



**T.C SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL FİZİK TEDAVİ REHABİLİTASYON
SAğLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ**

**HEMİPLEJİK HASTALARDA NÖROMÜSKÜLER ELEKTRİKSEL
STİMÜLASYONUN ÇAPRAZ-EğİTİM ETKİSİ ÜZERİNE AYNA TEDAVİSİNİN
ADİTİF ETKİSİ**

Dr. Ayőegl Kılıç Sönmez

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İstanbul/2021





**T.C SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
İSTANBUL FİZİK TEDAVİ REHABİLİTASYON
SAĞLIK UYGULAMA VE ARAŞTIRMA MERKEZİ**

**HEMİPLEJİK HASTALARDA NÖROMÜSKÜLER ELEKTRİKSEL
STİMÜLASYONUN ÇAPRAZ-EĞİTİM ETKİSİ ÜZERİNE AYNA TEDAVİSİNİN
ADİTİF ETKİSİ**

Dr. Ayşegöl Kılıç Sönmez

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İlhan Karacan

TIPTA UZMANLIK TEZİ

İstanbul/2021

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tez çalışmamda bilgi ve tecrübelerini paylaştan, beni her zaman öğrenmeye ve düşünüp sorgulamaya teşvik eden her zaman örnek aldığım saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. İlhan KARACAN'a,

Başta eğitimimiz için büyük emek veren hastanemiz eğitim sorumlusu Sağlık Bilimleri Üniversitesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim dalı başkanı Prof. Dr. Kadriye ÖNEŞ'e,

Eğitim sürecime katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Ayşe Nur BARDAK'a, Prof. Dr. Berna Çelik'e Doç. Dr. Derya SOY BUĞDAYCI'ya, Prof. Dr. Fatma Nur KESİKTAŞ'a, Prof. Dr. Nurdan PAKER'e

Kardeş kliniğimiz olan Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi'nin saygıdeğer Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon kliniği hocaları Doç. Dr. Burcu HAZER'e, Prof. Dr. Evrim COŞKUN'a, Doç. Dr. Mustafa Aziz YILDIRIM'a Doç. Dr. Pınar ÖZTOP ÇİFTKAYA'ya

Eş kıdemlerim, her zaman yolumuzun kesişmesini istediğim sevgili asistan arkadaşlarım Gülşah SOYTÜRK ve Mücahit ATASOY'a, tez çalışması sürecinde ve yazım sürecinde bütün sıkıntıları birlikte atlattığımız Ebru KARAKAYA'ya

Asistanlığa başladığımız andan itibaren akademik hayatta ve sosyal hayatta keyifle vakit geçirdiğimiz, katkılarını unutamayacağım değerli dostlarım Tuğçe YAVUZ MOLLAVELİOĞLU'na ve Havvanur ALBAYRAK'a

Hastanemizin tüm değerli uzmanlarına, tüm asistan arkadaşlarıma, kliniğimiz hemşirelerine, fizyoterapistlerine ve tüm çalışanlarına,

Beni mutlu bir insan olarak yetiştiren, her koşulda desteklerini hissettiren, muhteşem insanlar olan canım anneme ve babama, bütün hayatım boyunca yarı annem gibi davrandığım ablam Naciye'ye, Abim Nihat'a, hayatımızın neşesi miniğimiz Ayşe'ye, her zaman akıl danıştığım canım ablam Şebnem'e, ailemizin akıllısı Furkan'a

Her zaman desteğini hissettiğim, birlikte gülmekten en çok zevk aldığım sevgili eşim Haktan'a

Sonsuz teşekkürler...

Dr. Ayşegül KILIÇ SÖNMEZ

İstanbul 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR LİSTESİ	iv
TABLOLAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. İNME	4
2.1.1. Tanım	4
2.1.2. Epidemiyoloji	4
2.1.3 Yürüme Fonksiyonu ve İnme ile ilişkili Alt Ekstremitte Bozuklukları.....	5
2.1.4 İnme Rehabilitasyonu	7
2.2. Nöromusküler Elektriksel Stimülasyon (NMES)	8
2.2.1 Nörofizyolojik Etkileri	9
2.2.2 NMES elektrik akım karakteristikleri.....	10
2.2.3 NMES Uygulama Şekilleri.....	12
2.2.4 NMES Kontrendikasyonları	13
2.3 Çapraz Eğitim	14
2.4 Ayna Tedavisi	17
2.4.1 Ayna Tedavisinin Sinir Sistemi Üzerine Etkileri	18
2.4.2 Ayna Tedavisi Uygulama Yöntemleri	18
2.4.3 Çapraz eğitim ve Ayna Tedavisi	19
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	21
3.1. Hasta Seçimi	21
3.2. Çalışma Metodu.....	24
3.2.1 NMES Uygulama Protokolü	24

3.2.2 Ayna Tedavisi Uygulama Protokolü	25
3.3. Değerlendirme Ölçütleri	26
3.3.1 Ayak Bileği Dorsifleksör İzometrik Kuvvet Ölçümü	26
3.3.2 Alt Ekstremitte Brunnstrom Evrelemesi	28
3.3.3 Modifiye Ashworth Skalası	28
3.3.4 Fonksiyonel Ambulasyon Skalası	28
3.3.5 Zamanlı Kalk ve Yürü Testi	28
3.4. Körleme	28
3.5 İstatistiksel Analiz ve Örneklem Büyüklüğü	28
3.6 Çıkar çatışması	29
4. BULGULAR	30
5. TARTIŞMA	33
6. SONUÇLAR	40
7. KAYNAKLAR	41
8. EKLER	48
EK-1	49
EK-2	50
EK-3	52
EK-4	52
EK-5	53
9. ÖZGEÇMİŞ	54

KISALTMALAR LİSTESİ

BDÖ: Berg denge ölçeği
DSÖ: Dünya Sağlık Örgütü
EHA: Eklem hareket açıklığı
EMG: Elektromiyografi
FAS: Fonksiyonel ambulasyon skalası
H-refleks: Hoffman refleksi
KBAS: Kompleks bölgesel ağrı sendromu
Kg: Kilogram
MAS: Modifiye Ashworth skalası
ANS: Ayna nöron sistemi
MRG: Magnetik rezonans görüntüleme
NMES: Nöromüsküler elektriksel stimülasyon
pps: pulse per second
SARS-COV-2: Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2
SSS: Santral sinir sistemi
SVH: Serebrovasküler hastalık
TMS: Transkaniyal manyetik stimülasyon
ZKY: Zamanlı kalk ve yürü testi

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo-1: Grupların Demografik ve Klinik Özellikleri	23
Tablo-2: Plejik ve etkilenmemiş tarafta tedavinin kas kuvveti (kg.f) üzerine etkisi..	30
Tablo-3: Grupların FAS, TUG, Brunnstrom alt ekstemite skoru, plantar fleksör spastisite ortalamaları.....	32



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 1: Atımlı akımların temel karakteristikleri.....	10
Şekil 2: CONSORT Akış diyagramı.....	22
Şekil 3: Kontrol grubu NMES Tedavisi sırasında elektrotların yerleşimi ve hasta pozisyonu (yandan görünüş).....	24
Şekil 4: Ayna tedavisi sırasında hastanın pozisyonu (yandan görünüş).....	26
Şekil 5: Kuvvet ölçümü düzeneği.....	27
Şekil 6: Data kayıt cihazı ile alınan kuvvet ölçümlerine ait örnek trase.....	27
Şekil 7: Ayak bileği dorsifleksör kas kuvveti artışı üzerine tedavinin etkisi.....	31

ÖZET

HEMİPLEJİK HASTALARDA NÖROMÜSKÜLER ELEKTRİKSEL STİMÜLASYONUN ÇAPRAZ-EĞİTİM ETKİSİ ÜZERİNE AYNA TEDAVİSİNİN ADİTİF ETKİSİ

Amaç: Araştırmamızın amacı hemiplejik hastalarda unilateral sağlam taraf ayak bileği dorsifleksörlerine kısa dönem uygulanan elektriksel kas stimülasyonunun, kontralateral ayak bileği dorsifleksörlerinde potansiyel kuvvet arttırıcı etkisi üzerine ayna tedavisinin aditif katkısı olup-olmadığını incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamız prospektif randomize tek kör olarak tamamlandı. Yaş ortalaması 63.7 (48-85) yıl olan 7 kadın ve 22 erkek olmak üzere toplam 29 innmeli hasta çalışmaya dahil edildi. Serebrovasküler olay üzerinden geçen süre 28.4 (1-204) ay idi. Hastalar randomize olarak Ayna grubuna (n=15) ve Kontrol grubuna (n=14) atandı. Her iki gruba toplam beş gün olmak üzere bir hafta içerisinde beş seanslık nöromüsküler elektrik stimulasyonu (NMES), sağlam taraf ayak bileği dorsifleksörlerine uygulanıldı. Ayna grubunda ek olarak NMES ile eş zamanlı ayna tedavisi uygulandı. Tedavi öncesinde ve tedavi sonrasında her iki ayak bileği dorsifleksör kuvveti, kuvvet sensörleri ile ölçüldü.

Bulgular: Her iki grupta beş seans tedavi sonrası etkilenmemiş ve plejik tarafta kas kuvvetinde anlamlı artış olduğu saptandı (Zaman etkisi $F_{(1, 54)} = 21.7, p=0.0001$). Fakat bu kas kuvveti artışı açısından tedavi grupları arasında istatistiksel fark olmadığı saptandı (Zaman X Grup etkisi $F_{(1, 54)} = 0.4, p=0.546$).

Sonuç: Hemiplejik hastalarda, NMES'in çapraz eğitim etkisi ile plejik ekstremitede sağladığı akut kuvvet artışı üzerine ayna tedavisinin aditif katkısı bulunmamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ayna Tedavisi, Hemipleji, Kas kuvveti, Çapraz eğitim, Nöromüsküler elektriksel stimülasyon

ABSTRACT

ADITIVE EFFECT OF MIRROR THERAPY ON THE CROSS-EDUCATIONAL EFFECTS OF NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION IN HEMIPLEGIC PATIENTS

Aim: The aim of this study is to investigate whether mirror therapy has an additive effect on the potential strength-enhancing effect of short-term neuromuscular electrical muscle stimulation on unilateral less effected ankle dorsiflexors in hemiplegic patients.

Materials and Methods: Our study was designed as a prospective randomized single blind. A total of 29 stroke patients, 7 female and 22 male, with a mean age of 63.7 (48-85) years were included in the study. The time since cerebrovascular event was 28.4 (1-204) months. Patients were randomly assigned to the Mirror group (n = 15) and the control group (n = 14). Five sessions of NMES in a week for a total of five days were applied to both groups for the less effected ankle dorsiflexors. In addition, mirror therapy was applied simultaneously with NMES in the experimental group. Before and after treatment, both ankle dorsiflexor strength was measured with force sensors.

Results: After five sessions of treatment, there was a significant increase in muscle strength on the less effected and plegic sides (Time effect $F(1, 54) = 21.7$, $p = 0.0001$). However, it was found that there was no statistical difference between the treatment groups in terms of this muscle strength increase (Time X Group effect $F(1, 54) = 0.4$, $p = 0.546$).

Conclusion: In hemiplegic patients, mirror therapy does not have an additive effect on the acute strength increase provided by NMES in the plegic extremity with the cross education effect.

Key Words: Mirror Therapy, Hemiplegia, Muscle strength, Cross training, Neuromuscular electrical stimulation

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dirençli egzersizlerle kas kuvveti artışı erken dönemde nöral adaptasyonla, ilerleyen haftalarda buna eklenen kas hipertrofisi ile açıklanmaktadır. Nöral adaptasyonun en bariz gözlemlenebildiği egzersiz uygulaması çapraz-eğitim fenomenidir. Çapraz-eğitim egzersizleri ile unilateral ekstremiteye uygulanan (izometrik/izotonik/izokinetik egzersiz, NMES, vibrasyon) egzersizler ile, egzersiz yaptırılmayan kontralateral ekstremitelik homolog kas gruplarında hipertrofi olmaksızın kas kuvveti artışı gözlenmektedir [1-3]

Çapraz-eğitim fenomeni ve ayna tedavisinin temel benzerliği, unilateral ekstremitelik egzersizinin, kontralateral ekstremitelik motor kabiliyeti üzerine olumlu etki sağlama potansiyelidir. Çapraz-eğitim fenomeninde, ayna tedavisinden farklı olarak unilateral ekstremitelik beceri egzersizleri yerine dirençli kuvvetlendirme egzersizleri yaptırılır. Ayna tedavisinin temel prensibi unilateral ekstremitelik beceri egzersizleri sırasında oluşan motor korteks aktivitesinin, plejik taraf ekstremitelik için ayna yardımıyla oluşturulan görsel hareket illüzyonu sonucu, plejik taraf ekstremitelik motor fonksiyonlarını düzeltmek üzere plejik taraf kortekse projekte edilmesidir [1,2]. Lagerquist ve arkadaşları çapraz eğitim fenomeni sayesinde medulla spinaliste nöroplastisite gerçekleştiğini göstermişlerdir [4]. Cilt üzerine yüksek yoğunluklu elektrik stimülasyonu uygulanması medulla spinaliste afferent girdilerin artışı şeklinde nöroplastisiteyi indükler ve refleks yolağı üzerinden motor ünitelerin aktivitesini düzenler. Toca-herrera ve arkadaşları 36 sağlıklı gönüllü ile yaptıkları bir klinik araştırmada, non-dominant taraf rektus femoris kasına tek seans uygulanan elektriksel stimülasyonun dominant taraf rektus femoris izometrik kas kuvvetinde artışa neden olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışma ile çapraz eğitim fenomenin akut etkisi gösterilmiştir [5].

Çapraz eğitim fenomeninin inme gibi nörolojik bir bozuklukta kuvvetlendirme amaçlı kullanımı da literatürde incelenmiştir. Spinal segmental mekanizmalara ek olarak, birincil motor korteks (M1), tamamlayıcı motor alan, birincil duyuşal korteks (S1), serebellum, parietal lob ve singulat korteks gibi bilateral kortikal projeksiyonlara sahip çoklu beyin bölgeleri çapraz eğitime katkıda bulunabilir. İnme sonrası hasara rağmen bu bağlantılar kısmen bozulmadan kalabilir; bu nedenle, daha az etkilenen tarafı eğiterek daha fazla etkilenen uzuvların sinirsel uyarılabilirliğini ve kas gücünü düzenlemek mümkün olabilir. İnterlimb sinir

bağlantılarını aktive ederek, nöroplastisite indüklenebilir ve kronik inmeli hastalarda eğitimsiz uzuvlarda güç ve işlevi teşvik edebilir [6].

Ayna tedavisi, etkilenmemiş ekstremiteden geri bildirimler oluşturarak, nörolojik bozukluk nedeniyle vücudun etkilenmiş ekstremitesi tarafından sağlanamayan görsel ve propriozeptif uyarıları oluşturmayı amaçlar [7]. Literatür incelendiğinde, inmeli hastaların rehabilitasyonunda ayna tedavisi kullanımının, tedaviden sonra motor ve günlük fonksiyonlarda, hareket kontrol stratejilerinde ve günlük yaşam aktivitelerinde iyileşmeler sağladığı gösterilmiştir [8].

NMES tedavisi ile kombine bir şekilde uygulanan ayna tedavisi kognitif süreçlerin ve konsantrasyonun sürekliliğini sağlayarak ek bir katkı sağlayabilir. NMES, yüzey elektrotu yoluyla uygulandığında, motor lifleri aktive eder ve bu, etkilenen ön boynuz hücrelerinde postsinaptik aktiviteyi indükleyebilir. Önceki bazı çalışmalar, ayna tedavisinin etkilenmiş hemisfer motor korteksini harekete geçirdiğini göstermiştir. Ayna tedavisi ile indüklenen motor korteks aktivasyonunun, rezidüel piramidal sistemin iletkenliğini artırabileceği ve etkilenen ön boynuz hücrelerinde presinaptik aktiviteyi indükleyebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, ayna tedavisi ile birlikte NMES uygulandığında, etkilenen ön boynuz hücrelerinde senkronize presinaptik ve postsinaptik aktivite sağlamanın yapay bir yolu sağlanabilir ve bu da piramidal yol ile ön boynuz hücreleri arasındaki sinapsların iletkenliğini artırabilir [9]. Bu mekanizma ayna tedavisi ve NMES kombinasyonunun olası etkilerini açıklamak için kullanılabilir.

Literatürde ayna tedavisi ile elektrik stimülasyonun birlikte uygulandığı bazı araştırmalar mevcuttur [10-14]. Fakat bu araştırmalarda, elektriksel stimülasyon plejik ekstremiteye uygulanmıştır. Diğer deyişle, elektriksel stimülasyonun çapraz-eğitim fenomeni üzerinden etkisi incelenmemiştir. Unilateral kuvvetlendirme egzersizleri, hareket illüzyonu oluşturularak uygulandığında kontralateral ekstremitede, illüzyon oluşturmaksızın yapılan unilateral kuvvetlendirme egzersizlerinden daha fazla kuvvet artışı olup-olmayacağı bu araştırmanın ana sorusudur. Günümüze kadar bu konuda yapılmış bir araştırma, literatürde tespit edilmemiştir. Bu tez çalışmasının hipotezine göre hemiplejik hastalarda, sağlam taraf ayak bileği dorsifleksörlerine ayna tedavisi ve NMES'nun kombine bir şekilde uygulanması, kontralateral (plejik taraf) homolog kas kuvvetinde ve yürüme

fonksiyonlarında iyileşme sağlar. Bu tez araştırmasının amacı bu hipotezi test etmektir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. İNME

2.1.1. Tanım

İnme; serebral kan damarların tıkanması veya rüptürü nedeni ile gelişen ani nörolojik semptom ve bulgu oluşturan travmatik olmayan bir beyin hasarıdır. Bu tanımlama inme benzeri bulgulara sebep olabilen senkop, travmatik beyin hasarı, beyin tümörü, konvülsiyon gibi durumları kapsamaz [15].

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından “vasküler kaynak dışında bir sebebe bağlı olmayan, semptomları 24 saat veya daha uzun süren ya da ölüme yol açabilen, serebral fonksiyonların fokal (ya da global) bozukluğu ile ilişkili klinik bulguların hızlı geliştiği bir tablo” olarak tanımlanan inme, tüm dünyada ölümlerin ve disabilitenin önemli sebeplerinden biri olarak bilinen, kontrol edilebilir risk faktörlerine sahip, önlenabilir bir hastalıktır [16].

2.1.2. Epidemiyoloji

İnme gelişmiş ülkelerde ölüm sebepleri arasında üçüncü sırada yer alırken erişkin dönemde kronik fonksiyon ve yeti yitiminin temel sebeplerinden biridir [17].

DSÖ verilerine göre, çeşitli ülkelerde farklı olmak üzere, inme insidansı 100.000’de 200’dür [18]. 2016 yılında, Global Hastalık Yüğü çalışması araştırmacıları, 25 yaşından sonra dünya çapında yaşam boyu inme riskinin %25 olduğunu tahmin ettiklerini bildirmiştir. 1990’dan 2010’a kadar, küresel inme insidansı değişmemesine rağmen ölüm oranı ise %25 azalmıştır [19].

DSÖ ve Türkiye Sağlık İstatistiklerine göre serebrovasküler hastalık, Türkiye’de ikinci önde gelen ölüm nedenidir ve engelliliğe göre ayarlanmış yaşam yılı kayıplarında üçüncü sırada yer almaktadır. T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından yakın zamanda yapılan bir çalışmada inme insidansı ve prevalansı 69.6 ve 310 / 100.000 olarak bildirilmiştir ancak sağlık verilerinin kayıt altına alınmasındaki eksiklik nedeniyle bunun büyük ölçüde eksik bir tahmin olduğuna inanılmaktadır [20].

Aralık 2019’dan bu yana, Wuhan’da (Çin) Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 ’nin (SARS-CoV-2) neden olduğu ilk Koronavirüs Hastalığı teşhis edildi. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 11 Mart 2020’de pandemi ilan edildi. Hastanede yatan COVID-19 hastalarında, hastane içi mortalite oranı

yüksek olan vakaların %1 ila %2,5'inde akut inme gözlenmesinin, inme insidansında artışa neden olabileceğini düşündürmektedir [21].

2.1.3 Yürüme Fonksiyonu ve İnme ile İlişkili Alt Ekstremit

Bozuklukları

İnme sonrasında yürüme bozukluğu önemli sekellerden biridir ve hastaların %20-30'unda bağımsız ambulasyon yeniden kazanılamamaktadır. Hastaların büyük bir çoğunluğu yürüme yeteneğini yeniden kazanmasına rağmen yürüyüş anormalliği, kas spazmları ve düşük ayak gibi problemler yaşamaya devam ederler [22].

İnme ile ilişkili spastisite, paralizi gibi bozukluklar (impairment) ve heterotopik ossifikasyon, kompleks bölgesel ağrı sendromu gibi komplikasyonlar mobilite ve yürüyüş kaybına yol açabilir [22]. İnme ile ilişkili problemlerin temelini kas paralizileri oluşturmaktadır, bunun yanında spastisite, propiosepsiyon kaybı, anormal sinerji paternleri, eklem kontraktürleri, anormal kas motor aktivitesi ve bunların yürüme üzerine etkileri de değerlendirilmelidir [23].

Bu tezin konusu, yürüme fonksiyonunu en çok etkileyen inmeye bağlı bozukluklardan biri olan kas kuvvet kaybıdır. Kas kuvvet kaybı ile birlikte yürüme fonksiyonunu etkileyen inmeye bağlı diğer alt ekstremitede bozukları aşağıda özetlenmiştir.

2.1.3.1 Kas kuvvetsizliği

İnme sonrası hemiparezi, inme geçiren kişileri etkileyen ciddi bir motor bozukluktur. Kas zayıflığı, hareketsiz kalmaya veya önemli ölçüde azalmış fiziksel aktiviteye neden olabilir. Hsu ve ark. inmeli hastaların yürüme performanslarının sağlıklı deneklerle kıyasla, azalmış yürüme hızı ve sol-sağ uzaysal ve zamansal asimetri ile karakterize olduğunu göstermiştir. Bu yazarlara göre kalça fleksör kaslarının kuvveti ve hemiplejik uzvun diz ekstansör kasları, yürüme hızını belirleyen en önemli faktörlerdir. Ancak ayak bileği plantar fleksörlerinin spastisitesi ve dorsifleksör kasların kuvvetsizliği de bu asimetride önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. [24]. Hemiplejik bir deneğin patolojik yürüyüşünün, sağlıklı bir deneğe kıyasla iki kat enerji harcamasına neden olabileceği de gösterilmiştir [25].

İnme sonrası yavaş yürüyüş hızı, düşük ayak veya yürüyüşün salınım fazı sırasında ayak bileğinin tam olarak dorsifleksiyona getirilememesi nedenleriyle düşme riski artmıştır [26].

Literatürde hastaların kas kuvvetini ve yürüme fonksiyonunu değerlendirmek için sık kullanılan testler; Brzycki tarafından önerilen bir formül kullanılarak maksimum kuvveti hesaplama, dinamometre ile kas kuvveti ölçümü, Fonksiyonel ambulasyon skoru (FAS), Zamanlı kalk ve yürü (ZKY) testi, Altı Dakikalık Yürüme testi, On Metrelik Yürüme testleridir [25]. Bu tezde kas kuvveti dinamometre (kuvvet sensörü) ile, yürüme fonksiyonları FAS ve ZKY testi ile değerlendirildi.

2.1.3.2 Spastisite

Spastisite, üst motor nöron sendromunun bir bileşeni olarak germe refleksi hipereksitabilitesi ile sonuçlanan, artmış derin tendon refleksi ile birlikte tonik germe reflekslerinde (kas tonusunda) hıza bağlı artışla karakterize sensörimotor sistemin bir bozukluğu olarak tanımlanmaktadır [23]. İnme sonrası ekstremitte spastisitesi, çok yaygın bir komplikasyondur. Bu bozukluk genellikle, hastaların hareketliliğini ve fonksiyonel yeteneklerini büyük ölçüde sınırlayan ve yaşam kalitelerini düşürebilen istemsiz hareketleri içerir ve post-stroke ağrı ve engelliliğin önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilir. Post-stroke ekstremitte spastisitesi prevalansının %19 ila %42,6 olduğu ve engelliliğe neden olan spastisitesinin %2 ila %13 arasında değiştiği tahmin edilmektedir [27]. Klinikte spastisite değerlendirilmesinde en sık kullanılan değerlendirme yöntemi Modifiye Ashworth Skalası (MAS)'dır [23]. Bu tez araştırmasında spastisite MAS ile değerlendirilmiştir

2.1.3.3 Anormal Kas Sinerjileri

İnme sonrasında anormal kas sinerjileri olarak adlandırılan kombine hareketler ortaya çıkar. Bunlar, istemli olarak başlayan birincil harekete, istenmeyen sekonder hareketlerin de katıldığı stereotipik hareketlerdir. Stroke sonrası alt ekstremitte ağırlıklı olarak ekstensör sinerji paterni görülürken, fleksör sinerji paterni de görülebilir. Stroke sonrası hastalar sinerji paternlerinden, yürüyüşün çeşitli fazlarında faydalanabilirler ancak bu paternler hastalarda çeşitli kısıtlılıklara da neden olabilmektedir. Ekstensör sinerji paterninde basma fazında ayak bileği dorsifleksiyonu için gerekli olan kas aktivasyonunda kademeli artış görülmez [23]. Bu tezde sinerjileri değerlendirmek için, kas tonusu ve istemli-koordineli hareket becerisini de değerlendiren Brunnstrom evrelemesi kullanılmıştır.

2.1.3.4 Eklem Kontraktürleri

İnme sonrası alt ekstremitelerde en sık görülen kontraktür, ayak bileği plantar fleksiyon kontraktürüdür. İleri dereceli kontraktürler pasif stabiliteyi bozar ve yürümeyi güçleştirebilir [23]. Bu nedenler ile erken rehabilitasyon protokolleri ile eklem kontraktürlerinin engellenmesi şarttır. Bu tez araştırmasında kontraktörü olan olgular çalışma dışı bırakılmıştır.

2.1.4 İnme Rehabilitasyonu

İnme rehabilitasyonu, genel olarak engelliliği azaltmayı ve günlük yaşam aktivitelerine katılımı teşvik etmeyi ve toplamda yaşam kalitesini iyileştirmeyi amaçlar. İnme rehabilitasyonu bir süreçtir. Daha geniş anlamda ifade etmek gerekirse inme rehabilitasyonunun amacı; işlevin bozulmasını önlemek, işlevi iyileştirmek ve kalıcı fiziksel, psikolojik, sosyal ve finansal bozukluklarda mümkün olan en yüksek düzeyde bağımsızlık elde etmektir. Bu süreçte inme geçiren kişilere normal hayata dönmelerine yardımcı olmak için tedavi ve eğitim verilmektedir. Rehabilitasyon yoluyla günlük yaşam becerilerini yeniden kazanarak ve yeniden öğrenerek, inme sonrası sağ kalanların çoğu, günlük yaşam aktivitelerinde daha fazla bağımsızlık ve gelişmiş fonksiyonel kapasite elde eder [28].

Temel rehabilitasyon yöntemleri azalmış kas kuvvetini arttırmak, ambulasyon ve mobilizasyonu geliştirmek, ideal eklem hareket açıklığını korumak ve yeniden kazandırmak amacıyla uygulanır. Nörofizyolojik rehabilitasyon yöntemlerinde hastaların fonksiyonlarını yeniden kazanması temel amaç olmakla birlikte pek çok değişik tedavi modaliteleri tanımlanmıştır. Bobath yöntemi, Carr ve Shepherd yöntemi, Johnstone Yöntemi, Brunnstrom yaklaşımı, Proprioseptif Nöromusküler Fasilitasyon yöntemi, Rodd yaklaşımı nörofizyolojik rehabilitasyon yöntemlerine örnek olarak gösterilebilir [23].

2.1.4.1 Alt Ekstremitte Rehabilitasyonu

Alt ekstremitte disfonksiyonu olan hastalar, inme sonrası bağımsız olarak yaşayamayabilir, bu da daha fazla bakım ve sağlık maliyeti gerektirir. Artan harcamalar, hastalar ve ailelerin yanı sıra bir bütün olarak topluma da büyük bir yük bindirebilir. Bu sorunları ele almak için sağlık uzmanları, inme sonrası hastaların alt ekstremitte işlevini iyileştiren uygun teknikleri belirleyerek bağımsızlık kazanmalarına ve yaşam kalitelerini iyileştirmelerine yardımcı olmalıdır [29].

Beyin, hasar sonrası nöronal yeniden yapılanma yeteneğine sahiptir. Bu fenomen, beyin plastisitesi olarak bilinir. İnme sonrası motor iyileşme mekanizmaları henüz açıklığa kavuşmamış olsa da, birkaç mekanizma önerilmiştir. Bunlar; etkilenmemiş motor korteksten gelen katkıları, perilezyonel reorganizasyonu, hasarlı lateral kortikospinal traktusun iyileşmesini ve ikincil motor alanlardan gelen katkıları içerir [30].

İnme hastalarında daha yavaş bir yürüme hızı, daha kısa adım uzunluğu ve uzamış döngü süresi vardır. Sağlıklı bireylere göre paretik tarafta basma fazı kısalmır ve salınım fazı uzar. Bu değişiklikleri telafi etmek için, paretik olmayan tarafta artan bir basma ve kısalmış salınım fazı vardır. Her iki alt ekstremitenin, çift destek ve duruş fazının süresi, inme sonrası hastada normalden daha uzundur. Bu sol-sağ uzaysal ve zamansal asimetrliler artmış enerji tüketimine, düşme riskine, eklem yüküne, eklem hasarlanma riskine ve dolayısıyla deformiteye ve ağrıya yol açar [31]. Hemiplejik hastalarda, yürüme hızı ve dengenin sağlanmasında, hemiplejik ayak dorsifleksiyon kuvveti önemli faktörlerden biridir [32]. Bu nedenle rehabilitasyonda kuvvetlendirme yöntemlerinin kullanılması ve böylece yürüyüş hızının ve etkinliğinin artırılması önemli bir tedavi stratejisidir [33].

Alt ekstremitte odaklı geleneksel rehabilitasyon programlarının amacı; nöronal plastisiteden ve iyileşme mekanizmalarından yararlanarak, hastaların doğru yürüme paternine yeniden ulaşmasını sağlamaktır. Bu amaçla egzersiz programlarının yanı sıra, özellikle ayak bileği dorsifleksörlerine yönelik elektrik stimülasyonu tedavisi, vücut ağırlığını alan treadmill ile yürüme ve adım atma çalışmaları, görsel gerçeklik çalışmaları, fonksiyonel elektrik stimülasyonu, ortez kullanımı, ayna tedavisi gibi tedavi yöntemleri, her hastaya özel olarak ihtiyaçlarına göre planlanmalıdır [18].

2.2. Nöromüsküler Elektriksel Stimülasyon (NMES)

Hareket üretmek için elektriksel uyarımı kullanmak yeni bir prosedür değildir. 1790'da Luigi Galvani, kurbağaların vücudundan kopan bacak kaslarına elektrik uyguladıktan sonra oluşan hareketi gözlemledi ve 1831'de Michael Faraday, elektrik akımlarının, sinirleri aktif hareket yaratmak için uyatabildiğini gösterdi. Kas fonksiyonu için elektriksel stimülasyon kullanan en eski klinik deneylerden biri, inmeye bağlı hemiplejili kişilerde gelişen düşük ayağı tedavi etmek için peroneal sinir uyarımı yapılan bir çalışmadır [34].

Elektriksel stimölasyon kas hareketinde ve performansındaki değişiklikleri kolaylaştırmak için birçok biçimde kullanılmaktadır. Klinik ortamlarda, kas kuvvetini artırmak, eklem hareket açıklığını arttırmak, ödemi azaltmak, atrofiyi önlemek, dokuyu iyileştirmek ve ağrıyı azaltmak için kullanılabilir. NMES, tipik olarak düşük frekanslarda (20-50 Hz), özellikle "fonksiyonel" amaçlarla iskelet kasında, kasılma üretmek ve tetani sağlamak için 1964 gibi erken bir tarihten beri kullanılır [35].

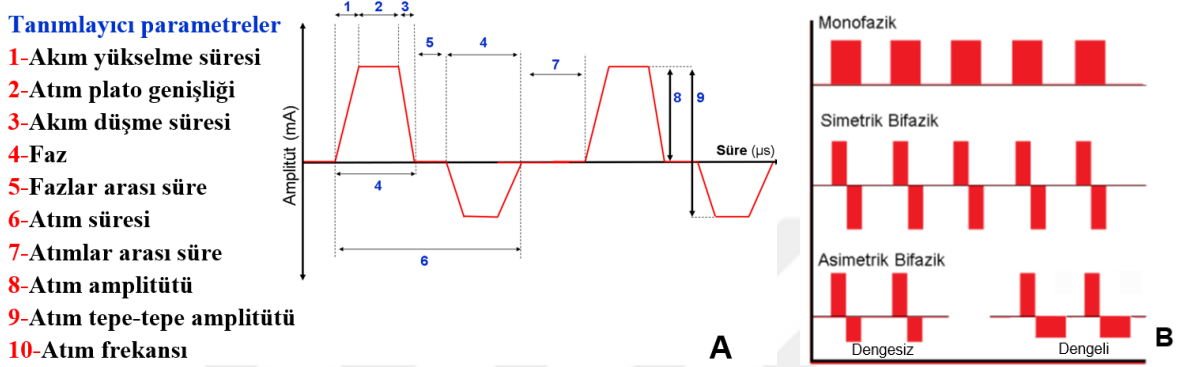
2.2.1 NMES'in Nörofizyolojik Etkileri

Elektriksel stimölasyon, ince motor aksonlar yerine kalın motor aksonları daha kolay uyarır. Dolayısıyla kalın motor aksonlarla innerve olan Tip I kas liflerini daha etkin şekilde aktive eder. Sonuçta, hızlı kasılan iskelet kaslarına elektrik stimölasyonu uygulandığı zaman bir dizi olaylar zinciri sonucunda hızlı kasılan tip IIb liflerine yavaş kasılan tip I lif özelliklerinin kazandırıldığı bir dönüşüm gerçekleşir. Stimölasyon sonrası günlerde sarkoplazmik retikulum içindeki kalsiyum depoları azalır ve kalsiyum depolanma kapasitesi düşer. Kalsiyum ile aktive olan myozin ATPaz aktivitesi üç hafta içinde azalmaya başlar. Mekanik ve elektriksel sinerjistik etki ile biyokimyasal değişimler dört gün içinde gerçekleşir. Stimölasyonu takiben 3 haftada tropomiyozin hızlı tipten yavaş tipe değişir. Yeni gelişen tip I lifi fonksiyonel olarak yorgunluğa daha dirençli ve maksimum kasılma süresine sahip olur [16].

Denervasyonun ilk saatlerinde başlanan elektrik stimölasyonu atrofinin azalması ve oksidatif enzim seviyelerinin korunmasını sağlar. Sonrasında başlanan ise atrofi gelişimini geciktirir [16].

2.2.2 NMES elektrik akım karakteristikleri

Modern yaklaşımlara göre elektrik stimülasyonu için kullanılan akım formu “pulse (atımlı) akımlar” olarak isimlendirilmektedir. Atımlı akımlar, kısa süreli sinyaller şeklinde iletilen elektrik akımları olarak tanımlanabilir. Atımlı akımlar, istenen sinir lifinin selektif uyarımını mümkün kıldığı için daha güvenli, konforlu ve etkili akımlardır. Temel karakteristikleri Şekil 1’de verilmiştir



Şekil 1. Atımlı akımların temel karakteristikleri

Dalga şekli

Elektrik stimülasyon cihazları, genellikle kare, üçgen veya sinüs dalgası gibi geometrik şekillerle temsil edilen dalga biçimi modellerini kullanır. Akımın şeklini, akım yükselme, plato ve düşme süresi belirler.

Yükselme-Düşme Süreleri

Yükselme süresi ve düşme süresi terimleri, tek bir atımın tepe amplitüde ulaşması için gereken süreyi ve tek bir atımın izoelektrik hatta geri dönmesi için gereken süreyi açıklamak için kullanılır (Şekil 1A). Yükselme süresi yeterince kısa olmazsa, uyarılabilir dokuların akomodasyon özelliği nedeniyle akımın etkisinin zayıflaması sorununa neden olur ve uyarım için daha çok akım verilmesi sonucunu doğurur. Bu nedenle hastaya verilen toplam akım miktarını büyük ölçüde arttıracığı ve böylece genel terapötik etkiyi büyük ölçüde arttıracığı için akım yükselme süresinin kısa olması tercih edilir [36]. Akım yükselme süresinin 60 µsn'den daha kısa olması tavsiye edilir.

Atım süresi

Kuvvetlendirme amacıyla kası aktive etmek için kullanılan tipik akımın atım süresinin 200 ila 800 μ s arasında olması tercih edilir [36]. En kuvvetli kasılma 300-400 μ s atım süreli akım ile elde edilir. Fakat bu akım duyusal lifleri de güçlü şekilde uyarır.

Akımın Fazı

Atımlı akımlar monofazik veya bifazik (alternatif) akım şeklinde olabilirler (Şekil 1A ve 1B). Monofazik akımlar kutup değiştirmez. Bifazik akımlar periyodik olarak kutup değiştirir. Şekil 1'de bifazik akım örnekleri görülmektedir [34]. Asimetrik bifazik akımın, kas kuvvetlendirme açısından daha etkili olabileceği gösterilmiştir [36].

Frekans

Frekans, uyarının (atımın) bir saniyedeki tekrarlama sayısıdır ve Hertz(Hz) birimi ile ifade edilir (örneğin; 40 Hz = 40 pulses per second (pps)). Kullanılan elektrik stimülasyonunun frekansı, alçak frekanslı akımlar için çoğunlukla görevin ve müdahalenin amaçlarına (kas kuvvetlendirme, anti-spastik etki, atrofinin önlenmesi, denerve kas stimülasyonu vs) bağlı olarak seçilir ancak çoğu klinik stimülasyon protokolü optimum sonuçlar için 20-50 Hz frekanslarını kullanır [34].

Mang ve arkadaşları alçak frekanslı akımların görece yüksek frekanslarda kullanımının periferik sinir uyarımı yanı sıra santral sinir sistemi üzerinden de katkılarının olduğunu göstermiştir. Onlar, tibialis anterior kasının 100 Hz ile uyarımının, 10 Hz ve 50 Hz ile uyarımına göre spinal havuzdaki motor nöronların aktivasyonunu daha fazla arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca 100 Hz gibi görece yüksek frekanslı uyarımlar hasta açısından daha konforludur çünkü kuvvet tepkisi daha yumuşaktır ve karıncalanma hissine neden olur [37].

Amplitüd (Akım Şiddeti)

Kas kuvvetlendirme etkisi için, maksimal istemli kasılmanın %60 ila %70'in üzerinde ve tolere edilebildiği ölçüde kuvvetli kasılma sağlayacak kadar yüksek amplitüd ile stimülasyon uygulanmalıdır. Akım amplitüdünün istenen düzeye kadar kademeli olarak arttırılması tavsiye edilir. Çünkü akım amplitüdündeki ve kas

aktivasyonundaki kademeli artış, hızlı artış ve ani kas kasılmasından daha iyi tolere edilebilir ve nihayetinde faydalı olabilir [36].

Uyarı ve Dinlenme Süresi

Modüle atımlı akımlar, aralarında akımın geçmediği dinlenme süreleri olan pulse akım paketleri şeklinde belirli süre verilebilir. Spinal kord lezyonlu kişilerde yapılan bir çalışmada, kuvvet oluşturan uyarı dönemlerinin, dinlenme periyotları ile dönüşümlü kullanılması ile kas kuvveti gelişimi açısından daha iyi sonuçlar alınabildiği ve sabit (kesintisiz) stimülasyona kıyasla daha fazla tork üretebildiği gösterilmiştir [38]. Aralıklı (kesintili) stimülasyon, kuvvet gelişimi ve aynı zamanda hastanın konforunu artırmak için yaygın tercih edilen bir uygulamadır. Uyarı ve dinlenme döngüsü olarak yaygın klinik uygulamalar; 1: 3 görev döngüsünü kullanır. Yani siklusün $\frac{1}{4}$ ü uyarım $\frac{3}{4}$ ü dinlenme olacak şekilde akım verilir. Ancak bu oran hastanın ihtiyaçlarına, tedavinin amaçlarına ve tedaviye yanıtı göre değiştirilebilir. Örneğin denerve/çabuk yorulan kaslar için 1:9 görev siklusü ile tedavi programına başlanması önerilir. Yorgunluğa direnç arttıkça 1:1 oranına kadar uyarım sayısı görece olarak arttırılır [39].

2.2.3 NMES Uygulama Şekilleri

NMES iki şekilde uygulanır:

1. Transkutanöz (yüzeyel)

Pasif NMES

Aktif NMES (EMG-stimülasyon)

2. İmplant (perkutanöz, epinöral, intranöral, cuff)

Transkutanöz NMES uygulamasında, elektrotların hedef kası innerve eden motor sinir üzerine yerleştirilmesi gerekir. Motor sinirler, geleneksel olarak, en kolay motor noktalar üzerinden uyarılır. Çünkü, motor noktalar, akıma direncin en az olduğu ve en büyük kasılma yanıtının sağlandığı yerlerdir. Motor noktalar, tipik olarak kasın en geniş orta (karın) bölümünde veya kasın proksimal uçte birinde bulunurlar [34].

Pasif olarak uygulanan NMES’de önceden belirlenmiş bir program dahilinde kas kontraksiyonları oluşturulur ancak hastanın aktif katılımı söz konusu değildir ve

istemli kontraksiyon gerçekleştirmez. Aktif NMES ise NMES ve biyofeedback EMG kombine uygulamasıdır. Hastadan, hedef kasta istemli kasılma yapması ve EMG kayıt elektrotları aracılığıyla ekrana yansıtılan kas aktivitesini izlemesi istenir. EMG sinyalinin amplitüdü, belirli bir eşiğe ulaştığında (genellikle terapist tarafından belirlenir), elektriksel stimülasyon başlar ve böylece hastanın istemli başlattığı fakat devamını getiremediği bir hareketi tamamlaması sağlanır [34].

Transkutanöz uygulanan NMES’de yüzeysel elektrotlar kullanılır. Bu açıdan uygulama bölgesinde hipoestezi olmaması, yara dokusu ve kesik olmaması çok önemlidir. Optimum stimülasyon için, stimülasyon öncesi uyarım bölgesindeki deri hazırlanır. Deri direncini azaltmak amacıyla varsa kıllar tıraş edilmeli ve cilt üzerindeki yağ ve ölü deri temizlenmelidir. Toksik olmayan bir yüzeysel elektrot seçilmelidir. Hedef kasın boyutuna göre elektrot boyutu tercih edilmelidir. Her iki elektrot deriye tam olarak temas edecek şekilde yerleştirilmelidir. Temasın tam ve sürekli olmasını sağlamak üzere tercihen kendiliğinden yapışkanlı elektrotlar kullanılabilir. Elektrotların birbirine uzaklığı ne kadar artarsa, elektrik akımı geniş alana dağılacığı için uyarılmak istenen kas dokusundan geçen akımın yoğunluğu ve etkisi o kadar azalır. Bu nedenle elektrot konumları iyi değerlendirilmelidir. Kas kasılmasının amaçlandığı durumlarda elektrotların kas liflerine paralel şekilde yerleştirilmesi, daha zayıf elektrik akımı ile daha konforlu, güvenli ve etkin uyarım sağlanabileceği unutulmamalıdır.

Amaca göre bipolar veya monopolar teknik tercih edilmelidir. Monopolar teknikte elektrotlardan sadece birinin tedavi edici özelliği vardır. Bu uyarıcı elektrot (katot) kasın motor noktasına, diğer elektrot ise hedef kasın uzağında vücudun herhangi bir yerine yerleştirilir. Bipolar teknikte ise her iki elektrot da tedavi edici nitelikte olduğu için ikisinin de tedavi bölgesine yerleştirilmesi gerekir. Kas kuvvetlendirme için bipolar teknik tavsiye edilir [40].

2.2.4 NMES Kontrendikasyonları

1. Koopere olmayacak hastalar
2. Uygulama alanında hipoestezi veya anestezi mevcudiyeti
3. Kalp ritm bozukluğu olan veya kalp pili olan hastalar
4. Ciddi kan basıncı regülasyon bozukluğu
5. Uygulama bölgesinde tromboz, tromboflebit
6. Uygulama bölgesinde cilt bütünlüğü sorunu (dermatit, kesi vs) olması

7. Uygulama bölgesinde neoplazm, enfeksiyon olması
8. Uterus kontraksiyonlarına neden olabileceği için: Gebelik
9. SVH, epilepsi, geçici iskemik atak gibi hastalıklarda boyun ve baş bölgesine uygulama [40].

2.3 Çapraz Eğitim Fenomeni

Egzersiz fiziolojisinde “çapraz eğitim”, iyi bilinen bir fenomendir ve bir uzvun egzersizi ile kontralateral eğitimsiz uzuv homolog kas grubunda kuvvet kazanımı sağlanması olarak tanımlanabilir [41]. İlk defa, 1894 yılında, Yale Fizyoloji Laboratuvarı, tek taraflı direnç eğitimini takiben, eğitimsiz karşı uzuvda kuvvet kazanımları üzerine gözlemlerini rapor etti ve fenomeni "çapraz eğitim" olarak adlandırdı. Son zamanlarda, çapraz eğitimin temelini oluşturan özelliklerin ve mekanizmaların araştırılması bilim camiası tarafından büyük ilgi görmektedir. Özellikle tek taraflı yaralanma veya immobilizasyon sonrası uygulanacak rehabilitasyon programlarında çapraz eğitim uygulanmasının potansiyel katkısı olabileceği iddia edilmektedir [42].

Çapraz eğitim fenomeninin fizyolojik temellerini aydınlatmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Transkranyal manyetik stimülasyon (TMS) protokollerini kullanan çalışmalar, kortikospinal uyarılabilirlikte sadece kontralateral primer motor kortekste değil, aynı zamanda ipsilateral primer motor kortekste de tutarlı artışlar bildirmiştir. Akut tek taraflı kuvvet antrenmanına yanıt olarak, kısa aralıklı intrakortikal inhibisyonda düşüşler olduğu ve eğitimin yapıldığı taraf primer motor korteksten, istirahat durumundaki kontralateral primer motor kortekse interhemisferik inhibisyonda düşüşler olduğu gözlenmiştir [43].

İstemli konsantrik kasılmalar, eksantrik kasılmalar, tüm vücut vibrasyonu, elektrik stimülasyonu ve kas kasılmasının zihinde canlandırılması gibi çeşitli eğitim protokollerinin egzersiz yaptırılmayan ekstremitelerde kuvvet artışına sebep olduğu bildirilmiştir [3,44,45]. 2018 yılında yapılan bir metanalizde 22 çapraz eğitim çalışmasından veri toplanmış ve egzersiz yaptırılmayan taraf kaslarda üst ekstremitelerde % 12.9, alt ekstremitelerde % 27.1 oranında kuvvet kazanımları olduğu rapor edilmiştir [43]. Çalışmalarda kullanılan farklı egzersiz seçeneklerinin, kuvvet kazanım oranları açısından farklılığa neden olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmaya göre elektrik

stimulasyonu aracılığı ile gerçekleştirilen çapraz eğitimin, egzersiz ile gerçekleştirilene üstün olduğu gösterilmiştir. Bu durumun sebebi olarak ise, elektrik stimulasyonu ile daha yoğun afferent girdilerin oluşması olabileceği ileri sürülmüştür [46].

Çapraz eğitim fenomeninin etkisinin gösterildiği pek çok çalışma olmasına rağmen altta yatan mekanizmalar tam olarak anlaşılamamıştır [47]. Çapraz eğitim fenomeni ile kuvvet artışını üzerine öne sürülen bazı fizyolojik mekanizmalar aşağıda özetlenmiştir:

1-Musküler Adaptasyon: Çapraz eğitim fenomeni ile gerçekleştirilen tedaviler sonrasında kontralateral kas gruplarında manyetik rezonans görüntülemelerde (MRG) ve biyopsi serilerinde adaptif bir değişiklik saptanmamış olmasına rağmen bu yöntemlerin küçük adaptasyonları saptayamayacağı düşünülmektedir [47].

Çapraz eğitim uygulandığı sırada yapılan yüzeysel EMG çalışmalarında hastaların maksimal istemli kontraksiyon yaptığı sırada kontralateral kas grubunda %10-15 'lik bir aktivite saptanmıştır. Ancak karşı taraftaki kasta ortaya çıkan EMG aktivitesinin, kas hipertrofisi ile değil, hedef kasların aktivitesinin nöronal regülasyonu ile ilgili olması daha olasıdır [48].

Yasuda ve Miyamura, 6 haftalık tek taraflı kavrama eğitiminden sonra kontralateral eğitimsiz ön kolda vasküler değişiklikler ve güç kazanımları bildirmiştir. Maksimum kavrama gücü, kas enduransı ve tepe kan akışı sadece eğitilmiş uzuvda değil, aynı zamanda eğitimsiz uzuvda da artmıştır. Yazarlar, eğitimsiz ön koldaki tepe kan akımındaki artışın egzersize yanıt olarak nörojenik veya metabolik vazodilatörlerin salınmasına ikincil olabileceğini öne sürmüşlerdir [49]. Bununla birlikte, maksimal istemli kasılma sırasında iskemi meydana geldiği bilindiğinden, periferik vasküleritedeki bir artışın, maksimal istemli kasılma kuvvetini doğrudan etkilemesi olası değildir [47].

Özetle, muskuler bir adaptasyondan ziyade nöronal mekanizmalar ile kaslarda kuvvet artışının sağlandığı düşüncesi genel kabul görmektedir ancak muskuler adaptasyonun da küçük bir katkısı olabileceği ve bu konun araştırılması gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır [50].

2-Spinal mekanizma: Yüksek kuvvetli tek taraflı istemli kasılmaların, karşı taraf omurilik motor yollarının uyarılabilirliğini etkilediği bilinmektedir ancak bu

fenomeni incelemek için kullanılan tekniklerin çoğu spesifik adaptasyonların tanımlanmasında yetersiz kalmıştır [50]. Çapraz spinal ve propriospinal yolların çapraz eğitimde de yer aldığını gösteren bazı kanıtlar vardır. Bu, üç gözlemden kaynaklanmaktadır:

- 1) Unilateral istemli kas kasılması, karşı taraftaki homolog kasa kuvvet transferinde rol oynayabilen spinal devrede presinaptik inhibisyonu artırır. Böylece karşı taraf motor nöron havuz uyarılabilirliği artar. Bu gözlem tüm vücut vibrasyonu ile yapılan çapraz eğitim deneyleri ile teyit edilmiştir [48,51].
- 2) Elektriksel uyarı ile uyarılan kasılmalar, karşı taraftaki homolog kasta spinal uyarılabilirliği artırır [48].
- 3) Elektriksel uyarı ile uyarılan kasılmalar hem sağlıklı hem de omurilik yaralanması olan yetişkinlerde, elektrik tedavisi verilmeyen kontralateral kas grubunda büyük kuvvet artışlarına neden olur [3,48].

Ayak bileği dorsifleksörlerinin tek taraflı eğitimini takiben H-refleks adaptasyonlarının detaylı bir incelemesinde, yazarlar tibialis anteriorda eşikte artmış anlamsız bir H-refleks genliği eğilimi (düşük eşikli motor ünitelerin katkısını gösterir) ve eğitimsiz soleusun (antagonist kas) maksimal H-refleks amplitüdünde bir azalma tespit etmişlerdir. Bunun sonucu olarak çapraz eğitimin Spinal reflekslerindeki ince değişikliklerle ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır [52]. Kas kasılması sırasında istemli efferent nöral uyarımı yansıtan dalga (V-dalgası), tek taraflı eğitimi takiben eğitimsiz tarafta arttığı gösterilmiştir [53]. Bu gözlem, spinal motor nöron havuzunun uyarılabilirliğinde bir artış olduğunu gösterirken, bu farkın hala ipsilateral motor korteksten gelen uyarıların net artışının bir sonucu olduğunu kabul etmek önemlidir. Toplu olarak, bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, omurga devrelerindeki değişikliklerin çapraz eğitim etkisinde küçük bir rol oynayabileceğini göstermektedir [42].

3-Kortikal mekanizma: Çapraz eğitim fenomenini açıklamak için iki kortikal hipotez öne sürülmüştür. "Bilateral erişim" hipotezi, tek taraflı hareketleri takiben motor engramların geliştirilmesini içerir. Bu açıklama, beceriye dayalı motor görevlerin tek taraflı uygulamasını takiben çapraz eğitimin gözlemlenmesinden türetilmiştir. Etkili kuvvet üretimi, antagonistlerin inhibisyonu ve sinerjistlerin koordinasyonu dahil olmak üzere, motor ünitelerin etkili bir şekilde çalışması ile ilgili bir motor öğrenme sürecini içerdiği için bu şekilde bir hipotez ileri sürülmüştür.

Buna karşılık, "çapraz aktivasyon" hipotezi, her iki kortekste de kalıcı nöroplastisite üreten, hem kontralateral motor kortekste hem de ipsilateral motor kortekste, bilateral kortikal aktiviteye neden olan tek taraflı kasılmalar kavramına dayanmaktadır. Bu iki hipotez de çapraz eğitime aracılık etmede ipsilateral motor korteksin önemini kabul eder. 'Çapraz aktivasyon' maksimum güç ve motor ünite temelli bir hipotez iken, 'bilateral erişim' modeli daha çok karmaşık sıralama veya sensorimotor entegrasyonu gerektiren görevlerin çapraz eğitim fenomeni ile güce katkıda bulunduğunu savunmaktadır [42].

Son EEG ve TMS çalışmaları, tek taraflı motor aktiviteye sol ve sağ primer motor korteksin iki taraflı aktivasyonunun eşlik ettiğini doğrulamaktadır [54]. TMS protokollerini kullanan akut çalışmalar, kortikospinal uyarılabilirlikte sadece kontralateralde (M1) değil, aynı zamanda motor görevde doğrudan yer almayan ipsilateral primer motor kortekste (iM1) de tutarlı artışlar bildirmiştir [55-58].

Yapılan pek çok çalışmaya rağmen bu mekanizmalar tam olarak aydınlatılmış değildir ve ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.4 Ayna Tedavisi

Ayna tedavisi, sağlam ekstremitenin hareketlerinin, aynada gözlemlenmesine dayanan ve etkilenen ekstremitenin hareket ediyor gibi görsel illüzyon yaratan bir rehabilitasyon yaklaşımı türüdür. Bu tedavi yönteminde, etkilenen ekstremitenin perdelenerek, sağlam ekstremitenin görüntüsünü etkilenen ekstremitenin üzerine düşüren ayna düzeneği kullanılır. Böylece sağlam ekstremitenin hareketleri, aynı hareketlerin eş zamanlı yapılması istenen ekstremitenin hareketinin algısı üzerinde pozitif etki yaratabilecek illüzyon oluşturulur. Ayna tedavisinin sadece motor bozukluklar üzerinde değil, aynı zamanda sensoriyel bozukluklar, görsel-uzamsal ihmal ve inme sonrası ağrı üzerinde de etkileri olduğu üzerine çalışmalar mevcuttur [59].

Ayna tedavisi ilk olarak 1995 yılında Ramachandran ve ark. tarafından phantom ekstremitenin ağrısının tedavisinde faydalı olabileceği gösterilmiş bir tedavi yöntemidir [60]. Altschuler ve arkadaşları ise ilk olarak stroke hastalarında ayna tedavisi yöntemini kullanmış olup, ayna tedavisi yöntemi ile üst ekstremitenin motor fonksiyonlarında iyileşme olduğunu göstermişlerdir [61]. Daha sonra pek çok ağrı ve engellilik durumunda etkisi hakkında yüksek kaliteli araştırmalar yapılmış ve ağrı ve engelliliği azaltmada umut verici etkileri gözlemlenmiştir. Buna rağmen; ayna tedavisinin etkisinde altta yatan mekanizma tam olarak aydınlatılamamıştır [62].

2.4.1 Ayna Tedavisinin Sinir Sistemi Üzerine Etkileri

Ayna tedavisinin, inme hastalarında primer motor korteks veya ayna nöronların aktivasyonu yoluyla ekstremitelerin motor fonksiyonunu desteklediği öne sürülmüştür [63]. Ayna motor nöron sistemi, eylemleri gözlemlene sırasında, eylemleri gerçekleştirme sırasında, harekete motor hazırlık sırasında, hareket taklidi sırasında, aktive olan nöronal bir ağıdır. İnsanlarda ventral premotor korteks, inferior parietal lobül, intraparietal sulkus dahil olmak üzere çoğunlukla inferior frontal gyrusta bulunur. Ayrıca her iki hemisferde de, motor görevlerin görsel bilgilerinin motor alanlar arasında aktarımına olanak sağlayan bir parietofrontal ayna nöron ağından söz edilmektedir [64].

Ayna önünde yapılan hareketin hemisferler arası etkileşimi arttırdığı ve motor alanlara ek kortikal alanları da etkinleştirildiği gösterilmiştir. Bir manyetoensefalografi çalışmasında, ayna varlığında inmeli hastalarda bimanuel görevler sırasında korteksin daha simetrik bir patern ile çalıştığı gösterilmiştir. Bir fonksiyonel MRG çalışmasında ise ayna tedavisi sırasında etkilenmiş hemisferde aktivasyonun arttığı saptanmıştır. Aynanın varlığının, normal deneklerde motor eğitimin olmadığı koşulda, karşı primer motor korteks alanında uyarılabilirliği arttırmadığı, ancak interhemisferik transkallozal inhibisyonu modüle ettiği ve aktif hemisferin kontralateral yarıküre üzerindeki etkisini arttırdığı saptanmıştır. Başka bir makalede yazarlar, etkilenen primer motor korteks alanının ayna tedavisinden sonra aktive olduğu sonucuna varmışlardır. Ayna tedavisinin, prekuneus ve posterior singulat kortekste, benliğin farkındalığı ve uzamsal dikkat ile ilişkili alanlarda aktiviteyi arttırdığı saptanmıştır [65].

Bu bilgiler ışığında ayna tedavisi ile, ayna nöron sistemi ve korteksteeki çeşitli alanların aktivitesini arttırıp, post stroke hastalar için standart rehabilitasyonun etkinliğinin arttırılabileceği görüşü benimsenmiştir.

2.4.2 Ayna Tedavisi Uygulama Yöntemleri

Ayna tedavisi için, üç boyutlu bir ayna kutusu veya iki boyutlu çerçeveli bir ayna düzeneği kullanılabilir. Ayna kutusu kullanıldığında hastanın etkilenen ekstremitesi kutu içine yerleştirilerek; hastanın, etkilenmiş uzvu doğrudan görmesi engellenir. İki boyutlu çerçeveli bir ayna kullanıldığında ise dikey olarak veya hastanın pozisyonuna göre eğim verilerek hastanın etkilenen ekstremitayı görmeden

normal ekstremitenin aynadaki yansımasını görmesi sağlanacak şekilde uygulama yapılabilir. Ayna boyutları etkilenen vücut kısmına ve düzeneğin çeşidine göre değişir. Üst ekstremité için daha küçük boyutlarda bir ayna kullanılabilecekken, alt ekstremité için ayna boyutu daha büyük olabilir [59].

Ayna tedavisi için genellikle iki teknik yöntem kullanılır. Birinci yöntem; hastaların yaptıkları fleksiyon, ekstansiyon gibi basit ekstremité hareketlerinin aynadan yansımasının izletilmesidir. İkinci yöntem ise daha karmaşık motor görevlerin ayna önünde izlenmesinin sağlanmasıdır. Bazı araştırmacılar ise bu iki yöntemin birlikte kullanıldığı hibrid modelleri tedavi seçeneği olarak kullanmaktadır. Ancak bu yöntemlerin birbirlerine üstünlüğünü değerlendiren yüksek kaliteli çalışmalar mevcut değildir [66].

Ayna tedavisi programı konusunda literatürde günlük uygulama süresi 20 dakika ile 90 dakika arasında değişen 2-8 haftalık tedavi protokolleri mevcuttur [59].

2.4.3 Çapraz eğitim ve Ayna Tedavisi

Son zamanlarda, çapraz eğitim etkisini arttırmak için kullanılan bazı yenilikçi teknikler denenmektedir. Çapraz eğitiminin etkisini arttırmak için ayna tedavisi ile kombinasyonunun etkili olabileceğine dair bazı görüşler vardır [67].

Özellikle stroke gibi uzun süreli immobilizasyona sebep olan hastalıklar sırasında, çapraz eğitimin potansiyel klinik önemi göz önüne alındığında, çapraz eğitiminin etkinliğini daha da artırma potansiyeline sahip yöntemleri araştırmak ilgi çekici olmaktadır. Motor uygulama sırasındaki ilave duyuşal feedbackler, motor yanıtı artırılabilir. Bu açıdan ayna nöron sistemi (ANS) ile afferent girdilerin artırılması suretiyle, motor yanıt üzerinde sinerjik bir etki oluşturmak ve dolayısıyla güç transferini arttırmak mümkün olabilir [1].

ANS, motor aktivitelerin hayal edilmesi ve fiili yürütülmesi sırasında aktif olan bir nöron ağıdır. Bir sistematik incelemede, çapraz eğitim ile kuvvetlendirme egzersizleri sırasında, ANS'ini aktive edecek performansların, çapraz eğitimin etkisini arttırabileceği ileri sürülmektedir [67].

Daha önce gözlemlenen benzer bir görevi yerine getirirken ANS'nin aktif hale geldiği düşünülmektedir. Özellikle, ANS kendi kendine gerçekleştirilen bir eylemin gözlemlenmesi, üçüncü bir kişinin gözlemlenmesi, gözlemlenen bir görevin taklit edilmesi, algısal girdi ve uygulanan hareketin performansı sırasında etkinleştirilir. Kavramsal olarak, kendi kendine gerçekleştirilen, tek taraflı bir motor görevin

(direnç egzersizi gibi) gözlemlenmesi, gerçekleştirilen görevi bir aynada görüntüleyerek çapraz eğitim etkisini arttırabilir [68].

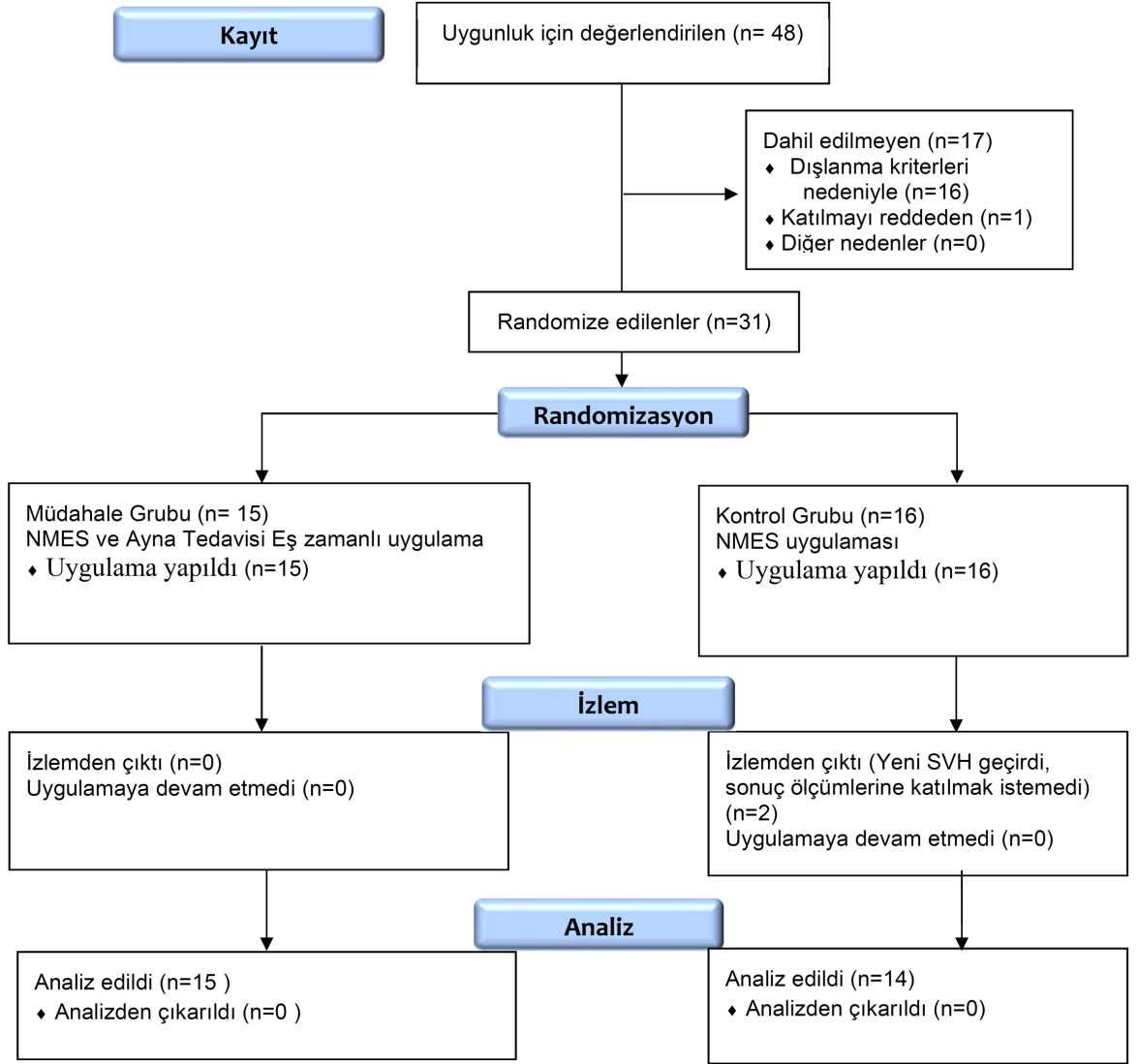


3.GEREÇ VE YÖNTEMLER

Araştırmamız prospektif, randomize, tek kör olarak tamamlandı. Araştırma Etik kurul onayı (protokol no: 2019-335) Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan alındı. Çalışmaya başlamadan önce bütün hastalara bilgilendirme formu dolduruldu ve hastaların aydınlatılmış onamları alındı. (Bkz. Ek 1, Ek 2). ClinicalTrial.gov uluslararası protokol kayıt sistemine NCT04887376 ID numarasıyla ile kayıt edildi.

3.1. Hasta Seçimi

Sağlık Bilimler Üniversitesi İstanbul Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim Araştırma Hastanesi'ne rehabilitasyon için başvuran ve dahil edilme kriterlerini karşılayan 48 hasta davet edildi. Bunlardan 16 tanesi dışlama kriterleri nedeniyle, 1 tanesi ise çalışmaya katılmak istemediği için çalışmaya dahil edilmedi. 31 hasta (8 kadın, 23 erkek) araştırmamıza katıldı. Bunlar permütasyonlu blok randomizasyon ile iki gruba atandı: Ayna Grubu (n=15) ve Kontrol Grubu (n=16). Kontrol grubuna atanan hastalardan bir tanesi sonuç ölçümlerine katılmayı reddettiği için, yine kontrol grubuna atanan bir hasta ise yeniden SVH geçirdiği için çalışma dışı bırakıldı. Toplam olarak kontrol grubundan iki hasta çalışma dışı bırakıldı. Çalışmamız, Ayna grubunda 15 hasta (4 kadın, 11 erkek) ve kontrol grubunda 14 hasta (3 kadın, 11 erkek) olarak toplam 29 hasta ile tamamlandı. (Şekil 2: CONSORT Akış diyagramı).



Şekil 2. CONSORT akış diyagramı

Araştırmaya dahil edilme ve dışlama kriterleri

Dahil edilme kriterleri:

- 1- Stroke süresi ≥ 1 ay olan olgular
- 2- En az 10m mesafeyi düz zeminde yürüyebilme (fonksiyonel ambulasyon skalası ≥ 3)
- 3- Yaş aralığı 18-85 yıl
- 4- Hemorajik ya da iskemik stroke
- 5- Brunnstrom evresi alt ekstremité için ≥ 4
- 6- Unilateral inme olması
- 7- Muayeneye ve testlere koopere olması

Dışlanma kriterleri

1. Mini Mental Durum Değerlendirme puanı <24
2. Ayak bileği dorsifleksörlerinde ciddi spastisite (MAS=4) olması
3. Eklem kontraktürü olması
4. Sağlam taraf ekstemite cildinde lezyon olması
5. Alt ekstremitede ağırlı patolojiler olması
6. Görme alanı defekti olması
7. Aktif inflamatuvar, romatolojik veya enfeksiyöz hastalık olması
8. Kalpte belirgin ritm/iletim bloğu sorunu olması
9. Kontrol altına alınamayan hipertansiyon (Maxima >140, Minima >90)
10. Alt ekstremitte fraktür varlığı
11. Polinöropati, radikülopati gibi periferik sinir lezyonları
12. Aktif derin ven trombozu bulgusu veya şüphesi olması
13. Geçirilmiş derin ven trombozu ve pulmoner emboli öyküsü

Çalışmaya dahil edilen olguların demografik ve klinik özellikleri açısından iki grup arasında anlamlı farklılık olmadığı saptandı (Tablo 1).

Tablo 1. Grupların demografik ve klinik özellikleri

	Ayna Grubu (n=15)	Kontrol Grubu (n=14)	P değeri
Yaş (yıl)	64.0 ± 10.2	63.4 ± 8.9	0.858 ^a
Cinsiyet (K/E)	4/11	3/11	0.999 ^b
Dominant el (sağ/sol)	15/0	14/0	1.000 ^c
SVH süresi (ay)	31.1 (1.0-204.0)	25.6 (2.0-144.0)	0.652 ^d
Plejik taraf (sağ/sol)	5/10	8/6	0.360 ^e
İskemik/Hemorajik	14/1	12/2	0.598 ^b

Data aritmetik ortalama ± standart sapma veya frekans olarak verilmiştir.

^a Eşli olmayan *t*-testi, ^b Fisher exact test, ^c Pearson ki-kare,

^d Mann Whitney U testi, ^e Yates düzeltilmeli ki-kare

3.2. Çalışma metodu

Katılımcılardan diz eklemleri tam ekstansiyonda ve her iki ayak bileği eklemleri nötral pozisyonda olacak şekilde oturmaları istendi. İki gruptaki katılımcılara da toplam beş gün olmak üzere bir hafta içerisinde beş seanslık NMES, sağlam taraf ayak bileği dorsifleksörlerine uygulanı (Şekil 3). Bu uygulamaya ek olarak Ayna tedavisi grubuna NMES ile eş zamanlı olacak şekilde ayna tedavisi uygulandı. Katılımcıların tamamına çalışma protokolüne ek olarak konvansiyonel rehabilitasyon programı uygulandı.



Şekil 3. Kontrol grubu NMES Tedavisi sırasında elektrotların yerleşimi ve hasta pozisyonu (yandan görünüş)

3.2.1 NMES uygulama protokolü

Stimülasyon için 5x5 cm boyutlarında kendiliğinden yapışkanlı elektrotlar kullanıldı. Elektrik stimülasyonu Cefar Rehab X2 cihazı (DJO Global Inc, Fransa) ile yapıldı. Tetanik kasılmayı sağlamak üzere yüksek frekanslı ve kasın dinlenmesini/toparlanmasını sağlamak amacıyla düşük frekanslı akım ardışık tekrarlar halinde 20 dakika süre ile uygulandı. Tetanik kasılma için frekansı 85 pps ve pulse (atım) genişliği 250 μ s olan monofazik akım kullanıldı. Maksimum sayıda motor uniti uyarmak için, maksimum uyarı şiddeti; deneğin tolere edilebildiği kadar yüksek akım şiddeti olarak belirlendi. Akım şiddeti progresif olarak 1.5 saniyede, önceden belirlenen bu maksimum uyarı şiddetine kadar otomatik olarak arttı ve maksimum değerde 4 sn boyunca uyarım yapıldı ve sonra progresif olarak akım

şiddeti 0.75 saniyede otomatik olarak azaldı. Maksimum uyarı şiddeti her beş dakikada bir arttırıldı. Dinlenme/toparlanma için frekansı 4 pps ve pulse genişliği 250 µs olan monofazik akım kullanıldı. Dinlenme/toparlanma uyarı şiddeti, tetanik kasılma akım şiddetinin yarısı olarak belirlendi. Akım şiddeti progresif olarak 0.5 saniyede, önceden belirlenen bu submaksimal değere kadar otomatik olarak arttı ve maksimum değerde 24 sn boyunca uyarım yapıldı ve sonra progresif olarak akım şiddeti 0.5 saniyede otomatik olarak azaldı. Kas stimülasyonu öncesi beş dakika boyunca hazırlık (ısınma) amaçlı (frekans 5 pps; pulse genişliği 200 µs; yükselme süresi 1.5 s ve düşme süresi 1.5 s) olan akım; kas stimülasyonundan sonra ise, beş dakika boyunca soğuma amaçlı (frekans 3 pps; pulse genişliği 200 µs; yükselme süresi 1.5 s ve düşme süresi 1.5 s) olan akım uygulandı. Deneklerden elektrik stimülasyonu sırasında sağ ve sol ayak bilek dorsifleksör kaslarını gevşek halde bırakmaları ve herhangi bir istemli kasılma yapmamaları istendi.

3.2.2 Ayna Tedavisi Uygulama Protokolü

Deneklerden, bir sedyede diz eklemleri tam ekstansiyonda ve her iki ayak bileği eklemleri nötral pozisyonda olacak şekilde oturmaları istendi. Ayna tedavisi uygulamak üzere deneklerin sağlam ve hemiplejik taraf ayak bileğini doğrudan görmeleri perdeleme yöntemi ile engellendi. İki bacak arasına bir ayna yerleştirildi. Sağlam taraf ayna görüntüsünün, hemiplejik taraf ayak bileği konumu ile örtüştüğü kontrol edildi. Böylece sağlam taraf ayak bilek hareketlerini görsel olarak algılanmadan, fakat sağlam taraf ayak hareketleri ayna üzerinden izletilerek, hemiplejik ayak için bir görsel hareket illüzyonu oluşturuldu. Tedavi 5 seans (günde bir seans, haftada 5 gün) yapıldı (Şekil 4).



Şekil 4. Ayna grubu için deney düzeneği. Her iki ayak perdelenmiştir. Etkilenmemiş tarafa NMES ile eş zamanlı olarak uygulandı.

3.3. Değerlendirme Ölçütleri

Hastaların; cinsiyeti, yaşı, dominant eli, SVH tarihi, hemiplejik tarafı ve SVH etyolojisi bilgileri alındı.

Araştırmanın primer sonuç ölçütü ayak bileği dorsifleksör kas kuvveti idi. Sekonder sonuç ölçütleri ise Fonksiyonel Ambulasyon Skalası (FAS), Brunnstrom alt ekstremité ölçeği, ZKY testi, Modifiye Ashworth Skalası idi.

Değerlendirmeler tedaviye başlanmadan önce aynı gün ve son seanstan sonraki gün gerçekleştirildi.

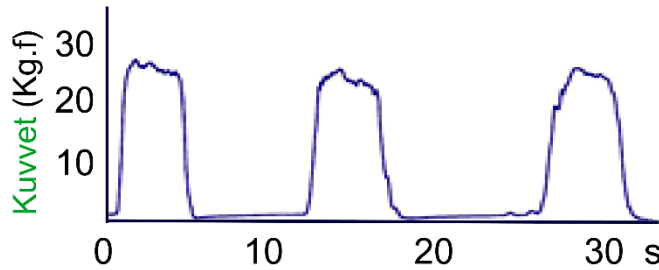
3.3.1 Ayak bileği dorsifleksör izometrik kuvvet ölçümü

Her katılımcıda ayak dorsifleksör kuvvet ölçüm sırası (önce sağ veya sol) rastgele sayılar üretilerek oluşturulan randomizasyon tablosuna göre karar verildi. Ölçümler için deneklerden, bir sedyeyede kalça eklemleri 90 derece fleksiyonda, diz eklemleri 90 derece fleksiyonda ve her iki ayak bileği eklemleri nötral pozisyonda olacak şekilde oturmaları istendi (Şekil 5). Tüm deneklerde, mümkün olduğu kadar kuvvetli ayak dorsifleksiyonu yapma konusunda deneyim kazanmaları için eğitim

amaçlı bir deneme ölçümü yapıldı. Eğitim amaçlı ölçümden beş dakika sonra protokolde öngörülen ölçümler yapıldı. Her iki taraf dorsifleksör kas kuvvetleri üçer kez ölçüldü. Yorgunluk olasılığını azaltmak için ölçümler arasında 5 saniyelik dinlenme süresi bırakıldı. Ölçüm sırasında deneklerin maksimal istemli kasılma preformansını arttırmak üzere verbal feedback, ölçüm yapan araştırmacı tarafından verildi. Kuvvet ölçümleri bir force transducer (FC2211-0000-0100-L Compression Load Cell, TE Connectivity company, France) kullanılarak yapıldı. Force transducer sinyalleri data kayıt cihazı (POWERLAB® data acquisition system ADInstruments, Oxford, UK) ile alındı ve bilgisayarda offline olarak değerlendirildi. Ölçüm değerleri kilogram.kuvvet (kg.f) olarak ifade edildi ve bu değer vücut ağırlığına göre normalleştirildi.



Şekil 5. Kuvvet ölçümü düzeneği



Şekil 6. Data kayıt cihazı ile alınan kuvvet ölçümlerine ait örnek trase

3.3.2 Alt Ekstremitte Brunnstrom evrelemesi

Hastaların alt ekstremitede sinerji paternlerini, kas tonusunu ve izole hareketlerin gelişim aşamalarını değerlendirir. Hastalar Evre-1 ve 6 arasında kategorize edilir. Evre 1: Flask ve tam paralizi durumunu; Evre 6 normal kas tonusunu, izole hareketlerin yapılabildiğini gösterir (Detay için bkz EK-3).

3.3.3 Modifiye Ashworth Skalası (MAS)

Hastaların ayak bileği dorsifleksör kas tonusu Modifiye Ashworth Skalası (MAS) ile değerlendirildi. MAS skorları 0 ve 4 arasındadır. 0 puan, kas tonusu artışı olmadığını; 4 puan rijidite derecesinde spastisiteyi gösterir (Detay için bkz EK-4).

3.3.4 Fonksiyonel Ambulasyon Skalası (FAS)

Hastaların güvenle ayakta durması ve yürümesi için ihtiyaç duyduğu fiziksel destek seviyesi hakkında bilgi sağlamak için geliştirilmiş bir ölçektir. Nörolojik bozukluğu olan hastalarda güvenilir ve geçerli bir değerlendirmedir. Bu skalada hastalar ambulasyon sırasında aldığı desteğin derecesine göre 0 puan ile 5 puan arasında değer alırlar. Evre 0, fonksiyonel olmayan ambulasyon, Evre 5 ise bağımsız ambulasyon anlamına gelir (Detay için bkz EK-5).

3.3.5 Zamanlı Kalk ve Yürü (ZKY) Testi

Hastanın statik ve dinamik denge, mobilite ve yürüme yeteneğini değerlendiren bir testtir. Bu test uygulanırken hastaların boylarına uygun bir sandalyede oturur pozisyondan ayağa kalkması, üç metrelik bir mesafeyi yürümesi ve 180 derece dönüp tekrar aynı sandalyeye oturması istenir. Hasta bu aktiviteyi gerçekleştirirken geçen zaman ölçülür ve değer saniye olarak kaydedilir. Çalışmamızda hastalara test 3 defa uygulandı ve ortalama değer kaydedildi.

3.4. Körleme

Tedavi öncesi ve sonrası ölçümleri, hastaların atandıkları gruba kör olmayan bir araştırmacı tarafından gerçekleştirildi. Tedavi seçenekleri hakkında bilgi sahibi olmadıkları için hastalar tedavi gruplarına kör idi. İstatistiksel analizleri gerçekleştiren araştırmacı hastaların atandıkları gruba kör idi.

3.5 İstatistiksel Analiz ve Örneklem Büyüklüğü

Örneklem büyüklüğü birincil sonuç değişkeni olan ayak bileği dorsifleksör izometrik kas kuvveti esas alınarak hesaplandı. Zult ve ark [2] ayna tedavisinin

çapraz eğitim egzersizleri üzerine aditif etkisinin incelendiği araştırmada, 2 x2 [Grup (Ayna, Kontrol) X Zaman (Pretest-Posttest)] tekrarlı ölçümler varyans analizi için *parsiyel eta kare* 0.176 olarak rapor etmiştir. Buna göre effect size 0.462 olarak hesaplanmıştır. Power %85, alfa yanılma düzeyi 0.05 olarak alındığında gereksinim duyulacak total örneklem sayısı 14 olarak hesaplanmıştır. Zult ve ark çalışmasından farklı olarak, bu araştırmada, kuvvetlendirme için dinamik ve izometrik egzersiz yerine NMES kullanılmıştır. Sarıyıldız ve ark [3] yaptığı ve NMES'in çapraz eğitime etkisinin incelendiği araştırmada, kontralateral ekstremitede kas kuvveti artışı NMES grubunda (n=12) 12.0 ± 6.5 Nm, Kontrol grubunda (n=11) ise 3.5 ± 8.2 Nm olarak bildirilmiştir. Buna göre effect size 1.15 olarak hesaplanmıştır. Power %85, alfa yanılma düzeyi 0.05 (tek yönlü yargılama ile) kriterlerine göre hesaplandığında gereksinim duyulacak total örneklem sayısı 24 olarak belirlenmiştir. Örneklem sayısı hesabı G*Power ver 3.1.9.4 ile yapılmıştır. 5 seanslık tedavi sürecinde %15 kayıp olabileceği öngörülerek gerekli total örneklem sayısı 28 olarak düzeltilmiştir.

Nicel değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Normal dağılıma uygun nicel değişkenlere ait data aritmetik ortalama $\pm$ standart sapma, normal dağılıma uygun olmayan nicel değişkenlere ait data median (çeyrekler arası aralık) olarak; kategorik değişkenler frekans olarak verilmiştir. Kategorik değişkenlerin gruplara dağılımı Fisher exact test, Yates düzeltilmeli ki-kare veya Pearson Ki-kare testi ile analiz edildi. Normal dağılıma uygun nicel değişkenlere ait grupların ortalamaları eşli olmayan *t*-testi ile kıyaslandı. Kas kuvveti ortalamalarını kıyaslamak için tekrarlı ölçümler varyans analizi yapıldı. Normal dağılıma uygun olmayan nicel değişkenlere ait grupların ortalamaları Mann Whitney-U testi ile kıyaslandı. Normal dağılıma uygun olmayan nicel değişkenlere ait tedavi öncesi ve sonrası grup içi ortalamalar Wilcoxon testi ile kıyaslandı. Çoklu karşılaştırmalara ait P değerleri için bonferroni düzeltmesi yapıldı ve $p < 0.05$ ise anlamlı olarak kabul edildi. İstatistiksel analizler IBM PASW ver 18.0 ile yapıldı.

3.6 Çıkar çatışması

Tezi yazarı ve danışmanı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

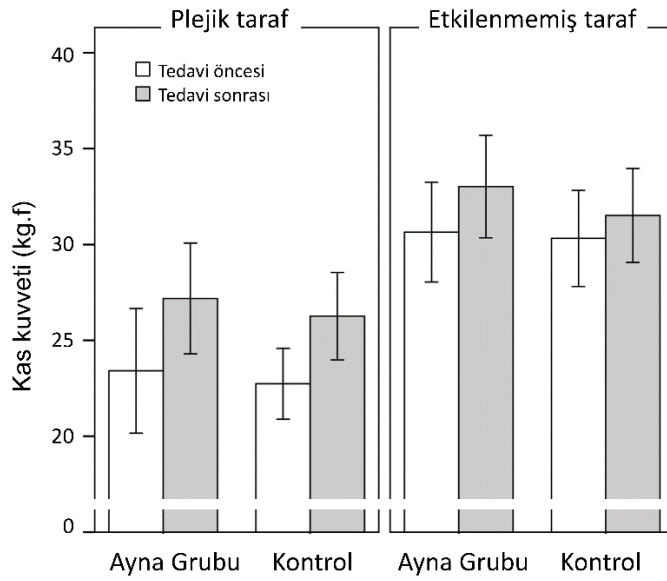
4.BULGULAR

Kas kuvvetinde beş seanslık tedavi sonrası %15.1 (2.7 kg.f) düzeyinde anlamlı artış olduğu saptandı. (Zaman etkisi $F_{(1, 54)} = 21.7$, $p = 0.0001$). Fakat bu kas kuvveti artışı açısından Ayna ve Kontrol grupları arasında istatistiksel fark olmadığı saptandı (kuvvet artışı sırasıyla 3.1 ve 2.4 kg.f) (Zaman X Grup etkisi $F_{(1, 54)} = 0.4$, $p = 0.546$). Benzer şekilde, bu kas kuvveti artışı açısından inmeden etkilenen ve etkilenmeyen taraf arasında istatistiksel fark olmadığı saptandı (kuvvet artışı sırasıyla 3.6 ve 1.8 kg.f) (Zaman X Taraf etkisi $F_{(1, 54)} = 2.6$, $p = 0.116$). Global etki değerlendirmesi yapıldığında, kas kuvveti artışı açısından Grup ve Taraf etkisi olmadığı saptandı (Zaman X Grup X Taraf etkisi $F_{(1, 54)} = 0.2$, $p = 0.694$) (Tablo 2, Şekil 7).

Tablo 2. Plejik ve etkilenmemiş tarafta tedavinin kas kuvveti (kg.f) üzerine etkisi

	Ayna Tedavisi Grubu		Kontrol Grubu	
	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası	Tedavi öncesi	Tedavi sonrası
Plejik Taraf	23.4 ± 12.6	27.2 ± 11.2	22.7 ± 6.9	26.3 ± 8.5
Etkilenmemiş taraf	30.6 ± 10.1	33.0 ± 10.3	30.3 ± 9.4	31.5 ± 9.2
Tekrarlı ölçümler varyans analizi	Etki	P değeri	Etki boyutu (Parsiyel η^2)	Power
	Zaman	0.0001	0.286	0.995
	Zaman x Grup	0.546	0.007	0.092
	Zaman x Taraf	0.116	0.045	0.349
	Zaman x Grup x Taraf	0.694	0.003	0.067

Data aritmetik ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir



Şekil 7: Ayak bileği dorsifleksör kas kuvveti artışı üzerine tedavinin etkisi

FAS skor ortalamasının ayna grubunda tedavi sonrası anlamlı olarak arttığı saptandı. Kontrol grubunda FAS skor ortalamasında istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış olmasına rağmen, iki grup arasında anlamlı farklılık olmadığı saptandı. ZKY test ortalaması açısından her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı düzeyde iyileşme saptandı; gruplar kıyaslandığında aralarında anlamlı farklılık olmadığı saptandı. Brunnstrom alt ekstremité skor ortalaması açısından ayna grubunda anlamlı düzelme olduğu saptandı; istatistiksel analizlerde kontrol grubunda brunnstrom alt ekstremité skor ortalamasında istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış olmasına rağmen iki grup arasında anlamlı farklılık olmadığı saptandı. Plantar fleksör MAS skorlarında her iki grupta tedavi ile anlamlı bir değişim olmadığı saptandı (Tablo 3).

Tablo 3. İkincil sonuç ölçütlerine göre tedavinin etkisi

		Ayna Grubu	Kontrol Grubu	P
		(n=15)	(n=14)	değeri ^a
FAS skoru	TÖ	3.0 (3.0-4.0)	3.5 (3.0-5.0)	0.507
	TS	4.0 (3.0-4.0)	4.0 (3.0-5.0)	0.744
	P değeri ^b	0.014	0.083	
ZKY testi (s)	TÖ	20.2 (15.9-28.2)	24.6 (13.2- 32.9)	0.730
	TS	15.6 (10.0-20.2)	22.2 (11.1-27.3)	0.345
	P değeri ^b	0.001	0.001	
Brunnstrom - alt ekstremité	TÖ	5.0 (4.0-6.0)	5.0 (4.0-6.0)	0.747
	TS	6.0 (5.0-6.0)	5.5 (4.0-6.0)	0.616
	P değeri ^b	0.014	0.564	
Plantar Fleksör	TÖ	1.0 (0.0-2.0)	1.0 (0.0-2.0)	0.836
Spastisitesi	TS	1.0 (0.0-2.0)	1.0 (0.0-2.0)	0.836
(MAS)	P değeri ^b	1.000	1.000	

Data median (çeyrekler arası aralık) olarak verilmiştir.

TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi sonrası, ZKY: Zamanlı kalk ve yürü

^a Mann Whitney-U testi, ^b Wilcoxon testi

5. TARTIŞMA

Literatürü incelediğimizde, inme hastalarında ayna tedavisi ile kombine çapraz eğitim ile kuvvetlendirme egzersizlerinin etkisini araştıran çalışmalar [69,70] olmasına rağmen, NMES ile çapraz eğitim fenomeni uygulamasına ek olarak ayna tedavisinin kombine etkisinin araştırıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamız bu yönü ile ilk araştırma olma niteliğindedir. Çalışmamızın ana sonuçları şu şekildedir:

1. Sağlam ekstremiteye NMES uygulaması yapılan kontrol ve deney grubunda sağlam ekstremitede kas kuvveti artışı gözlemlendi.
2. Sağlam ekstremiteye NMES uygulaması yapılan kontrol ve deney grubunda plejik ekstremitede kas kuvveti artışı gözlemlendi.
3. NMES ile eş zamanlı olarak uygulanan ayna tedavisinin plejik taraf kas kuvveti artışına ek bir katkısı olmadığı gözlemlendi.

Metodolojik İrdeleme

Ayna tedavisinin çoğu rehabilitasyon yöntemine kıyasla daha basit, daha az emek gerektiren ve daha ucuz bir tedavi yöntemi olması [71] ve stroke hastalarının motor iyileşmesine katkı sağladığı yönünde yayınların artması, son yıllarda araştırmacıların ilgisini, klinik etkinliği artırmak üzere ayna tedavisinin farklı rehabilitasyon programları ile en uygun kombinasyonunu keşfetme arayışına yöneltmiştir. Yakın zamanda yayımlanan bazı makalelerde, ayna tedavisi ile kombine edilmiş elektriksel kas stimülasyonunun, post-stroke hastalarda fonksiyonu iyileştirmede tek başına ayna tedavisinden daha etkili olduğu rapor edilmiştir [10-14]. Fakat ayna tedavisi ile NMES'in kombine edildiği önceki çalışmalardan, bu tez araştırmasının en önemli farklarından biri elektriksel stimülasyonun plejik ekstremiteye yerine etkilenmemiş ekstremiteye uygulanmış olmasıdır. Diğer deyişle ilk kez bu projede, hemiplejik olgularda ayna tedavisi ile kombine edilen NMES'in doğrudan etkileri yerine çapraz eğitim etkileri incelenmiştir.

Bu tezi planlarken, etkilenmemiş ekstremiteye uygulanan NMES egzersizlerinin kontralateral (plejik) ekstremitede motor fonksiyonları üzerine etkilerinin, yine etkilenmemiş ekstremiteye (volonter) egzersiz uygulaması yapılan ayna tedavisinin, görsel illüzyon ile, kontralateral (plejik) ekstremitede motor fonksiyonları üzerine etkilerinin, kombine uygulama yapılması durumunda, birbiri

üzerine eklenerek daha güçlü bir etki (aditif etki) elde edilebileceğini varsaydık. Bu hipotezimizin temel dayanağı, NMES'in çapraz eğitim etki mekanizması ve ayna tedavisi etki mekanizmasıdır. Ayna tedavisinde supraspinal mekanizmalar, NMES'in çapraz eğitim etkisi açısından ise hem spinal hemde supraspinal mekanizmalar sorumlu tutulmaktadır. Kombine tedavinin supraspinal etkileri güçlendirebileceğini veya ayna tedavisinin supraspinal mekanizmasının NMES'in spinal mekanizması ile desteklenebileceğini varsayarak, kombine NMES ve ayna tedavisinin birbirlerinin etkilerini arttırabileceğini (aditif etki olabileceğini) öngördük ve buna göre projemizi tasarladık.

Çapraz eğitim ile kuvvetlendirme egzersizi ve ayna tedavisi kombine uygulamasının etkileri konusunda ilk makaleyi Zult ve arkadaşları kaleme almıştır [2]. Onlar sağlıklı gönüllülerde, kontralateral ekstremite homolog kas kuvveti artışı açısından, unilateral izotonik kuvvetlendirme egzersizleri ile kombine edilen ayna tedavisini, tek başına izotonik kuvvetlendirme egzersizleri ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak kontralateral el bilek fleksör kas kuvvetinde, kombine tedavi uygulanan grupta %61, sadece izotonik egzersizler uygulanan grupta ise %34 artış sağlandığını rapor etmişlerdir [2]. Zult ve arkadaşlarının yaptığı araştırmadan farklı olarak bu tez projesinde sağlıklı gönüller yerine hemiplejik olgular üzerinde çalışma yapılmıştır. Diğer bir fark ise izotonik kuvvetlendirme egzersizleri yerine NMES'in tercih edilmiş olmasıdır.

Takip eden yıllarda bir araştırma grubu yaptıkları iki farklı araştırmada, çapraz eğitim ile kuvvetlendirme egzersizlerinin ayna tedavisi ile kombine etkilerini inme geçiren hastalarda incelemişlerdir [69,70]. Bu araştırmacılar etkilenmemiş ekstremiteye izometrik kuvvetlendirme egzersizleri ile kombine ayna tedavisi uygulamışlar fakat kas kuvveti artışı üzerine ayna tedavisinin aditif faydası olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bu projede klasik (izometrik, izotonik, izokinetik) kuvvetlendirme egzersizleri yerine NMES tercihinin iki temel nedeni vardır: Birincisi, elektriksel stimülasyon ile daha fazla afferent girdi oluşması sonucu daha güçlü çapraz eğitim etkisi elde edilebileceği görüşüdür. Hortobágyi ve arkadaşları, sağlıklı gönüllülerde yaptıkları araştırmada altı haftalık kombine NMES ve egzantrik egzersiz uygulaması ile, tek başına egzantrik egzersiz uygulamasına göre, kontralateral quadriceps kas

kuvvetinde daha fazla artış sağlandığını ortaya koymuştur. Onlar bu bulguyu, NMES uygulaması ile ipsilateral tarafta oluşan bol miktarda afferent girdinin, medulla spinal düzeyinde eksitator sinapsları güçlendirerek kontralateral homolog kas üzerinde daha fazla fasilitör etki oluşturduğu tezi ile açıklamışlardır [46]. İpsilateral elektriksel uyarıyla kontralateral homolog kas motor nöronlarda uyarılabilirliğin arttığı yönündeki benzer görüşler başka araştırmacılar tarafından da ileri sürülmüştür [72,73]. NMES tercihinin ikinci nedeni, hemiplejide motor kontrol bozukluğu nedeniyle (istemli) kuvvetlendirme egzersizlerinin efektif uygulama zorluğudur.

Literatürde bu konuda yapılmış çalışmalarla, çapraz eğitimin inme gibi tek taraflı motor bozukluğa neden olan durumlarda da kullanılabileceği ve faydaları gösterilmiştir [6,74-76]. Yurdakul ve arkadaşlarının hemiplejik hastalarda, üst ekstremité rehabilitasyonunda, çapraz eğitim amacıyla NMES'in etkisini değerlendirdikleri bir çalışmada, kontrol grubundaki hastalara etkilenmemiş taraf el bilek fleksörlerine TENS, deney grubundaki hastalara ise kas kuvvetlendirme için NMES uygulanmıştır. Sonuç olarak NMES grubunda, plejik tarafta el bileği fleksör kas kuvveti maximum ve ortalama değerlerinde tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış olmakla beraber TENS grubu ile NMES grubu kıyaslandığında da, NMES grubunda TENS grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır [6]. Bu çalışmada inmeli hastalarda NMES ile uygulanan çapraz eğitimin etkisi net bir şekilde ortaya koyulmuştur. Biz de araştırmamızda inmeli hastalarda 5 seanslık NMES uygulaması ile plejik ekstremitede kuvvet kazanımları olduğunu gösterdik.

Park ve arkadaşlarının inme hastalarında çapraz eğitim fenomeninin etkisini incelemek amacıyla yaptıkları bir araştırmada ise üç gruba ayrılan hastalarda birinci gruba sadece konvansiyonel rehabilitasyon programı uygulanmış, ikinci gruba plejik alt ekstremitéye yönelik fizyoterapist eşliğinde kuvvetlendirme egzersizleri uygulanmış, üçüncü gruba ise yine fizyoterapist eşliğinde etkilenmemiş ekstremitéye kuvvetlendirme egzersizleri uygulanmıştır. Bu araştırmada kuvvet ölçümü yapılmamış ancak kuvvetlendirme egzersizlerinin uygulandığı iki grupta da ZKY testi ve 10 metre yürüme testinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşme saptanmıştır. Araştırmacılar özellikle inme kaynaklı disfonksiyonlarda istemli egzersiz yaptıramadığı durumlarda, etkilenmemiş ekstremité kuvvetlendirme egzersizleri ile

hastalarda fonksiyonel kazanım sağlanabileceği görüşünü bildirmişlerdir [74]. Biz de tez araştırmamızda bu çalışmaya benzer şekilde, NMES ile uyguladığımız çapraz eğitimde hastaların ZKY testi ve FAS' da istatistiksel olarak anlamlı iyileşme saptadık.

NMES'in Akut Çapraz Eğitim Etkisi

Toca-herrera ve arkadaşları 36 sağlıklı gönüllü ile yaptıkları bir klinik araştırmada, non-dominant taraf rektus femoris kasına tek seans uygulanan elektriksel stimülasyonun dominant taraf rektus femoris izometrik kas kuvvetinde artışa neden olduğunu göstermişlerdir [5]. Bu tez araştırmasında, tasarım planlarımız 20 seans olmasına rağmen Covid-19 pandemisi nedeniyle değişiklik yaparak beş seans uyguladığımız NMES ile kontralateral ekstremitede kuvvet artışı olduğu tespit ettik.

Nöromusküler elektriksel stimülasyonun tek başına beş seanslık uygulama ile istatistiksel olarak anlamlı kas kuvveti artışı sağlamasını nöronal adaptasyon mekanizmaları ile açıklayabiliriz. NMES'in periferik etkileri yani kasın yapısal ve fonksiyonel adaptasyonu birkaç hafta gibi daha uzun sürelerde ortaya çıkmaktadır. NMES, hem motor hem de duyuşal sinir liflerini aktive ederek santral nörolojik reorganizasyonu indükleyebilir. Göreve özgü egzersiz protokollerinin beyin reorganizasyonunu tetikleyebileceği kanıtlanmıştır. Bildirildiği gibi, NMES'in aracılık ettiği tekrarlayan hareket, motor yeniden öğrenmeyi kolaylaştırma potansiyeline sahiptir [9].

Ayna Tedavisinin Aditif Etkisi

Ayna görüntüsü ile plejik ekstremitenin, hareket ettiği ve kas kasılması olduğu algısı şeklindeki görsel yanılsamanın ayna nöron sistemini harekete geçirdiği düşünülmektedir. Ayna nöron sistemi, gözlenen bir eylemin görsel (afferent) girdilerine yanıt veren duyuşal nöronlar ile benzer bir eylemin yürütülmesi sırasında aktive olan motor nöronları birbirine bağlayarak, gözlemlenen eylemin kas aktivitesi modelini, bu hedef motor nöron havuzuna yansıtır ve kortikospinal uyarılabilirliğin değişmesine neden olur. Bir ayna kullanarak hareket gözlemi, aktif

olmayan yarım kürenin primer motor korteksinin uyarılabilirliğini değiştirerek aynanın arkasında perdelenen plejik ekstremitenin motor performans kazanımlarına yol açabilir. Alternatif bir hipotez, görsel uyarımın propriyosepsiyon üzerindeki etkisine dayanmaktadır. Buna göre aynanın arkasındaki plejik ekstremiteye ayna vasıtasıyla dikkatin yoğunlaşması, lezyonlu yarımküredeki motor ağların aktivasyonuna yol açar. Ayna eğitiminin kesin nörofizyolojik mekanizmaları hala tam olarak anlaşılmamış olsa da, ayna eğitiminin performans kazanımlarının kortikal düzeyde algısal ve motor aktivite arasındaki karşılıklı etkileşimin bir sonucu olduğu kanaati kabul görmektedir [2]. Bu tez araştırmasında, NMES uygulaması ile eş zamanlı olarak uygulanan ayna tedavisinin plejik taraf kas kuvveti artışı üzerine ek bir katkı sağlamadığı saptandı. Bu sonucun ortaya çıkmasında kanaatimizce, hastaların aynadan gelen görsel feedback üzerine dikkatlerini yeterince yoğunlaştıramamış olması muhtemelen önemli rol oynamış olabilir. MMSE skoru 24 puanın altında olan hastaları çalışma dışı bıraktığımız halde, hastalarımızın ayna tedavisinin gerektirdiği ölçüde dikkat ve konsantrasyonlarını yoğunlaştırdığından emin olmamız mümkün olmamıştır. Bu sonucun ortaya çıkışında etkisi olabilecek diğer önemli faktör tedavi süresinin kısa olması olabilir. Ayna tedavisinin gerektirdiği ölçüde dikkat ve konsantrasyon becerilerini geliştirmek açısından seans tekrar sayısının önemli etkisi olabilir. Ayna tedavisi, ayna nöron sistemi üzerinden işleyen kortikal yeniden öğrenme şeklinde, kognitif bir müdahale yöntemidir ve 2-12 hafta gibi daha uzun süreli tedaviler gerektirir [77-79].

Zult ve arkadaşları sağlıklı kişilerde, ipsilateral primer motor kortekste kısa aralıklı intra-kortikal inhibisyonun, yalnızca yavaşça kasılan bir el aynada görüldüğünde azaldığını tespit ettiklerini ancak ayna olmadan hareket gerçekleştirildiği koşullarda hiçbir değişiklik gözlemediklerini bildirmişlerdir [80]. İnme gibi nörolojik sorunlar, efferent ve afferent sinyallerin uyumsuzluğuna neden olabilir. Vizuel uyarıların, propriyosepsiyon üzerindeki katkısı nedeniyle ayna tedavisi, kesintiye uğramış afferent-efferent döngüsünü eski haline getirebilir. Ancak izometrik bir kontraksiyondan gelen görsel geri-bildirim dinamik egzersiz kadar etkili olmayabilir [70]. Benzer şekilde, NMES ile sağlanan izometrik hareketin aynada gözlemlenmesinin kortikal reorganizasyonu harekete geçirmek için yeterince etkili olmayacağı düşünülebilir.

Ehrensberger ve arkadaşları inmeli hastalarda yaptıkları bir çalışmada hastaları iki gruba ayrılarak; deney grubuna ayna tedavisine ek olarak sağlam taraf el bilek ekstansör kas kuvvetlendirme egzersizleri uygulamış, kontrol grubuna ise sadece kuvvetlendirme egzersizleri uygulamışlardır. Tedavi haftada üç gün, günde 20 dakika, toplam 12 seans uygulanmıştır. Dinamometrik ölçümlerde tedavi uygulanmayan plejik ekstremitede pik tork değerlerinde %14.6 ve ortalama tork değerinde ise %17.1 anlamlı artış olduğu fakat bu artış açısından kontrol grubu ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı bildirilmiştir. Sonuç olarak yazarlar kronik inmeli hastalarda ayna tedavisinin, izometrik egzersizin çapraz eğitim etkisini artırmadığını rapor etmişlerdir [70]. Diğer bir deyişle bu çalışmada da bizim çalışmamıza benzer olarak çapraz eğitim kuvvetlendirme egzersizlerine ayna tedavisinin aditif katkısı olmadığı saptanmıştır. Ehrensberger'in dahil olduğu aynı araştırma grubu, benzer metodoloji ile yaptıkları diğer bir çalışmada ayak dorsifleksör kas kuvveti artışı üzerine kombine çapraz eğitim ve ayna tedavisinin etkilerini incelemiş ve aynı sonuca ulaşmışlardır [69]. Sonuç olarak, bu araştırma grubu üst ve alt plejik ekstremitede kas kuvveti artışı üzerine izometrik egzersiz ile kombine edilen ayna tedavisinin aditif fayda sağlamadığını ortaya koymuştur. Bizim çalışmamız, beklentilerimizin aksine izometrik egzersiz yerine NMES uygulamasının bir fark yaratmadığını ortaya koymuştur.

Araştırmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları mevcuttur:

İlk olarak, tedavi beş seans uygulanabilmiştir. Öncesinde 20 seans olarak planladığımız çalışmamızı, Covid-19 pandemisi nedeniyle beş seans ile sınırlamak zorunda kaldık. Bu kısa süreli uygulama ile Toca-herrera ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya benzer şekilde çapraz eğitim fenomeninin akut etkisini gözlemledik. Fakat ayna tedavisinin aditif etkisini gözlemleyemedik.

İkinci olarak çalışmamızda sadece konvansiyonel rehabilitasyon uygulanan bir kontrol grubu bulunmuyordu. Tespit ettiğimiz kuvvet kazanımının, NMES ile yapılan tedaviden mi yoksa konvansiyonel rehabilitasyon programları ile mi elde edildiğini net olarak ortaya koymak için üçüncü bir grup çalışmaya dahil edilebilirdi. Bununla birlikte çalışmamızın asıl amacı, sağlam ekstremiteye uygulanan NMES ile

eş zamanlı uygulanan ayna tedavisinin aditif katkısının olup olmadığını göstermekti. Belki tasarım aşamasında planladığımız gibi 20 seans tedavi uygulama imkanı olsa idi, kontrol grubu olmasa da ayna tedavisinin aditif etkisinden net olarak söz edilebilirdi.

Üçüncüsü, akut, subakut ve kronik inmeli hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. Bir sistematik derleme ve meta-analizde ayna tedavisinin subakut dönem inmeli hastalarda daha etkili olduğu görüşü ileri sürülmüştür [81]. Çalışmamızda deney grubunda hastaların ortalama stroke süresi 31.1 ay, kontrol grubunda ortalama hastalık süresi 25.6 aydır, hastalık süresi 1-204 ay arasında değişmektedir. Yani çalışmamız daha çok kronik dönem inmeli hastalar üzerinde yapılmıştır. Sadece subakut dönemdeki inmeli hastalar üzerinde yapılacak araştırmalarda daha etkili sonuçlar alınabilir.

6. SONUÇLAR

İnme hastalarında, NMES'in çapraz eğitim etkisi ile plejik ekstremitede sağlayabileceği kuvvet artışı üzerine ayna tedavisinin aditif etkisinin araştırıldığı ilk çalışmadır. Çalışmamızda; inmeli hastalarda etkilenmemiş taraf ayak bileği dorsifleksörlerine NMES uygulamasına ek olarak, ayna tedavisi uygulamasının kas kuvveti artışı üzerine aditif katkısının olmadığı saptanmıştır. Çalışmamızın kısıtlılıkları göz önüne alınarak, ayna tedavisinin aditif etkisi olup-olmadığı sorusuna net yanıt bulabilmek üzere subakut dönem inmeli hastalarda beş seanstan daha uzun tedavi protokollerinin uygulandığı yeni araştırmalar yapılabilir.



7.KAYNAKLAR

1. G. Howatson, T. Zult, J. P. Farthing, I. Zijdwind, T. Hortobágyi, “Mirror training to augment cross-education during resistance training: a hypothesis”, *Front. Hum. Neurosci.*, c. 7, 2013, doi: 10.3389/fnhum.2013.00396.
2. T. Zult, S. Goodall, K. Thomas, S. Solnik, T. Hortobágyi, G. Howatson, “Mirror Training Augments the Cross-education of Strength and Affects Inhibitory Paths”, *Med. Sci. Sports Exerc.*, c. 48, sy 6, ss. 1001-1013, Haz. 2016, doi: 10.1249/MSS.0000000000000871.
3. M. Sariyildiz, I. Karacan, A. Rezvani, O. Ergin, M. Cidem, “Cross-education of muscle strength: cross-training effects are not confined to untrained contralateral homologous muscle: Cross-education of contralateral antagonists”, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, c. 21, sy 6, ss. e359-e364, Ara. 2011, doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01311.x.
4. O. Lagerquist, E. P. Zehr, D. Docherty, “Increased spinal reflex excitability is not associated with neural plasticity underlying the cross-education effect”, *J Appl Physiol*, c. 100, s. 8, 2006.
5. J. L. Toca-Herrera, J. E. Gallach, M. Gómis, L. M. González, “Cross-Education After One Session of Unilateral Surface Electrical Stimulation of the Rectus Femoris”, *J. Strength Cond. Res.*, c. 22, sy 2, ss. 614-618, Mar. 2008, doi: 10.1519/JSC.0b013e3181660830.
6. O. V. Yurdakul, M. S. Kilicoglu, A. Rezvani, O. Kucukakkas, F. Eren, T. Aydin, “How does cross-education affects muscles of paretic upper extremity in subacute stroke survivors?”, *Neurol. Sci.*, c. 41, sy 12, ss. 3667-3675, Ara. 2020, doi: 10.1007/s10072-020-04506-2.
7. K. Sathian, A. I. Greenspan, S. L. Wolf, “Doing It with Mirrors: A Case Study of a Novel Approach to Neurorehabilitation”, *Neurorehabil. Neural Repair*, c. 14, sy 1, ss. 73-76, Mar. 2000, doi: 10.1177/154596830001400109.
8. T. Shih, CY Wu, KC Lin, CH Cheng, YW Hsieh, CL Chen et al. “Effects of action observation therapy and mirror therapy after stroke on rehabilitation outcomes and neural mechanisms by MEG: study protocol for a randomized controlled trial”, *Trials*, c. 18, sy 1, s. 459, Ara. 2017, doi: 10.1186/s13063-017-2205-z.
9. Q. Xu, F. Guo, H. M. A. Salem, H. Chen, X. Huang, “Effects of mirror therapy combined with neuromuscular electrical stimulation on motor recovery of lower limbs and walking ability of patients with stroke: a randomized controlled study”, *Clin. Rehabil.*, c. 31, sy 12, ss. 1583-1591, Ara. 2017, doi: 10.1177/0269215517705689.
10. D. Lee, G. Lee, “Effect of afferent electrical stimulation with mirror therapy on motor function, balance, and gait in chronic stroke survivors: a randomized controlled trial”, *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.*, c. 55, sy 4, s. 8, 2019.
11. H. Kim, G Lee, C Song. Effect of functional electrical stimulation with mirror therapy on upper extremity motor function in poststroke patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2014 Apr;23(4):655-61. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.06.017. Epub 2013 Jul 16.
12. Nagapattinam S, Babu KV, Kumar NS, Ayyappan VR. Effect Of Task Specific Mirror

- Therapy With Functional Electrical Stimulation On Upper Limb Function For Subacute Hemiplegia. *Int J Physiother.* Vol 2(5), 840-849, October (2015)".
13. S.-G. Ji, H.-G. Cha, M.-K. Kim, C.-R. Lee, "The Effect of Mirror Therapy Integrating Functional Electrical Stimulation on the Gait of Stroke Patients", *J. Phys. Ther. Sci.*, c. 26, sy 4, ss. 497-499, 2014, doi: 10.1589/jpts.26.497.
 14. S. Mathieson, J. Parsons, M. Kaplan, M. Parsons, "Combining functional electrical stimulation and mirror therapy for upper limb motor recovery following stroke: a randomised trial", s. 7.
 15. Brandstater ME, "Stroke rehabilitation".In DeLisa JA, Gans BM (Eds): *Rehabilitation Medicine*. Philadelphia, Lippincott- Raven Publishers, 1998 ; ss. 1165-89.
 16. Roth EJ, Harvey RL, "Rehabilitation of stroke syndromes" In Braddom RL (Ed): *Physical Medicine & Rehabilitation*, Philadelphia, W.B Saunders Company, 1996, s. 727.
 17. Pollock A, Farmer SE, Brady MC, Langhorne P, Mead GE, Mehrholz J et al. "Interventions for improving upper limb function after stroke", *Cochrane Database Syst. Rev.*, Kas. 2014, doi: 10.1002/14651858.CD010820.pub2.
 18. Çevikol A, Çakıcı A, "İnme Rehabilitasyonu", içinde Oğuz H (Ed). *Tıbbi Rehabilitasyon*.3. baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri, 2015, ss. 419-48.
 19. L. B. Goldstein, "Introduction for Focused Updates in Cerebrovascular Disease", *Stroke*, c. 51, sy 3, ss. 708-710, Mar. 2020, doi: 10.1161/STROKEAHA.119.024159.
 20. Ince B, Necioglu D; Turkish Stroke Study Group. Organization of stroke care in Turkey. *Int J Stroke*. 2017 Jan;12(1):105-107. doi: 10.1177/1747493016672084. Epub 2016 Oct 10.
 21. Requena M, Olivé-Gadea M, Muchada M, García-Tornel Á, Deck M, Juega J et al., "COVID-19 and Stroke: Incidence and Etiological Description in a High-Volume Center", *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.*, c. 29, sy 11, s. 105225, Kas. 2020, doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105225.
 22. Hong Z, Sui M, Zhuang Z, Liu H, Zheng X, Cai C et al., "Effectiveness of Neuromuscular Electrical Stimulation on Lower Limbs of Patients With Hemiplegia After Chronic Stroke: A Systematic Review", *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, c. 99, sy 5, ss. 1011-1022.e1, May. 2018, doi: 10.1016/j.apmr.2017.12.019.
 23. Ulaşlı, A, "İnme Sonrası Alt Ekstremitte, Mobilite ve Yürüme", *Türkiye Klinikleri J PM&R-Special Topics*. c. 9(1):70-9, 2016.
 24. A.-L. Hsu, P.-F. Tang, M.-H. Jan, "Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, c. 84, sy 8, ss. 1185-1193, Ağu. 2003, doi: 10.1016/S0003-9993(03)00030-3.
 25. S. Wist, J. Clivaz, M. Sattelmayer, "Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis", *Ann. Phys. Rehabil. Med.*, c. 59, sy 2, ss. 114-124, Nis. 2016, doi: 10.1016/j.rehab.2016.02.001.
 26. K. Dunning, M. W. O'Dell, P. Kluding, K. McBride, "Peroneal Stimulation for Foot Drop After Stroke: A Systematic Review", *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, c. 94, sy 8, ss. 649-664, Ağu. 2015, doi: 10.1097/PHM.0000000000000308.

27. Y. He, Y. Gao, B. Fan, "Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation combined with rehabilitation training for treatment of post-stroke limb spasticity: A protocol for systematic review", *Medicine (Baltimore)*, c. 98, sy 39, s. e17261, Eyl. 2019, doi: 10.1097/MD.00000000000017261.
28. Belagaje, S. R. Stroke Rehabilitation. *Continuum: Lifelong Learning in Neurology*, 23(1), 238–253. 2017.doi:10.1212/con.0000000000000423.
29. M. Wang, "Use of Kinesio taping in lower-extremity rehabilitation of post-stroke patients_ A systematic review and meta-analysis", *Complement. Ther. Clin. Pract.*, s. 11, 2019.
30. S. H. Jang, "The recovery of walking in stroke patients: a review", *Int. J. Rehabil. Res.*, c. 33, sy 4, ss. 285-289, Ara. 2010, doi: 10.1097/MRR.0b013e32833f0500.
31. R. Verma, K. N. Arya, P. Sharma, R. K. Garg, "Understanding gait control in post-stroke: Implications for management", *J. Bodyw. Mov. Ther.*, c. 16, sy 1, ss. 14-21, Oca. 2012, doi: 10.1016/j.jbmt.2010.12.005.
32. S. Ng, C. Hui-Chan, "Ankle dorsiflexor, not plantarflexor strength, predicts the functional mobility of people with spastic hemiplegia", *J. Rehabil. Med.*, c. 45, sy 6, ss. 541-545, 2013, doi: 10.2340/16501977-1154.
33. Karataş G., "İnme Rehabilitasyonu: Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y (eds). Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. 3. Baskı, Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri, 2016:2267-89.
34. Barbara M. Doucet, Amy Lam, Lisa Griffin, "Neuromuscular Electrical Stimulation for Skeletal Muscle Function", *Yale J Biol Med.*, c. 85(2): 201–215, 2012.
35. Valenti F, "Neuromuscular electrical stimulation in clinical practice", *Acta Anaesthesiol*, c. 42:101, 1964.
36. James W. Bellew, "Clinical Electrical Stimulation", içinde Michlovitz's Modalities For Therapeutic Intervention, 6. bs, Philadelphia: F. A. Davis Company, 2016, ss. 287-327.
37. K. A. Sluka, D. Walsh, "Transcutaneous electrical nerve stimulation: Basic science mechanisms and clinical effectiveness", *J. Pain*, c. 4, sy 3, ss. 109-121, Nis. 2003, doi: 10.1054/jpai.2003.434.
38. H. B. K. Boom, A. J. Mulder, P. H. Veltink, "Chapter 36 Fatigue during functional neuromuscular stimulation", içinde Progress in Brain Research, c. 97, Elsevier, 1993, ss. 409-418.
39. Bracciano AG. Physical Agent Modalities. Bethesda, MD: AOTA Press; 2008.
40. Koyuncu H, Karacan İ. Temel elektroterapi. Oğuz H, Dursun E, Dursun N (Editörler). Tıbbi Rehabilitasyon'da. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2004. s.411-32.
41. A. Manca, D. Dragone, Z. Dvir, F. Deriu, "Cross-education of muscular strength following unilateral resistance training: a meta-analysis", *Eur. J. Appl. Physiol.*, c. 117, sy 11, ss. 2335-2354, Kas. 2017, doi: 10.1007/s00421-017-3720-z.
42. A. M. Hendy, S. Lamon, "The Cross-Education Phenomenon: Brain and Beyond", *Front. Physiol.*, c. 8, s. 297, May. 2017, doi: 10.3389/fphys.2017.00297.
43. A. Manca, T. Hortobágyi, J. Rothwell, F. Deriu, "Neurophysiological adaptations in the untrained side in conjunction with cross-education of muscle strength: a systematic review

- and meta-analysis”, *J. Appl. Physiol.*, c. 124, sy 6, ss. 1502-1518, Haz. 2018, doi: 10.1152/jappphysiol.01016.2017.
44. T. Aydın, F. N. Kesiktaş, A. Baskent, A. Karan, I. Karacan, K. S. Türker, “Cross-training effect of chronic whole-body vibration exercise: a randomized controlled study”, *Somatosens. Mot. Res.*, c. 37, sy 2, ss. 51-58, Nis. 2020, doi: 10.1080/08990220.2020.1720635.
 45. Karacan I, Cidem M, Bahadır C, Rezvani A, Ozen A, Unalan HI. The Effects of Radius Bone Density on the Resting Myoelectrical Activity of Contralateral Wrist Flexors in Subjects Exposed to Unilateral Forearm Vibration. *Türkiye Klinikleri J Med Sci* 32(6):1673-80, 2012. doi: 10.5336/medsci.2011-27910”.
 46. T. Hortobágyi, K. Scott, J. Lambert, G. Hamilton, J. Tracy, “Cross-Education of Muscle Strength Is Greater with Stimulated than Voluntary Contractions”, *Motor Control*, c. 3, sy 2, ss. 205-219, Nis. 1999, doi: 10.1123/mcj.3.2.205.
 47. M. Lee, T. J. Carroll, “Cross Education: Possible Mechanisms for the Contralateral Effects of Unilateral Resistance Training”, *Sports Med.*, c. 37, sy 1, ss. 1-14, 2007, doi: 10.2165/00007256-200737010-00001.
 48. T. Hortobágyi, “Cross education and the human central nervous system”, *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, c. 24, sy 1, ss. 22-28, Oca. 2005, doi: 10.1109/MEMB.2005.1384096.
 49. Y. Yasuda, M. Miyamura, “Cross transfer effects of muscular training on blood flow in the ipsilateral and contralateral forearms”, *Eur. J. Appl. Physiol.*, c. 51, sy 3, ss. 321-329, Eyl. 1983, doi: 10.1007/BF00429068.
 50. T. J. Carroll, R. D. Herbert, J. Munn, M. Lee, S. C. Gandevia, “Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms”, *J. Appl. Physiol.*, c. 101, sy 5, ss. 1514-1522, Kas. 2006, doi: 10.1152/jappphysiol.00531.2006.
 51. Cakar HI, Cidem M, Kara S, Karacan I. Vibration paradox and H-reflex suppression: is H-reflex suppression results from distorting effect of vibration? *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2014 Sep;14(3):318-24.
 52. K. Dragert, E. P. Zehr, “Bilateral neuromuscular plasticity from unilateral training of the ankle dorsiflexors”, *Exp. Brain Res.*, c. 208, sy 2, ss. 217-227, Oca. 2011, doi: 10.1007/s00221-010-2472-3.
 53. M. S. Fimland, J. Helgerud, G. M. Solstad, V. M. Iversen, G. Leivseth, J. Hoff, “Neural adaptations underlying cross-education after unilateral strength training”, *Eur. J. Appl. Physiol.*, c. 107, sy 6, ss. 723-730, Ara. 2009, doi: 10.1007/s00421-009-1190-7.
 54. A. Stedman, N. J. Davey, P. H. Ellaway, “Facilitation of human first dorsal interosseous muscle responses to transcranial magnetic stimulation during voluntary contraction of the contralateral homonymous muscle”, *Muscle & Nerve*, 21(8), 1033–1039. doi:10.1002/(sici)1097-4598(199808)21:8<1033::aid-mus7>3.0.co;2-9 s. 7, 1998.
 55. A. K. Frazer, J. Williams, M. Spittle, D. J. Kidgell, “Cross-education of muscular strength is facilitated by homeostatic plasticity”, *Eur. J. Appl. Physiol.*, c. 117, sy 4, ss. 665-677, Nis. 2017, doi: 10.1007/s00421-017-3538-8.

56. T. Hortobágyi, J. L. Taylor, N. T. Petersen, G. Russell, S. C. Gandevia, "Changes in Segmental and Motor Cortical Output With Contralateral Muscle Contractions and Altered Sensory Inputs in Humans", *J. Neurophysiol.*, c. 90, sy 4, ss. 2451-2459, Eki. 2003, doi: 10.1152/jn.01001.2002.
57. T. Housh, D. Housh, J. Weir, L. Weir, "Effects of Unilateral Concentric-Only Dynamic Constant External Resistance Training", *Int. J. Sports Med.*, c. 17, sy 05, ss. 338-343, Tem. 1996, doi: 10.1055/s-2007-972857.
58. W. Muellbacher, S. Facchini, B. Boroojerdi, M. Hallett, "Changes in motor cortex excitability during ipsilateral hand muscle activation in humans", *Clin. Neurophysiol.*, c. 111, sy 2, ss. 344-349, Şub. 2000, doi: 10.1016/S1388-2457(99)00243-6.
59. D. B. Gandhi, A. Sterba, H. Khatter, J. D. Pandian, "Mirror Therapy in Stroke Rehabilitation: Current Perspectives", *Ther. Clin. Risk Manag.*, c. Volume 16, ss. 75-85, Şub. 2020, doi: 10.2147/TCRM.S206883.
60. K. Hartman, E. L. Altschuler, "Mirror Therapy for Hemiparesis Following Stroke: A Review", *Curr. Phys. Med. Rehabil. Rep.*, c. 4, sy 4, ss. 237-248, Ara. 2016, doi: 10.1007/s40141-016-0131-8.
61. Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, Foster C, Galasko D, Llewellyn DM et al., Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*. 1999 Jun 12;353(9169):2035-6. doi: 10.1016/s0140-6736(99)00920-4.
62. Wang J, Fritzsche C, Bernarding J, Krause T, Mauritz KH, Brunetti M. et al., "Cerebral activation evoked by the mirror illusion of the hand in stroke patients compared to normal subjects", *NeuroRehabilitation*, c. 33, sy 4, ss. 593-603, Ara. 2013, doi: 10.3233/NRE-130999.
63. W. Zeng, Y. Guo, G. Wu, X. Liu, Q. Fang, "Mirror therapy for motor function of the upper extremity in patients with stroke: A meta-analysis", *J. Rehabil. Med.*, c. 50, sy 1, ss. 8-15, 2018, doi: 10.2340/16501977-2287.
64. J. J. Q. Zhang, K. N. K. Fong, N. Welage, K. P. Y. Liu, "The Activation of the Mirror Neuron System during Action Observation and Action Execution with Mirror Visual Feedback in Stroke: A Systematic Review", *Neural Plast.*, c. 2018, ss. 1-14, 2018, doi: 10.1155/2018/2321045.
65. L. Mirela Cristina, D. Matei, B. Ignat, C. D. Popescu, "Mirror therapy enhances upper extremity motor recovery in stroke patients", *Acta Neurol. Belg.*, c. 115, sy 4, ss. 597-603, Ara. 2015, doi: 10.1007/s13760-015-0465-5.
66. N. Morkisch, H. Thieme, C. Dohle, "How to perform mirror therapy after stroke? Evidence from a meta-analysis", *Restor. Neurol. Neurosci.*, c. 37, sy 5, ss. 421-435, Eki. 2019, doi: 10.3233/RNN-190935.
67. T. Zult, G. Howatson, E. E. Kádár, J. P. Farthing, T. Hortobágyi, "Role of the Mirror-Neuron System in Cross-Education", *Sports Med.*, c. 44, sy 2, ss. 159-178, Şub. 2014, doi: 10.1007/s40279-013-0105-2.
68. A. K. Frazer, A. J. Pearce, G. Howatson, K. Thomas, S. Goodall, D. J. Kidgell, "Determining

- the potential sites of neural adaptation to cross-education: implications for the cross-education of muscle strength”, *Eur. J. Appl. Physiol.*, c. 118, sy 9, ss. 1751-1772, Eyl. 2018, doi: 10.1007/s00421-018-3937-5.
69. Simpson D, Ehrensberger M, Horgan F, Blake C, Roberts D, Broderick P. et al. Unilateral dorsiflexor strengthening with mirror therapy to improve motor function after stroke: A pilot randomized study. *Physiother Res Int.* 2019 Oct;24(4):e1792. doi: 10.1002/pri.1792.
 70. Ehrensberger M, Simpson D, Broderick P, Blake C, Horgan F, Hickey P et al., “Unilateral Strength Training and Mirror Therapy in Patients With Chronic Stroke: A Pilot Randomized Trial”, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, c. 98, sy 8, ss. 657-665, Ağu. 2019, doi: 10.1097/PHM.0000000000001162.
 71. Yavuzer G, Selles R, Sezer N, Sütbeyaz S, Bussmann JB, Köseoğlu F et al., “Mirror Therapy Improves Hand Function in Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial”, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, c. 89, sy 3, ss. 393-398, Mar. 2008, doi: 10.1016/j.apmr.2007.08.162.
 72. K. L. Robinson, J. S. McIlwain, K. C. Hayes, “Effects of h-reflex conditioning upon the contralateral alpha motoneuron pool”, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 46(1), 65–71. doi:10.1016/0013-4694(79)90050-6 .1979.s. 7.
 73. P. Bezerra, S. Zhou, Z. Crowley, L. Brooks, A. Hooper, “Effects of unilateral electromyostimulation superimposed on voluntary training on strength and cross-sectional area: EMS Superimposed on MVC”, *Muscle Nerve*, c. 40, sy 3, ss. 430-437, Eyl. 2009, doi: 10.1002/mus.21329.
 74. C. Park, H. Son, B. Yeo, “The effects of lower extremity cross-training on gait and balance in stroke patients: a double-blinded randomized controlled trial”, *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.*, c. 57, sy 1, Şub. 2021, doi: 10.23736/S1973-9087.20.06183-3.
 75. S.-C. Park, J.-N. Ryu, S.-J. Oh, Y.-J. Cha, “Cross training effects of non-paralytic dorsiflexion muscle strengthening exercise on paralytic dorsiflexor muscle activity, gait ability, and balancing ability in patients with chronic stroke: A randomized, controlled, pilot trial”, s. 8.
 76. M. Ehrensberger, D. Simpson, P. Broderick, K. Monaghan, “Cross-education of strength has a positive impact on post-stroke rehabilitation: a systematic literature review”, *Top. Stroke Rehabil.*, c. 23, sy 2, ss. 126-135, Şub. 2016, doi: 10.1080/10749357.2015.1112062.
 77. G. K. N. Hung, C. T. L. Li, A. M. Yiu, K. N. K. Fong, “Systematic Review: Effectiveness of Mirror Therapy for Lower Extremity Post-Stroke”, *Hong Kong J. Occup. Ther.*, c. 26, sy 1, ss. 51-59, Ara. 2015, doi: 10.1016/j.hkjot.2015.12.003.
 78. D. R. Louie, S. B. Lim, J. J. Eng, “The Efficacy of Lower Extremity Mirror Therapy for Improving Balance, Gait, and Motor Function Poststroke: A Systematic Review and Meta-Analysis”, *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.*, c. 28, sy 1, ss. 107-120, Oca. 2019, doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.09.017.
 79. F. J. A. Deconinck, A. R. P. Smorenburg, A. Benham, A. Ledebt, M. G. Feltham, G. J. P. Savelsbergh, “Reflections on Mirror Therapy: A Systematic Review of the Effect of Mirror

- Visual Feedback on the Brain”, *Neurorehabil. Neural Repair*, c. 29, sy 4, ss. 349-361, May. 2015, doi: 10.1177/1545968314546134.
80. T. Zult, S. Goodall, K. Thomas, T. Hortobágyi, G. Howatson, “Mirror illusion reduces motor cortical inhibition in the ipsilateral primary motor cortex during forceful unilateral muscle contractions”, *J. Neurophysiol.*, c. 113, sy 7, ss. 2262-2270, Nis. 2015, doi: 10.1152/jn.00686.2014.
81. Li, Y., Wei, Q., Gou, W., He, C. Effects of mirror therapy on walking ability, balance and lower limb motor recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation*, 32(8), 1007–1021.2018.doi:10.1177/0269215518766642.



8. EKLER

**EK-1: Hemiplejik Hastalarda Nöromüsküler Elektriksel Stimülasyonun
Çapraz-Eğitim Etkisi Üzerine Ayna Tedavisinin Aditif Etkisi İzlem Formu**

EK-2: Bilgilendirilmiş Onay Formu

EK-3: Brunnstrom Alt Ekstremité Motor Evrelemesi

EK-4: Modifiye Ashworth Skalası

EK-5: Fonksiyonel Ambulasyon Skalası



EK-1**Olgu Rapor Formu Örneği****HEMİPLEJİK HASTALARDA NÖROMÜSKÜLER ELEKTRİKSEL
STİMÜLASYONUN ÇAPRAZ-EĞİTİM ETKİSİ ÜZERİNE AYNA
TEDAVİSİNİN ADİTİF ETKİSİ İZLEM FORMU**

Protokol No:

Atandığı Tedavi Grubu: ☐ A grubu ☐ B grubu

İsim:

Yaş:

Cinsiyet: ☐ Kadın ☐ Erkek Dominant el: ☐ Sağ ☐ Sol**İNME DEĞERLENDİRMESİ**

Olay tarihi: / /

Etyoloji: ☐ İskemik ☐ Hemorajik

Lezyon yeri:

Plejik taraf:

İNCELEMELER ve TESTLER**A. İzometrik kas kuvveti ölçümü**

İzometrik kas kuvveti ölçümü	Tedavi öncesi	5 seans tedavi sonrası

B. Ambulasyon Değerlendirmesi (Fonksiyonel Ambulasyon Skalası)

Fonksiyonel Ambulasyon Skalası	Tedavi öncesi	5 seans tedavi sonrası

C. Alt Ekstremité Nörofizyolojik değerlendirme

Brunnstrom alt ekstremité ölçeği	Tedavi öncesi	5 seans tedavi sonrası

D. Fonksiyonel yürüme kapasitesi

Zamanlı kalk ve yürü testi	Tedavi öncesi	5 seans tedavi sonrası

E. Modifiye Ashworth Skalası

Modifiye Ashworth Skalası	Tedavi öncesi	5 seans tedavi sonrası

(Araştırma amaçlı sadece kas kuvveti ölçümü ve değerlendirme testleri yapılacaktır. Bu incelemeler dışında (biyokimyasal, radyolojik vs.) herhangi bir inceleme yapılmayacaktır.)

EK-2

BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAY FORMU

Tarih: 29.01.2018 Versiyon:1

Sayın Dr. Ayşegül Kılıç tarafından “**Hemiplejik Hastalarda Nöromusküler Elektriksel Stimülasyonun Çapraz-Eğitim Etkisi Üzerine Ayna Tedavisinin Aditif Etkisi: Randomize Kontrollü Prospektif Klinik Araştırma**” konulu tıbbi bir bilimsel araştırma yapılacağı belirtilerek konu ile ilgili aşağıdaki bilgiler bana aktarıldı:

NMES (kasların elektrik akımı ile kastırılması), elektrik akımı kullanılarak uygulama yapılan kaslarda kasılma oluşturulmasıdır. NMES, Fizik tedavide yaygın kullanılan güvenli bir yöntem olup başlıca kullanım alanları kas kuvvetlendirilmesi, kas kaybının önlenmesi, eklem hareket açıklığının korunması veya arttırılması, kas sertliği (spastisite) ve yeniden öğrenme olarak sayılabilir.

Bu araştırmada sağlam taraf bacağı elektrik akımı ile fizik tedavi uygulaması yapılarak hem sağlam hem de felçli taraf bacakta kuvvet artışı olup olmadığı incelenecektir. Bu amaçla, felçli olmayan taraf alt bacak ön yüz kaslarının üzerindeki cilde 5x5 cm boyutunda elektrotlar yerleştirilerek yaklaşık yarım saat elektrik akımı ile fizik tedavi yapılacaktır. Bu tedavi haftada beş gün, toplam 5 seans uygulanacaktır. Bu tedavi normal fizik tedavi uygulamalarına ilave olarak yapılacaktır. Bunun için doğrudan veya bağlı olduğunuz sosyal güvenlik kurumu tarafından ayrıca ödeme yapılmayacaktır.

Beş seanslık tedavi öncesi ve sonrası hem sağlam hem de felçli taraf ayak kas kuvvetleri ölçülecek ve ayrıca felçli bacağınızı kullanma yeteneğiniz muayene etmek suretiyle bazı testler ile değerlendirilecektir.

Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçla kullanımı sırasında kişisel bilgileriniz özenle korunacaktır.

Bana verilen bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya “katılımcı” olarak davet edildim. Projenin yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan, istediğim zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkımı kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebileceğim veya araştırmadan çekilebileceğim; araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmediğim ve araştırmaya katılmam dolayısıyla bana da bir ödeme yapılmayacağı söylendi. Sormak istediğim sorular için ve bu çalışma ile ilgili aklıma takılan konularda bilgi almak üzere 05063479706 nolu telefonda Dr. Ayşegül Kılıç’a ulaşabileceğim tarafıma bildirildi.

Bana yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilceğimi biliyorum. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda adı geçen bu araştırma projesinde, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla “katılımcı” olarak yer alma kararını aldım. Bu konuda yapılan daveti büyük bir memnuniyet ve gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bana verildi.

“Araştırmaya Gönüllü olarak katılmayı kabul ediyorum. Tıbbi bilgilerimin kullanılmasına izin veriyorum. Araştırmaya katılmayı kabul etmediğim takdirde, tedavimin aksatılmadan eksiksiz yapılacağını biliyorum.”

KATILIMCININ:

ADI SOYADI:

ADRES-TELEFON:

İMZA:

1/2

Sayfa

BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAY FORMU

Tarih: 29.01.2018 Versiyon:1

YASAL TEMSİLCİ:

ADI SOYADI:

ADRES-TELEFON:

İMZA:

KATILIMCI İLE GÖRÜŞEN HEKİM:

Dr.

İMZA:

EK-3

BRUNNSTROM ALT EKSTREMİTE MOTOR EVRELEMESİ

Evre 1	Tutulan ekstremitte tamamen flastiktir. Pasif hareket direnci ve istemli hiçbir hareket yoktur.
Evre 2	Asosiye hareketler ve spastisite gelişmeye başlar.
Evre 3	Otururken veya ayakta kalça, diz, ayak bileği dorsifleksiyonu yapabilir ve spastisite maximumdadır.
Evre 4	Otururken 90° üzerinde diz fleksiyonu yapabilir, topuğu yerden kaldırmadan ayak bileği dorsifleksiyonu yapabilir. Spastisite azalmaya başlamıştır.
Evre 5	Ekstremitteye ağırlık vermeden ve ayakta olarak izole diz fleksiyonu ile birlikte kalça ekstansiyonu, kalça ve diz ekstansiyonda iken izole ayak bileği dorsifleksiyonu yapabilir.
Evre 6	Ayakta kalça abduksiyonu yapabilir ayrıca otururken ayak bileği inversiyonunu ve eversiyonunu yapabilir.

EK-4 MODİFİYE ASHWORTH SKALASI

0	Kas tonusunda artış yoktur.
1	Hafif tonus artış ile birlikte fleksiyon veya ekstansiyon yaptırıldığında tutukluk ve gevşeme hissedilir, EHA sonunda minimal direnç vardır
1+	Önce tutukluk ile karşılaşılır, bundan sonra EHA'nın yarısından azında minimal direnç vardır
2	EHA büyük kısmı boyunca belirgin kas tonusu; ancak etkilenmiş kısımlar kolay hareket ettirilebilir
3	Pasif hareket zorlaşmıştır. Belirgin olarak tonus artışı mevcuttur.
4	Etkilenen ekstremiteler fleksiyon ya da ekstansiyonda rijittir.

EK-5**FONKSİYONEL AMBULASYON SKALASI**

EVRE	Açıklama
0- Fonksiyonel Olmayan Ambulasyon	Hasta yürüyemez, yalnızca paralel barda yürüyebilir veya paralel bar dışında güvenle yürüyebilmesi için birden fazla kişinin gözetimine veya fiziksel yardımına ihtiyaç duyar.
1- Ambulatuvar, Fiziksel Yardıma Bağımlı-Seviye II	Hastanın düşmesini önlemek için düz yüzeylerde ambulasyon sırasında birden fazla kişinin elle temas etmesine ihtiyaç vardır. Manuel temaslar sürekli ve vücut ağırlığını desteklemek, dengeyi korumak ve / veya koordinasyona yardımcı olmak için gereklidir.
2- Ambulatuvar, Fiziksel Yardıma Bağımlı-Seviye I	Hastanın düşmeyi önlemek için düz yüzeylerde ambulasyon sırasında birden fazla kişiyle manuel temas kurması gerekir. Manuel temas, denge veya koordinasyona yardımcı olmak için sürekli veya aralıklı hafif dokunuştan oluşur.
3- Ambulatuvar, Süpervizyona Bağımlı	Hasta, başka bir kişinin elle teması olmadan düz yüzeylerde fiziksel olarak yürüyebilir, ancak güvenlik için, kötü muhakeme, şüpheli kardiyak durum veya görevi tamamlamak için sözlü uyarana ihtiyacı olması nedeniyle birden fazla kişinin gözetimde olması gerekir.
4- Ambulatuvar, Bağımsız Sadece Düz Zeminlerde	Hasta, düz yüzeylerde bağımsız olarak yürüyebilir ancak şunlardan herhangi birinde yürüyebilmek için gözetim veya fiziksel yardım gereksinimi vardır: merdivenler, eğimler veya düz olmayan yüzeyler.
5- Ambulatuvar, Bağımsız	Hasta, düz ve düz olmayan yüzeylerde, merdivenlerde ve yokuşlarda bağımsız olarak yürüyebilir.