygulama öncesi ve sonrasında değerlendirildi. Çalışma kapsamında TENS ve NMES uygulaması agonist kas üzerine, vibrasyon uygulaması ise antagonist kas üzerine yapıldı. Böylece TENS uygulamasının, presinaptik inhibisyon ve gerilim refleksi uyarılabilirliğinin azaltılmasıyla; NMES uygulamasının ise Ib afferentleri üzerinden otojenik inhibisyon ve tekrarlayan Renshaw hücrelerinin uyarımıyla spastisitede regülasyon elde edilmesi amaçlandı.^{6,9} Vibrasyon uygulamasıyla ise antagonist kasın kas içiği primer uçlarının aktivasyonu ile Ia afferentleri girdilerini indükleyip, resiprokal inhibisyon ile spastisitenin regülasyonu elde edilmeye çalışıldı.⁷ Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, H⁰ hipotezine uygun olarak tek seans TENS, NMES ve/veya lokal vibrasyon uygulamasının kronik inmeli hastalarda kas tonusunu etkilemediği bulundu. Literatürde, kronik inmeli hastalarda TENS, NMES ve/veya vibrasyon uygulamasının kas tonusu üzerine etkilerinin incelendiği bazı çalışmalar olduğu görülmektedir. Elde ettiğimiz sonuçlardan farklı olarak Cho ve ark., 60 dk TENS uygulamasının kas tonusunda anlamlı bir azalmaya neden olduğunu ancak bu etkinin 1 gün sonrasında eski hâline döndüğünü bildirmişlerdir.²² Mesci ve ark. ise 4 hafta boyunca haftada 5 gün olarak fizyoterapi ve rehabilitasyon programına ek olarak NMES uygulamasının, kas tonusunda anlamlı bir iyileşme sağlamadığını rapor etmişlerdir.²³ Costantino ve ark., 4 hafta boyunca haftada 3 gün 30 dk triceps brachii, ekstansör karpi radialis longus ve brevis kaslarına yapılan vibrasyon uygulamasının, kas tonusunda azalmaya neden olduğunu bulmuşlardır.²⁴ Ayvat ve ark., multipl sklerozlu hastalarda, gastroknemius kasına haftada 3 kez olarak 8 hafta boyunca

uyguladıkları lokal vibrasyon sonrasında, sadece 50 Hz frekanslı vibrasyon uygulanan grupta MAS skorunda bir azalma olduğunu bildirmişlerdir.²⁵ Bu çalışmada elde edilen sonuçların, literatürden farklı olmasının birkaç sebebi olabilir. Bu çalışma kapsamında yapılan uygulamalar tek seans olarak 30 dk uygulandı. Literatürde, elde ettiğimiz sonuçlardan farklı sonuç rapor eden diğer çalışmalarda ise uygulamaların tek seansta 60 dk ve/veya 4 hafta gibi uzun süre uygulandığı görülmektedir.²²⁻²⁴ Bu durum, kronik inme hastalarında MAS skorunda azalma elde edebilmek için uygulamaların daha uzun süre yapılması gerektiğini düşündürmektedir.

Diğer bir hipotezimiz ise TENS, NMES ve vibrasyon uygulaması sonrasında kronik inmeli hastalarının yürüme hızı ve denge performansında artış olacağıydı. Bu hipotez, uygulamalar sonrasında bireylerin kas tonusunda iyileşme olacağı ve bu iyileşmenin hastaların denge performansında ve yürüme hızında artışa neden olacağı düşüncesi üzerine kurulmuştu. Elde edilen sonuçlar, TENS, NMES ve vibrasyon uygulamaları sonrasında bireylerin yürüme hızı ve denge performansında artış olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte uygulamalar sonrasında yürüme hızında (ortanca değeri 0,5-0,6 sn) ve denge performansında (ortanca değeri 1 puan) artış oldukça sınırlıydı. Uygulamalar sonrasında kas tonusunda belirgin bir azalma elde edilememesi, yürüme hızı ve denge performansında beklenen kazanımın elde edilememesinin önemli bir sebebi olabilir. Literatür incelendiğinde, kronik inmeli hastalarda TENS, NMES ve vibrasyon uygulamalarının yürüme hızı ve denge performansı üzerine etkilerinin incelendiği birkaç çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda, inmeli hastalarda 4-6 hafta boyunca uygulanan fizyoterapi ve rehabilitasyon programına ek olarak uygulanan TENS, NMES ve vibrasyon uygulamalarının yürüme hızında artışa neden olduğu rapor edilmiştir.^{7,11,26} Benzer şekilde kronik inmeli hastalarda 4-6 hafta boyunca uygulanan fizyoterapi ve rehabilitasyon programına ek olarak uygulanan TENS, NMES ve vibrasyon uygulamalarının, denge performansında artışa neden olduğu bildirilmiştir.^{11,26-28} İnmeli hastalarda fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarına ek olarak uygulanan TENS, NMES ve/veya vibrasyonun yürüme hızı ve denge performansında bir iyi-

leşme yarattığı görülmekle birlikte elde edilen sonuçlar, tek seans olarak yapılan bu uygulamaların kronik inmeli hastalarda denge ve yürüme hızını klinik olarak belirgin bir iyileşme yaratmadığına işaret etmektedir.

Elde edilen diğer bir sonuç ise kronik inmeli hastalarda TENS ve vibrasyon uygulamaları sonrasında ayak bileği EHA'sının arttığı, fakat NMES uygulamasının ise ayak bileği normal EHA'yı etkilemediğidir. Bununla birlikte TENS ve vibrasyon uygulamaları sonrasında ayak bileği dorsi veya plantar fleksiyon açısındaki kazanım miktarı yaklaşık 1° kadardı. Bu artış miktarı, oldukça az ve gonyometrik ölçümlerin hata sınırı içerisindeydi.²⁹ Bu nedenle elde edilen sonuçlar, bu uygulamaların klinik olarak anlamlı bir iyileşme sağlamadığı şeklinde yorumlandı. Kronik inmeli hastalarda TENS, NMES veya vibrasyon uygulamalarının EHA üzerine etkilerinin incelendiği bazı çalışmalar olmaktadır. Bu çalışmalarda, TENS, NMES ve vibrasyon uygulamalarının, kronik inmeli hastalarda normal EHA'da artışa neden olduğu bildirilmektedir.^{27,30,31} Elde ettiğimiz sonuçlardan farklı olarak literatürdeki sonuçların sebebi, bu çalışmalarda sözü edilen uygulamaların, fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarına ek olarak 4-6 hafta gibi uzun süre uygulanması ile ilişkili olabilir.^{27,30,31}

Çalışmamızın bazı limitasyonları vardı. Öncelikle bu çalışma, kronik inmeli bireylerde gerçekleşti. Akut veya subakut inmeli bireylerde etkisi araştırılan uygulamaların kas tonusu, yürüme hızı, denge performansı ve EHA üzerine anlık etkileri farklı olabilirdi. Çalışmaya dâhil edilen bireylerin kas tonusu,

MAS kullanılarak değerlendirildi. Bireylerin kas tonusu miyotonometre gibi duyarlı bir sistemle değerlendirilseydi, uygulamaların etkileri daha iyi bir şekilde ortaya konulabilirdi.

SONUÇ

Sonuç olarak elde edilen bulgular, kronik inmeli hastalarda tek seans TENS, NMES ve vibrasyon uygulamasının kas tonusu üzerine anlık etkisi olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte tek seans TENS, NMES ve vibrasyon uygulamalarının inmeli hastaların denge performansı, yürüme hızı ve normal EHA'yı artırmakla birlikte denge performansı, yürüme hızı veya normal EHA'da elde edilen artış miktarının oldukça az olduğu bulundu.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Bu çalışma hazırlanırken tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *Lancet*. 2011;377(9778):1693-702. [Crossref] [PubMed]
2. Thibaut A, Chatelle C, Ziegler E, Bruno MA, Laureys S, Gosseries O. Spasticity after stroke: physiology, assessment and treatment. *Brain Inj*. 2013;27(10):1093-105. [Crossref] [PubMed]
3. Gupta AD, Chu WH, Howell S, Chakraborty S, Koblar S, Visvanathan R, et al. A systematic review: efficacy of botulinum toxin in walking and quality of life in post-stroke lower limb spasticity. *Syst Rev*. 2018;7(1):1. [Crossref] [PubMed] [PMC]
4. Ward AB. A summary of spasticity management--a treatment algorithm. *Eur J Neurol*. 2002;9 Suppl 1:48-52; discussion 53-61. [Crossref] [PubMed]
5. Karakaya İÇ, Karakaya MG, Yılmaz ÖT. İnme rehabilitasyonunda kullanılan elektrofiziksel ajanlar. Karaduman A, Aksu Yıldırım S, Tunca Yılmaz Ö, editörler. İnme Sonrası Fizyoterapi ve Rehabilitasyon. 2. Baskı. Ankara: Hipokrat Kitabevi; 2016. p.155-72.
6. Mahmood A, Veluswamy SK, Hombali A, Mullick A, N M, Solomon JM. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity in adults with stroke: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2019; 100(4):751-68. [Crossref] [PubMed]
7. Paoloni M, Mangone M, Scettri P, Proccaccianti R, Cometa A, Santilli V. Segmental muscle vibration improves walking in chronic stroke patients with foot drop: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2010; 24(3):254-62. [Crossref] [PubMed]

8. Alashram AR, Padua E, Romagnoli C, Annino G. Effectiveness of focal muscle vibration on hemiplegic upper extremity spasticity in individuals with stroke: A systematic review. *Neuro Rehabilitation*. 2019;45(4):471-81. [Crossref] [PubMed]
9. Motta-Oishi AA, Magalhães FH, Micolis de Azevedo F. Neuromuscular electrical stimulation for stroke rehabilitation: is spinal plasticity a possible mechanism associated with diminished spasticity? *Med Hypotheses*. 2013; 81(5):784-8. [Crossref] [PubMed]
10. van der Salm A, Veltink PH, Ijzerman MJ, Groothuis-Oudshoorn KC, Nene AV, Hermens HJ. Comparison of electric stimulation methods for reduction of triceps surae spasticity in spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(2):222-8. [Crossref] [PubMed]
11. Park J, Seo D, Choi W, Lee S. The effects of exercise with TENS on spasticity, balance, and gait in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Med Sci Monit*. 2014; 20:1890-6. [Crossref] [PubMed] [PMC]
12. Research Randomizer [Internet]. Copyright © 1997-2021 by Geoffrey C. Urbaniak and Scott Plous [Erişim tarihi: 12 Kasım 2020]. Erişim linki: [Link]
13. Numanoğlu A, Günel MK. Intraobserver reliability of modified Ashworth scale and modified Tardieu scale in the assessment of spasticity in children with cerebral palsy. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2012;46(3):196-200. [Crossref] [PubMed]
14. Otman S, Köse N. İnmede fizyoterapi ve rehabilitasyon değerlendirmeleri. Karaduman AA, Aksu Yıldırım S, Tunca Yılmaz Ö, editörler. *İnme Sonrası Fizyoterapi ve Rehabilitasyon*. 2. Baskı. Ankara: Hipokrat Kitabevi; 2016. p.57-112.
15. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther*. 2000;80(9):896-903. [Crossref] [PubMed]
16. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther*. 2002;82(2): 128-37. [Crossref] [PubMed]
17. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2): 142-8. [Crossref] [PubMed]
18. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med*. 1995;27(1):27-36. [PubMed]
19. Sag S, Buyukavci R, Sahin F, Sag MS, Dogu B, Kuran B. Assessing the validity and reliability of the Turkish version of the Trunk Impairment Scale in stroke patients. *North Clin Istanbul*. 2018;6(2):156-65. [PubMed] [PMC]
20. Stein C, Fritsch CG, Robinson C, Sbruzzi G, Plentz RD. Effects of electrical stimulation in spastic muscles after stroke: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Stroke*. 2015;46(8):2197-205. [Crossref] [PubMed]
21. 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):105-10. [Crossref] [PubMed]
22. Cho HY, In TS, Cho KH, Song CH. A single trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) improves spasticity and balance in patients with chronic stroke. *Tohoku J Exp Med*. 2013;229(3):187-93. [Crossref] [PubMed]
23. Mesci N, Ozdemir F, Kabayel DD, Tokuc B. The effects of neuromuscular electrical stimulation on clinical improvement in hemiplegic lower extremity rehabilitation in chronic stroke: a single-blind, randomised, controlled trial. *Disabil Rehabil*. 2009;31(24):2047-54. [Crossref] [PubMed]
24. Costantino C, Galuppo L, Romiti D. Short-term effect of local muscle vibration treatment versus sham therapy on upper limb in chronic post-stroke patients: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53(1):32-40. [Crossref] [PubMed]
25. Ayvat F, Özçakar L, Ayvat E, Aksu Yıldırım S, Kılınc M. Effects of low vs. high frequency local vibration on mild-moderate muscle spasticity: Ultrasonographical and functional evaluation in patients with multiple sclerosis. *Mult Scler Relat Disord*. 2021;51:102930. [Crossref] [PubMed]
26. Conradsson M, Lundin-Olsson L, Lindelöf N, Littbrand H, Malmqvist L, Gustafson Y, et al. Berg balance scale: intratester test-retest reliability among older people dependent in activities of daily living and living in residential care facilities. *Phys Ther*. 2007;87(9):1155-63. [Crossref] [PubMed]
27. Khalifeloo M, Naghdi S, Ansari NN, Akbari M, Jalaie S, Jannat D, et al. A study on the immediate effects of plantar vibration on balance dysfunction in patients with stroke. *J Exerc Rehabil*. 2018;14(2):259-66. [Crossref] [PubMed] [PMC]
28. Lee D, Lee G, Jeong J. Mirror therapy with neuromuscular electrical stimulation for improving motor function of stroke survivors: A pilot randomized clinical study. *Technol Health Care*. 2016;24(4):503-11. [Crossref] [PubMed]
29. Martin RL, McPoil TG. Reliability of ankle goniometric measurements: a literature review. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2005;95(6):564-72. [Crossref] [PubMed]
30. Laddha D, Ganesh GS, Pattnaik M, Mohanty P, Mishra C. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on plantar flexor muscle spasticity and walking speed in stroke patients. *Physiother Res Int*. 2016;21(4):247-56. [Crossref] [PubMed]
31. 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):151-6. [Crossref] [PubMed]