T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
ANKARA BİLKENT ŞEHİR HASTANESİ

FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON KLİNİĞİ

SUBAKUT İNMELİ HASTALARDA FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU İLE DESTEKLİ ÜST EKSTREMİTE ERGOMETRESİNİN AEROBİK KAPASİTE VE ÜST EKSTREMİTE FONKSİYONUNA ETKİSİ

Dr. Banu Ece Savtok Güler

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2026

T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
ANKARA BİLKENT ŞEHİR HASTANESİ

FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON KLİNİĞİ

SUBAKUT İNMELİ HASTALARDA FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU İLE DESTEKLİ ÜST EKSTREMİTE ERGOMETRESİNİN AEROBİK KAPASİTE VE ÜST EKSTREMİTE FONKSİYONUNA ETKİSİ

Dr. Banu Ece Savtok Güler

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ebru Alemdaroğlu

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2026

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi, deneyim ve yol göstericiliğiyle her zaman yanımda olan, tez çalışmamın planlanması ve yürütülmesinde değerli katkılar sağlayan, akademik bakış açısıyla bana ilham veren kıymetli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Ebru Alemdaroğlu başta olmak üzere;

Klinik ve akademik birikimiyle hastanemize ve mesleğimize önemli katkılarda bulunan, eğitim sürecimde ve tez çalışmam sırasında hastanemizin tüm imkânlarını kullanmamıza olanak sağlayan, desteklerini her zaman hissettiğimiz başhekimimiz Prof. Dr. Emre Adıgüzel'e ve kurucu başhekimimiz değerli hocam Prof. Dr. Evren Yaşar'a;

Asistanlık eğitimimiz boyunca nitelikli bir eğitim almamız için büyük bir özveriyle emek veren, mesleki duruşu ve hekimlik anlayışıyla bizlere örnek olan Eğitim ve İdari Sorumlumuz Prof. Dr. Neşe Özgirgin'e;

Tez sürecimde hiçbir zaman emeklerini ve desteklerini esirgemeyen değerli hemşirelerimiz İlkay Akköy ve Bedriye Akpınar'a;

Dört yıl boyunca iyi ve kötü her anımda yanımda olan, hayatın karşıma çıkardığı için kendimi çok şanslı hissettiğim ve asistanlık sürecimin ayrılmaz bir parçası olan sevgili arkadaşlarım Dr. Gökçe Doğrayıcı ve Dr. Beyza Afşin Bener'e;

Her zaman desteklerini ve sevgilerini hissettiğim, emekleri ve fedakarlıkları için müteşekkir olduğum, bugün olduğum yere gelmemde en büyük role sahip olan sevgili annem ve babam Nesibe ve Bülent Savtok'a, enerjisi ve varlığıyla hayatıma renk katan canım kardeşim Özge Savtok'a, tanıştığım ilk günden itibaren sevgisi ve sonsuz desteğiyle yanımda olan, bana her durumda güç veren sevgili eşim Cengiz Güler'e

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım…

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
SİMGELER VE KISALTMALAR vii
TABLO DİZİNİ x
ŞEKİL DİZİNİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 4
2.1. İNME TANIMI 4
2.2. İNME EPİDEMİYOLOJİSİ 4
2.3. İNME RİSK FAKTÖRLERİ 5
2.3.1. Modifiye Edilebilir Risk Faktörleri 5
2.3.1.1. Hipertansiyon 5
2.3.1.2. Diabetes Mellitus (DM) 5
2.3.1.3. Dislipidemi 6
2.3.1.4. Fiziksel inaktivite 6
2.3.1.5. Kardiyovasküler hastalıklar 6
2.3.1.6. Enfeksiyonlar ve inflamasyon 6
2.3.2. Non-Modifiye Edilebilir Risk Faktörleri 7
2.3.2.1. Yaş 7
2.3.2.2. Cinsiyet 7
2.3.2.3. Genetik ve ailesel yük 7
2.3.2.4. Ek risk faktörleri / Çevresel ve sosyal faktörler 7
2.4. İNME PATOFİZYOLOJİSİ 7
2.5. İNME SINIFLANDIRMASI 8
2.5.1. İskemik İnme 8
2.5.1.1. Tromboz 9
2.5.1.2. Emboli 9
2.5.1.3. Laküner enfarkt 9
2.5.2. Hemorajik İnme 9

2.5.2.1. İntraserebral kanama 9
2.5.2.2. Subaraknoid kanama 10
2.5.3. Geçici İskemik Atak (GİA) 10
2.6. İNME SENDROMLARI 10
2.6.1. İnternal Karotid Arter Sendromu 10
2.6.2. Orta Serebral Arter Sendromları 11
2.6.3. Anterior Serebral Arter Sendromu 11
2.6.4. Posterior Serebral Arter Sendromu 11
2.6.5. Vertebrobaziller Sendromlar 11
2.7. İNME KLİNİĞİ 12
2.7.1. Bilişsel Bozukluklar 12
2.7.1.1. Bellek 12
2.7.1.2. İhmal 12
2.7.1.3. Apraksi 12
2.7.2. İletişim Bozuklukları 13
2.7.2.1. Afazi 13
2.7.3. Motor Bozukluklar 13
2.7.3.1. Üst ekstremite tutulumu 13
2.7.3.2. Alt ekstremite tutulumu 14
2.7.4. Duyu Bozuklukları 15
2.7.5. Kraniyal Sinirlerin Fonksiyon Bozuklukları 15
2.8. İNME SONRASI GELİŞEN KOMPLİKASYONLAR 16
2.8.1. Hemorajik Transformasyon 16
2.8.2. Epileptik Nöbetler 16
2.8.3. Uyku Bozuklukları 17
2.8.4. Yorgunluk 17
2.8.5. Depresyon 17
2.8.6. Venöz Tromboembolizm 17
2.8.7. Kardiyovasküler Sorunlar 17
2.8.8. Pulmoner Komplikasyonlar 18
2.8.9. Disfaji 18
2.8.9. Malnütrisyon 18

2.8.10. Bağırsak Disfonksiyonu 19
2.8.11. Üriner Sorunlar 19
2.8.12. Santral Ağrı 19
2.8.13. Omuz Ağrısı 20
2.8.14. Spastisite ve Kontraktürler 20
2.8.15. Bası Yaraları 20
2.8.16. Düşme 21
2.9. İNME REHABİLİTASYONU 21
2.9.1. Akut Dönem 21
2.9.2. Subakut Dönem 22
2.9.3. Kronik Dönem 22
2.10. İNMEDE ÜST EKSTREMİTE REHABİLİTASYONUNDA KULLANILAN MODALİTELER 23
2.10.1. Zorunlu Kullanım Terapisi 23
2.10.2. Ayna Terapisi 23
2.10.3. Zihinsel Pratik 23
2.10.4. Elektrik Stimülasyonu 24
2.10.5. Sanal Gerçeklik 24
2.10.6. Robotik Cihazlar 24
2.10.7. Beyin Stimülasyonu 24
2.10.8. Elektromiyografi (EMG) Biofeedback 25
2.11. İNME SONRASI AEROBİK KAPASİTE VE REHABİLİTASYONDA AEROBİK EGZERSİZİN YERİ 25
2.12. İNMEDE AEROBİK EGZERSİZ MODALİTELERİ 27
2.12.1. Koşu Bandı Eğitimi (Treadmill) 27
2.12.2. Bacak ve Kol Ergometresi 27
2.12.3. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu (FES) Destekli Egzersizler 27
2.12.4. Su İçi Egzersizler 28
2.13. AEROBİK EGZERSİZLERDE EGZERSİZ ŞİDDETİNİN BELİRLENMESİ 29
2.14. KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİ (KPET) 30
2.14.1. Oksijen Tüketimi ve Pik Oksijen Tüketimi (VO_2pik) 31

2.14.2. Solunum Değişim Oranı (RER).....32
2.14.3. Ventilasyon Eşiği (VT1 ve VT2).....33
2.14.4. Δ VO_2/ Δ WR Oranı (VO_2Slo).....34
2.14.5. Kalp Hızı (KH) ve Kalp Hızı Rezervi (KHR).....34
2.14.6. Oksijen Nabzı (O_2 Pulse).....35
2.14.7. Dakika Ventilasyon (VE).....35
2.14.8. Solunum Frekansı (BF).....36
2.14.9. Solunum Rezervi (BR).....36
2.14.10. Karbondioksit Ventilatuar Eşdeğerliği ($EqCO_2$).....37
2.14.11. End-Tidal CO_2 Kısmi Basıncı ($PETCO_2$).....37
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....39
3.1. ÇALIŞMA DİZAYNI.....39
3.2. ETİK KURUL ONAYI VE BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM.....39
3.3. ÇALIŞMA YERİ VE ZAMANI.....39
3.4. HASTA SEÇİMİ.....39
3.5. RANDOMİZASYON.....41
3.6. ÇALIŞMANIN ÖRNEKLEMİ.....41
3.7. TEDAVİ PROTOKOLLERİ.....42
3.7.1. Konvansiyonel Rehabilitasyon Programı.....42
3.7.2. Üst Ekstremite Egzersiz Protokolleri.....43
3.7.2.1. Üst ekstremite bisiklet ergometresi (Grup 1).....43
3.7.2.2. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Destekli Üst Ekstremite Bisiklet Ergometresi (Grup 2).....44
3.8. DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....46
3.8.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi (KPET).....46
3.8.2. Brunnstrom Motor Evrelemesi.....48
3.8.3. Fugl-Meyer Motor Değerlendirme Ölçeği.....48
3.8.4. Modifiye Barthel İndeksi.....49
3.8.5. Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması.....49
3.8.6. El Dinamometresi ile Kavrama Kuvveti.....49
3.8.7. Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği.....50
3.8.8. Nottingham Sağlık Profili.....50

3.9. İSTATİSTİKSEL ANALİZ 51
3.9.1. Güç Analizi ve Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi 51
3.9.2. Verilerin Analizi 51
4. BULGULAR 52
4.1. TEDAVİ ÖNCESİ VE TEDAVİ SONRASI DEĞERLERİN GRUP İÇİ KARŞILAŞTIRILMASI 55
4.2. TEDAVİYE BAĞLI GRUP İÇİ DEĞİŞİMİN GRUPLAR ARASI KARŞILAŞTIRILMASI 60
5. TARTIŞMA 64
6. SONUÇ 75
7. KAYNAKLAR 77
8. ÖZGEÇMİŞ 85
9. EKLER 86
EK-1: BRUNNSTROM MOTOR İYİLEŞME EVRELEMESİ 86
EK-2: FUGL-MEYER MOTOR DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ 87
EK-3: MODİFİYE BARTHEL İNDEKSİ 92
EK-4: FONKSİYONEL AMBULASYON SINIFLAMASI 93
EK-5: ERASMUS MC NOTTİNGHAM DUYU ÖLÇEĞİ 94
EK-6: NOTTİNGHAM SAĞLIK PROFİLİ 95
EK-7: ETİK KURUL ONAY BELGESİ 96

SİMGELER VE KISALTMALAR

%KHmaks : Yüzde Maksimum Kalp Hızı

%KHR : Yüzde Kalp Hızı Rezervi

6DYT : 6 Dakika Yürüme Testi

ACSM : American College of Sports Medicine/Amerikan Spor Hekimliği Koleji

AHA : American Heart Association / Amerikan Kalp Derneği

ASA : American Stroke Association / Amerikan İnme Derneği

AT : Anaerobik Eşik

AVERT : A Very Early Rehabilitation Trial

BF : Solunum Frekansı

BR : Solunum Rezervi

DALY : Disability-Adjusted Life Years / Engelliliğe Uyarlanmış Yaşam Yılı

dk : Dakika

DM : Diabetes Mellitus

DSÖ : Dünya Sağlık Örgütü

EKG : Elektrokardiyografi

EMG : Elektromiyografi

EqCO_2 : Karbondioksit Ventilatuar Eşdeğerliği

FAS : Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması

FES : Fonksiyonel Elektriksel Stimülasyon

FMA : Fugl Meyer Motor Değerlendirme Ölçeği / Fugl-Meyer Assessment

FMA-AE : Fugl-Meyer Alt Ekstremite Motor Değerlendirmesi

FMA-ÜE : Fugl-Meyer Üst Ekstremite Motor Değerlendirmesi

GİA : Geçici İskemik Atak

kg : Kilogram

KH : Kalp Hızı

KHist : İstirahat Kalp Hızı

KHmaks : Maksimum Kalp Hızı

KHpik : Pik Kalp Hızı

KHR : Kalp Hızı Rezervi

KOAH : Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı

KPET : Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

L : Litre

LDL : Düşük Yoğunluklu Lipoprotein

MAS : Modifiye Ashworth Skalası

MBİ : Modifiye Barthel İndeksi

MET : Metabolik Eşlenik

ml : Mililitre

mmHg : Milimetre Civa

mmol : Milimol

MMSE : Mini Mental Durum Değerlendirme Testi / Mini-Mental State Examination

MVV : Maksimum İstemli Ventilasyon

NGT : Nazogastrik Tüp

NMES : Nöromüsküler Elektriksel Stimülasyon

NSP : Nottingham Sağlık Profili

O_2 pulse : Oksijen Nabzı

PEG : Perkütan Endoskopik Gastrostomi

$PETCO_2$: End-Tidal CO_2 Kısmi Basıncı

RER : Solunum Değişim Oranı

rNSA : Revize Edilmiş Nottingham Duyu Ölçeği

RPE : Rate of Perceived Exertion / Algılanan Zorluk Derecesi

RPM : Pedal Devri / Revolutions Per Minute

SDOH : Social Determinants of Health / Sağlığın Sosyal Belirleyicileri

SFT : Solunum Fonksiyon Testi

tDCS : Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu

TENS : Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu

TMS : Transkraniyal Manyetik Stimülasyon

TOAST : Trial of ORG 10172 in Acute Stroke Treatment System

TÖ : Tedavi Öncesi

TS : Tedavi Sonrası

VE : Dakika ventilasyon

VO_2 : Oksijen tüketimi

VO_2maks **:** Maksimum Oksijen Tüketimi

VO_2pik **:** Pik oksijen tüketimi

VO_2Slo **:** $\Delta VO_2 / \Delta WR$ Oranı

VT1 **:** Birinci Ventilasyon Eşiği

VT2 **:** İkinci Ventilasyon Eşiği

W **:** Watt

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. Gruplar arasında tanımlayıcı demografik ve klinik parametrelerin karşılaştırılması 52
Tablo 2. Gruplar arasında eşlik eden hastalık oranlarının karşılaştırılması.....54
Tablo 3. Tedavi Öncesi Grupların Solunum Fonksiyon Testi (SFT) bulgularının karşılaştırılması.....55
Tablo 4. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi parametrelerinin karşılaştırılması 56
Tablo 5. Grupların Motor ve Fonksiyonel Değerlendirme bulgularının karşılaştırılması 58
Tablo 6. Grupların Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği bulgularının karşılaştırılması 59
Tablo 7. Grupların Nottingham Sağlık Profili bulgularının karşılaştırılması.....60
Tablo 8. Kardiyopulmoner egzersiz testi parametrelerinin değişim miktarlarının (Delta Δ) karşılaştırılması.....61
Tablo 9. Gruplar arası motor ve fonksiyonel iyileşme/değişim miktarlarının (Delta Δ) karşılaştırılması.....62
Tablo 10. Grupların Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği değişim miktarlarının (Delta Δ) karşılaştırılması 63
Tablo 11. Grupların Nottingham Sağlık Profili değişim miktarlarının (Delta Δ) karşılaştırılması.....63

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. KPET sırasında VO_2 ve VCO_2 değişim grafiği.....32
Şekil 2. KPET sırasında RER değişimi.....33
Şekil 3. KPET sırasında ventilatuvar eşik belirleme yöntemleri.....33
Şekil 4. KPET sırasında HR ve O_2 pulse değişimi.....35
Şekil 5. KPET sırasında VE değişimi.....36
Şekil 6. KPET sırasında EqO_2 ve $EqCO_2$ değişimi.....37
Şekil 7. KPET sırasında $PETO_2$ ve $PETCO_2$ değişimi.....38
Şekil 8. Çalışmanın akış şeması.....42
Şekil 9. Üst ekstremite ergometre uygulaması.....44
Şekil 10. FES destekli ergometre uygulaması.....45
Şekil 11. FES bisiklet sistemi arayüzü.....45
Şekil 12. KPET uygulaması.....47

ÖZET

Amaç: İnme sonrası dönemde üst ekstremite fonksiyon kaybı, hastaların fonksiyonel bağımsızlığını ve yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyen temel sorunlardan biridir. Kardiyorespiratuvar kapasitedeki azalma da rehabilitasyon sürecini olumsuz yönde etkilemektedir. Fonksiyonel elektriksel stimülasyon (FES) destekli egzersiz uygulamalarının kas aktivasyonunu artırarak motor fonksiyonlar ve aerobik kapasite üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceği düşünülmektedir. Ancak üst ekstremiteye yönelik FES destekli ergometre uygulamalarına ilişkin literatür sınırlıdır. Bu çalışmada, inmeli hastalarda konvansiyonel rehabilitasyona eklenen üst ekstremite ergometresi ile FES destekli üst ekstremite ergometresinin aerobik kapasite, motor fonksiyon, duyu fonksiyonları, fonksiyonel bağımsızlık ve yaşam kalitesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Randomize kontrollü prospektif olarak planlanan bu çalışmaya 23 subakut inmeli hasta dahil edildi. Dahil edilen hastalar konvansiyonel rehabilitasyon programına ek olarak üst ekstremite ergometresi uygulanan kontrol grubu (Grup 1, n=11) ve konvansiyonel rehabilitasyon programına ek olarak FES destekli üst ekstremite ergometresi uygulanan çalışma grubu (Grup 2, n=12) şeklinde iki gruba ayrıldı. Tüm hastalara 4 hafta süreyle haftada 3 gün olmak üzere toplam 10 seans orta yoğunlukta aerobik egzersiz programı uygulandı. Hastalar tedavi öncesi ve sonrası değerlendirildi. Aerobik kapasite kardiyopulmoner egzersiz testi ile; motor fonksiyonlar Fugl-Meyer Motor Değerlendirme Ölçeği ve Brunnstrom Motor İyileşme Evrelemesi ile; fonksiyonel bağımsızlık Modifiye Barthel İndeksi ve Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması ile; duyu fonksiyonları Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği ile ve yaşam kalitesi Nottingham Sağlık Profili ile değerlendirildi.

Bulgular: Dört haftalık rehabilitasyon programı sonrasında her iki grupta da aerobik kapasite parametrelerinde anlamlı artış saptandı. VO_2maks her iki grupta anlamlı düzeyde artarken (Grup 1: TÖ 8.15±1.53, TS 9.15±1.74 ml/dk/kg, p=0.034; Grup 2: TÖ 8.92±2.45, TS 9.66±2.46 ml/dk/kg, p=0.034), değişim miktarları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0.05). Grup 1'de KPET egzersiz süresi anlamlı olarak artarken (Grup 1: TÖ 5.87, TS 8.32 dk, p=0.024), Grup

2’de anlamlı değişim saptanmadı (p>0.05). Değişim miktarı açısından ise Grup 1’deki artışın Grup 2’ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlendi (Grup 1: 2.31±2.84 dk, Grup 2: −0.14±2.41 dk, p=0.036). Motor fonksiyonlar açısından her iki grupta da Fugl-Meyer Üst Ekstremite skorlarında anlamlı iyileşme gözlenirken (Grup 1: TÖ 22.0, TS 34.0, p=0.003; Grup 2: TÖ 12.5, TS 28.5, p=0.002), değişim miktarının FES destekli üst ekstremite ergometresi grubunda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu saptandı (Grup 1: 3.0, Grup 2: 12.5; p=0.021). Brunnstrom Motor İyileşme Evrelemesi (üst ekstremite: Grup 1 p=0.006, Grup 2 p=0.002; el: Grup 1 p=0.004, Grup 2 p=0.016; alt ekstremite: Grup 1 p=0.020, Grup 2 p=0.005), Modifiye Barthel İndeksi (Grup 1 p=0.003, Grup 2 p=0.002) ve Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması (her iki grup için p=0.003) skorları her iki grupta da anlamlı artış gösterdi, ancak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p>0.05). Duyu fonksiyonları ve yaşam kalitesinde de her iki grupta iyileşme gözlenmiş olup gruplar arasında fark bulunmadı (p>0.05).

Sonuç: Konvansiyonel rehabilitasyona eklenen üst ekstremite ergometre egzersizi, FES desteği olsun ya da olmasın, inmeli hastalarda aerobik kapasiteyi arttırır. FES destekli üst ekstremite ergometre uygulaması motor fonksiyonlarda ergometrik egzersize göre daha belirgin iyileşme sağlar. Duyu fonksiyonları, fonksiyonel bağımsızlık ve yaşam kalitesi açısından ise her iki rehabilitasyon yaklaşımı benzer düzeyde olumlu etkilidir. Bu bulgular, FES destekli uygulamaların aerobik kapasite artışı ve özellikle motor iyileşme açısından rehabilitasyon programlarına katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: İnme, üst ekstremite, fonksiyonel elektriksel stimülasyon, ergometre, aerobik kapasite, rehabilitasyon

ABSTRACT

Aim: Upper extremity functional loss after stroke is one of the main problems that significantly affects patients' functional independence and quality of life. Reduced cardiorespiratory capacity also negatively impacts the rehabilitation process. Functional electrical stimulation (FES) assisted exercise applications are thought to enhance muscle activation and provide positive effects on both motor functions and aerobic capacity. However, the literature on FES-assisted upper extremity ergometer applications is limited. This study aimed to compare the effects of conventional rehabilitation combined with upper extremity ergometer training and conventional rehabilitation combined with FES-assisted upper extremity ergometer training on aerobic capacity, motor function, sensory function, functional independence, and quality of life in patients with stroke.

Materials and Methods: This randomized controlled prospective study included 23 patients with subacute stroke. Patients were divided into two groups: a control group receiving upper extremity ergometer training in addition to conventional rehabilitation (Group 1, n=11), and a study group receiving FES-assisted upper extremity ergometer training in addition to conventional rehabilitation (Group 2, n=12). All patients participated in a moderate-intensity aerobic exercise program for 4 weeks, 3 days per week, total of 10 sessions. Evaluations were performed before and after treatment. Aerobic capacity was assessed by cardiopulmonary exercise testing; motor functions by the Fugl-Meyer Motor Assessment and Brunnstrom Stages of Motor Recovery; functional independence by the Modified Barthel Index and Functional Ambulation Classification; sensory functions by the Erasmus MC Nottingham Sensory Assessment; and quality of life by the Nottingham Health Profile.

Results: After the four-week rehabilitation program, significant increases were observed in aerobic capacity parameters in both groups. VO_2max increased significantly in both groups (Group 1: pre 8.15±1.53, post 9.15±1.74 ml/kg/min, p=0.034; Group 2: pre 8.92±2.45, post 9.66±2.46 ml/kg/min, p=0.034), with no statistically significant difference between groups in terms of change (p>0.05). Exercise duration during CPET increased significantly in Group 1 (pre 5.87, post 8.32

min, p=0.024), whereas no significant change was observed in Group 2 (p>0.05). In terms of change, the increase in Group 1 was significantly greater than that in Group 2 (Group 1: 2.31±2.84 min, Group 2: −0.14±2.41 min, p=0.036). Regarding motor function, significant improvements in Fugl-Meyer Upper Extremity scores were observed in both groups (Group 1: pre 22.0, post 34.0, p=0.003; Group 2: pre 12.5, post 28.5, p=0.002), with a significantly greater change in the FES-assisted upper extremity ergometer group (Group 1: 3.0, Group 2: 12.5; p=0.021). Brunnstrom Recovery stages (upper extremity: Group 1 p=0.006, Group 2 p=0.002; hand: Group 1 p=0.004, Group 2 p=0.016; lower extremity: Group 1 p=0.020, Group 2 p=0.005), Modified Barthel Index (Group 1 p=0.003, Group 2 p=0.002), and Functional Ambulation Classification scores (p=0.003 for both groups) improved significantly in both groups; however, no significant differences were found between groups (p>0.05). Sensory function and quality of life also improved in both groups, with no significant between-group differences (p>0.05).

Conclusion: Upper extremity ergometer exercise added to conventional rehabilitation, with or without FES, increases aerobic capacity in stroke patients. FES-assisted upper extremity ergometer training provides greater improvement in motor function compared to ergometer exercise alone. Both rehabilitation approaches have similar positive effects on sensory function, functional independence, and quality of life. These findings suggest that FES-assisted applications may contribute to rehabilitation programs, particularly in enhancing motor recovery while also supporting improvements in aerobic capacity.

Keywords: Stroke, upper extremity, functional electrical stimulation, ergometer, aerobic capacity, rehabilitation

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İnme serebral enfarktüs, intrakraniyal hemoraji ve subaraknoid hemoraji dahil olmak üzere çeşitli vasküler patolojilere bağlı olarak merkezi sinir sisteminin akut fokal hasarına sebep olan nörolojik bir hasardır (1). Dünya genelinde en sık mortalite ve engellilik nedenlerinden biri olarak yer almakta ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde giderek artan bir insidansa sahiptir (2). İnme riski yaşla birlikte artış gösterir ve beraberinde bulunan hipertansiyon, koroner arter hastalığı veya hiperlipidemi gibi komorbid durumlarda risk daha yüksektir (3).

İnme sonrasında hastalarda güçsüzlük, spastisite, denge ve yürüme bozuklukları gibi motor bulguların yanı sıra duyu kayıpları, görme alanı defektleri, iletişim bozuklukları, bilişsel bozukluklar ve emosyonel değişiklikler de tabloya eşlik edebilir. Bu çok boyutlu nörolojik bozukluklar, bireyin fonksiyonel kapasitesini ve günlük yaşam aktivitelerini önemli ölçüde sınırlar (4-6). Hastaların fonksiyonel bağımsızlık düzeyini ve yaşam kalitesini etkileyen en belirgin sorun motor yetersizliklerdir. Üst ekstremite fonksiyonundaki yetersizlikler, etkin rehabilitasyon uygulanmasına rağmen hastaların önemli bir bölümünde kalıcı olmaya devam etmektedir. Akut dönemde hafif–orta derecede parezisi olan hastaların yaklaşık %71'i altıncı ayda belirli düzeyde beceri kazanabilirken, ağır etkilenimi olan hastaların %60'ı altıncı ayda üst ekstremitesini fonksiyonel olarak kullanabilir duruma gelemez (7).

İnme sonrası rehabilitasyonda kullanılan yöntemler arasında eşlik eden klinik durum ve komplikasyonlara göre eklem hareket açıklığı egzersizleri, kuvvetlendirme egzersizleri, germe egzersizleri, denge-koordinasyon egzersizleri, ambulasyon eğitimi ve iş uğraşı terapisi, nörofizyolojik egzersizler, elektriksel stimülasyon uygulamaları (transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu, nöromüsküler elektriksel stimülasyon, fonksiyonel elektriksel stimülasyon ve elektroakupunktur), transkraniyal manyetik stimülasyon ve teknoloji destekli tedaviler (robotik rehabilitasyon, sanal gerçeklik) yer almaktadır (7).

Son kılavuzlarda elektrik stimülasyonu rehabilitasyon modalitesi, geleneksel rehabilitasyon modalitelerinin yanında tamamlayıcı bir tedavi olarak önerilmektedir

(8). Nöromüsküler elektriksel stimülasyon, egzersize kıyasla daha verimli bir kas kasılması sağlar ve glikolitik liflere sahip büyük hızlı kasılan motor üniteleri aktive eder. Dolayısıyla bu yöntem kas atrofisi gelişen ve buna bağlı günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığını kaybeden hastalar için yardımcı bir tedavi yöntemi olabilir (9).

FES destekli bisiklet ergometresi, pedal çevrim döngüsü sırasında ilgili kas gruplarını zamanlanmış elektriksel uyarılarla aktive eden senkronize bir sistemdir. Tam bir tur dönüş esnasında seçilen kasların her biri uygun zamanlarda elektrik stimülasyonu yardımı ile kasılmaktadır. Fonksiyonel elektrik stimülasyonu ile birleştirilmiş bisiklet ergometreleri 1984'te piyasaya sürülmüştür ve esas olarak omurilik yaralanması olan hastalar için bir tedavi yöntemi olarak kullanılmaktadır. Fonksiyonel elektrik stimülasyonlu bisiklet ergometresi, kas kuvvetini ve motor kontrolü geliştirmede, kemik mineral yoğunluğunu artırmada, kardiyovasküler parametreleri iyileştirmede kullanılabilen faydalı bir fizik tedavi modalitesidir (10). Ek olarak FES destekli ergometre eğitiminin istemli hareketle senkronize edilmesi sayesinde kortikal ve spinal düzeyde nöroplastisiteyi artırarak motor öğrenme süreçlerini desteklediği bildirilmektedir (11, 12).

Aerobik kapasitedeki azalma, inme geçiren hastalarda yaygın görülmektedir. Kas kuvvetinin azalması, günlük yaşam aktivitelerinin kısıtlanması ve fonksiyonel bağımsızlığın kaybı üzerinde etkilidir. Aerobik egzersiz eğitiminin mobilite, denge, üst ekstremite kullanımı ve genel yaşam kalitesini yükselterek işlevsellik düzeyini artırabileceği gösterilmiştir (13). Ayrıca aerobik egzersizin kortikal eksitabiliteyi ve nörotrofik faktörleri arttırarak, nöral ağlarda reorganizasyonu destekleyerek inme sonrası nöroplastisiteyi güçlendirebileceği bildirilmiştir (14). Bu olası etkiler nedeniyle, inme sonrasında aerobik kapasitenin geliştirilmesi rutin olarak önerilmektedir (13). İnme hastalarında aerobik egzersizler bisiklet ergometreleri, kol ergometreleri ve koşu bantları (su içi ve robot destekli koşu bantları dahil) ile uygulanabilir (15).

İskemik inme geçiren hastalarda kardiyovasküler sistemin korunması tekrarlayan inme ve diğer vasküler olayların önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Hipertansiyon, diyabet ve sigara kullanımı gibi modifiye edilebilir risk faktörlerinin etkin yönetimi sekonder inme riskini azaltır. Sağlıklı beslenme, düzenli fiziksel aktivite ve kilo kontrolünü içeren yaşam tarzı değişiklikleri de kardiyovasküler sağlığı destekler. Bu bütüncül yaklaşım, inme sonrası iyileşmeyi hızlandırır, mortaliteyi düşürür ve yaşam kalitesini artırır (16).

İnme sonrası dönemde aerobik kapasitede belirgin bir azalma görülmekte olup bu durum yalnızca kardiyorespiratuvar dayanıklılığı değil, aynı zamanda rehabilitasyon sürecinde egzersiz yoğunluğunun sürdürülebilirliğini ve fonksiyonel kazanımların elde edilmesini de olumsuz etkilemektedir (13). Fonksiyonel elektriksel stimülasyon, istemli kas aktivitesini destekleyerek egzersiz sırasında daha etkin kas kasılması sağlaması ve böylece aerobik egzersizin uygulanabilirliğini artırması açısından potansiyel bir avantaj sunmaktadır (10). Literatürde aerobik egzersiz ve FES destekli ergometre uygulamalarının nöroplastisite üzerine olumlu etkileri de bildirilmektedir (11, 14).

Literatür incelendiğinde, inmeli hastalarda alt ekstremite bisiklet ergometresi ile FES destekli bisiklet ergometresinin karşılaştırıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda FES destekli bisiklet ergometresinin aerobik kapasite (VO_2pik), yürüme performansı, postüral kontrol ve denge gibi fonksiyonel parametrelerde iyileşme sağladığı, ancak çoğu çalışmada FES desteğinin klasik ergometreye üstünlüğünün sınırlı veya istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir (17-19). Buna karşın üst ekstremiteye yönelik FES destekli aerobik egzersiz uygulamalarının etkilerini değerlendiren çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu çalışmada inmeli hastalarda üst ekstremite ergometresine ek olarak uygulanan FES desteğinin aerobik kapasite, üst ekstremite motor ve duyu fonksiyonları, fonksiyonel bağımsızlık ve yaşam kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması ve bu iki tedavi yöntemi arasında klinik sonuçlar açısından fark olup olmadığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İNME TANIMI

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün 1970'te kabul ettiği tanıma göre inme, 24 saatten uzun süren veya ölümle sonuçlanan, vasküler neden dışında açıklanamayan fokal ya da global beyin fonksiyon bozukluğu olarak ifade edilmiştir (20). Ancak difüzyon ağırlıklı manyetik rezonans görüntülemenin yaygınlaşmasıyla birlikte, geçici iskemik atak tanısı alan olguların yaklaşık üçte birinde mikroinfarkt saptanması, zaman temelli olan bu tanımın geçerliliğinin sorgulanmasına neden olmuştur (21). Bu nedenle 2013 yılında Amerikan Kalp Derneği (AHA)/ Amerikan İnme Derneği (ASA) tarafından güncellenen modern tanım, görüntüleme ile doğrulanan beyin, omurilik veya retinal doku infarktlarını esas almakta ve klinik belirti vermeyen sessiz infarktları da inme spektrumu içine dahil etmektedir (20).

İnme, tüm dünyada mortalite ve morbidite açısından en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir (22).

2.2. İNME EPİDEMİYOLOJİSİ

Epidemiyolojik veriler, inmenin özellikle 60 yaş ve üzeri bireylerde dünya genelinde ikinci en sık ölüm nedeni olduğunu göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde ise kardiyovasküler hastalıklar ve kanserden sonra üçüncü sıradaki ölüm nedeni olarak bildirilmektedir. 2021 yılında yaklaşık 12 milyon yeni inme vakası ve 94 milyon yaşayan vaka bildirilmiştir (23). 2022 DSÖ verilerine göre inme, dünya genelinde yıllık yaklaşık 6,2 milyon ölüme ve yaklaşık 143 milyon Engelliliğe Uyarlanmış Yaşam Yılı (Disability-Adjusted Life Years, DALY) kaybına neden olmakta olup, 2025 raporunda ise inmenin küresel DALY yükü yaklaşık 160 milyon olarak güncellenmiştir (24, 25).

Yeni inme vakalarının yaklaşık %53'ü 70 yaş altı bireylerde görülmekte olup vakaların %53'ünü erkekler oluşturmaktadır. Vakaların yaklaşık %65'ini iskemik inme, %29'unu intraserebral hemoraji ve %6'sını subaraknoid kanama

oluşturmaktadır. İskemik inme yüksek gelirli ülkelerde daha yüksek oranda görülürken, intraserebral hemoraji oranları özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde daha fazladır (25).

Türkiye'de inme epidemiyolojisine ilişkin en güncel veriler 2019 ulusal projeksiyon çalışmasından elde edilmiştir. Buna göre yıllık inme insidansı yüz binde 154, prevalansı ise yaklaşık %1,3 olarak bildirilmektedir. Tüm inmelerin %65'ini iskemik inmeler, %24'ünü intraserebral ve %10,9'unu subaraknoid kanamaya bağlı hemorajik inmeler oluşturmaktadır. Vakaların %54'ü kadın ve yarısından fazlası 70 yaş altıdır (26). İstanbul'da yapılan 2022 tarihli saha çalışması da inme prevalansını %1.4 olarak bulmuştur (27).

2.3. İNME RİSK FAKTÖRLERİ

İnme risk faktörleri genel olarak modifiye edilebilir ve modifiye edilemeyen olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirilmektedir. İnme gelişiminde en önemli rolü modifiye edilebilir risk faktörleri oynamaktadır (28).

Güncel analizlerde, inme ile ilişkili DALY yükünün yaklaşık %69'u metabolik risklere (özellikle yüksek sistolik kan basıncı, obezite ve yüksek glukoz düzeyi), %37'si çevresel faktörlere (hava kirliliği vb.) ve %35'i davranışsal faktörlere (sigara kullanımı, sağlıksız beslenme ve fiziksel inaktivite) bağlanmaktadır (25).

2.3.1. Modifiye Edilebilir Risk Faktörleri

2.3.1.1. Hipertansiyon: Yüksek sistolik kan basıncı, inme için en güçlü bağımsız risk faktörüdür ve DALY yükünün yaklaşık %56,8'inden sorumludur (29, 30). Sistolik kan basıncındaki artış iskemik ve hemorajik inme riskini belirgin şekilde artırır. Kan basıncının <130 mmHg olarak hedeflenmesinin, inme riskini belirgin olarak azalttığı çeşitli randomize çalışmalarla gösterilmiştir (28). Sistolik basınçtaki 10 mmHg düşüş, inme riskini %40 azaltır (30).

2.3.1.2. Diabetes Mellitus (DM): Diyabet, aterosklerotik süreçleri hızlandırarak inme riskini anlamlı ölçüde artırır (28). İlk iskemik inme riskini

%1.5-%3.7 oranında artırır (16). Tekrarlayan inme oranları, DM eşlik eden hastalarda olmayanlara göre %45 daha yüksektir. 2024 AHA kılavuzu, diyabetli kişilerde inme riskinin azaltılması için glisemik kontrol, kan basıncı, lipit düzeyleri ve yaşam tarzı değişikliklerini kapsayan çok yönlü risk faktörü yönetimini vurgulamaktadır (28).

2.3.1.3. Dislipidemi: Düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterol yüksekliği, özellikle aterosklerotik inme riskini artırır (28). Statin tedavisi, sekonder inme önleminde temel ilaçtır. Büyük randomize kontrollü çalışmalar, yüksek doz statinin (atorvastatin 80 mg/gün) iskemik inme riskini %16-%42, tüm inme riskini ise %11-%13 oranında azalttığını göstermiştir. Ek olarak LDL > 100 mg/dL olan hastalarda statin tedavisi, her 1 mmol/L LDL düşüşüyle inme riskini %20 oranında azalttığı bildirilmiştir (31).

2.3.1.4. Fiziksel inaktivite: 2020 DSÖ rehberine göre yetişkin bireyler için haftada 150–300 dakika orta şiddette veya 75–150 dakika yüksek şiddette aerobik aktivite ve en az iki gün büyük kas gruplarını içeren kuvvetlendirme egzersizleri önerilmektedir. Yaşlı yetişkinlerde (≥65 yaş) aynı aerobik ve kuvvetlendirme egzersizlerine ek olarak, düşmeyi önlemek amacıyla denge egzersizlerinin haftada en az üç gün uygulanması tavsiye edilmektedir (32). Önerilen egzersiz düzeyinin altında olan bireylerde inme riski anlamlı derecede artmaktadır (28).

2.3.1.5. Kardiyovasküler hastalıklar: Atrial fibrilasyon, embolik inme için en önemli risk faktörlerinden biridir. Kalp yetmezliği, koroner arter hastalığı, periferik arter hastalığı ve kronik böbrek hastalığı da inme riskini artırır (28).

2.3.1.6. Enfeksiyonlar ve inflamasyon: COVID-19, periodontal hastalık gibi kronik inflamatuar durumlar inme riskini artırabilir (28, 33).

Bunlara ek olarak obezite ve metabolik sendrom, sağlıksız beslenme, sigara, alkol ve uyuşturucu kullanımı ile uyku bozuklukları (uyku apnesi) da inme riskini artırır (28).

2.3.2. Non-Modifiye Edilebilir Risk Faktörleri

2.3.2.1. Yaş: Yaş, inme gelişimi için en güçlü prediktörlerden biri olup, her 10 yıllık yaş artışı ile riskin yaklaşık iki kat arttığı bildirilmektedir. (33).

2.3.2.2. Cinsiyet: Çoğu yaş grubu içinde erkeklerin yaşam boyu iskemik inme riski kadınlardan daha yüksektir, fakat 85 yaş ve üzeri dönemde kadınlarda inme sıklığı belirgin artış gösterir. Atriyal fibrilasyona bağlı kardiyoembolik inmeler, özellikle ileri yaş kadınlarda daha yaygındır. Buna karşın büyük ve küçük damar hastalıklarından kaynaklanan inmeler erkeklerde daha sık görülür (33).

Kadınlara özgü risk faktörleri arasında preeklampsi ve diğer gebelik komplikasyonları; hormonal kontraseptifler (özellikle 35 yaş üstü, sigara içen, hipertansiyonu olan veya auralı migreni bulunan kadınlarda), erken menopoz (<45 yaş) ve prematür over yetmezliği bulunmaktadır. Bununla birlikte trans bireylerde östrojen tedavisi inme riskinin arttığı bir durum olarak belirtilmiştir (28).

2.3.2.3. Genetik ve ailesel yük: Aile öyküsü ve monogenik sendromlar (CADASIL, CARASIL, Fabry, COL4A1/2) inme riskini yükseltir (28).

2.3.2.4. Ek risk faktörleri / Çevresel ve sosyal faktörler: Güncel literatür, inme riskinin yalnızca biyolojik faktörlerle değil, aynı zamanda gelir düzeyi, eğitim, sağlık hizmetine erişim, yaşam koşulları ve sosyal destek gibi Sağlığın Sosyal Belirleyicileri (Social Determinants of Health, SDOH) tarafından da önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle sosyodemografik eşitsizlikler inme insidansında ve klinik sonuçlarda anlamlı farklılıklara yol açmaktadır (34-36).

2.4. İNME PATOFİZYOLOJİSİ

Akut iskemik inme çoğunlukla embolik olaylar veya aterosklerotik plak rüptürü sonucunda ortaya çıkan fokal serebral hipoperfüzyonla ilişkilidir. Perfüzyonun kısa süre içinde geri sağlanamadığı durumlarda geri dönüşümsüz doku hasarı gelişir ve klinik olarak kalıcı nörolojik defisitler ortaya çıkar (22). Hipoperfüzyonla birlikte beyin dokusunda iskemik penumbra bölgesi oluşur; burada glutamat birikimi ve N-

metil-D-aspartat (NMDA) reseptör aşırı aktivasyonu kalsiyum girişini artırarak oksidatif stres ve inflamatuar yanıtı tetikler (37, 38). Endotel hücrelerinin aktivasyonu, P-selektin ve hücrelerarası adezyon molekülü-1 (Intercellular Adhesion Molecule-1, ICAM-1) 'in translokasyonu, nötrofillerin ve monositlerin mikrovasküler tıkanıklığa katılmasıyla kan-beyin bariyeri bozulur, ödem ve potansiyel hemorajik transformasyon riski yükselir (38, 39).

Hemorajik inme çoğunlukla kontrolsüz yüksek sistolik kan basıncına bağlı olarak küçük perforan arterlerin yırtılmasıyla ya da serebral amiloid anjiyopatisi gibi damar duvarı bütünlüğünü bozan yapısal patolojilerle gelişir. Kanın beyin parankimine ekstravaze olması çevre dokuda basıya yol açar; hemoglobinin parçalanma ürünleri ve buna eşlik eden inflamatuvar yanıt (ilk 48 saat içinde nötrofil birikimi ve ardından makrofaj aracılı hematom temizlenmesi) doku hasarının ilerlemesine katkıda bulunur (39, 40).

Her iki inme tipi de ortak bir nokta olarak oksidatif stres, inflamasyon ve kan beyin bariyeri bütünlüğünün bozulmasını içerir (37).

2.5. İNME SINIFLANDIRMASI

İnme, temel olarak iskemik ve hemorajik olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. İskemik inme, serebral damarların pıhtı ile tıkanması sonucu gelişir ve trombotik ile embolik alt tiplere ayrılır. Hemorajik inme ise damar duvarının rüptüre olması sonucunda kanın beyin parankimine ya da çevresindeki boşluklara ekstravaze olmasıyla gelişir ve intraserebral, subaraknoid, subdural ve epidural kanamalar olarak sınıflandırılır (41).

2.5.1. İskemik İnme

Güncel literatürde iskemik inme sınıflandırmalarında TOAST (Trial of ORG 10172 in Acute Stroke Treatment System), pratik uygulanabilirliği ve yaygın kabul görmesi nedeniyle en çok kullanılan sınıflandırma sistemidir ve beş ana kategoriyi içerir: büyük arter aterosklerozu, kardiyoembolizm, küçük damar hastalığı (laküner

enfarkt), diğer belirlenmiş nedenler ve belirlenemeyen nedenler (42). İskemik inme, tüm yeni inme vakalarının yaklaşık %65–66'sını oluşturarak 2021 verilerine göre yaklaşık 7,8 milyon vakaya denk gelmektedir (25).

2.5.1.1. Tromboz: Tromboz, beyin arterlerinde pıhtı oluşumuna bağlı damar lümeninin tıkanması ve etkilenen bölgede kan akımının azalmasıyla sonuçlanır. Bu süreç, iskemik inmenin en sık görülen patofizyolojik mekanizmasını oluşturur. Bu tablo genellikle internal karotid, orta serebral veya baziler arter gibi büyük damarlardaki aterosklerotik plakların rüptürü ya da çeşitli hiperkoagülabilite durumları sonucu gelişir (40).

2.5.1.2. Emboli: Emboli, kalpte ya da başka bir kaynaktan kopan trombüs materyalinin kan akımıyla beyin damarlarına taşınarak ani damar oklüzyonuna ve iskemik inme gelişimine yol açmasıdır. En sık görülen embolik kaynaklar; atriyal fibrilasyon gibi ritim bozuklukları, kardiyomiyopatiler, protez veya dejeneratif kapak hastalıkları ile aterosklerotik plakların rüptürüdür (43).

2.5.1.3. Laküner enfarkt: Laküner enfarkt, beynin derin yapılarındaki küçük arterlerin ani tıkanması sonucu oluşan ve genellikle hipertansiyon, diyabet ve ileri yaş gibi küçük damar hastalığına yönelik risk faktörleriyle ilişkilendirilen, çapı 15 mm'den küçük lezyonlarla karakterize bir iskemik inme alt tipidir (40, 44).

2.5.2. Hemorajik İnme

Hemorajik inme, beyin dokusu içinde ya da beyin çevresindeki damarların rüptürü sonucu gelişen akut kanama ile karakterizedir ve başlıca iki alt tipe ayrılır: intraparankimal (intraserebral) kanama ve subaraknoid kanama (43). Hemorajik inme 2021 verilerine göre toplam vakaların %34–35'ini oluşturmuş ve aynı yıl yaklaşık 4,1 milyon vaka bildirilmiştir (25).

2.5.2.1. İntraserebral kanama: İntraserebral kanama, beyin parankimi içinde bir damarın rüptürü sonucu ortaya çıkan akut bir kanama türüdür ve çoğunlukla hipertansiyon, antikoagülan tedavi veya damar duvarı patolojileriyle ilişkilidir. Damar rüptürünü takiben ekstravaze olan kan, çevre dokuda basınç artışına yol açarak komşu

nöral yapıların sıkışmasına neden olur; bu süreç ödem, hücresel hasar ve miyeloliz gelişimi ile sonuçlanabilir. Ortaya çıkan bu patofizyolojik değişiklikler genellikle hızlı bir nörolojik kötüleşmeye neden olur (43).

2.5.2.2. Subaraknoid kanama: Subaraknoid kanama, beyin yüzeyini çevreleyen araknoid boşluğa kanın geçişiyle ortaya çıkan akut bir hemorajik olaydır ve tüm inmelerin yaklaşık %5'ini oluşturur. En sık neden, serebral bir damarda gelişen anevrizma ya da vasküler malformasyonun rüptürüdür; daha nadir olarak travma da etiyolojik faktörler arasında yer alır (43).

2.5.3. Geçici İskemik Atak (GİA)

Beyin, omurilik veya retina gibi merkezi sinir sistemi bölgelerinde ortaya çıkan geçici, fokal nörolojik bulgularla seyreden ve altta yatan geçici kan akımı azalmasına bağlanan bir klinik tablodur. Güncel doku temelli yaklaşıma göre GİA'nın ayırt edici özelliği, klinik belirtilere rağmen görüntüleme yöntemlerinde akut infarkt kanıtının bulunmamasıdır (45).

Geçici iskemik atak geçiren hastaların yaklaşık %7,5–17,4'ünde ilk üç ay içinde inme geliştiği bildirilmektedir. Özellikle bu riskin yarısının ilk 48 saat içinde ortaya çıkması, erken dönemin kritik önemini ortaya koymaktadır (22).

2.6. İNME SENDROMLARI

2.6.1. İnternal Karotid Arter Sendromu

İnternal karotid arter sendromu, anterior serebral dolaşımı besleyen temel damarın tutulumu olup, oklüzyonun asemptomatik bir tablodan geniş infarkt bulgularına kadar değişen klinik sonuçlara yol açabileceği bir durumdur. Prodromal belirtiler arasında amorozis fugaks ve geçici hemisantral görme bozukluklar yer alırken; majör bulgular dominant hemisfer lezyonlarında karşı taraf hemipleji, duyusal kayıp, homonim hemianopi, bakış parezisi ve global afaziyi içermektedir (46-48).

2.6.2. Orta Serebral Arter Sendromları

Orta serebral arter, inmede en sık etkilenen bölgedir ve serebral hemisferin lateral yüzeyini besler. Klinik tablo; ani başlangıçlı kontralateral yüz ve üst ekstremitede belirgin olan motor ve duyusal kayıp, lezyon tarafına doğru bakış deviasyonu, sağ hemisfer tutulumunda ihmal ve sol hemisfer lezyonlarında çeşitli afazi tipleri ile karakterizedir. Derin perforan dalların oklüzyonu laküner sendromlara yol açabilir. Bu bölge infarktları, ağır motor sekeller ve mortalite açısından yüksek risk taşır (47, 49).

2.6.3. Anterior Serebral Arter Sendromu

Anterior serebral arter sendromu, geniş kollateral dolaşım nedeniyle nispeten az sıklıkla görülür ve beynin anteromedial yüzeyini besleyen bölgelerin etkilenmesiyle ortaya çıkar. Tipik klinik bulgular arasında, kontralateral özellikle alt ekstremitede belirgin olan motor ve duyu kaybı, üst ekstremite ve yüzün ise görece korunması yer alır. Buna ek olarak kişilik değişiklikleri, üriner inkontinans ve transkortikal motor afazi görülebilir. Proksimal oklüzyon durumunda, iki taraflı frontal lob infarktı gelişerek akinetik mutizme neden olabilir (46, 47, 49).

2.6.4. Posterior Serebral Arter Sendromu

Posterior serebral arter oksipital lob, talamus ve temporal lobun inferior bölümlerini besler. Hasarı tipik olarak homonim hemianopsi ile ortaya çıkar ve hastada aniden ortaya çıkan görsel bozukluk, hipersomnolens (aşırı uyuma) ve bilişsel bozukluklar görülür. Derin posterior serebral arter tutulması durumunda Anton Babiński Sendromu (hastanın kör olduğunun farkında olmaması) gelişebilir (48, 49).

2.6.5. Vertebrobaziller Sendromlar

Vertebrobaziller dolaşım posterior beyin bölgelerini besler. En sık belirtileri baş dönmesi ve tek taraflı ekstremite güçsüzlüğüdür. Klinikte ataksi ve duyusal kayıp da sık görülür. Medial Meduller Sendrom, kontralateral hemiparezi ve ipsilateral dil

paralizisiyle karakterizedir. Lateral Meduller (Wallenberg) Sendrom ise ipsilateral Horner sendromu, ataksi, vertigo ve karşı tarafta ağrı-sıcaklık kaybı ile seyreder. Pons lezyonlarında anteromedial tutulum kontralateral hemiparezi ve dizartriye, dorsolateral tutulum ise ipsilateral ataksi ve kontralateral ağrı-sıcaklık kaybına yol açar. Mezensefalon lezyonları klasik Weber Sendromu veya Locked-in Sendromu'nu oluşturabilir (50).

2.7. İNME KLİNİĞİ

2.7.1. Bilişsel Bozukluklar

İnme sonrası hastalarda dikkat, hafıza, ihmal, apraksi ve bellek gibi bilişsel alanlarda bozulmalar görülebilir. Kognitif değerlendirme, hastanın güvenliği ve rehabilitasyon planlaması açısından önem taşır. Mini Mental Durum Testi (MMSE) sık kullanılan kısa değerlendirme araçlarından biridir (4). Türkçe geçerlik–güvenirliği gösterilmiştir (51).

2.7.1.1. Bellek: İnme sonrasında günlük yaşama yönelik hafıza işlevleri, öğrenme ve hatırlama etkilenebilir. Bu bozuklukların yönetiminde kompansatuvar stratejiler, hatırlatıcılar, not tutma, çevresel ipuçları gibi teknikler kullanılır (4).

2.7.1.2. İhmal: Özellikle sağ hemisfer lezyonlarında karşı taraftaki uyarıların algılanamaması ve dikkatin o yöne yöneltilememesi ile karakterizedir. Akut inme hastalarının yaklaşık yarısında görülür ve iyileşme sürecini olumsuz etkiler (52). İhmal rehabilitasyonunda dikkati artırmayı veya hastaya kompansatuvar stratejileri öğretmeyi hedefleyen yöntemler kullanılmaktadır. Prizma adaptasyonu, görsel tarama eğitimi, optokinetik stimülasyon, sanal gerçeklik uygulamaları, zihinsel imgeleme ve rTMS gibi teknikler de potansiyel fayda sağlamaktadır (29).

2.7.1.3. Apraksi: İstemli hareketleri organize etme güçlüğüdür. En sık ideomotor apraksi görülür. Temporal ve pariyetal lob lezyonları ile ilişkilidir. Tedavide adım adım öğrenme, aktiviteye özel eğitim ve kompansatuvar stratejiler kullanılır (4).

2.7.2. İletişim Bozuklukları

İnme sonrası hastaların yaklaşık %40'ında iletişim problemleri ortaya çıkar. En yaygın bozukluk afazi ve dizartridir (4).

2.7.2.1. Afazi: İnme geçiren hastaların %21-40'ında görülen dil ve iletişim bozukluğudur (53). Afazi türleri (örneğin Broca, Wernicke, global afazi) akıcılık, anlama, tekrarlama ve isimlendirme becerilerine göre sınıflandırılır (54). Erken müdahale kritik önem taşır ancak nöroplastisite mekanizmaları sayesinde iyileşme yıllar sonra bile mümkündür (55). Afazi rehabilitasyonunda konuşma-dil terapisi, bilişsel nörorehabilitasyon, telerehabilitasyon ve bilgisayar destekli uygulamalar kullanılmaktadır. Melodik intonasyon, Transkraniyal Manyetik Stimülasyon (TMS) ve Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDCS) gibi non-invaziv beyin stimülasyon teknikleri güvenli ve etkili bulunmuştur. Müzik temelli ve psikososyal yaklaşımlar da tedaviye destek olarak uygulanmaktadır (56).

2.7.3. Motor Bozukluklar

2.7.3.1. Üst ekstremite tutulumu: Üst ekstremite fonksiyonundaki yetersizlikler, etkin rehabilitasyon uygulanmasına rağmen hastaların önemli bir bölümünde kalıcı olmaya devam etmektedir. Akut dönemde hafif–orta derecede parezisi olan hastaların yaklaşık %71'i altıncı ayda belirli düzeyde beceri kazanabilirken, ağır etkilenimi olan hastaların %60'ı altıncı ayda üst ekstremitesini fonksiyonel olarak kullanabilir duruma gelemez (7). Rehabilitasyona kabul edilen inmeli hastalarda, ilk 3 ay içinde üst ekstremite spastisitesi görülme sıklığı yaklaşık %33 olarak bildirilmektedir (29). Spastisite, kas kısalması, eklem kontraktürleri ve ağrıya yol açarak el, el bileği ve omuz fonksiyonlarını sınırladığı için günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığı azaltır (57).

Nörolojik iyileşme, inmeden sonraki ilk 3 ay içinde logaritmik bir artış gösterir ve bu dönemde en hızlı iyileşme gerçekleşir (7). İlk 4-6 hafta içindeki motor fonksiyon, 6 aylık sonucu öngörebilir (58). Ancak iyileşme sadece bu dönemle sınırlı değildir; yıllar sonra bile motor kazanımlar bildirilmiştir (7).

Üst ekstremitede motor iyileşmeyi etkileyen faktörler arasında başlangıçtaki üst ekstremite fonksiyon bozukluğunun şiddeti, en güçlü öngörücü faktördür. Başlangıçta etkilenimin daha az olması, daha iyi klinik ve fonksiyonel sonuçlarla ilişkilidir. Ek olarak, genç yaş ve erkek cinsiyet daha yüksek iyileşme ihtimaliyle ilişkilidir (59).

2.7.3.2. Alt ekstremite tutulumu: İnme sonrası motor kontrol kaybı, kas gücünde azalma ve anormal hareket paternlerinin gelişmesi hastaların günlük yaşam aktivitelerini ve yürüme performansını en çok etkileyen sorunlar arasındadır. Motor yetersizliklerin şiddeti, fonksiyonel bağımsızlık düzeyi ve yaşam kalitesi ile yakından ilişkilidir. Kas güçsüzlüğü yürüme hızı ve dengeyi olumsuz etkiler. Özellikle kalça abdüktörleri, diz ekstansörleri ve ayak bileği dorsifleksörlerindeki kuvvet kaybı yürüme sırasında kompansatuvar stratejilere yol açar. Alt ekstremitede motor kontrolün bozulmasıyla ortaya çıkan fleksör ve ekstansör sinerjileri yürüme sırasında fonksiyonel hareketi sınırlar. Buna ek olarak inme sonrası görülen asimetrik yük dağılımı, yürüyüş hızında azalma ve uzamış çift adım süresi denge ve mobiliteyi zayıflatır; bu değişiklikler düşme riskinde artışla ilişkilendirilmiştir (4-6).

Kas tonusunun artmasıyla karakterize olan spastisite, inme sonrası sık gözlenen ve fonksiyonel hareketi sınırlayan önemli bir problemdir. Rektus femoris spastisitesi diz fleksiyonunu engelleyerek salınım fazını bozarken, hamstring spastisitesi diz ekstansiyonunu sınırlar; bu durumun yürüme paterninde diz sertliği ve adım uzunluğunda azalma ile sonuçlandığı bildirilmektedir. Spastisitenin şiddeti arttıkça istemli kas aktivasyonu ve fonksiyonel kazanımların sınırlanabileceği, bu nedenle uygun tedavi yaklaşımlarıyla kontrol altına alınmasının rehabilitasyon başarısı açısından kritik olduğu vurgulanmaktadır (4-6).

Motor bozuklukların değerlendirilmesinde Brunnstrom Motor Evrelemesi, Modifiye Ashworth Skalası ve yürüyüş analizine dayalı kinematik ve kinetik ölçümler klinik açıdan sık kullanılan araçlardır. Kılavuzlar bu değerlendirmelerin rehabilitasyon programlarının planlanmasında yol gösterici olduğunu belirtmektedir (4-6).

2.7.4. Duyu Bozuklukları

İnme dokunma, ağrı, sıcaklık gibi yüzeyel ve pozisyon gibi derin duyuların algılanmasını etkiler (54). İnme sonrası somatosensöriyel, görsel ve işitsel duyulardaki bozulmalar; dengeyi ve motor kontrolü olumsuz etkileyerek iyileşme sürecini sınırlar. Bu nedenle duyusal değerlendirme prognozun öngörülmesi ve tedavi planlaması açısından kritik öneme sahiptir (60). Propriyoseptif ve duyusal rehabilitasyon yaklaşımları kapsamında uygulanan denge ve stabilite egzersizleri vücut pozisyonu farkındalığını artırarak motor kontrolün gelişimine katkı sağlar. Elektriksel uyarım yöntemlerinden Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu (TENS) ve Nöromüsküler Elektriksel Stimülasyonu (NMES) artmış duyusal girdi yoluyla sensörimotor entegrasyonu destekleyen tamamlayıcı uygulamalar olarak kullanılmaktadır. Teknoloji destekli yaklaşımlar arasında yer alan sanal gerçeklik temelli duyusal eğitim ve ayna terapisi de duyusal-motor entegrasyonu güçlendirerek fonksiyonel iyileşmeye katkı sağlamaktadır (12). Tedavi sürecinin etkinliği, Fugl-Meyer Motor Değerlendirme Ölçeği ve Nottingham Duyusal Değerlendirme Ölçeği gibi standart ölçekler ile düzenli olarak izlenmelidir (29).

2.7.5. Kraniyal Sinirlerin Fonksiyon Bozuklukları

Klinik tablo genellikle tutulan kranial sinirlerin hasarıyla ilişkili görsel fonksiyonlar, disfaji, konuşma ve ses sorunları gibi işlevsel problemlerle kendini gösterir. Posterior serebral arter ve orta serebral arter tutulumuna bağlı inmelerde görme alanı defisitleri sık karşılaşılan bulgular arasında yer almaktadır. Beyin sapı enfarktlarına bağlı gelişen inmelerde ise ekstraoküler kas paralizileri ve buna eşlik eden diplopi görülebilmektedir (54). İnme sonrası disfaji özellikle kortikal ve beyin sapı lezyonlarında görülür. İnme sonrası kraniyal sinir değerlendirmesi, disfajinin altta yatan patofizyolojisini anlamak ve uygun tedavi yaklaşımını belirlemek amacıyla çiğneme fonksiyonu (V. sinir), yüz kaslarının gücü ve mimikler (VII. sinir), yumuşak damak hareketleri ve gag refleksi (IX. ve X. sinirler), omuz silkme hareketi (XI. sinir) ve dilin hareketleri (XII. sinir) gibi temel işlevlerin sistematik olarak incelenmesini içerir (61).

2.8. İNME SONRASI GELİŞEN KOMPLİKASYONLAR

2.8.1. Hemorajik Transformasyon

İskemik inmede özellikle büyük infarkt alanlarında görülebilir. Hafif peteşilerden yoğun parankimal hematoma kadar değişen tablolar söz konusudur (6). Hemorajik transformasyonun önlenmesinde temel stratejiler; kan basıncının etkin kontrolü, koagülopati varsa düzeltilmesi, reperfüzyon tedavisinin uygun zamanlaması ve hastaya özgü risklerin dikkate alınmasını içerir. Reperfüzyon tedavisi (tromboliz veya trombektomi) uygulanan hastalarda kan basıncının ilk 24 saat boyunca <180/105 mmHg altında tutulması önerilir. En belirgin klinik bulgu akut nörolojik kötüleşmedir. Parankimal kanamalar genellikle belirgin kötüleşmeye yol açarken, peteşiyel kanamalar çoğu zaman asemptomatiktir. Reperfüzyon tedavisi uygulanmayan hastalarda ilk 6 saatte nadiren görülür ve çoğunlukla inmenin ilk 4 günü içinde ortaya çıkar. Reperfüzyon tedavisi uygulanan hastalarda ise kanamaların çoğu inme semptomlarının başlangıcından sonraki ilk 24 saat içinde gelişir (62).

2.8.2. Epileptik Nöbetler

İnme sonrası nöbet riski %2–23 arasında değişir. İlk hafta içinde erken nöbetler (ilk 7 gün içerisinde gelişen nöbet) daha yaygındır (6). İnme sonrası epilepsi tedavisinde antiepileptik ilaçlar, yalnızca geç nöbet (7 günden sonra gelişen nöbet) geçiren hastalarda uzun süreli olarak başlanmalıdır. Bu hastalarda 10 yıl içinde nüks riski %70'in üzerinde olduğu bildirilmiştir. Tek bir erken nöbet sonrası ise genellikle tedavi 1–2 hafta içinde sonlandırılır ve düşük nüks riski nedeniyle uzun süreli medikal tedavi önerilmez. Bununla birlikte hemorajik inme, geniş kortikal lezyon veya nöbet risk skorlarında yüksek skor alan hastalarda, kanıt kalitesi düşük olmakla birlikte yaklaşık 7 günlük kısa süreli profilaksi düşünülebileceği, ancak uzun vadeli profilaksiden kaçınılması önerilmiştir (63).

2.8.3. Uyku Bozuklukları

İnme sonrası uyku bozuklukları, insomnia, uyku ve uyanıklık döngüsündeki sorunlar, huzursuz bacak sendromu ve uyku apnesini içerebilir (54). Özellikle inme ile ilişkili solunum bozukluklarından biri olan obstrüktif uyku apne sendromu inme hastalarında sık görülür, prognozu olumsuz etkileyebilir ve aynı zamanda inme etiyolojisinde de risk faktörü olarak rol oynar (21).

2.8.4. Yorgunluk

İnme geçiren hastaların yaklaşık üçte birinde görülür ve yorgunluk hissi, günlük aktiviteleri sürdürme yeteneğini azaltan önemli bir sorundur (4).

2.8.5. Depresyon

İnme geçiren hastaların yaklaşık %19,3 ile %54'ü arasında majör depresyon görülebilir (4). İnme sonrası depresyon iyileşmeyi geciktirebilir bu nedenle düzenli duygu durum taramaları ve uygun farmakoterapi ve/veya psikososyal müdahaleler önemlidir (6).

2.8.6. Venöz Tromboembolizm

Derin ven trombozu ve pulmoner emboli, inme sonrası morbidite ve mortaliteyi önemli ölçüde artıran komplikasyonlardır (54). İnmeli hastalarda immobilite nedeniyle risk yüksektir. Öncelikle mekanik profilaksi ve mobilizasyon yaklaşımı, klinik duruma göre düşük molekül ağırlıklı heparin profilaksisi uygulanabilen temel yöntemlerdendir (6).

2.8.7. Kardiyovasküler Sorunlar

Akut dönemde kalp ritim bozuklukları, miyokard iskemisi ve hemodinamik instabilite gelişebilir. Hipertansiyon, lipit kontrolü ve yaşam tarzı düzenlemeleri AHA/ASA rehberlerinde güçlü şekilde vurgulanmaktadır (6).

2.8.8. Pulmoner Komplikasyonlar

İnme tablosuna sıklıkla eşlik eden disfaji ve aspirasyon, pnömoni gelişim riskini artırır. Pnömoni; mortaliteyi arttırır, hastanede yatış süresi ve fonksiyonel iyileşmeyi olumsuz etkiler (6).

2.8.9. Disfaji

Yutma sorunları, inme hastalarında sık görülen komplikasyonlardır ve aspirasyon pnömonisi, dehidratasyon ve malnütrisyon gibi ciddi sonuçlara yol açabilir (4, 54). Akut inme hastalarında erken disfaji taraması önerilmekte olup oral beslenmeye veya ağızdan ilaç alımına başlamadan önce yutma becerisinin değerlendirilmesi gereklidir. Ayrıca yutma fonksiyonunun düzenli olarak izlenmesi, klinik bakımın temel bir bileşeni olarak kabul edilmektedir (29). İnme sonrası disfaji rehabilitasyonu, aspirasyonun önlenmesi, güvenli oral alımın sağlanması ve yaşam kalitesinin artırılmasını hedefler. Disfaji tedavisi, hastanın bilişsel ve motor durumu ile yutma bozukluğunun mekanizmasına göre bireyselleştirilmelidir. Rehabilitasyon sürecinde hasta eğitimi, postural ve kompansatuvar teknikler, diyet düzenlemeleri, terapötik yutma egzersizleri ve gerekli durumlarda nörostimülasyon yöntemleri ile enteral beslenme seçenekleri multidisipliner bir yaklaşımla uygulanmalıdır (61).

2.8.9. Malnütrisyon

İnme sonrası katabolik duruma bağlı gelişen malnütrisyon, disfaji, bulantı, kusma, depresyon ve diğer fizyolojik bozukluklarla ilişkilidir (54). Klinik duruma göre beslenme planı, hastanın disfaji şiddeti ve aspirasyon riskine göre aşamalı olarak düzenlenmelidir. Akut dönemde beslenme eksikliği ve metabolik instabilitenin önlenmesi için erken enteral beslenme önerilir. Ciddi disfaji veya tüm sıvı/yiyecek kıvamlarında %25'ten fazla rezidü ve %10'dan fazla aspirasyon riski olan hastalarda besleme yolu modifikasyonu uygulanmalıdır. İlk 2-4 haftada kısa süreli beslenme ihtiyacı varsa nazogastrik tüp (NGT) tercih edilir, 28 günden uzun süreli beslenme gerektiren veya NGT'ye tolerans göstermeyen hastalarda perkütan endoskopik gastrostomi (PEG) önerilir. Ayrıca, hastanın mevcut disfaji durumunun 72 saatten kısa

süreceği öngörülüyorsa intravenöz (IV) destek kısa vadeli kullanılabilir. Beslenme yolunun belirlenmesinin ardından, beslenme durumu düzeltilene kadar kalori ihtiyacı hesaplanarak malnütrisyon riskinin azaltılması için bireysel diyet planları ve takviyeler uygulanmalıdır (64).

2.8.10. Bağırsak Disfonksiyonu

Gaita inkontinansı, inme sonrası hastaların %37-58'inde görülen ve genellikle inkontinans, fekal impaksiyon, hareketsizlik veya yetersiz beslenme ile ilişkili olan bir sorundur (4). Konstipasyonun önlenmesi ve tedavisinde temel yaklaşım liften zengin beslenme, yeterli sıvı alımı, fiziksel aktivitenin artırılması ve bağırsak mikrobiyotasını destekleyen probiyotik/prebiyotik kullanımıdır. Bağırsak eğitimi kapsamında, özellikle sabah saatleri veya yemek sonrası gibi gastrokolik refleksin aktif olduğu dönemlerde tuvalet alışkanlığı kazandırılması düzenli defekasyon refleksinin yeniden oluşturulmasını hedefler (65).

2.8.11. Üriner Sorunlar

İdrar retansiyonu ve idrar inkontinansı inme sonrası yaygın görülen komplikasyonlardır (4). İnme sonrası nörojenik mesane disfonksiyonlarında en sık görülen tablo aşırı detrüsör hiperaktivitesidir. Nörojenik mesane yönetiminde zamanlı işeme programları, mesanenin aşırı dolmasını önlemeyi ve işeme aralıklarını kademeli olarak uzatarak fonksiyonel kapasiteyi artırmayı amaçlar. Rehabilitasyona daimi sondalı olarak gelen hastalarda öncelikli hedef, kateterin sonlandırılarak spontan işemeye veya temiz aralıklı kateterizasyona geçişin değerlendirilmesidir (65).

2.8.12. Santral Ağrı

Talamik sendrom dahil olmak üzere çeşitli bölgelerin hasarına bağlı gelişen kronik nöropatik ağrıdır. Amitriptilin ve gabapentinoidler ilk basamak tedavi seçenekleri arasındadır. Derin beyin stimülasyonu ve TENS tedavisinin, etkinliği kanıtlanmamış olsa da diğer tedavilere yanıt vermeyen hastalarda yararlı olabileceğine dair sınırlı kanıt bulunmaktadır (6).

2.8.13. Omuz Ağrısı

Hemiplejik omuz ağrısı oldukça yaygındır ve subluksasyon, spastisite veya yumuşak doku yaralanmalarıyla ilişkilidir. Tedavide pozisyonlama, ortezler, enjeksiyonlar ve elektrik stimülasyonu kullanılabilir (6). Temel yaklaşım, etkilenmiş üst ekstremitenin korunması ve omuz subluksasyonunun önlenmesine yöneliktir. Bu amaçla etkilenen kolun uygun şekilde desteklenmesi, yatma ve oturma pozisyonlarında yastık veya omuz bandajlarıyla doğru hizalanmasının sağlanması önemlidir. Ayrıca özellikle tekerlekli sandalyede otururken kolun sarkmasının önlenmesi hem subluksasyon riskini azaltır hem de ağrı gelişimini engeller (66).

2.8.14. Spastisite ve Kontraktürler

Spastisite, inme sonrası serebral hasar sonucu kas tonusunun ve reflekslerin artmasıyla karakterize, motor fonksiyonları kısıtlayan önemli bir komplikasyondur. Erken dönemde başlayabilen bu kas hiperaktivitesi tedavi edilmezse kontraktürlere yol açabilir (4, 54). Düzenli germe, splint ve uygun pozisyonlama önemlidir (6). Pozisyon değişiklikleri hastanın toleransı ve bası yarası riskine göre düzenli aralıklarla uygulanmalıdır. Üst ekstremitede fleksiyon kontraktürlerini önlemek amacıyla istirahat atelleri kullanılmalı ve atel dışı zamanlarda düzenli pasif eklem hareketleri yapılmalıdır. Alt ekstremitede ise ekstansör spastisite ve ayak bileği plantar fleksiyonuna bağlı kontraktürleri önlemek için uygun pozisyonlama ve gerekirse ayak-ayak bileği ortezleri kullanılabilir. Tekerlekli sandalyede oturma sırasında gövde, kalça, diz ve ayak bileğinin simetrik hizalanması sağlanmalıdır. Etkilenen ekstremitenin desteklenerek sarkması önlenmeli ve gerektiğinde baş-gövde destekleri eklenmelidir (66).

2.8.15. Bası Yaraları

Özellikle kemik çıkıntıları üzerinde uzun süreli basınç ve eşlik eden sürtünme, makaslama kuvveti, nem, malnütrisyon ve duyusal-motor kayıplar gibi faktörlerin etkisiyle deri ve alttaki dokuda oluşan lokal hasar olup, inme hastalarında immobilite nedeniyle sık görülür. Bu nedenle düzenli tarama yapılması ve cilt bütünlüğünün

korunmasına yönelik önlemler alınması gereklidir. Yönetimde temel yaklaşım; cilt hijyeninin sağlanması, iki saatte bir pozisyon değişikliği ve topukların korunması, basıncı azaltan destek yüzeylerinin kullanımı ile yeterli enerji, protein ve sıvı alımını içeren beslenme desteğidir. Yara bakımında nem dengesinin korunması ve doku hasarının ilerlemesini önlemek esastır (66).

2.8.16. Düşme

İnme sonrası dengesizlik ve kas güçsüzlüğü nedeniyle risk artar. Standart değerlendirme ölçekleri kullanılmalı ve düşme önleme programları uygulanmalıdır (6).

2.9. İNME REHABİLİTASYONU

2.9.1. Akut Dönem

Akut dönem, inme bulgularının başlangıcından sonraki ilk 7 günlük zaman dilimini kapsar (67). Bu evredeki temel hedef, yatak istirahatinin olumsuz etkilerini önlemek ve hastanın genel fonksiyonel durumunu korumaktır (57).

Akut bakım, yutma değerlendirmesi, kan basıncı ve glukoz kontrolü, ateş yönetimi ve erken mobilizasyonu içeren genel bakım uygulamalarını kapsar (68). Bu dönemde pozisyonlama, yatak içi mobilite, eklem hareket açıklığı egzersizleri ve atel uygulamaları gibi temel müdahaleler gerçekleştirilirken, hasta ve bakım verenlere iyileşme sürecine yönelik eğitim verilir (57). AVERT (A Very Early Rehabilitation Trial) çalışmasında, inme başlangıcından sonraki 24 saat içinde yapılan yüksek doz mobilizasyon protokolünün, 3. ayda fonksiyonel gelişme olasılığını azalttığı gösterilmiştir (29). Tıbbi olarak stabil olan hastalarda ilk 48 saat içinde başlatılan mobilizasyon, güncel kaynaklarda önerilen bir uygulamadır. Ancak mobilizasyonun dozu ve yoğunluğu, hastanın tolere edebileceği seviyede tutulmalıdır (67). İlerleyen dönemde mobilizasyon yoğunluğu haftada 3-5 kez, toplam en az 20 saat olacak şekilde arttırılmalı ve 4-6 hafta boyunca düzenli şekilde devam ettirilmelidir (69).

2.9.2. Subakut Dönem

Subakut dönem 7. gün ile 6. ay arasındaki süreci kapsar, spontan iyileşmenin devam ettiği ancak aktif rehabilitasyonun yoğunlaştığı kritik bir süreçtir (67, 70).

İnme sonrası nöroplastisite, hasarlı alanların işlevini kısmen üstlenmek üzere yeni sinaptik bağlantılar ve alternatif nöronal yollar oluşturma kapasitesidir. Bu süreç özellikle ilk 3 ayda belirgindir ve hücresel düzeyde dentritik ve aksonal yeniden dallanma ile kortikal reorganizasyon gibi mekanizmalarla ilerler (58). İyileşmenin büyük bir kısmı genellikle inmeden sonraki ilk üç ay içinde gerçekleşir ve bu dönem rehabilitasyon açısından kritik öneme sahiptir (29). Akut dönemde oluşan nörokimyasal değişiklikler, inflamasyon ve hücresel hasarın ardından peri-iskemik bölgede artan nörotrofik faktörler aracılığıyla sinaptik güçlenme desteklenir. Böylece, tekrarlayan hedefe yönelik motor egzersizlerle birlikte hastalar kaybettikleri motor becerileri kısmen yeniden kazanabilir ya da alternatif hareket kalıplarıyla günlük aktivitelerini sürdürebilir hale gelirler (58).

Subakut rehabilitasyona aday inmeli hastaların yapılandırılmış, koordineli ve interdisipliner bir ekip tarafından yürütülen, uygun ve erişimi olan hastalar için mümkünse yatarak, kapsamlı rehabilitasyon hizmeti alması önerilmektedir (29).

2.9.3. Kronik Dönem

Erken rehabilitasyon fırsatı kaçırılmış olsa dahi, kronik dönemde düzenli kapsamlı rehabilitasyon uygulamaları hastaların fonksiyonel kapasitesini, yaşam kalitesini ve toplumsal entegrasyonunu artırmaya devam eder. Bu nedenle hastanın rehabilitasyon geçmişi ne olursa olsun, kronik evrede de bireyselleştirilmiş ve kapsamlı programları sürdürmeye odaklanılması önerilir (71).

Kronik dönem inme sonrası 6. aydan itibaren başlayan süreci ifade eder (67). Kronik evrede, ev temelli veya toplum temelli egzersiz programları ile uzun süreli fiziksel aktivite katılımı teşvik edilmelidir. Ev temelli rehabilitasyonda bakım

verenlerin eğitimi ve uygun süpervizyon sağlanması aktivitelerin sürekliliğini sağlamak açısından kritik öneme sahiptir (29).

2.10. İNMEDE ÜST EKSTREMİTE REHABİLİTASYONUNDA KULLANILAN MODALİTELER

Üst ekstremite rehabilitasyonu, inme sonrası fonksiyonel bağımsızlığı geri kazanmak için nöroplastisite ilkelerine dayanan geniş bir modalite yelpazesini kapsamaktadır. Bu modaliteler; motor öğrenme, duyusal uyarım ve teknolojik temelli yaklaşımları içerir (72).

2.10.1. Zorunlu Kullanım Terapisi

Sağlam üst ekstremitenin bir atel veya eldivenle sabitlenerek etkilenmiş ekstremite üzerine yoğun görev tabanlı egzersiz yapılmasını içerir (72). Hem akut hem de kronik evrelerde üst ekstremite fonksiyonlarını ve günlük yaşam aktivitelerini iyileştirmede orta-yüksek düzeyde kanıta sahiptir (29).

2.10.2. Ayna Terapisi

Sağlam ekstremitenin hareketinin aynada yansıtılmasıyla etkilenmiş tarafta hareket illüzyonu oluşturarak nöroplastisiteyi uyarmayı amaçlayan bir yöntemdir. Ev ortamında uygulanabilmesi ve ağır motor kaybı olan hastalarda kullanılabilir olması nedeniyle yaygın tercih edilir (7). Sistematik derlemeler, bu yaklaşımın üst ekstremite fonksiyonları üzerinde orta düzeyde kanıtlarla anlamlı iyileşme sağladığını göstermektedir (72).

2.10.3. Zihinsel Pratik

Fiziksel hareket yapılmadan, sadece hareketin zihinsel canlandırılmasıyla motor öğrenme desteklenir. Çoğu çalışmada üst ekstremite fonksiyonuna olumlu katkı sağladığı belirtilmiştir (72).

2.10.4. Elektrik Stimülasyonu

Kas zayıflığını azaltmak, motor kontrolü iyileştirmek ve paretik kaslarda istemli hareketi geri kazandırmak amacıyla kullanılan bir tedavi yöntemidir (72). Bu modaliteler genel olarak duyusal (TENS), motor (NMES) ve fonksiyonel (FES) stimülasyon olarak sınıflandırılmaktadır (7, 12). Güncel rehberler, elektriksel stimülasyonun konvansiyonel tedaviler ile kombine edilmesinin akut ve kronik dönemdeki inme hastalarında fonksiyonel bağımsızlığı desteklemede faydalı olduğunu göstermektedir (7).

2.10.5. Sanal Gerçeklik

Üst ekstremite rehabilitasyonunda sanal gerçeklik, bilgisayar tabanlı ortamlar sunarak görev odaklı ve oyunlaştırılmış hareket tekrarlarıyla motivasyonu artıran, yoğun pratik sağlayan bir yaklaşımdır ve görsel-motor geri bildirim yoluyla kortikal reorganizasyonu destekler (7).

2.10.6. Robotik Cihazlar

Robotik rehabilitasyon, motorlu cihazlar ve görsel geribildirimle yüksek yoğunlukta tekrarlayıcı hareket pratiği sunarak nöroplastisiteyi destekler (7). Motor bozukluk ve günlük yaşam aktivitelerinin gelişmesinde faydalıdır (72).

2.10.7. Beyin Stimülasyonu

Üst ekstremite fonksiyonlarını iyileştirmede kullanılan iki temel non invaziv yöntem olan tDCS ve TMS üzerine odaklanmaktadır. Transkraniyal doğru akım stimülasyonu kortikal aktiviteyi modüle ederek motor öğrenmeyi artırırken, TMS kortikal uyarım gücünü yükselterek nöroplastisiteyi destekler (72).

2.10.8. Elektromiyografi (EMG) Biofeedback

EMG tabanlı geri bildirimle hastanın kas aktivitesi izlenir ve hastaya ilgili kasların kontrolü öğretilir. Bazı çalışmalarda motor fonksiyon üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir (72).

Bunlara ek olarak kuvvetlendirme egzersizleri, belirli kas ya da kas gruplarının istemli hareketle çalıştırılmasını içerir ve bu hareketler terapist ya da egzersiz ekipmanlarıyla aktif asistif olarak da gerçekleştirilebilir. Germe egzersizleri ve pozisyonlama uygulamaları ise eklem hareket açıklığını optimize etmek ve kas kısalıklarını önlemek amacıyla uygulanır (72).

İnme sonrası duyusal fonksiyonların geliştirilmesine yönelik müdahaleler genel olarak iki başlık altında ele alınmaktadır; aktif duyusal eğitim ve pasif duyusal uyarım. Aktif eğitim; dokunma ayrımı, pozisyon farkındalığı egzersizleri, ayna terapisi ve motor imgeleme gibi duyusal farkındalığı artırmayı hedefleyen görev temelli uygulamaları içerir. Pasif duyusal uyarım elektriksel veya manyetik stimülasyon gibi teknikleri kapsamaktadır (72).

2.11. İNME SONRASI AEROBİK KAPASİTE VE REHABİLİTASYONDA AEROBİK EGZERSİZİN YERİ

Aerobik kapasite, kalp ve akciğerlerin iskelet kaslarına oksijen sağlama yeteneği ile kasların bu oksijeni enerji üretmek için kullanma kapasitesinin bir bileşimidir. Literatürde fiziksel aktivite sırasında ulaşılan en yüksek oksijen tüketim hızı olan VO_2pik veya VO_2maks değerleri ile ifade edilir. Bu değer, bir bireyin kardiyovasküler sağlığının temel göstergesidir (73, 74).

Sistematik bir derlemede inme sonrası hastalarda aerobik kapasitenin düşüş gösterdiği, yaş ve cinsiyet uyumlu sağlıklı bireylerde beklenen değerin %26–87'si aralığında olduğu bildirilmektedir (73). Bu kısıtlılık, inme öncesindeki düşük kondisyon seviyelerinin yanı sıra inme sonrası hastanede geçirilen sürenin büyük bir bölümünün sedanter (yatakta veya oturarak) geçmesinden kaynaklanmaktadır (16). Bu

durum hastada erken yorulma, hareket kısıtlılığı ve ikincil vasküler olay riskinde artışla sonuçlanan bir döngü yaratır (15).

Yapılandırılmış aerobik egzersiz programları, inmeli hastalarda kardiyorespiratuar kapasiteyi artırmada oldukça faydalıdır (75). Fonksiyonel açıdan bakıldığında, aerobik egzersiz yürüme hızı ve dayanıklılığı artırırken, kan basıncı, lipid profili ve glukoz toleransı gibi vasküler risk faktörlerini de olumlu yönde etkiler (16, 29).

İnme/ GİA sonrası tüm hastalar, medikal olarak stabil olduklarında aerobik egzersiz açısından değerlendirilmelidir. Aerobik egzersiz programları, haftada en az üç gün ve her seans en az 20 dakika olacak şekilde planlanmalıdır Egzersiz şiddeti, hastanın kardiyorespiratuvar yanıtına göre yüzde kalp hızı rezervi (%KHR), yüzde maksimum kalp hızı (%KHmaks), maksimum oksijen tüketimi yüzdesi (%VO_2maks) veya Algılanan Zorluk Derecesi (RPE/ Rate of Perceived Exertion) ile belirlenir. İnme rehabilitasyonunda genellikle orta şiddetli egzersiz önerilmektedir (15). Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM) kılavuzlarına göre orta şiddetli egzersiz, %KHR'nin %40–59'u, %KHmaks'ın %64–76'sı veya %VO_2maks'ın %46–63'ü aralığında olup, RPE 12–13 düzeyinde algılanan zorluğa karşılık gelmektedir (76).

Uygulama, hastanın risk düzeyine göre hastane, klinik, topluluk veya ev tabanlı olabilir. Yüksek riskli bireyler anında defibrilatöre erişilebilen ve ileri yaşam desteği sunulabilecek bir ortamda, düşük riskli bireyler ise evde güvenli bir şekilde çalıştırılabilir. Yüksek riskli bireylerde egzersiz sırasında sürekli gözetim gereklidir. Buna karşılık, güvenli ve etkili bir şekilde egzersiz yapabildiği gösterilen düşük riskli bireylerde aralıklı gözetim yeterli olabilir. İzleme sürecinde kalp hızı, kan basıncı ve RPE, antrenman öncesi, sırasında ve sonrasında kaydedilir. Gerektiğinde 12 derivasyonlu elektrokardiyogram (EKG) de kullanılabilir. İlerleme, bireyin klinik yanıtına göre, önce seans süresinin birkaç haftada bir 5–10 dakika artırılması, ardından egzersiz yoğunluğunun %KHR'nin yaklaşık %5–10'u oranında yükseltilmesi şeklinde planlanır (15).

2.12. İNMEDE AEROBİK EGZERSİZ MODALİTELERİ

2.12.1. Koşu Bandı Eğitimi (Treadmill)

Koşu bandı eğitimi, inme rehabilitasyonunda yürüme fonksiyonunu ve kardiyorespiratuar uygunluğu artırmak için göreve özgü, yoğun ve tekrarlayıcı pratik sunması nedeniyle güçlü bir avantaja sahiptir (29, 57). Denge problemi olan hastalarda vücut ağırlığı desteklenerek de güvenle uygulanabilir. Erken dönem ve yürüme becerisi düşük hastalarda mekanik destekli yürüme, bağımsız yürüyüşü artırmada etkilidir. Ancak, cihaz ve personel gerekliliği nedeniyle daha yüksek maliyetli olabilir (29).

2.12.2. Bacak ve Kol Ergometresi

Bacak ergometresi, inme rehabilitasyonunda en yaygın kullanılan modalitedir (75). Denge sorunu olan hastalarda yarı-yatar modeller güvenli bir seçenek sunarak VO_2maks ve yürüme kapasitesini artırır (75, 77). Alt ekstremite fonksiyonu kısıtlı hastalar için kol ergometresi temel alternatiftir. Üst ve alt ekstremite ergometresi arasında aerobik kapasite açısından belirgin fark bulunmaktadır. Sağlıklı kişilerde yapılan sistematik bir incelemede kol ergometresi ile ölçülen VO_2maks değerleri, genellikle bacak ergometresi ile elde edilen değerlerin yaklaşık %60-80'ine (ortalama %70) denk geldiği belirtilmektedir. Bununla birlikte, daha güncel bir çalışmada, sağlıklı bireylerde kol ergometresi sırasında ulaşılan değerin, bacak ergometresi için öngörülen değerlerin %80,4'üne kadar ulaşabildiği gösterilmiştir. Bu farkın temel nedenleri; kol egzersizlerinde aktif olan kas kütlesinin daha az olması, laktat eşiğinin daha erken başlaması gibi periferik faktörler ve kardiyovasküler sistem üzerindeki stresin daha düşük olmasıdır (78, 79)

2.12.3. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu (FES) Destekli Egzersizler

Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu (FES) destekli bisiklet ergometresi, paretik veya plejik kaslara düşük seviyeli elektriksel uyarılar uygulayarak kasların fonksiyonel kapasitesini geri kazandırmayı amaçlayan bir rehabilitasyon yöntemidir.

Bu teknoloji, bilgisayar tarafından üretilen sinyallerin deri üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla iletilmesiyle çalışır ve normalde istemli olarak yapılamayan pedal çevirme hareketini taklit eden koordineli kas kasılmaları oluşturur (12, 80). Bu yöntem, periferik sinir sistemini yeniden aktive ederek motor fonksiyonların iyileşmesine olanak tanır (80).

FES bisikletinin fizyolojik etkilerinin başında, inme sonrası görülen ciddi kas atrofisinin önlenmesi ve kas kütlesinin artırılması gelir. Egzersiz sırasında gerçekleşen kasılmalar, kas lifi kompozisyonunda adaptasyonlara yol açarak, hızlı glikolitik liflerin (Tip IIb) daha oksidatif ve yorulmaya dirençli fenotiplere (Tip IIa) dönüşümünü destekler. Bu değişim, paretik kasların oksidatif kapasitesini ve dinlenme metabolizma hızını artırarak kas sağlığını geliştirir. Bunlara ek olarak obezite ve basınç yaraları gibi ikincil komplikasyon risklerini azaltır (80).

Nörolojik açıdan FES destekli bisiklet uygulaması, kortikal ve spinal düzeyde nöroplastik süreçleri destekler (11). Elekriksel stimülasyonun hastanın kendi istemli hareketi ile senkronize edildiği aktif bisiklet sürüşü, nöroplastik etkileri güçlendirerek motor iyileşmeye katkı sağlar. (12).

Sistemik düzeyde ise FES bisiklet; aerobik kapasitenin artması, VO_2maks iyileşmesi ve kardiyovasküler sistemin güçlenmesi ile ilişkilidir. Bu sayede, sadece kas gücünü artırmakla kalmaz, aynı zamanda hastaların genel fonksiyonelliğini ve günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlıklarını artırır (80).

2.12.4. Su İçi Egzersizler

Su içi egzersizler (hidroterapi) inme rehabilitasyonunda değerli bir aerobik modalitedir. Suyun kaldırma kuvveti, paretik ekstremiteye yük binmesini azaltarak eklem hasarını önler ve denge kontrolü zayıf olan hastaların ayakta durmasını kolaylaştırır. Su, aynı zamanda ritmik egzersizler için direnç oluşturan bir ortam işlevi görür. Kardiyovasküler kapasiteyi arttırmak; yürüme, denge ve koordinasyonu iyileştirmek amacıyla subakut ve kronik evrelerde kullanılmaktadır (12). Ancak bazı

kılavuzlar, su bazlı egzersizlerin akut inme sonrası motor iyileşme üzerindeki etkinliğinin henüz netleşmediğini belirtmektedir (29).

2.13. AEROBİK EGZERSİZLERDE EGZERSİZ ŞİDDETİNİN BELİRLENMESİ

Aerobik egzersiz programları planlanırken egzersiz şiddetinin belirlenmesi, hastanın güvenliğini sağlamak, olumsuz olay riskini en aza indirmek ve rehabilitasyonun etkinliğini optimize etmek açısından kritik bir öneme sahiptir (81). Egzersiz yoğunluğunun dayanıklılık arttıkça kademeli olarak artırılması temel kuraldır. Reçeteleme, bireyin klinik risk sınıflandırması, hedefleri ve egzersiz tercihleri dahil olmak üzere dikkatli bir klinik değerlendirmeden sonra kişiselleştirilmiş bir yaklaşımla yapılmalıdır (76).

Egzersiz şiddetini belirlemede kullanılan nesnel metotlar arasında genellikle Kardiyopulmoner Egzersiz Testi'nden (KPET) elde edilen parametreler altın standart olarak kabul edilir. Kardiyopulmoner egzersiz testi yapılamadığında, hedef kalp hızı, "220- yaş" formülü ile tahmini olarak veya egzersiz stres testi sonuçlarına dayanarak belirlenebilir (81). Klasik olarak kullanılan 220 − yaş formülünün farklı yaş gruplarında maksimum kalp hızını olduğundan yüksek ya da düşük tahmin edebildiği ve önemli ölçüde bireysel varyasyon içerdiği gösterilmiştir. Bu nedenle, Tanaka ve ark. tarafından önerilen 208 − (0.7 × yaş) formülü daha güncel bir alternatif olarak geliştirilmiş olup, özellikle ileri yaş gruplarında ortalama maksimum kalp hızını daha doğru yansıttığı bildirilmektedir (82).

Hedef kalp hızının belirlenmesinde kullanılan Karvonen yöntemi, istirahat kalp hızını da hesaba katarak daha bireyselleştirilmiş bir egzersiz şiddeti tanımlar. Bu yöntemde hedef kalp hızı şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Hedef KH} = [(\text{KHmaks} - \text{KHist}) \times \text{İstenen Yoğunluk \%}] + \text{KHist}$$

Bu yöntemde KHmaks egzersiz testinde elde edilen zirve değer, KHist ise istirahat kalp hızıdır. Genellikle %40–85 aralığında hedeflenen bu yaklaşım, yalnızca

yaşa dayalı tahminlere kıyasla daha güvenilir olup, özellikle beta-bloker kullanan veya kronotropik yanıtı sınırlı hastalarda klinik olarak daha uygun bir yöntem olarak kabul edilmektedir (76).

Yoğunluk ayrıca, dinlenmedeki oksijen tüketimine eşit olan Metabolik Eşlenik (MET) cinsinden de ifade edilebilir. Avrupa kılavuzlarında ise, egzersizin fizyolojik yanıtını daha net yansıtan ve efordan bağımsız olan Ventilatuvar Eşikler (VT1 ve VT2) temel alınarak şiddet belirlenir (81).

Eğer kalp hızının hesaplanmasının doğru olmadığı durumlar varsa RPE ölçekleri ve Konuşma Testi gibi öznel yöntemler kullanılır. Algılanan zorluk düzeyi ölçekleri arasında Borg Ölçeği (6–20) ve Modifiye Borg Ölçeği (0–10) yer almakta olup, bu ölçekler bireyin egzersiz sırasında hissettiği efor düzeyini öznel olarak derecelendirmesine olanak sağlar. Ayrıca 6 Dakika Yürüme Testi (6DYT) gibi saha testlerinden elde edilen veriler de egzersiz reçetesinin belirlenmesinde temel olarak kullanılabilir (81).

2.14. KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİ (KPET)

Kardiyopulmoner egzersiz testi kardiyovasküler, pulmoner, hematopoetik ve iskelet kas sisteminin egzersize verdiği yanıtı değerlendiren non-invaziv ve dinamik bir incelemedir. Gaz analizatörü entegre edilerek O_2 tüketimi, CO_2 üretimi, akciğer hacimleri, maksimum iş yükü ölçülür (83). Test dispne araştırılması, kardiyak/akciğer hastalıklarının değerlendirilmesi, büyük cerrahi öncesi risk belirleme, rehabilitasyon programında egzersiz yoğunluğunun belirlenerek egzersizin reçetelenmesi amaçlarıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (84).

Kardiyopulmoner egzersiz testi, egzersiz intoleransının nedenini ayırt etme, hastalık şiddetini ve prognozu öngörme, tedavi yanıtını ve rehabilitasyon kazanımını objektif olarak izleme açısından güçlü bir yöntemdir ve kardiyorespiratuvar kondisyonu belirlemede altın standart kabul edilir (83, 85).

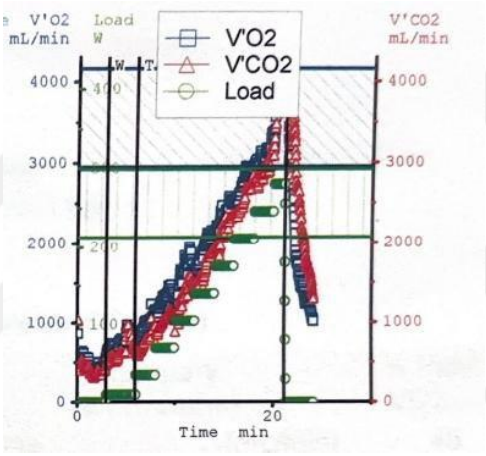
Egzersiz boyunca maske ile solunan gazların analizi, EKG, kan basıncı ve oksijen satürasyonu gibi parametreler sürekli izlenir. Böylece temel kardiyopulmoner fonksiyonlar duyarlı bir şekilde ortaya konur. Gazlar "breath-by-breath" yöntemiyle, yani her nefeste sürekli olarak ölçülür. Elde edilen veriler ham olarak değerlendirilebildiği gibi belirli zaman aralıklarında ortalamalar alınarak da analiz edilebilir. Bu sayede egzersiz sırasında ortaya çıkan kardiyorespiratuvar ve metabolik yanıtlar ayrıntılı biçimde incelenebilir ve egzersiz intoleransının belirlenmesine katkı sağlar. Genellikle alt ve üst ekstremite bisiklet ergometreleri ve koşu bandı kullanılarak, semptomla sınırlı ve kademeli olarak artan yük protokolleri ile uygulanır (83, 84). Alt ekstremite kullanımının mümkün olmadığı veya kısıtlı olduğu durumlarda kol ergometresi alternatif bir yöntem olarak tercih edilir. Ancak kol ergometrisinde aktive edilen kas kütlesinin daha az olması nedeniyle, VO_2pik değerleri genellikle bacak ergometresine kıyasla daha düşük olup metabolik asidoz daha erken gelişmektedir (84).

Kardiyopulmoner egzersiz testi, dikkatli bir hazırlık süreci gerektirir. Test öncesinde hastanın klinik durumu değerlendirilmeli, olası riskler gözden geçirilmeli ve gerekli durumlarda test ertelenmelidir. Hastalara testten önce yoğun fiziksel aktiviteden kaçınmaları, hafif bir öğün tüketmeleri, uygun kıyafet giymeleri ve düzenli kullandıkları ilaçları yanlarında getirmeleri önerilir. Test öncesinde gaz analiz sistemleri ve diğer ekipmanlar kalibre edilerek laboratuvar güvenliği sağlanmalıdır. Test sırasında hasta ergometreye bağlanarak EKG, kan basıncı ve oksijen satürasyonu gibi parametreler izlenir. Test; dinlenme, yüksüz egzersiz, kademeli yüklenme ve toparlanma fazlarından oluşur. Yük artışı genellikle kademeli olarak uygulanır ve egzersiz semptom sınırlı maksimum düzeye kadar sürdürülür. Test sonrasında toparlanma sürecinde hastanın kardiyovasküler ve solunumsal yanıtları izlenmeye devam edilir (83, 84).

2.14.1. Oksijen Tüketimi ve Pik Oksijen Tüketimi (VO_2pik)

Oksijen tüketimi (VO_2), kardiyopulmoner egzersiz testinin temel parametresidir (85). Pik oksijen tüketimi (VO_2pik) KPET zirvesinde ulaşılan en yüksek oksijen alım miktarını ifade eder. Sağlıklı bireylerde iş yükü artışına rağmen

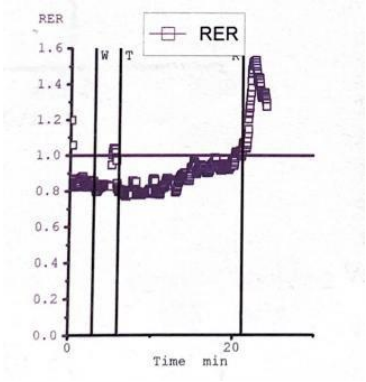
oksijen tüketiminin sabitlendiği bir plato (VO_2maks) aranırken, hasta bireylerde bu platoya her zaman ulaşılamadığı için efor zirvesindeki en yüksek değer olan VO_2pik klinik olarak daha yaygın kullanılır (85, 86). Kardiyorespiratuar kondisyonun ölçülmesinde altın standart kabul edilen bu değer; yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı ve testin yapıldığı ergometre türünden doğrudan etkilenir. Sağlıklı bireylerde öngörülen değerin %85'inin üzerinde olması beklenir (83, 84). Pik oksijen tüketiminin düşük olması, oksijenin kardiyopulmoner sistem aracılığıyla taşınmasında veya periferik kas dokusunda mitokondriyal düzeyde kullanılmasındaki yetersizlikleri yansıtmaktadır. (83).



Şekil 1. KPET sırasında VO_2 ve VCO_2 değişim grafiği

2.14.2. Solunum Değişim Oranı (RER)

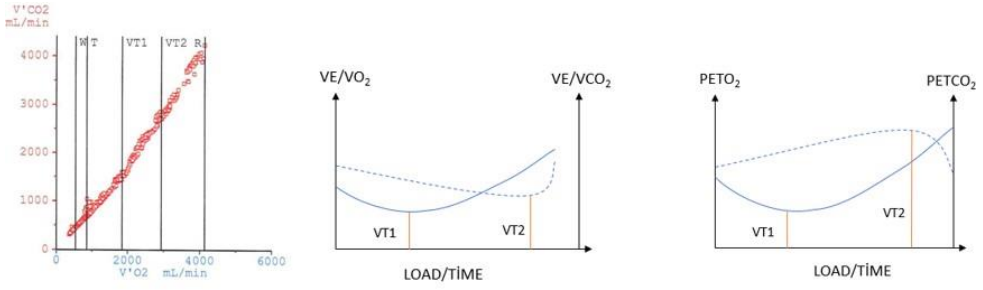
Solunum değişim oranı (RER), egzersiz sırasında üretilen karbondioksit ile tüketilen oksijen arasındaki orandır ($RER=VCO_2/VO_2$). RER ≥ 1.0, hastanın yeterli çaba gösterdiğini; ≥ 1.10 ise maksimum çabayı işaret eder; düşük değerler (<1) ise submaksimal çaba veya erken metabolik eşik varlığını gösterebilir. RER ayrıca antrenman yoğunluğunu ve laktat tamponlama sürecini yansıtarak kardiyopulmoner hastalıkların değerlendirilmesinde, cerrahi risk tahmininde ve tedavi takibinde kritik bir biyobelirteç olarak kullanılır (83, 86).



Şekil 2. KPET sırasında RER değişimi

2.14.3. Ventilasyon Eşiği (VT1 ve VT2)

Ventilasyon eşiği, kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında belirlenen fizyolojik bir dönüm noktasıdır ve egzersiz sırasında oksijen tüketimi ile metabolik gereksinim arasındaki dengenin bozulmaya başladığını, buna bağlı olarak anaerobik metabolizmanın devreye girip laktat üretiminin arttığını gösterir. Bu eşik, farklı yöntemlerin birlikte değerlendirilmesiyle belirlenir. V-slope yönteminde VCO_2 ile VO_2 arasındaki ilişkide eğimin artmaya başlaması VT1 (birinci ventilasyon eşiği)' i, daha belirgin artış ise VT2 (ikinci ventilasyon eşiği)'yi gösterir. Ventilatuvar eşdeğerler yönteminde VE/VO_2'nin en düşük değerden sonra artış göstermesi VT1'i, VE/VCO_2' nin de artmaya başlaması ise VT2'yi işaret eder. End-tidal gaz yönteminde ise egzersiz sırasında $PETO_2$'nin yükselmeye başlaması VT1'i, $PETCO_2$'nin düşüş göstermesi VT2'yi ifade eder. Genellikle ventilasyon eşiği, pik oksijen tüketiminin %45–65'i düzeyinde ortaya çıkar ve klinik uygulamalarda bu üç yöntemin birlikte değerlendirilmesi daha doğru eşik tespiti sağlar (85, 86).



Şekil 3. KPET sırasında ventilatuvar eşik belirleme yöntemleri

2.14.4. Δ VO_2/ Δ WR Oranı (VO_2Slo)

Δ VO_2/ Δ WR oranı, kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında iş yükündeki (WR) artışa karşılık oksijen tüketimindeki artışı ifade eden ve metabolik yanıtın eğimi olarak tanımlanan kritik bir parametredir. Sağlıklı bireylerde bu oran yaş, cinsiyet veya boydan bağımsız olarak genellikle 10 mL/dk/W civarındadır; 8 mL/dk/W ve altındaki değerler anormal olarak değerlendirilir (83, 84). Bu eğimin düşük olması veya egzersiz sırasında düzleşmesi, egzersiz yapan kaslara oksijen iletiminde sorun olduğunu ya da kasların oksijeni kullanma yeteneğinin azaldığını gösterir. Bu durum klinik olarak kalp yetmezliği, miyokardiyal iskemi, pulmoner vasküler hastalıklar, periferik arter hastalığı veya mitokondriyal miyopatiler gibi durumlarda sıkça gözlenir (83, 85, 86).

2.14.5. Kalp Hızı (KH) ve Kalp Hızı Rezervi (KHR)

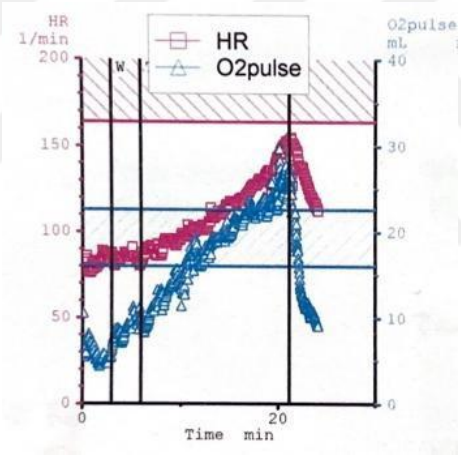
Egzersiz sırasında kalp hızı, kan basıncı ve oksijen satürasyonu, kardiyorespiratuvar sistemin egzersize verdiği yanıtın önemli göstergeleridir. Artan iş yükü ile birlikte sempatik aktivitenin artmasına bağlı olarak kalp hızı ve sistolik kan basıncı yükselirken, diyastolik kan basıncı genellikle sabit kalır veya hafif azalır. Oksijen satürasyonu ise sağlıklı bireylerde çoğunlukla korunur; belirgin düşüşler genellikle pulmoner limitasyon veya ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunu düşündürür (86).

Kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında KH, azalan vagal tonus ve artan sempatik aktivite nedeniyle iş yükü ve VO_2 ile doğrusal bir artış gösterir ve sağlıklı bireylerde egzersiz kapasitesini sınırlayan temel faktördür (83, 86). Egzersiz sırasında kalp hızının beklenen düzeyde artmaması, yaşa göre tahmin edilen maksimum kalp hızının %85'ine ulaşılamaması kronotropik yetersizlik olarak tanımlanır ve bu durum kardiyovasküler hastalığı olan bireylerde artmış mortalite riski ile ilişkilidir (86).

Kalp hızı rezervi, yaşa göre öngörülen maksimum kalp hızı ile egzersiz zirvesinde ulaşılan kalp hızı arasındaki farkı ifade eder (KHR = KHmaks – KHpik). Sağlıklı bireylerde maksimal egzersizde KHR çok azdır veya hiç yoktur (87).

2.14.6. Oksijen Nabzı (O_2 Pulse)

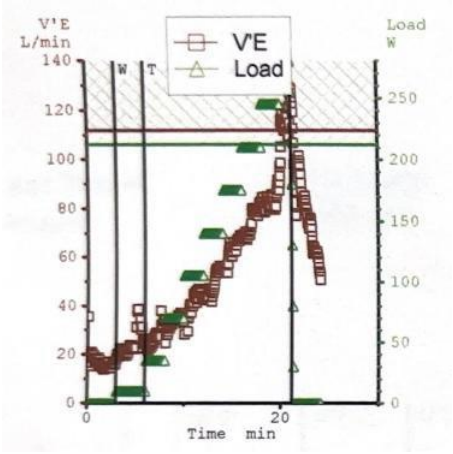
Oksijen nabzı, oksijen tüketiminin (VO_2) kalp hızına (KH) oranı olarak tanımlanır ve her bir kalp atımı sırasında dokular tarafından kandan çekilen oksijen miktarını yansıtır (86). Normal bir fizyolojik yanıtta, egzersiz başlangıcında hızlı bir artış göstererek hiperbolik bir eğri çizmesi ve zirve eforda öngörülen değerin en az %80'ine ulaşması beklenir. Oksijen nabzı eğrisinin egzersiz sırasında erken evrede düzleşmesi, plato çizmesi veya düşüşe geçmesi; miyokardiyal iskemi, kalp yetmezliği, sol ventrikül çıkış yolu obstrüksiyonu veya egzersizle tetiklenen mitral yetersizlik gibi atım hacmini kısıtlayan kardiyak durumlara işaret eden patolojik bir bulgudur. Düşük zirve değerleri ayrıca pulmoner vasküler hastalıklar, anemi, mitokondriyal miyopatiler veya ciddi dekondisyon durumlarında da gözlenebilir (83, 85, 86).



Şekil 4. KPET sırasında HR ve O_2 pulse değişimi

2.14.7. Dakika Ventilasyon (VE)

Dakika ventilasyon (VE) bir dakika içinde solunan toplam hava hacmi olup tidal volüm ile solunum frekansının (BF) çarpımı olarak tanımlanır. Sağlıklı bireylerde VE egzersiz sırasında iş yükündeki artışla orantılı olarak yükselir (83, 85).



Şekil 5. KPET sırasında VE değişimi

2.14.8. Solunum Frekansı (BF)

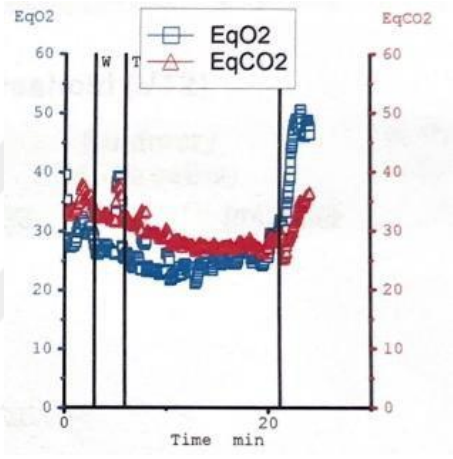
Solunum frekansı, dakikadaki solunum sayısı olarak tanımlanır. Sağlıklı bir egzersiz yanıtında, başlangıçta ventilasyon artışı temel olarak tidal volümün artmasıyla sağlanırken, eforun daha ileri aşamalarında bu artış solunum frekansının en az iki katına çıkmasıyla sürdürülür. Klinik değerlendirmede solunum frekansının dakikada 55-60'ın üzerine çıkması genellikle anormal ve patolojik bir ventilatuar yanıtın işareti olarak kabul edilir (83, 85). Solunum frekansı, egzersiz sırasında solunum sisteminin mekanik limitlerine ulaşıp ulaşmadığını ve kişinin solunum kapasitesini ne kadar verimli kullandığını yansıtan kritik bir parametredir (85).

2.14.9. Solunum Rezervi (BR)

Solunum rezervi, istirahat halindeki maksimum istemli ventilasyon (MVV) ile egzersiz sırasında ulaşılan zirve VE arasındaki fark olarak tanımlanır ve egzersiz kapasitesinin solunumsal nedenlerle kısıtlanıp kısıtlanmadığını belirlemek için kullanılır. Sağlıklı bir bireyde egzersiz sırasında ulaşılan maksimum VE, MVV'nin %80-85'ini geçmemelidir. Eğer ulaşılan maksimum VE bu kapasitenin %80-85'inden fazlasına ulaşırsa, bu durum solunum rezervinin (BR) düşük olduğunu gösterir. Solunum rezervinin %15-20'nin (veya mutlak değer olarak 11-15 L/dk'nın) altına düşmesi eforun kardiyovasküler sistemden ziyade Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH), astım veya restriktif akciğer hastalığı gibi ventilatuar kısıtlamalar nedeniyle sonlandığını güçlü bir şekilde düşündürür (83-85).

2.14.10. Karbondioksit Ventilatuar Eşdeğerliği ($EqCO_2$)

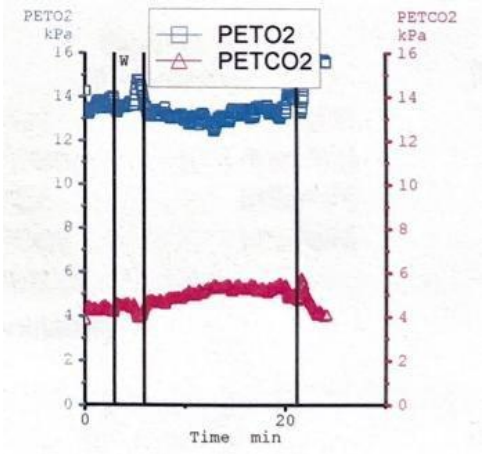
$EqCO_2$ (VE/VCO_2) karbon dioksit üretimi için ventilatuar eşdeğer olarak tanımlanır ve vücuttan 1 litre CO_2 uzaklaştırmak için kaç litre hava solunması gerektiğini yansıtan kritik bir gaz değişim verimliliği göstergesidir. Anaerobik eşik (AT) seviyesinde normal değerlerin 25 ile 30 arasında olması beklenirken, bu değerin 35-40'ın üzerine çıkması patolojik kabul edilir ve artmış ölü boşluk solunumu veya kontrolsüz hiperventilasyon nedeniyle oluşan ventilatuar verimsizliği işaret eder (83, 85).



Şekil 6. KPET sırasında EqO_2 ve $EqCO_2$ değişimi

2.14.11. End-Tidal CO_2 Kısmi Basıncı ($PETCO_2$)

$PETCO_2$, ekspirasyonun sonunda üretilen karbondioksit miktarını yansıtır ve gaz değişim verimliliğinin önemli bir göstergesidir (85). Sağlıklı bireylerde istirahat halindeki normal değerleri 36-44 mmHg arasındayken, egzersiz başlangıcından ventilatuar eşiğe kadar karbondioksit üretimindeki artış nedeniyle 3-8 mmHg yükselmesi, maksimal efora yaklaşıldığında ventilasyonun aşırı artması sonucu tekrar düşüşe geçmesi beklenir. İstirahatteki ve egzersiz sırasındaki düşük değerler kalp yetmezliği olan hastalarda hastalık şiddetini ve kötü prognozu (örneğin istirahat değerinin <33 mmHg olması) yansıtan bağımsız birer göstergedir (85, 86). Zirve eforda değerlerin yükselmesi (örneğin >50 mmHg) ciddi KOAH veya nöromüsküler hastalıklarda görülen alveoler hipoventilasyona işaret eder (83, 85).



Şekil 7. KPET sırasında $PETO_2$ ve $PETCO_2$ değişimi

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. ÇALIŞMA DİZAYNI

Bu çalışma prospektif, randomize, kontrollü bir klinik çalışma olarak planlandı. Çalışmanın tüm aşamaları Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak gerçekleştirildi.

3.2. ETİK KURUL ONAYI VE BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM

Çalışma başlamadan önce Ankara Bilkent Şehir Hastanesi 1 Nolu Tıbbi Araştırmalar Bilimsel ve Etik Değerlendirme Kurulu'ndan (TABED) 02/01/2025 tarih ve TABED 1-25-876 karar numarası ile etik kurul onayı alındı.

Çalışmaya katılan tüm hastalara araştırmanın amacı, uygulanacak tedaviler, olası riskler ve elde edilecek verilerin bilimsel amaçla kullanılacağı ayrıntılı şekilde anlatıldı. Tüm katılımcılardan yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formu alındı.

3.3. ÇALIŞMA YERİ VE ZAMANI

Bu çalışma 09/12/2024 – 18/02/2026 tarihleri arasında Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nde yer alan inme rehabilitasyonu kliniklerinde, subakut rehabilitasyon kliniklerinde ve Kardiyopulmoner Rehabilitasyon Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

3.4. HASTA SEÇİMİ

Bu çalışmaya, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'nde 09/12/2024 – 18/02/2026 tarihleri arasında takip edilen, inmeye bağlı hemipleji tanısı bulunan ve Kardiyopulmoner Rehabilitasyon Laboratuvarı'na aerobik egzersiz programı için yönlendirilen subakut dönem hastalar dahil edildi.

Dahil Edilme Kriterleri

- İlk kez inme tanısı almış, tek taraflı hemiplejisi olmak
- 18 yaşın üzerinde olmak
- Serebrovasküler olay üzerinden en fazla altı ay geçmiş olmak
- Basit komut alabilmek ve koopere olabilmek
- Brunnstrom üst ekstremite motor evresi 1-5 arası olmak
- Kas tonusu Modifiye Ashworth Skalası (MAS)'ına göre 3'ün altında olmak
- Oturma dengesi olmak

Dışlama Kriterleri

- Kalp pili vb. elektrik stimülasyonu uygulamasına engel durumun olması
- Basit komutları uygulayamamak
- Ciddi afazi olması (Ölçek sorularına cevap veremeyecek durumda)
- Ek nörolojik hastalık olması (Parkinson, Alzheimer, Multipl Skleroz, nöromüsküler kavşak hastalığı, motor nöron hastalığı, periferik sinir lezyonu vb.)
- Üst ekstremitede ortopedik deformite olması (amputasyon, eklem kontraktürü, tedavi edilememiş kırık vb.)
- Kontrol altında olmayan hipertansiyon
- Kontrolsüz aritmi
- Dekompanse kalp yetmezliği
- Epilepsi
- Psikiyatrik hastalık (Şizofreni, bipolar bozukluk vb.)

- Gebe veya gebelik şüphesi
- Üst ekstremitede aktif derin ven trombozu veya tromboflebit
- Uygulama bölgesinde lokal enfeksiyon

3.5. RANDOMİZASYON

Dahil edilme kriterlerini sağlayan hastalar, kapalı zarf yöntemi ile randomize edilerek iki gruba ayrıldı. Randomizasyon sürecinde hastaların demografik ve klinik özellikleri göz önünde bulundurulmadı.

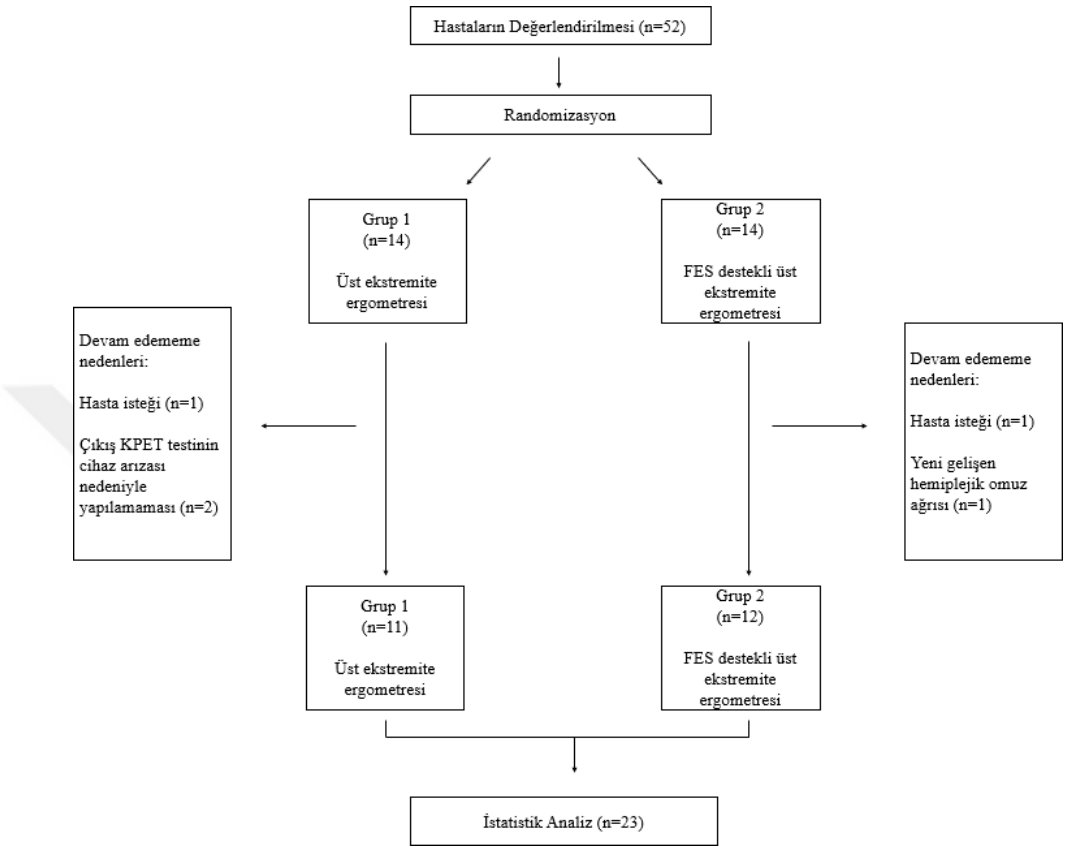
3.6. ÇALIŞMANIN ÖRNEKLEMİ

Bu çalışmada subakut ve inme rehabilitasyonu servislerinde inmeye bağlı tek taraflı hemipleji tanısı ile yatan ve aerobik egzersiz amacıyla Kardiyopulmoner Rehabilitasyon Laboratuvarı'na yönlendirilen toplam 52 hasta değerlendirmeye alındı. Çalışmaya katılmayı kabul eden ve dahil edilme kriterlerini karşılayan 18–85 yaş aralığında, serebrovasküler olay üzerinden en fazla 6 ay geçmiş olan 28 hasta çalışmaya kabul edildi. Kapalı zarf yöntemi ile randomizasyon sonrasında üst ekstremite bisiklet ergometresi ve FES destekli üst ekstremite bisiklet ergometresi gruplarına ayrıldı.

Tedavi sürecini toplam 23 hasta (11 hasta üst ekstremite bisiklet ergometresi, 12 hasta FES destekli üst ekstremite bisiklet ergometresi) tamamladı. Tedavi öncesi ve sonrası hastaların tüm değerlendirmeleri ve takipleri aynı hekim tarafından yapıldı.

Çalışmaya dahil edilen 5 hasta çeşitli nedenlerle çalışmayı tamamlayamadı. Fonksiyonel elektrik stimülasyonu destekli üst ekstremite bisiklet ergometresi grubunda, bir hasta hemiplejik omuz ağrısı nedeniyle, bir hasta ise kendi isteği doğrultusunda çalışmadan ayrılması sebebi ile tedavi protokolünü tamamlayamadı. Üst ekstremite bisiklet ergometresi grubunda ise 1 hasta kendi isteği ile çalışmadan ayrılması nedeniyle, 2 hasta ise takip değerlendirmesi kapsamında planlanan KPET'in

cihaz arızası nedeniyle yapılamaması sonucu analiz dışı bırakıldı. Çalışmanın akış şeması aşağıda yer almaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Çalışmanın akış şeması

3.7. TEDAVİ PROTOKOLLERİ

- Grup 1: Konvansiyonel rehabilitasyon + üst ekstremite bisiklet ergometresi
- Grup 2: Konvansiyonel rehabilitasyon + FES destekli üst ekstremite bisiklet ergometresi

3.7.1. Konvansiyonel Rehabilitasyon Programı

Her iki gruptaki hastalara, bireysel klinik ihtiyaçlara göre düzenlenen konvansiyonel rehabilitasyon programı uygulandı. Program içeriği şu şekildeydi:

- Eklem hareket açıklığı egzersizleri
- Germe egzersizleri
- Kuvvetlendirme egzersizleri
- Nörofizyolojik egzersizler
- Denge ve koordinasyon eğitimi
- Yürüme eğitimi
- İş uğraşı eğitimi

Konvansiyonel rehabilitasyon hafta içi 5 gün, günde 45 dakika, hastanın takip edildiği süre boyunca fizyoterapist eşliğinde uygulandı.

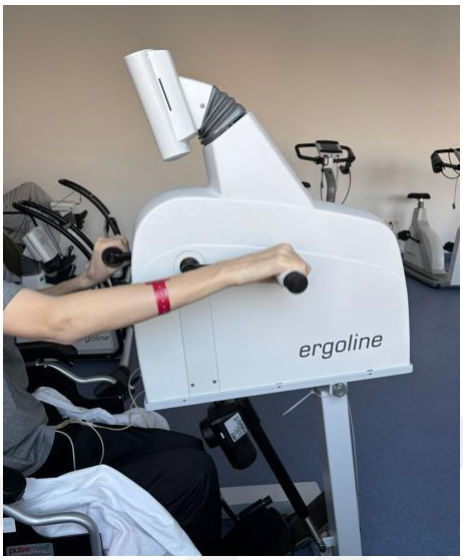
3.7.2. Üst Ekstremite Egzersiz Protokolleri

3.7.2.1. Üst ekstremite bisiklet ergometresi (Grup 1): Bu gruptaki hastalara konvansiyonel rehabilitasyon programına ek olarak üst ekstremite bisiklet ergometresi uygulandı. Egzersiz protokolü 4 hafta süresince, haftada 3 gün, toplam 10 seans, seans süreleri 30 dakika (5 dakika ısınma, 20 dakika aktif egzersiz, 5 dakika soğuma) olacak şekilde planlandı.

Egzersiz Ergoline Kol Ergometresi ile uygulandı. Egzersiz yoğunluğu bireyselleştirilmiş egzersiz reçetesi ile belirlendi. Tedavi öncesi KPET ile belirlenen VO_2pik esas alındı. İlk 2-3 seans adaptasyon amacıyla 0 Watt (W) yükle egzersize başlatılarak egzersiz süresinin 30 dakikaya ulaşması hedeflendi.

İkinci haftadan itibaren 30 dakikalık seansı sorunsuz tamamlayabilen hastalar için egzersiz şiddeti orta yoğunluk düzeyinde planlandı. Hedef yük, hastaların KPET sırasında belirlenen VO_2pik değerinin %40–60'ına karşılık gelen iş yükü (W) temel alınarak hesaplandı. Bu yük düzeyinde egzersiz uygulandı ve hastaların kardiyovasküler yanıtları yakından izlendi.

Takip eden haftalarda egzersiz şiddeti, hastaların klinik toleransı, hemodinamik stabilitesi ve algılanan efor düzeyi göz önünde bulundurularak kademeli olarak artırıldı.



Şekil 9. Üst ekstremite ergometre uygulaması

3.7.2.2. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Destekli Üst Ekstremite Bisiklet Ergometresi (Grup 2): Bu gruptaki hastalara konvansiyonel rehabilitasyon programına ek olarak FES destekli üst ekstremite bisiklet ergometresi uygulandı. Egzersiz protokolü 4 hafta süresince, haftada 3 gün, toplam 10 seans, seans süreleri 30 dakika (5 dakika ısınma, 20 dakika aktif egzersiz, 5 dakika soğuma) olacak şekilde planlandı.

Egzersiz RT-300 (Restorative Therapies, Baltimore, MD) cihazı ile uygulandı. FES destekli ergometre sisteminde iş yükü, pedal direnci (Newton–metre / Nm) ayarlanarak belirlenmektedir. Egzersiz sırasında oluşan yük, direnç ile pedalın açısal hızının çarpımına bağlıdır (W = Nm × açısal hız). Bu nedenle hedeflenen egzersiz yükü, pedal devri (rpm) 40-50 devir/dakika aralığında sabit tutularak uygun direnç değerinin ayarlanması ile sağlandı.



Şekil 10. FES destekli ergometre uygulaması



Şekil 11. FES bisiklet sistemi arayüzü

Egzersiz reçetesi bireyselleştirilmiş olup başlangıçta tüm hastalara KPET uygulanarak VO_2maks değerleri belirlendi. İlk 2-3 seans adaptasyon amacıyla direnç uygulanmaksızın pedallama şeklinde egzersize başlatılarak egzersiz süresinin 30 dakikaya ulaşması hedeflendi.

İkinci haftadan itibaren egzersiz şiddeti orta yoğunluk düzeyinde planlandı. Kardiyopulmoner egzersiz testi ile belirlenen VO_2maks değerinin %40–60'ına karşılık gelen yük (W) referans alındı. Bu yük düzeyine karşılık gelen direnç (Nm) değeri, 40-50 rpm değeri kullanılarak hesaplandı. Takip eden haftalarda hastaların hemodinamik

yanıtı, klinik toleransı ve algılanan efor düzeyi dikkate alınarak direnç değerinde kademeli artış yapıldı.

FES uygulamasında yüzeyel elektrotlar, hastanın biceps brachii, triceps brachii, el bilek ekstansör kas grupları üzerine yerleştirildi. Elektrik stimülasyonu pedal çevirme döngüsü ile senkronize şekilde uygulanarak fizyolojik kas aktivasyonu desteklendi ve pedal çevrimine aktif katkı sağlandı. Stimülasyonun frekansı 40 Hz, darbe genişliği 250 μs, akım genliği 10-50 mA olacak şekilde gerçekleştirildi.

3.8. DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Hastalar tedavi öncesinde ve 4 haftalık tedavi programı sonunda aşağıdaki yöntemler ile değerlendirildi:

- Kardiyopulmoner Egzersiz Testi
- Brunnstrom Motor İyileşme Evrelemesi
- Fugl-Meyer Motor Değerlendirme Ölçeği
- Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması
- Modifiye Barthel İndeksi
- El dinamometresi ile kavrama kuvveti
- Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği
- Nottingham Sağlık Profili

3.8.1. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi (KPET)

Tüm hastalara tedavi öncesinde ve tedavi sonrasında KPET, CareFusion Type Vyntus CPX (Germany 234 GmbH) ve Ergoline üst ekstremite ergometresi ile uygulandı. Test öncesinde hastalara testin amacı, uygulanış süreci ve olası komplikasyonlar ayrıntılı olarak anlatıldı ve bilgilendirilmiş onam alındı. Testler

kardiyopulmoner rehabilitasyon laboratuvarında, kalibre edilmiş üst ekstremite ergometresi ve solunum gaz analiz sistemi kullanılarak gerçekleştirildi. Test öncesinde istirahat halinde kalp hızı, kan basıncı, oksijen satürasyonu ve 12 derivasyonlu EKG kaydedildi. Öncelikle her hastaya solunum fonksiyon testi (SFT) yapılarak pulmoner fonksiyonları değerlendirildi.

Test, 3 dakikalık dinlenme fazı ile başlatıldı; bu sürede kardiyorespiratuvar parametreler kaydedildi. Ardından 3 dakika boyunca yüksüz (0 W) pedallama fazı uygulandı. Sonrasında yük, dakikada 10 W artacak şekilde artan basamaklı yük protokolü ile kademeli olarak artırıldı. Pedal devri test boyunca 50–60 rpm aralığında hedeflendi. Test tamamlandıktan sonra 3 dakikalık toparlanma fazı uygulandı.

Test sonlandırma kriterleri; RER ≥1,10'a ulaşması, rpm 40 devir/dakikanın altına düşmesi, hastanın istemli maksimal yorgunluk bildirmesi veya hemodinamik instabilite olarak belirlendi. Hemodinamik instabilite bulguları arasında egzersiz sırasında sistolik kan basıncında >20 mmHg düşüş, sistolik kan basıncının 250 mmHg'nin veya diyastolik kan basıncının 120 mmHg'nin üzerine çıkması, semptomatik ciddi aritmiler, anlamlı ST segment değişiklikleri ile seyreden anjina, SpO_2 değerinin %80'in altına düşmesi, koordinasyon kaybı, mental konfüzyon ve baş dönmesi veya baygınlık hissi yer almaktaydı (84).



Şekil 12. KPET uygulaması

3.8.2. Brunnstrom Motor Evrelemesi

1966 yılında Brunnstrom tarafından tanımlanan bu evreleme sistemi, etkilenen taraftaki üst ekstremite, el ve alt ekstremitenin motor iyileşme sürecini değerlendirmek amacıyla oluşturulmuş olup toplam altı basamaktan oluşmaktadır. Birinci evrede, ilgili ekstremitede istemli herhangi bir kas aktivitesi gözlenmez. İkinci evrede ise temel ekstremite sinerjileri ortaya çıkmaya başlar. Spastisite henüz belirgin düzeyde olmamakla birlikte gelişim sürecindedir. Üçüncü evrede hasta, temel sinerji paternlerini veya bu paternlerin bazı bileşenlerini istemli olarak gerçekleştirebilir; belirli eklem hareketleri ortaya çıkar ve spastisite belirgin hale gelerek genellikle en yüksek düzeyine ulaşır. Dördüncü evrede spastisitede azalma görülür ve sinerji kalıpları dışında daha bağımsız hareketler yapılabilir. Beşinci evrede daha karmaşık ve seçici hareketlerin gerçekleştirilmesi mümkün hale gelir; spastisite belirgin şekilde gerilemiştir. Altıncı ve son evrede ise izole eklem hareketleri serbest biçimde yapılabilir, hareketler koordineli olup normal ya da normale yakın bir motor performans sergilenir (88) (Ek 1).

3.8.3. Fugl-Meyer Motor Değerlendirme Ölçeği

Fugl-Meyer Değerlendirme Ölçeği (FMA), inme sonrası hemipleji gelişen hastalarda sensörimotor iyileşmenin nicel olarak ölçülmesi amacıyla geliştirilen ilk kapsamlı değerlendirme araçlarından biridir. Ölçek; motor fonksiyon, duyusal fonksiyon, denge, eklem hareket açıklığı ve eklem ağrısı olmak üzere beş ana alanı kapsayan ve toplam 226 puan üzerinden değerlendirilen bir sistemdir. Bununla birlikte, klinik uygulamada en sık kullanılan ve en ayrıntılı incelenen bölüm, 100 puanlık motor değerlendirme alanıdır.

Motor bölüm, üst ekstremite (66 puan) ve alt ekstremite (34 puan) olmak üzere iki alt başlık altında incelenir. Değerlendirme, her madde için üçlü puanlama sistemi kullanılarak yapılır (0 = gerçekleştiremiyor, 1 = kısmen gerçekleştiriyor, 2 = tam olarak gerçekleştiriyor). Bu kapsamda omuz, dirsek, el bileği, el, kalça, diz ve ayak bileği hareketleri; koordinasyon ve refleks yanıtları ile birlikte sistematik biçimde değerlendirilir (89) (Ek 2).

3.8.4. Modifiye Barthel İndeksi

Modifiye Barthel İndeksi (MBİ), rehabilitasyon sürecindeki hastaların günlük yaşam aktivitelerinde ne ölçüde bağımsız olduklarını ve hangi düzeyde fiziksel desteğe gereksinim duyduklarını belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan uluslararası bir değerlendirme ölçeğidir. Orijinal Barthel İndeksi'nin duyarlılığını ve ölçüm güvenilirliğini artırmak amacıyla geliştirilmiş olup, üçlü puanlama sistemi yerine beşli derecelendirme yaklaşımını benimsemektedir. Ölçek; beslenme, kişisel bakım, banyo, giyinme, bağırsak ve mesane kontrolü, tuvalet kullanımı, transferler, yürüme (ambulasyon) ve merdiven çıkma olmak üzere toplam 10 temel günlük yaşam aktivitesini kapsamaktadır. Toplam puan 0 ile 100 arasında değişmekte olup, 0 puan tam bağımlılığı, 100 puan ise tam bağımsızlığı ifade etmektedir. Elde edilen skorlar, hastanın fonksiyonel durumunun belirlenmesi ve rehabilitasyon sürecindeki ilerlemenin izlenmesi açısından önemli klinik bilgiler sunar (90) (Ek 3).

3.8.5. Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması

Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması (FAS), hastaların yürüme yeteneğini ihtiyaç duydukları fiziksel desteğe göre 0 ile 5 arasında puanlayan, hızlı ve düşük maliyetli bir ölçektir. Ölçek, hastanın hiç yürüyemediği (Seviye 0) durumdan, merdivenler dahil her yerde tamamen bağımsız olduğu (Seviye 5) duruma kadar 6 seviyeli bir değerlendirme sunar. İnme sonrası rehabilitasyonda yüksek güvenilirliğe sahip olan bu sınıflama, klinik iyileşmeleri takip etmede oldukça duyarlıdır. Özellikle rehabilitasyonun 4. haftasında alınan 4 veya üzeri bir skor, hastanın 6 ay sonra toplum içinde bağımsız ambulasyon potansiyelini yüksek hassasiyetle öngörür (91) (Ek 4).

3.8.6. El Dinamometresi ile Kavrama Kuvveti

El dinamometresi, inme sonrası hastalarda maksimal kavrama kuvvetinin objektif olarak değerlendirilmesi, kas güçsüzlüğünün belirlenmesi ve motor iyileşme sürecinin izlenmesi amacıyla yaygın biçimde kullanılan, pratik ve güvenilir bir ölçüm aracıdır. Hasta genellikle oturur pozisyonda; omuz adduksiyonda ve gövdeye yakın, dirsek yaklaşık 90° fleksiyonda, ön kol nötral pozisyonda ve el bileği 0–30°

ekstansiyonda olacak şekilde konumlandırılır. Ölçümlerin güvenilirliğini artırmak amacıyla üç ardışık deneme yapılır ve elde edilen değerlerin ortalaması kullanılır (92). Çalışmamızda kavrama kuvveti değerlendirmesinde Baseline Hidrolik El Dinamometresi kullanıldı.

3.8.7. Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği

Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği (EmNSA), inme geçirmiş ya da santral sinir sistemi kaynaklı bozukluğu bulunan bireylerde primer somatosensoriyel fonksiyonların değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş, revize edilmiş Nottingham Duyu Ölçeği'nin (rNSA) standartlaştırılmış bir uyarlamasıdır. Ölçek; hafif dokunma, basınç algısı, iğne batması duyusu, keskin-künt ayrımı ve propriyosepsiyon (kinestetik duyu) gibi farklı duyusal modaliteleri ayrıntılı biçimde incelemektedir. Değerlendirme sırasında hasta sırtüstü pozisyonda yerleştirilir ve test süresince gözlerini kapatması istenir. Uygulama genellikle distal bölgelerden (örneğin parmak uçlarından) başlatılır. Her bir madde 0 (duyu yok), 1 (duyu bozulmuş) ve 2 (normal duyu) şeklinde puanlanır. Her duyusal modalite için alınabilecek puan 0–8 arasında değişirken, toplam skor 0 ile 32 arasında hesaplanır. Yaklaşık 10–15 dakika süren uygulama süresi ve düşük maliyetli yapısı sayesinde klinik pratikte kolaylıkla kullanılabilmektedir (93, 94) (Ek 5).

3.8.8. Nottingham Sağlık Profili

Nottingham Sağlık Profili (NSP), bireyin öznel sağlık algısını değerlendirmek amacıyla kullanılan yaygın ve genel bir yaşam kalitesi ölçüm aracıdır. Ölçek, fiziksel, emosyonel ve sosyal alanlardaki sorunları belirlemeye yönelik olarak yapılandırılmış olup toplam 38 maddeden oluşmaktadır. Bu maddeler; fiziksel mobilite, ağrı, uyku, duygusal tepkiler, sosyal izolasyon ve enerji düzeyi olmak üzere altı alt başlık altında toplanmaktadır. Her madde "evet" ya da "hayır" şeklinde yanıtlanır. Her bir alt boyut için 0–100 arasında puan hesaplanmakta olup, yüksek skorlar ilgili alanda daha fazla sağlık sorunu ya da psikososyal etkilenime işaret etmektedir (95) (Ek 6).

3.9. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

3.9.1. Güç Analizi ve Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi

Lee SY. ve ark.nın (17) alt ekstremite ergometresinin subakut inme hastalarının fonksiyonel becerisi ve aerobik kapasitesini geliştirip geliştiremeyeceğini ve ergometre bisikleti sırasında paretik bacağın fonksiyonel elektrik stimülasyonunun (FES) ek etkileri olup olmadığını belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada; FES+ergometre ve sadece ergometre gruplarında saptanan VO_2maks değerleri (16.00±2.79 ve 20.08±5.79) üzerinden etki büyüklüğü (effect size) f=1.43 olarak hesaplanmıştır. Bu etki büyüklüğü baz alınarak, alfa hata (p değeri) = 0.05 ve 1-beta hata (power) değerinin ise 0.95 olduğu varsayıldığında, istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları tespit etmek için planlanan çalışmada grup başına 12 (toplam 24) hastanın yeterli olacağı belirlenmiştir. Analizler için G*Power İstatistik Programı version 3.1.9.4 (Universität Düsseldorf, Germany) kullanılmıştır.

3.9.2. Verilerin Analizi

Tanımlayıcı istatistikler, normal dağılım gösteren değişkenler için ortalama ± standart sapma, normal dağılıma uymayan değişkenler ise medyan (minimum-maksimum) değerleri ile ifade edilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk Testi ile incelenmiştir. İki grubun başlangıç değerlerini ve tedavi sonrası elde edilen delta (Δ) değişim miktarlarını karşılaştırmak için; normal dağılan verilerde T-Testi, normal dağılmayan verilerde ise Mann-Whitney U Testi tercih edilmiştir. Her bir grubun tedavi öncesi (TÖ) ve tedavi sonrası (TS) ölçümleri arasındaki farkı incelemek için; normal dağılan verilerde Bağımlı gruplarda T-Testi, normal dağılmayan veya ordinal verilerde ise Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi kullanılmıştır. Grupların demografik özelliklerinin homojenliği Ki-Kare Testi veya beklenen değerlerin düşük olduğu durumlarda Fisher'in Kesin Testi ile analiz edilmiştir. Verilerin analizi IBM SPSS Statistics for Windows, Versiyon 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup istatistiksel anlamlılık düzeyi tüm analizler için $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen hastaların yaş ortalaması Grup 1'de 67.09±11.29 yıl, Grup 2'de ise 59.08±14.32 yıl olarak bulundu. Gruplar arasında yaş açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p=0.154). Cinsiyet dağılımı incelendiğinde Grup 1'de hastaların %36.4'ü kadın, %63.6'sı erkek iken; Grup 2'de hastaların %50.0'si kadın ve %50.0'si erkekti. Gruplar arasında cinsiyet dağılımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p=0.680). Vücut kitle indeksi (VKİ) değerleri Grup 2 hastalarında Grup 1'e göre daha yüksek olup bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı (Grup 1: 26.0 kg/m², Grup 2: 29.0 kg/m²; p=0.022).

Medeni durum, meslek, eğitim düzeyi, olay süresi, inme nedeni, dominant el, etkilenen taraf, yoğun bakım yatış öyküsü, yoğun bakım yatış süresi, sigara öyküsü ve beta bloker kullanımı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (p>0.05) (Tablo 1).

Tablo 1. Gruplar arasında tanımlayıcı demografik ve klinik parametrelerin karşılaştırılması

	Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)	**Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)**	***p***
Yaş (yıl)	67.09±11.29	59.08±14.32	0.154*
VKİ (kg/m²)	26.0 (19.0-29.0)	**29.0 (22.0-43.0)**	**0.022*** **
Cinsiyet (n,%)			
Kadın	4 (%36.4)	6 (%50.0)	0.680**
Erkek	7 (%63.6)	6 (%50.0)	
Medeni durum (n,%)			
Evli	11 (%100.0)	10 (%83.3)	0.478**
Bekar	0 (%0.0)	2 (%16.7)	
Meslek (n,%)			
Çalışmıyor	10 (%90.9)	9 (%75.0)	0.590**
Çalışıyor	1 (%9.1)	3 (%25.0)	
Eğitim (n,%)			
Okuma Yazma Yok	1 (%9.1)	2 (%16.7)	0.870****
İlköğretim	6 (%54.5)	5 (%41.7)	
Lise	3 (%27.3)	3 (%25.0)	
Üniversite	1 (%9.1)	2 (%16.7)	
Olay Süresi (gün) [median(min-maks)]	30.0 (21.0-154.0)	58.0 (26.0-155.0)	0.156***

Tablo 1. (devam) Gruplar arasında tanımlayıcı demografik ve klinik parametrelerin karşılaştırılması

İnme Nedeni (n,%)			
İskemik	9 (%81.8)	9 (%75.0)	0.375****
Hemorajik	1 (%9.1)	3 (%25.0)	
İskemik+Hemorajik	1 (%9.1)	0 (%0.0)	
Lezyon Yeri (n,%)			
Kortikal	**6 (%54.5)**	0 (%0.0)	**0.028****
Subkortikal	4 (%36.4)	**5 (%41.7)**	
Kortiko-Subkortikal	0 (%0.0)	**4 (%33.3)**	
Beyin sapı	1 (%9.1)	3 (%25.0)	
Dominant El (n,%)			
Sağ	10 (%90.9)	10 (%83.3)	1.000**
Sol	1 (%9.1)	2 (%16.7)	
Etkilenen Taraf (n,%)			
Sağ	6 (%54.5)	7 (%58.3)	1.000**
Sol	5 (%45.5)	5 (%41.7)	
YBÜ Yatışı (n,%)			
Var	%54.5	%58.3	1.000**
Yok	%45.5	%41.7	
YBÜ Yatış Süresi (gün) [median(min-maks)]	2.0 (0.0-15.0)	4.5 (0.0-12.0)	0.898***
Sigara Kullanımı			
Kullanmıyor	4 (%36.4)	8 (%66.7)	0.275****
Kullanıyor	5 (%45.5)	2 (%16.7)	
Bırakmış	2 (%18.2)	2 (%16.7)	
Beta Blokör (n,%)			
Var	%63.6	%25.0	0.100**
Yok	%36.4	%75.0	

* T-Testi, **Fisher'in Kesin Testi , *** Mann Whitney U Testi, **** Ki-kare Testi
VKİ: Vücut Kitle İndeksi; YBÜ: Yoğun Bakım Ünitesi

Hastaların özgeçmişlerinde yer alan sistemik hastalıklar incelendiğinde; en sık eşlik eden hastalığın her iki grupta da hipertansiyon olduğu görüldü (Grup 1: %54.5, Grup 2: %83.3). Hipertansiyon, diabetes mellitus, hiperlipidemi, koroner arter hastalığı, aritmi, hipotiroidi ve böbrek hastalığı görülme sıklıkları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0.05$) (Tablo 2).

Tablo 2. Gruplar arasında eşlik eden hastalık oranlarının karşılaştırılması

	Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)	**Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)**	***p***
Hipertansiyon, n (%)	6 (%54.5)	10 (%83.3)	0.193*
Diabetes Mellitus, n (%)	2 (%18.2)	3 (%25.0)	1.000*
Hiperlipidemi, n (%)	2 (%18.2)	3 (%25.0)	1.000*
Koroner Arter Hastalığı, n (%)	1 (%9.1)	2 (%16.7)	1.000*
Aritmi, n (%)	3 (%27.3)	1 (%8.3)	0.317*
Hipotiroidi, n (%)	0 (%0.0)	2 (%16.7)	0.478*
Böbrek Hastalığı, n (%)	1 (%9.1)	1 (%8.3)	1.000*

*Fisher'in Kesin Testi

Solunum fonksiyon testi sonuçlarında, çalışmaya dahil edilen hastaların zorlu vital kapasite (FVC) değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (Grup 1 2.37±0.70 L, Grup 2 2.73±0.86 L, p=0.284). Birinci saniyedeki zorlu ekspiratuar hacim (FEV1) değerleri karşılaştırıldığında anlamlı bir fark saptanmadı (Grup 1 1.92±0.59 L, Grup 2 2.27±0.73 L, p=0.223). Hastaların FEV1/FVC oranı, pik ekspiratuar akış hızı (PEF) ve maksimal istemli ventilasyon (MVV) değerleri açısından yapılan değerlendirmelerde de gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu (p>0.05). Solunum paterni açısından da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p=0.368). Grup 1'de hastaların akciğer volüm ve hızları değerlendirildiğinde %45.5'i normal, %9.1'i obstrüktif ve %45.5'inde mikst paternde değişiklikler mevcuttu. Grup 2'de hastaların %66.7'si normal, %8.3'ü restriktif ve %25'inde mikst paternde değişiklik göstermekteydi.

Ekspektorasyon kas kuvveti açısından değerlendirildiğinde Grup 1'de hastaların %36.4'ünde (n=4) normal, %63.6'sında (n=7) azalmış değerler saptanırken; Grup 2'de bu oranlar sırasıyla %41.7 (n=5) ve %58.3 (n=7) idi ve gruplar arasında anlamlı fark bulunmadı (p=0.567). Solunum kası dayanıklılığı incelendiğinde ise Grup 1'de hastaların %9.1'inde (n=1) normal, %90.9'unda (n=10) azalmış; Grup 2'de ise %33.3'ünde (n=4) normal ve %66.7'sinde (n=8) azalmış değerler saptandı ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmedi (p=0.185) (Tablo 3).

Tablo 3. Tedavi Öncesi Grupların Solunum Fonksiyon Testi (SFT) bulgularının karşılaştırılması

	Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)	Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)	p
FVC (L), (Ort±Ss)	2.37±0.70	2.73±0.86	0.284*
FEV1 (L), (Ort±Ss)	1.92±0.59	2.27±0.73	0.223*
FEV1/FVC (%), (Ort±Ss)	108.45±17.55	107.83±9.46	0.916*
PEF (L/sn), (Ort±Ss)	4.19±1.86	4.46±1.56	0.711*
MVV (L/dk), (Ort±Ss)	50.68±24.90	56.17±27.00	0.618*
SFT Sınıflandırması, n (%)			
Normal	5 (%45.5)	8 (%66.7)	0.368**
Obstrüktif	1 (%9.1)	0 (%0.0)	
Restriktif	0 (%0.0)	1 (%8.3)	
Mikst	5 (%45.5)	3 (%25.0)	
Ekspektorasyon Kas Kuvveti, n (%)			
Normal	4 (%36,4)	5 (%41,7)	0.567**
Azalmış	7 (%63,6)	7 (%58,3)	
Solunum Kası Dayanıklılığı, n (%)			
Normal	1 (%9,1)	4 (%33,3)	0.185**
Azalmış	10 (%90,9)	8 (%66,7)	

* T-Testi, ** Ki-kare Testi
FVC: Zorlu Vital Kapasite; FEV1: Birinci saniyedeki zorlu ekspiratuvar hacim; PEF: Pik Ekspiratuvar Akım; MVV: Maksimum İstemli Ventilasyon; SFT: Solunum Fonksiyon Testi

4.1. TEDAVİ ÖNCESİ VE TEDAVİ SONRASI DEĞERLERİN GRUP İÇİ KARŞILAŞTIRILMASI

Kardiyopulmoner egzersiz testinde VO_2maks (ml/dk) değerleri her iki grupta da tedavi sonrası istatistiksel olarak anlamlı arttı. Grup 1'de VO_2maks median değeri tedavi öncesi (TÖ) 561.0 ml/dk iken tedavi sonrası (TS) 612.0 ml/dk'ya yükseldi (p=0.024). Benzer şekilde Grup 2'de VO_2maks median değeri tedavi öncesi 647.0 ml/dk, tedavi sonrası 781.0 ml/dk olarak ölçüldü (p=0.046).

VO_2/kg maks (ml/dk/kg) değerleri de her iki grupta tedavi sonrası istatistiksel olarak anlamlı artış gösterdi (Grup 1: TÖ 8.15±1.53, TS 9.15±1.74 ml/dk/kg, p=0.034; Grup 2: TÖ 8.92±2.45, TS 9.66±2.46 ml/dk/kg, p=0.034).

Kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında ulaşılan maksimum yük Grup 1'de tedavi sonrası anlamlı olarak arttı (TÖ 15.0 W, TS 25.0 W; p<0.001). Grup 2'de artış istatistiksel olarak anlamlı değildi.

Kardiyopulmoner egzersiz testinde egzersiz süresi, Grup 1'de tedavi sonrası anlamlı olarak arttı (TÖ 5.87 dk, TS 8.32 dk; p=0.024). Grup 2'de değişim istatistiksel olarak anlamlı değildi.

O_2 pulse, KHmaks, KHR, BF, VE/MVV oranı, VE, $PETCO_2$, $EqCO_2$, RER ve VO_2Slo parametreleri açısından her iki grupta da tedavi sonrası değişimler istatistiksel olarak anlamlı değildi (Tablo 4).

Tablo 4. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi parametrelerinin karşılaştırılması

	Ölçüm Zamanı	**Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)**	**Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)**	***p***
VO_2 maks (ml/dk)	TÖ (0)	561.0 (407-927)	647.0 (496-1185)	**0.042****
	TS (1)	612.0 (450-953)	781.0 (503-1173)	0.079*
	Grup İçi (p)	**p = 0.024******	**p = 0.046******	
VO_2/kg maks (ml/dk/kg)	TÖ (0)	8.15±1.53	8.92±2.45	0.387*
	TS (1)	9.15±1.74	9.66±2.46	0.574*
	Grup İçi (p)	**p = 0.034*****	**p = 0.034*****	
O2pulse (ml)	TÖ (0)	5.20 (3.50-7.30)	5.95 (3.60-12.90)	0.093**
	TS (1)	5.90 (4.50-9.80)	6.95 (3.90-9.90)	0.211**
	Grup İçi (p)	p = 0.067	p = 0.990	
KHmaks (atım/dk)	TÖ (0)	106.64±13.06	109.83±21.35	0.673*
	TS (1)	107.73±14.38	118.17±29.58	0.301*
	Grup İçi (p)	p = 0.816	p = 0.302	
KHR (1/dk)	TÖ (0)	41.00 (31.00-95.00)	48.50 (20.00-92.00)	0.711**
	TS (1)	46.00 (21.00-74.00)	38.50 (4.00-83.00)	0.833**
	Grup İçi (p)	p = 0.831	p = 0.297	
BF (1/dk)	TÖ (0)	29.80 (23.10-42.60)	28.20 (25.20-37.40)	0.424**
	TS (1)	30.00 (19.80-46.50)	28.90 (21.10-39.10)	0.525**
	Grup İçi (p)	p = 0.765	p = 0.519	
VE/MVV (%)	TÖ (0)	68.50 (14.40-106.90)	81.65 (35.20-119.00)	0.706**
	TS (1)	64.40 (35.20-112.20)	60.65 (33.60-136.00)	0.928**
	Grup İçi (p)	p = 0.586	p = 0.266	

Tablo 4. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi parametrelerinin karşılaştırılması

VE (L/dk)	**TÖ (0)**	**26.00±6.93**	**29.75±8.00**	**0.245***
	TS (1)	28.82±6.43	32.08±8.71	0.322*
	Grup İçi (p)	p = 0.164***	p = 0.115	
$PETCO_2$ (mmHg)	TÖ (0)	28.46±3.60	29.77±3.54	0.388*
	TS (1)	30.07±4.90	30.19±2.71	0.939*
	Grup İçi (p)	p = 0.100***	p = 0.523***	
$EqCO_2$	TÖ (0)	36.80 (26.8-45.4)	35.05 (29.3-51.3)	0.518**
	TS (1)	35.00 (27.7-58.6)	33.95 (26.4-41.2)	0.880**
	Grup İçi (p)	p = 0.765****	p = 0.339****	
RER	TÖ (0)	1.03±0.04	1.04±0.07	0.931**
	TS (1)	1.05±0.06	1.06±0.07	0.647*
	Grup İçi (p)	p = 0.598****	p = 0.434****	
Yük (Load) (W)	TÖ (0)	15.0 (10.0-30.0)	**27.5 (15.0-60.0)**	**0.015****
	TS (1)	25.0 (15.0-60.0)	30.0 (18.0-65.0)	0.190**
	Grup İçi (p)	**p < 0.001****	p = 0.054****	
VO_2Slo (ml/dk/W)	TÖ (0)	10.74±7.35	9.58±4.69	0.653*
	TS (1)	10.19±5.34	11.38±4.43	0.568*
	Grup İçi (p)	p = 0.849***	p = 0.319***	
KPET Süresi (dk)	TÖ (0)	5.87 (4.87-11.25)	7.54 (4.72-13.10)	0.069**
	TS (1)	8.32 (5.40-12.92)	7.52 (5.97-12.15)	0.525**
	Grup İçi (p)	**p = 0.024******	p = 0.844****	

* T-Testi, ** Mann Whitney U Testi, *** Bağımlı gruplarda T Testi, **** Wilcoxon sıralı işaretler Testi TÖ:Tedavi öncesi; TS: Tedavi sonrası, VO_2maks: Maksimum oksijen tüketimi; VO_2/kg maks: Vücut ağırlığına göre maksimum oksijen tüketimi; O_2 pulse: Oksijen nabzı ; KHmaks: Maksimum kalp hızı ; KHR: Kalp hızı rezervi ; BF: Solunum frekansı ; VE: Dakika ventilasyon ; MVV: Maksimum istemli ventilasyon ; $PETCO_2$: End-tidal CO_2 parsiyel basıncı ; $EqCO_2$: Karbondioksit ventilatuvar eşdeğerliği ; RER: Solunum değişim oranı ; Yük (Load): İş yükü; VO_2Slo: $\Delta VO_2/\Delta WR$ oranı ; KPET: Kardiyopulmoner egzersiz testi ; dk: Dakika; W: Watt

Brunnstrom motor iyileşme evreleri incelendiğinde üst ekstremite evresi her iki grupta da anlamlı artış gösterdi (Grup 1: p=0.006; Grup 2: p=0.002). Benzer şekilde el evresi (Grup 1: p=0.004; Grup 2: p=0.016) ve alt ekstremite evresi de (Grup 1: p=0.020; Grup 2: p=0.005) her iki grupta anlamlı olarak olumlu arttı.

Fugl-Meyer motor değerlendirme skorları incelendiğinde üst ekstremite skorları Grup 1'de TÖ 22.0'dan TS 34.0'a (p=0.003), Grup 2'de ise TÖ 12.5'ten TS 28.5'e yükseldi (p=0.002). Alt ekstremite skorları da benzer şekilde artış gösterdi (Grup 1: TÖ 20.0, TS 23.0, p=0.008; Grup 2: TÖ 20.0, TS 25.5, p=0.003).

Fonksiyonel bağımsızlığı değerlendiren MBİ ve FAS skorları her iki grupta da tedavi sonrası anlamlı artış gösterdi (MBİ: Grup 1 p=0.003, Grup 2 p=0.002; FAS: her iki grup p=0.003).

El kavrama kuvveti de tedavi sonrası her iki grupta anlamlı olarak arttı (Grup 1: TÖ 28.18 kg, TS 29.55 kg, p=0.049; Grup 2: TÖ 25.83 kg, TS 28.17 kg, p=0.001) (Tablo 5).

Tablo 5. Grupların Motor ve Fonksiyonel Değerlendirme bulgularının karşılaştırılması

	Ölçüm Zamanı	**Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)**	**Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)**	***p***
Brunnstrom (Üst Ekstremite)	TÖ (0)	2.0 (1.0-5.0)	2.0 (0.0-5.0)	0.608**
	TS (1)	3.0 (1.0-6.0)	3.0 (2.0-6.0)	0.695**
	Grup İçi Değişim (p)	**p = 0.006******	**p = 0.002******	
Brunnstrom (El)	TÖ (0)	2.0 (1.0-5.0)	1.0 (0.0-5.0)	0.379**
	TS (1)	3.0 (1.0-6.0)	2.5 (1.0-5.0)	0.169**
	Grup İçi Değişim (p)	**p = 0.004******	**p = 0.016******	
Brunnstrom (Alt Ekstremite)	TÖ (0)	3.0 (1.0-4.0)	3.0 (1.0-6.0)	0.608**
	TS (1)	4.0 (1.0-6.0)	4.0 (1.0-6.0)	0.651**
	Grup İçi Değişim (p)	**p = 0.020******	**p = 0.005******	
Fugl-Meyer (Üst Ekstremite)	TÖ (0)	22.0 (5.0-54.0)	12.5 (4.0-50.0)	0.134**
	TS (1)	34.0 (7.0-66.0)	28.5 (8.0-56.0)	0.316**
	Grup İçi Değişim (p)	**p = 0.003******	**p = 0.002******	
Fugl-Meyer (Alt Ekstremite)	TÖ (0)	20.0 (6.0-29.0)	20.0 (6.0-32.0)	0.651**
	TS (1)	23.0 (6.0-34.0)	25.5 (7.0-32.0)	0.740**
	Grup İçi Değişim (p)	**p = 0.008******	**p = 0.003******	
Modifiye Barthel İndeksi	TÖ (0)	42.0 (31.0-84.0)	51.5 (28.0-80.0)	0.976**
	TS (1)	59.0 (48.0-98.0)	64.5 (34.0-92.0)	0.740**
	Grup İçi Değişim (p)	**p = 0.003******	**p = 0.002******	
FAS	TÖ (0)	1.0 (0.0-3.0)	1.0 (0.0-5.0)	0.833**
	TS (1)	3.0 (2.0-5.0)	3.0 (1.0-5.0)	0.608**
	Grup İçi Değişim (p)	**p = 0.003******	**p = 0.003******	
El Kavrama Kuvveti (kg)	TÖ (0)	28.18±9.98	25.83±6.41	0.505*
	TS (1)	29.55±9.25	28.17±6.90	0.688*
	Grup İçi Değişim (p)	**p = 0.049**	**p = 0.001**	

* T-Testi, ** Mann Whitney U Testi, *** Bağımlı gruplarda T Testi, **** Wicoxon sıralı işaretler Testi
FAS: Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması; TÖ: Tedavi öncesi; TS: Tedavi sonrası; kg: Kilogram

Erasmus MC Nottingham duyu ölçeği sonuçları incelendiğinde hafif dokunma, basınç, iğne batma ve keskin-künt duyularının her iki grupta da tedavi sonrası anlamlı olarak arttığı görüldü (hafif dokunma: Grup 1 p=0.002, Grup 2 p=0.005; basınç: Grup 1 p=0.007, Grup 2 p=0.002; iğne batma: Grup 1 p=0.014, Grup 2 p=0.023; keskin-küt: Grup 1 p=0.016, Grup 2 p=0.021). Taktil duyu toplam skoru da her iki grupta tedavi sonrası anlamlı olarak arttı (Grup 1 p<0.001; Grup 2 p=0.001). Propriosepsiyon skorları Grup 1'de tedavi sonrası anlamlı artış gösterirken (p=0.046), Grup 2'deki değişim istatistiksel olarak anlamlı değildi (p=0.083) (Tablo 6).

Tablo 6. Grupların Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği bulgularının karşılaştırılması

	Ölçüm Zamanı	**Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)**	**Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)**	***p***
Hafif Dokunma	TÖ (0)	4.45±1.69	4.00±1.41	0.491*
	TS (1)	5.36±1.91	4.75±1.71	0.426*
	Grup İçi (p)	**p = 0.002*****	**p = 0.005*****	
Basınç Duyusu	TÖ (0)	4.0 (3.0-7.0)	4.0 (2.0-7.0)	0.462**
	TS (1)	5.0 (4.0-8.0)	6.0 (2.0-8.0)	0.651**
	Grup İçi (p)	**p = 0.007********	**p = 0.002********	
İğne Batma	TÖ (0)	5.0 (3.0-8.0)	4.0 (2.0-8.0)	0.624**
	TS (1)	6.0 (4.0-8.0)	6.0 (2.0-8.0)	0.651**
	Grup İçi (p)	**p = 0.014********	**p = 0.023********	
Keskin-Küt	TÖ (0)	5.0 (2.0-7.0)	4.0 (2.0-8.0)	0.705**
	TS (1)	6.0 (3.0-8.0)	4.5 (2.0-8.0)	0.651**
	Grup İçi (p)	**p = 0.016********	**p = 0.021********	
Taktil Duyu Toplam	TÖ (0)	20.0 (12.0-28.0)	15.5 (8.0-29.0)	0.524**
	TS (1)	22.0 (14.0-32.0)	21.0 (8.0-31.0)	0.566**
	Grup İçi (p)	**p < 0.001********	**p = 0.001********	
Propriosepsiyon	TÖ (0)	7.0 (6.0-8.0)	7.0 (6.0-8.0)	0.668**
	TS (1)	8.0 (7.0-8.0)	8.0 (6.0-8.0)	0.740**
	Grup İçi (p)	**p = 0.046********	p = 0.083********	

* T-Testi, ** Mann Whitney U Testi, *** Bağımlı gruplarda T Testi, **** Wicoxon sıralı işaretler Testi, TÖ: Tedavi öncesi, TS: Tedavi sonrası

Nottingham Sağlık Profili'nde daha düşük skorlar daha iyi sağlık durumunu ifade etmektedir. Sonuçlar incelendiğinde fiziksel aktivite (Grup 1: p=0.002; Grup 2: p=0.005), enerji düzeyi (Grup 1: p=0.005; Grup 2: p=0.028), ağrı (Grup 1: p=0.017; Grup 2: p=0.036) ve duygusal reaksiyon (Grup 1: p=0.008; Grup 2: p<0.001) alt boyutlarının her iki grupta da tedavi sonrası anlamlı olarak iyileştiği görüldü. Buna karşılık uyku ve sosyal izolasyon alt boyutlarında tedavi sonrası değişim istatistiksel olarak anlamlı değildi (p>0.05).

Genel NSP toplam skorları her iki grupta da tedavi sonrası anlamlı olarak azaldı (Grup 1: TÖ 216.82, TS 147.84, p=0.002; Grup 2: TÖ 226.85, TS 153.96, p<0.001) (Tablo 7).

Tablo 7. Grupların Nottingham Sağlık Profili bulgularının karşılaştırılması

	Ölçüm Zamanı	**Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)**	**Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)**	***p***
Fiziksel Aktivite	TÖ (0)	67.1 (36.1-88.5)	67.6 (23.2-88.5)	0.895**
	TS (1)	34.9 (0.0-88.5)	47.7 (10.6-67.2)	0.786**
	Grup İçi (p)	**p = 0.002******	**p = 0.005******	
Enerji Düzeyi	TÖ (0)	36.8 (0.0-100.0)	48.8 (24.0-100.0)	0.531**
	TS (1)	24.0 (0.0-60.8)	30.4 (0.0-63.2)	0.928**
	Grup İçi (p)	**p = 0.005********	**p = 0.028********	
Ağrı	TÖ (0)	8.96 (0.0-30.2)	9.48 (0.0-58.4)	0.851**
	TS (1)	8.96 (0.0-20.2)	8.96 (0.0-11.2)	0.379**
	Grup İçi (p)	**p = 0.017********	**p = 0.036********	
Uyku	TÖ (0)	16.1 (0.0-71.3)	14.3 (0.0-65.7)	0.933**
	TS (1)	12.5 (0.0-56.6)	16.1 (0.0-60.2)	0.525**
	Grup İçi (p)	p = 0.225	p = 0.713	
Sosyal İzolasyon	TÖ (0)	38.5 (0.0-100.0)	40.2 (0.0-64.7)	0.849**
	TS (1)	22.5 (0.0-57.9)	42.0 (0.0-63.9)	0.608**
	Grup İçi (p)	p = 0.220	p = 0.439	
Duygusal Reaksiyon	TÖ (0)	45.1 (9.8-55.9)	34.1 (17.0-59.8)	0.495**
	TS (1)	23.6 (9.8-39.0)	30.4 (7.1-40.1)	0.833**
	Grup İçi (p)	**p = 0.008******	**p < 0.001********	
Toplam	TÖ (0)	216.82±93.98	226.85±81.23	0.786*
	TS (1)	147.84±74.80	153.96±98.40	0.869*
	Grup İçi (p)	**p = 0.002*****	**p < 0.001*****	

* T-Testi, ** Mann Whitney U Testi, *** Bağımlı gruplarda T Testi, **** Wicoxon sıralı işaretler Testi, TÖ: Tedavi öncesi, TS:Tedavi sonrası

4.2. TEDAVİYE BAĞLI GRUP İÇİ DEĞİŞİMİN GRUPLAR ARASI KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışmaya dahil edilen hastaların tedavi öncesi ve tedavi sonrası değerlendirilen parametlerindeki değişim miktarı (delta Δ) hesaplandı. İki grup arasında değişim miktarı açısından fark olup olmadığı değerlendirildi.

Kardiyopulmoner egzersiz testi parametrelerinin değişim miktarları (Δ) karşılaştırıldığında KPET egzersiz süresindeki artış Grup 1'de Grup 2'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu (Grup 1: 2.31±2.84 dk, Grup 2: −0.14±2.41 dk; p=0.036).

VO_2maks, VO_2/kgmaks, O_2 pulse, HRmax, HRR, VE, BF, VE/MVV, $PETCO_2$, $EqCO_2$, RER ve VO_2Slo parametrelerinin değişim miktarları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0.05).

Maksimum yük parametresindeki değişim Grup 1'de daha yüksek olmakla birlikte bu fark istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşamadı (p=0.074) (Tablo 8).

Tablo 8. Kardiyopulmoner egzersiz testi parametrelerinin değişim miktarlarının (Delta Δ) karşılaştırılması

(Değişim - Δ)	**Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)**	**Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)**	***p***
Δ VO2 maks (ml/dk)	45.45 (2.0-264.0)	94.50 (-12.0-384.0)	0.342**
Δ VO2/kg maks (ml/dk/kg)	1.00±1.25	0.74±1.48	0.655*
Δ O_2pulse (ml)	0.20±1.41	0.57±1.63	0.573*
Δ KHmaks (1/dk)	2.0 (-14.0 - 27.0)	3.5 (-10.0 - 23.0)	**0.834****
Δ KHR (1/dk)	1.0 (-34.0 - 17.0)	0.0 (-11.0 - 10.0)	**0.563****
Δ VE (L/dk)	3.55±6.55	4.45±7.95	0.771**
Δ BF (1/dk)	0.0 (-11.0 - 11.0)	1.5 (-6.0 - 15.0)	0.741**
Δ VE/MVV (%)	3.43±6.38	4.41±6.37	0.715**
Δ $PETCO_2$ (mmHg)	0.80±3.82	1.09±2.89	0.838*
Δ $EqCO_2$	-1.11±3.01	-0.50±3.89	0.697*
Δ RER	0.00 (-0.11 - 0.15)	0.00 (-0.23 - 0.14)	0.825**
Δ Yük (Load) (W)	**5.0 (1.0 - 30.0)**	2.5 (-5.0 - 10.0)	0.074**
Δ VO_2Slo (ml/dk/W)	-1.0 (-4.0 - 2.1)	-0.1 (-5.2 - 5.1)	0.630**
Δ KPET Süresi (dk)	**2.31±2.84**	**-0.14±2.41**	**0.036***

* T-Testi, ** Mann Whitney U Testi

Yukarıdaki değerler, 4 haftalık rehabilitasyon süresince gerçekleşen ortalama iyileşme miktarlarını temsil eder.

Δ: Değişim miktarı; VO_2maks: Maksimum oksijen tüketimi; VO_2/kg maks: Vücut ağırlığına göre maksimum oksijen tüketimi; O_2 pulse: Oksijen nabzı; KHmaks: Maksimum kalp hızı; KHR: Kalp hızı rezervi; BF: Solunum frekansı; VE: Dakika ventilasyon; MVV: Maksimum istemli ventilasyon; $PETCO_2$: End-tidal CO_2 parsiyel basıncı; $EqCO_2$: Karbondioksit ventilatuvar eşdeğerliği; RER: Solunum değişim oranı; Yük (Load): İş yükü; VO_2Slo: $\Delta VO_2/\Delta WR$ oranı; KPET: Kardiyopulmoner egzersiz testi; dk: Dakika; W: Watt

Motor ve fonksiyonel değerlendirme parametrelerinin değişim miktarları (Δ) karşılaştırıldığında Fugl-Meyer Üst Ekstremite (FMA-ÜE) skorundaki artış Grup 2'de Grup 1'e göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu (Grup 1: 3.0, Grup 2: 12.5; p=0.021).

Fugl-Meyer Alt Ekstremite (FMA-AE), Brunnstrom üst ekstremite, el, alt ekstremite, MBİ ve el kavrama kuvveti değişim miktarları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0.05).

Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması skorundaki artış Grup 2'de sayısal olarak daha yüksek olmakla birlikte bu fark istatistiksel anlamlılık sınırında kaldı (p=0.052) (Tablo 9).

Tablo 9. Gruplar arası motor ve fonksiyonel iyileşme/değişim miktarlarının (Delta Δ) karşılaştırılması

(Değişim - Δ)	**Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)**	**Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)**	***p***
Δ Fugl-Meyer (ÜE)	3.0 (0.0-18.0)	**12.5 (3.0-35.0)**	**0.021****
Δ Fugl-Meyer (AE)	8.0 (1.0-11.0)	8.0 (1.0-13.0)	0.584**
Δ Brunnstrom (ÜE)	1.0 (0.0-2.0)	1.0 (0.0-1.0)	0.365**
Δ Brunnstrom (El)	1.0 (0.0-2.0)	1.0 (0.0-2.0)	0.835**
Δ Brunnstrom (AE)	1.0 (0.0-2.0)	1.0 (0.0-1.0)	0.887**
Δ Modifiye Barthel İndeksi	15.0 (5.0-45.0)	18.5 (6.0-28.0)	0.650**
Δ El Kavrama Kuvveti (kg)	1.36±3.52	2.33±4.02	0.548*
Δ FAS	1.0 (0.0-2.0)	1.5 (1.0-2.0)	0.052**

* T-Testi, ** Mann Whitney U Testi
Yukarıdaki değerler, 4 haftalık rehabilitasyon süresince gerçekleşen ortalama iyileşme miktarlarını temsil eder.
FAS: Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması, ÜE: Üst Ekstremite, AE: Alt Ekstremite; kg:kilogram

Erasmus MC Nottingham duyu ölçeği parametrelerinin değişim miktarları (Δ) karşılaştırıldığında hafif dokunma, basınç duyusu, iğne batma, keskin-küt duyusu, taktil duyu toplam skoru ve propriosepsiyon değişim miktarları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0.05) (Tablo 10).

Tablo 10. Grupların Erasmus MC Nottingham Duyu Ölçeği değişim miktarlarının (Delta Δ) karşılaştırılması

(Delta - Δ)	Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)	Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)	*p*
Δ Hafif Dokunma	0.0 (0.0-2.0)	1.0 (0.0-3.0)	0.463**
Δ Basınç Duyusu	1.0 (0.0-1.0)	0.0 (0.0-2.0)	0.834**
Δ İğne Batma	1.0 (0.0-1.0)	0.0 (0.0-3.0)	0.630**
Δ Keskin-Künt	1.0 (0.0-1.0)	0.0 (0.0-2.0)	0.785**
Δ Taktil Duyu Toplam	2.0 (1.0-5.0)	2.5 (1.0-10.0)	0.485**
Δ Propriosepsiyon	1.0 (0.0-1.0)	0.0 (0.0-2.0)	0.630**

* T-Testi, ** Mann Whitney U Testi
Yukarıdaki değerler, 4 haftalık rehabilitasyon süresince gerçekleşen ortalama iyileşme miktarlarını temsil eder.

Nottingham Sağlık Profili alt boyutlarının değişim miktarları (Δ) karşılaştırıldığında fiziksel aktivite, enerji düzeyi, ağrı, uyku, sosyal izolasyon ve duygusal reaksiyon alt boyutları ile toplam skor değişimleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$) (Tablo 11).

Tablo 11. Grupların Nottingham Sağlık Profili değişim miktarlarının (Delta Δ) karşılaştırılması

(Delta- Δ)	Grup 1 (Ergometrik egzersiz, n=11)	Grup 2 (FES destekli ergometrik egzersiz, n=12)	*p*
Δ Fiziksel Aktivite	-24.01±18.28	-18.25±15.68	0.421*
Δ Enerji Düzeyi	-11.53±18.06	-12.33±18.41	0.916*
Δ Ağrı	-12.60±13.56	-10.37±15.93	0.722*
Δ Uyku	-6.62±14.50	-11.23±22.06	0.559*
Δ Sosyal İzolasyon	-5.68±13.91	-7.44±15.82	0.779*
Δ Duygusal Reak.	-8.54±13.36	-13.26±10.86	0.360*
Δ Toplam	-68.98±52.68	-72.88±41.69	0.845*

* T-Testi, ** Mann Whitney U Testi
Yukarıdaki değerler, 4 haftalık rehabilitasyon süresince gerçekleşen ortalama iyileşme miktarlarını temsil eder.

5. TARTIŞMA

İnme, merkezi sinir sisteminin akut vasküler hasarı sonucu gelişen ve dünya genelinde önemli bir mortalite ve engellilik nedeni olan nörolojik bir tablodur (1, 2). İnme sonrası dönemde motor kayıpların yanı sıra duyu bozuklukları ve azalmış aerobik kapasite, hastaların fonksiyonel bağımsızlığını ve yaşam kalitesini belirgin şekilde etkilemektedir (6). Özellikle üst ekstremite fonksiyon kaybı, uzun dönemde kalıcı olabilen ve rehabilitasyon sürecini zorlaştıran temel sorunlardan biridir (7).

Elektriksel stimülasyon uygulamaları, konvansiyonel rehabilitasyona ek olarak önerilen tamamlayıcı yöntemler arasında yer almakta olup, FES destekli bisiklet ergometresi kas aktivasyonunu artırarak motor kontrol ve kardiyovasküler parametreler üzerinde olumlu etkiler gösterebilmektedir (8, 10). Bununla birlikte literatürde çalışmaların çoğu alt ekstremiteye odaklanmış olup, üst ekstremiteye yönelik FES destekli ergometre uygulamalarına ilişkin veriler sınırlıdır (17-19). Bu nedenle çalışmamızda, inmeli hastalarda konvansiyonel rehabilitasyona eklenen üst ekstremite ergometresi veya FES destekli üst ekstremite ergometresinin aerobik kapasite, motor fonksiyon, duyu fonksiyonları, fonksiyonel bağımsızlık ve yaşam kalitesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın temel bulguları, konvansiyonel rehabilitasyona eklenen üst ekstremite ergometre egzersizinin, FES desteği olsun ya da olmasın, inmeli hastalarda aerobik kapasiteyi artırdığını göstermiştir. Ayrıca KPET süresindeki artışın ergometre grubunda daha belirgin olduğu saptanmıştır. Motor fonksiyonlar değerlendirildiğinde Fugl-Meyer üst ekstremite skorlarındaki iyileşmenin FES destekli grupta daha belirgin olduğu görülmüştür. Fonksiyonel bağımsızlık, duyu fonksiyonları ve yaşam kalitesi parametrelerinde ise her iki rehabilitasyon yaklaşımının benzer düzeyde ve anlamlı iyileşme sağladığı saptanmıştır.

İnme sonrası bireylerde kardiyorespiratuvar kapasitenin belirgin şekilde azaldığı birçok çalışmada gösterilmiştir. Altmış çalışmanın (n=2104) değerlendirildiği sistematik bir derlemede, inmeli bireylerde ölçülen VO_2pik değerlerinin geniş bir aralıkta değiştiği bildirilmiştir. Çalışmalarda bildirilen ortalama VO_2pik değerleri 8–

31 ml/kg/dk arasında değişmekte olup, en düşük değerler akut dönemde, en yüksek değerler ise daha genç yaş ve kronik dönemdeki hastalarda rapor edilmiştir. Bununla birlikte hastaların büyük bölümünde VO_2pik değerlerinin sağlıklı bireylerin %20–80'i düzeylerinde olduğu gösterilmiştir. Aynı derlemede kullanılan egzersiz yöntemleri incelendiğinde çalışmaların büyük çoğunluğunda bisiklet ergometresi ve koşu bandı tercih edilirken, kol ergometresinin yalnızca bir çalışmada kullanıldığı bildirilmiştir (96). Bu durum üst ekstremite ergometresi temelli egzersizlerin inmeli bireylerde aerobik kapasite üzerindeki etkilerinin sınırlı olarak araştırıldığını göstermekte ve çalışmamızın literatüre değerli katkı sağlayacağını düşündürmektedir.

Saunders ve ark. tarafından gerçekleştirilen, dokuz çalışmayı ve toplam 317 katılımcıyı kapsayan Cochrane sistematik derlemesi, inme sonrası dönemde uygulanan kardiyorespiratuvar egzersiz eğitiminin aerobik kapasite üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Bu derlemede kardiyorespiratuvar eğitim uygulanan gruplarda VO_2pik değerlerinde kontrol gruplarına kıyasla anlamlı artış (ortalama 3.40 mL/kg/dk) saptanmıştır. Kardiyorespiratuvar kapasite ve egzersiz toleransındaki artışın yürüme hızı, yürüme toleransı ve mobilite ile ilişkili performans ölçütlerinde iyileşme sağlayabileceği ancak ruh hali ve yaşam kalitesi üzerindeki etkilerinin çalışmalar arasında daha değişken olduğu bildirilmektedir (74). Aerobik egzersiz programlarının inmeli bireylerde kardiyorespiratuvar kapasiteyi artırabileceği daha güncel derlemelerde de desteklenmektedir (73). Bu bulgular çalışmamızın sonuçlarıyla da uyumlu olup aerobik egzersiz programı sonrasında her iki grupta da VO_2maks değerlerinde anlamlı artış saptandı.

Aaron ve ark. tarafından kronik inmeli bireylerde gerçekleştirilen bir pilot çalışmada, 8 hafta süreyle uygulanan alt ekstremite progresif yoğunluklu FES bisiklet eğitimi sonrasında VO_2pik değerlerinde yaklaşık %12 oranında anlamlı artış saptanmıştır. Ayrıca yürüme hızı, denge, İnme Etki Ölçeği katılım/rol alt boyutunda da anlamlı iyileşmeler bildirilmiştir. Bu bulgular, FES destekli bisiklet egzersizinin inmeli bireylerde aerobik kapasiteyi artırmanın yanı sıra lokomotor performansı da iyileştirebileceğini göstermektedir (19). Benzer şekilde çalışmamızda da dört haftalık konvansiyonel rehabilitasyona ek olarak uygulanan üst ekstremite ergometresi ve FES

destekli üst ekstremite ergometre eğitiminin aerobik kapasite, fonksiyonel durum ve yaşam kalitesi parametrelerinde iyileşmeler sağladığı gösterildi.

Lee ve ark. tarafından subakut inmeli hastalarda gerçekleştirilen randomize kontrollü bir çalışmada, FES destekli alt ekstremite ergometre eğitiminin aerobik kapasite ve fonksiyonel performans üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dört haftalık eğitim programı sonrasında FES destekli ergometre grubunda VO_2pik, MET ve anaerobik eşik değerlerinde anlamlı iyileşmeler saptanırken, yalnızca ergometre eğitimi uygulanan grupta aerobik kapasite parametrelerinde benzer bir artış gözlenmemiştir. Ayrıca FES grubunda 6 DYT mesafesinde anlamlı artış bildirilmiş, her iki grupta ise Berg Denge Ölçeği ve MBİ skorlarında iyileşme görülmüştür. Bununla birlikte çalışma sonunda aerobik kapasite, fonksiyonel durum ve kardiyopulmoner test parametreleri (KHmaks, RER ve egzersiz süresi) açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. (17). Bu çalışmada bizim çalışmamızdan farklı olarak dakikada pedal çevirme sayısının düşük olması (30 rpm) ve kullanılan ergometrenin her iki grupta da asistif olması ergometre grubunda aerobik kapasite kazanımını artırmamış olabilir. Çalışmamızda ise her iki grupta da aerobik kapasite parametrelerinde anlamlı iyileşmeler gözlendi, ancak FES destekli ergometre ile standart ergometre arasında aerobik kapasite değişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. Çalışmamızda her iki grupta da aerobik kapasitede benzer artış elde edilmesi, tedavi öncesinde gerçekleştirilen KPET ile bireyselleştirilmiş egzersiz reçetesi oluşturulması ve egzersiz programının etkin iş yükü ve egzersiz süresi ile uygulanmış olmasına bağlı olabilir. Bu durum, FES destekli egzersiz programlarına başlanmadan önce aerobik kapasitenin objektif olarak değerlendirilmesinin egzersiz reçetesinin planlanmasında önemli bir katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Literatürde üst ekstremite ergometresi temelli aerobik egzersizlerin inmeli hastalarda kardiyorespiratuvar kapasite üzerindeki etkilerini doğrudan inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Omurilik yaralanmalı bireylerde üst ekstremite aerobik egzersizlerinin etkilerini inceleyen Akkurt ve ark. tarafından gerçekleştirilen randomize kontrollü bir çalışmada, 12 haftalık kol ergometresi eğitimi sonrasında VO_2pik değerlerinde %39,6 oranında anlamlı artış saptanmıştır. Araştırmacılar kısa

süreli üst ekstremite aerobik egzersizi ile sağlanan bu iyileşmenin, üst ekstremite kaslarında gelişen periferik adaptasyonlar ile ilişkili olabileceğini belirtmişlerdir (97). Benzer şekilde çalışmamızda da kısa süreli üst ekstremite aerobik egzersiz programı sonrası aerobik kapasitede anlamlı iyileşmeler gözlendi.

Aerobik egzersiz inme rehabilitasyonu kılavuzlarında temel bir bileşen olarak yer almaktadır (15, 16, 29). Mevcut klinik rehberlerde inmeli bireylerde aerobik egzersizin haftada en az 3 (tercihen 3–5) gün, her seans 20–60 dakika olacak şekilde ve en az 8 hafta süreyle uygulanması önerilmektedir. Ayrıca alt ekstremitenin yeterli düzeyde kullanılamadığı durumlarda üst ekstremite ergometresi gibi alternatif aerobik egzersiz yöntemlerinin önerildiği belirtilmektedir (15). Çalışmamızda 4 haftalık rehabilitasyon programı sonrasında elde edilen bulgular alt ekstremite kullanımının kısıtlı olduğu inmeli hastalarda kısa süreli FES destekli üst ekstremite ergometre eğitiminin aerobik kapasite artışı açısından standart ergometre egzersizi ile benzer etkinlik gösterdiğini düşündürmektedir.

Literatürde egzersiz programlarının inmeli bireylerde egzersiz toleransı ve performans parametreleri üzerindeki olumlu etkileri gösterilmiştir. Letombe ve ark. tarafından erken dönem inmeli hastalarda gerçekleştirilen çalışmada, dört haftalık aerobik egzersiz programı sonrasında egzersiz grubunda VO_2pik, maksimal yük ve egzersiz süresinde belirgin artışlar saptanırken, konvansiyonel rehabilitasyon uygulanan kontrol grubunda bu artışların sınırlı olduğu bildirilmiştir (77). Benzer şekilde McCartney ve ark. tarafından kronik inmeli bireylerde yapılan çalışmada, yüksek yoğunluklu yürüyüş eğitimi sonrasında VO_2pik veya VT değerlerinde anlamlı değişiklik saptanmamakla birlikte KPET süresinde anlamlı artış görülmüş, ayrıca 6 DYT mesafesi ve maksimal yürüme hızında iyileşmeler bildirilmiştir (98). Ancak bu çalışmada hastaların kronik dönemde olması ve yürüme bandında yüksek yoğunluklu egzersiz alabilecek fonksiyonel duruma sahip olarak tedaviye başlaması nedeniyle VO_2pik artışı belirgin olmamış olabilir.

Çalışmamızda KPET süresi değişiminde Grup 1'de, Grup 2'ye göre anlamlı artış saptandı. Maksimal yük artışı Grup 1'de grup içi olarak anlamlı bulunurken, FES destekli grupta istatistiksel anlamlılığa ulaşamadı. Bu durum, standart ergometrenin

tamamen aktif katılım gerektirmesi, paretik ekstremitenin egzersiz yükünü sağlam ekstremite ile eşit düzeyde paylaşamaması ve sağlam ekstremitenin verilen yüke ek olarak paretik ekstremitenin mekanik yükünü de karşılaması ile ilişkili olabilir. Buna karşılık FES destekli uygulamanın ise aktif-asistif karakterde olması ile ilişkili olarak pedal çevirme hızını sabit tutmaya yönelik cihaz desteği ve paretik kasların aktivasyonunu sağlayan elektriksel stimülasyon bulunması, endurans artışının daha sınırlı olmasına yol açmış olabilir.

Aerobik egzersizin yalnızca kardiyorespiratuvar kapasiteyi artırmakla kalmayıp aynı zamanda merkezi sinir sistemi üzerinde de olumlu etkiler oluşturabileceği bildirilmektedir. Egzersiz eğitiminin kortikal eksitabiliteyi artırarak, nörotrofik faktörleri arttırarak ve nöral ağlarda reorganizasyonu destekleyerek inme sonrası nöroplastisiteyi güçlendirebileceği gösterilmiştir (14). Akut inmeli hastalarda gerçekleştirilen randomize kontrollü bir çalışmada, konvansiyonel tedaviye ek olarak uygulanan üst ekstremite bisiklet ergometre egzersizinin üst ekstremite kas kuvveti, gövde kontrolü ve fonksiyonel bağımsızlık üzerine etkileri sırasıyla manuel dinamometre, Gövde Bozukluğu Ölçeği (Trunk Impairment Scale/TIS) ve Modifiye Rankin Skalası (mRS) kullanılarak değerlendirilmiş; tedavi sonrası müdahale grubunda palmar kavrama, omuz abdüktörleri, dirsek fleksörleri ve el bileği ekstansörlerinde kas kuvveti ile gövde kontrolü ve fonksiyonel bağımsızlık düzeyinde gruplar arası karşılaştırmada müdahale grubunun üstün olduğu bildirilmiştir (99).

Ritmik üst ekstremite egzersizlerinin yalnızca kas kuvveti ve motor performansı değil, aynı zamanda merkezi sinir sistemi düzeyinde nörofizyolojik reorganizasyonu da destekleyebileceği bildirilmektedir. Kaupp ve ark. tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, beş haftalık ritmik kol bisiklet eğitimi sonrası kavrama kuvvetinde artış, kas aktivasyon paternlerinde iyileşme ve yürüyüş performansında gelişme saptanmıştır. Araştırmacılar bu değişikliklerin kol ve bacaklar arasındaki ekstremiteler arası (interlimb) bağlantıların ve merkezi patern oluşturucu (central pattern generator, CPG) ağların aktivasyonu ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir (100). Çalışmamızda fonksiyonel bağımsızlık açısından MBİ ve FAS skorları her iki grupta da anlamlı düzeyde arttı gruplar arasında fark bulunmadı. Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması değişim miktarı FES grubunda daha fazla oldu ancak istatistiksel olarak

anlamlılık sınırında kaldı. Üst ekstremiteye verilen egzersizlerin fonksiyonellik ve yürüme performansı üzerine olumlu etkisinin görülmesi bu nörofizyolojik reorganizasyon teorisi ile ilgili olabilir.

Literatürde FES tedavisinin inme sonrası üst ekstremite motor fonksiyonları üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir. Howlett ve ark. tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizde, inme rehabilitasyonunda FES uygulamalarının aktivite düzeyi üzerindeki etkileri incelenmiş ve özellikle üst ve alt ekstremite fonksiyonel aktivitelerinde anlamlı iyileşmeler sağlayabildiği gösterilmiştir. Araştırmacılar, FES'in istemli hareket sırasında kas kontraksiyonunu destekleyerek motor öğrenmeyi kolaylaştırabileceğini ve tekrarlayıcı görev temelli aktiviteler sırasında afferent duyusal girdiyi artırarak nöroplastisiteyi destekleyebileceğini belirtmişlerdir (101). Benzer şekilde Eraifej ve ark. tarafından yapılan sistematik derlemede, FES uygulamalarının üst ekstremite motor fonksiyonları üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu ve özellikle FMA ile değerlendirilen motor fonksiyonlarda kontrol gruplarına kıyasla anlamlı iyileşmeler sağlanabildiği bildirilmiştir. Ayrıca inme sonrası erken dönemde, özellikle ilk iki ay içerisinde başlanan FES uygulamalarının FMA skorlarında daha belirgin fayda sağlayabileceği vurgulanmıştır (102). Khan ve ark. tarafından gerçekleştirilen meta-analizde de FES temelli yaklaşımların FMA ve Action Research Arm Test (ARAT) gibi üst ekstremite değerlendirme ölçeklerinde motor fonksiyon ve fonksiyonel kullanım üzerinde anlamlı iyileşmeler sağlayabildiği bildirilmiştir (103). Çalışmamızda da benzer şekilde her iki grupta FMA-ÜE skorlarında anlamlı iyileşme gözlendi ve değişim miktarı FES destekli üst ekstremite ergometre grubunda anlamlı derecede daha yüksek bulundu. Bu bulgunun, FES desteğinin nöroplastisite ve motor iyileşme üzerindeki olumlu etkisini desteklediği düşünülmektedir.

Karaahmet ve ark. tarafından gerçekleştirilen randomize kontrollü, konvansiyonel rehabilitasyona ek olarak 4 haftalık pasif FES destekli ergometrik egzersiz (20 rpm hızında 15 dakika) uygulanan çalışmasında her iki grupta da Brunnstrom motor evreleri, FMA skorları ve Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği (FBÖ) skorlarında iyileşme gözlenmiş, ancak gruplar arası karşılaştırmada bu parametreler açısından anlamlı fark saptanmamıştır (104). Çalışmamızda FES grubunda FMA-ÜE

skorlarında daha belirgin iyileşme görüldü. Bu çalışmanın bizim çalışmamızdan farkı uygulanan egzersiz protokolündeki metodolojik farklılıklarla ilişkili olabilir. Söz konusu çalışmada hastalar ergometre egzersizine aktif olarak katılmamış ve egzersiz pasif olarak, daha düşük hızlarda ve daha kısa süreli gerçekleştirilmiştir. Buna karşın çalışmamızda hastaların aktif-asistif şekilde egzersize katılımı sağlanmış ve egzersiz süresi 5 dakika ısınma, 20 dakika egzersiz ve 5 dakika soğuma olmak üzere toplam 30 dakika olarak uygulanmıştır. Ayrıca egzersiz sırasında pedal hızının yaklaşık 40–50 rpm düzeyinde tutulması hedeflenmiştir. Fonksiyonel elektrik stimülasyonu destekli aerobik egzersizin pasiftense aktif-asistif karakterde olması ve aerobik egzersiz kriterlerini sağlar nitelikte planlanması nörolojik iyileşmeye daha çok katkıda bulunuyor olabilir.

Motor fonksiyonlar açısından çalışmamızda her iki grupta da FMA-ÜE skorlarında anlamlı iyileşme gözlenmiş, ancak değişim miktarı FES grubunda anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık Brunnstrom motor evreleri açısından her iki grupta da üst ekstremite, el ve alt ekstremite evrelerinde anlamlı iyileşmeler gözlenmiş, ancak gruplar arasında fark saptanmamıştır. Brunnstrom değerlendirmesinin daha kaba bir evreleme sistemi olması ve motor iyileşmeyi daha genel düzeyde değerlendirmesi, FMA'nın ise hareket kalitesi, selektivite ve koordinasyonu daha hassas biçimde ölçmesi bu farklılığı açıklayabilir (88, 89). Bu durum, FES uygulamasının mevcut evre içerisinde hareket kalitesini ve nöromüsküler kontrolü artırdığını düşündürmektedir. Alt ekstremite motor fonksiyonlarında her iki grupta da anlamlı iyileşme izlenmiş olmasına ise interlimb bağlantılar ile oluşan nörofizyolojik iyileşme (100), konvansiyonel rehabilitasyonun etkinliği, subakut dönemde beklenen nörolojik iyileşme etki etmiş olabilir. Ancak çalışmamızda ek bir konvansiyonel rehabilitasyon grubu olmaması nedeniyle bu konuda kesin bir sonuca varılamadı.

İnme sonrası somatosensoriyel bozukluklar oldukça yaygın olup dokunma, propriosepsiyon, ağrı ve sıcaklık gibi farklı duyusal modaliteleri etkileyebilmektedir. Somatosensoriyel bozuklukların erken dönemde tanımlanması rehabilitasyon planlaması açısından önemlidir. Erken dönemde tanınmayan duyusal kayıpların sonraki rehabilitasyon süreçlerinde yeterince ele alınamayabileceği ve bunun üst

ekstremite fonksiyonel iyileşmesini olumsuz etkileyebileceği bildirilmektedir (105). Literatürde taktil duyu bozukluklarının %30–62, proprioseptif bozuklukların ise %25–80 oranında görülebildiği bildirilmiştir. Bu duyusal bozukluklar kuvvet kontrolü, koordinasyon, denge ve günlük yaşam aktiviteleri üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Bununla birlikte motor ve somatosensoriyel sistemlerin birbirleriyle yakından ilişkili olmasına rağmen iyileşme süreçlerinin her zaman paralel ilerlemediği ve bazı hastalarda motor ve duyusal iyileşmenin farklı zamanlarda gerçekleşebileceği bildirilmektedir (106).

Fonksiyonel elektriksel stimülasyonun duyusal fonksiyonlar üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışma literatürde sınırlıdır. Mann ve ark. tarafından subakut inmeli hastalarda gerçekleştirilen randomize bir pilot çalışmada, kontrol grubuna yalnızca pasif germe egzersizleri uygulanırken, müdahale grubunda dirsek ve el bileği ekstansör kaslarına nöromüsküler elektriksel stimülasyon uygulanmıştır. Çalışma sonucunda elektriksel stimülasyon uygulanan grupta el fonksiyonunda anlamlı iyileşme gösterilmiş, ancak iki nokta diskriminasyonu ile değerlendirilen duyusal fonksiyonlar açısından gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Araştırmacılar bu durumu, duyusal değerlendirmede kullanılan testlerin değişimi saptamada yeterince duyarlı olmaması ve duyusal iyileşmenin artan el kullanımı ile ilişkili olabileceği ile açıklamışlardır (107).

Wang ve ark. tarafından akut inmeli hastalarda gerçekleştirilen randomize kontrollü bir pilot çalışmada, katılımcılar termal stimülasyon (TS), TENS ve yalnızca konvansiyonel rehabilitasyon uygulanan kontrol grubu olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Müdahale programı bir hafta süreyle, günde iki kez, 30 dakikalık seanslardan oluşmuştur. Duyusal fonksiyonlar Minimal Akım Algılama Eşiği (Minimal Current Perception, MCP) yöntemi ile değerlendirilmiştir. Tedavi sonrasında MCP değerlerinde tüm gruplarda anlamlı iyileşme gözlenmiş, ancak gruplar arasında duyusal iyileşme açısından anlamlı fark saptanmamıştır. Araştırmacılar bu durumu akut dönemde görülen spontan nörolojik iyileşme ve müdahale süresinin kısa olması ile ilişkilendirmiştir (108). Çalışmamızda benzer şekilde taktil duyu skorları her iki grupta da anlamlı iyileşmiş, ancak değişim miktarları açısından fark saptanmamıştır. Bu sonuçlar, duyusal fonksiyonların iyileştirilmesi açısından FES destekli

ergometrenin, sadece ergometre egzersizine göre ek bir üstünlük sağlamadığını göstermektedir.

Propriyosepsiyon, temel olarak kas iğciklerinden kaynaklanan afferent sinyaller aracılığıyla kas uzunluğu ve hareket değişimleri hakkında merkezi sinir sistemine bilgi iletilmesiyle oluşur. Deri, eklem kapsülü ve tendon reseptörleri de bu sürece katkıda bulunur. Periferik reseptörlerden gelen bilgiler dorsal kolon-medial lemniskal yol ile kortekse ulaşarak bilinçli pozisyon ve hareket algısını oluştururken, kuneoserebellar yol üzerinden beyinciğe iletilen sinyaller hareketin koordinasyonunda rol oynarlar. İnme sonrası dönemde proprioseptif bozuklukların oldukça yaygın olduğu bildirilmektedir. Proprioseptif girdinin bozulması; hedefe yönelik hareket doğruluğunun azalması, ince motor becerilerin zorlaşması ve üst ekstremite fonksiyonlarında yetersizlik ile ilişkilidir. Ayrıca proprioseptif bozuklukların daha kötü motor iyileşme, fonksiyonel sonuçların olumsuz etkilenmesi ve hastanede kalış süresinin uzaması ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte proprioseptif ve motor fonksiyonların iyileşme süreçlerinin birbirinden bağımsız olabileceği ve farklı hızlarda gerçekleşebileceği de bildirilmektedir (109). Çalışmamızda propriyosepsiyon parametresi değerlendirildiğinde yalnızca Grup 1'de anlamlı iyileşme saptandı, FES grubunda ise değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Ayrıca gruplar arası propriosepsiyon değişimi açısından anlamlı bir fark gözlenmedi. Bunun nedeni, FES destekli ergometrede uygulanan elektriksel kas stimülasyonu ile pedal çevirme hızının dışarıdan desteklenmesinin, proprioseptif duyunun yeterince etkin kullanılmasını sınırlamış olması olabilir. Buna karşın, ergometrik egzersizin aktif doğası hastanın bilinçli pozisyon ve hareket algısına daha fazla katkı sağlamış olabilir. Bu konuda daha fazla örneklem sayısı içeren çalışmalara ihtiyaç vardır.

Gezer ve ark. tarafından subakut inmeli hastalarda gerçekleştirilen bir çalışmada, konvansiyonel rehabilitasyona eklenen aerobik egzersiz programının yaşam kalitesi üzerindeki etkileri NSP ile değerlendirilmiştir. Çalışmada rehabilitasyon sonrası aerobik egzersiz grubunda enerji, emosyonel reaksiyonlar, uyku ve fiziksel aktivite alt boyutlarında; konvansiyonel egzersiz grubunda ise ağrı, uyku ve fiziksel aktivite alt boyutlarında anlamlı iyileşmeler saptanmış, ancak toplam NSP değişimi açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Ayrıca aynı çalışmada

Beck Depresyon Ölçeği (BDS) ve Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PSQI) ile yapılan değerlendirmelerde de her iki grupta depresyon düzeyi ve uyku kalitesinde iyileşme gözlenmiş, depresyon skorlarındaki iyileşmenin aerobik egzersiz grubunda daha belirgin olduğu bildirilmiştir (110). Benzer şekilde Topçuoğlu ve ark. tarafından inmeli hastalarda gerçekleştirilen bir çalışmada, üst ekstremite aerobik egzersiz programı uygulanan grupta FBÖ ve NSP alt boyutlarında özellikle ağrı ve yorgunluk parametrelerinde anlamlı iyileşmeler saptandığı bildirilmiştir (111). Çalışmamızda da yaşam kalitesi toplam skorunda ve fiziksel aktivite, enerji düzeyi, ağrı ve duygusal reaksiyon alt boyutlarında her iki grupta anlamlı iyileşmeler saptandı. Buna karşın uyku ve sosyal izolasyon alt boyutlarında anlamlı değişiklik gözlenmedi. Değişim miktarları açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Bu durum her iki rehabilitasyon yaklaşımının da hastaların öznel iyilik hali üzerinde benzer düzeyde olumlu etki oluşturduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın önemli güçlü yönlerinden biri, literatürde ergometre temelli egzersizlerin çoğunlukla alt ekstremiteye yönelik olarak incelendiği göz önüne alındığında, üst ekstremite ergometresi ile FES destekli üst ekstremite ergometresinin randomize kontrollü bir çalışma ile karşılaştırılmış olmasıdır. Bu yönüyle çalışma, inmeli bireylerde üst ekstremiteye yönelik FES destekli ergometre uygulamalarına ilişkin sınırlı olan literatüre katkı sağlamaktadır. Bulduğumuz sonuçlar öncelikle, FES desteği olsun veya olmasın, üst ekstremiteye uygulanan ergometre eğitiminin aerobik kapasiteye olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte üst ekstremite ergometresinin dayanıklılık üzerine olumlu etkisini, FES destekli üst ekstremite ergometresinin ise motor iyileşme üzerine olumlu etkisini göstermiştir. Ayrıca egzersiz yoğunluğunun tedavi öncesinde gerçekleştirilen KPET sonuçlarına göre bireyselleştirilmiş olması, egzersiz reçetesinin hastaların mevcut aerobik kapasitesine uygun şekilde planlanmasına olanak tanımış ve elde edilen sonuçların güvenilirliğini artırmıştır. Bunun yanı sıra çalışmada aerobik kapasite parametrelerine ek olarak motor fonksiyonlar, duyu fonksiyonları, fonksiyonel bağımsızlık ve yaşam kalitesi gibi çok boyutlu klinik sonuçların birlikte değerlendirilmiş olması, rehabilitasyon programının etkilerinin daha kapsamlı biçimde ortaya konmasına katkı sağlamaktadır.

Çalışmamızın Kısıtlılıkları

Bu çalışmada örneklem sayısının ve tedavi süresinin sınırlı olması, yalnızca konvansiyonel rehabilitasyon uygulanan bir kontrol grubunun bulunmaması çalışmanın kısıtlılıkları arasında sayılabilir. Örneklem sayısının sınırlı kalmasında, belirlenen dahil edilme ve dışlanma kriterlerinin görece kısıtlayıcı olması etkili olmuştur. Konvansiyonel rehabilitasyon grubunun olmaması ve subakut dönemde ortaya çıkabilecek spontan iyileşme etkisi tedaviye bağlı kazanımların ayrıştırılmasını güçleştirmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, inmeli hastalarda konvansiyonel rehabilitasyona ek olarak uygulanan üst ekstremite ergometresi ile FES destekli üst ekstremite ergometresinin aerobik kapasite, motor fonksiyon, fonksiyonel bağımsızlık, duyu fonksiyonları ve yaşam kalitesi üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirildi. Elde edilen bulgular, her iki tedavi yaklaşımının da tedavi öncesine kıyasla birçok parametrede anlamlı iyileşme sağladığını gösterdi. Bununla birlikte, iki tedavi yönteminin aerobik kapasite, fonksiyonel bağımsızlık ve yaşam kalitesi açısından birbirine üstünlüğü saptanmadı.

İki grupta da kardiyorespiratuar kapasitede (VO_2pik) anlamlı artış gözlendi, ancak gruplar arasında fark bulunmadı. Çalışmamızın bu sonucu hastaya uygun bireyselleştirilmiş üst ekstremite aerobik egzersiz reçetesi ile uygulanan, FES destekli olsun veya olmasın, ergometre eğitiminin sınırlı kas kütlesi kullanmasına rağmen aerobik kapasite artışına katkısı olduğunu gösterdi. Endurans parametreleri açısından, her iki grupta egzersiz toleransında artış gözlenmekle birlikte, KPET süresi ve maksimum yükteki iyileşmenin ergometre grubunda daha belirgin olduğu saptandı. Bu durum, aktif katılımın ön planda olduğu egzersizlerin endurans gelişimine daha fazla katkı sağladığını düşündürmektedir.

Motor fonksiyonlar açısından incelendiğinde, her iki grupta FMA-ÜE skorlarında anlamlı iyileşme saptanmakla birlikte, değişim miktarının FES grubunda daha fazla olduğu görüldü. Bu bulgu, FES uygulamasının kas aktivasyonunu artırarak motor öğrenme ve nöroplastisiteyi desteklediğini düşündürmektedir. İki grup arasında anlamlı fark olmasa da aktif katılımlı ergometrik egzersizin ise proprioseptif duyuyu daha fazla geliştirdiği gözlendi.

Fonksiyonel bağımsızlık, taktil duyu fonksiyonları ve yaşam kalitesi açısından her iki grupta da anlamlı iyileşmeler elde edildi, ancak iki tedavi yönteminin birbirine üstünlüğü saptanmadı. Bu durum, uygulanan tedavi yaklaşımlarının benzer düzeyde etkili olduğunu düşündürmektedir.

Çalışmamızın sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, FES destekli üst ekstremite ergometresinin özellikle motor fonksiyonlardaki iyileşmeyi artırma potansiyeline sahip olduğu ve beraberinde aerobik kapasite ve fonksiyonel sonuçlar açısından sadece ergometre eğitimi ile benzer kazanımı sağlayabildiğini göstermektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Sacco RL, Kasner SE, Broderick JP. An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2013;44(7):2064-89.
2. Campbell BCV, De Silva DA, Macleod MR. Ischaemic stroke. Nature Reviews Disease Primers. 2019;5(1):70.
3. Kuriakose D, Xiao Z. Pathophysiology and Treatment of Stroke: Present Status and Future Perspectives. International Journal of Molecular Sciences. 2020;21(20):7609.
4. Kaymak Karataş G. İnme rehabilitasyonu. In: Beyazova M, Gökçe Kutsal Y, editors. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. 2. 3. baskı ed. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2016.
5. Kuran B. İnmede motor değerlendirme. In: Çetinkaya Öneş K, Öztop Çiftkaya P, editors. İnme Rehabilitasyonu. Ankara: Dünya Tıp Kitabevi; 2024.
6. Yochelson MR, Dennison ACS, Kolarova AL. Stroke rehabilitation. In: Cifu DX, editor. Braddom's Physical Medicine and Rehabilitation. 6th edition ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2021.
7. Hatem SM, Saussez G, Della Faille M, al. e. Rehabilitation of motor function after stroke: a multiple systematic review focused on techniques to stimulate upper extremity recovery. Frontiers in Human Neuroscience. 2016;10:442.
8. Kristensen MGH, Busk H, Wienecke T. Neuromuscular Electrical Stimulation Improves Activities of Daily Living Post Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis. Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation. 2021;4(1):100167.
9. LoMauro A, Gervasoni F. 20 years of neuromuscular electrical stimulation in COPD. European Respiratory Review. 2024;33(171):220247.
10. Ho CH, Triolo RJ, Elias AL, al. e. Functional electrical stimulation and spinal cord injury. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America. 2014;25(3):631-ix.
11. Peri E, Ambrosini E, Pedrocchi A, Ferrigno G, Nava C, Longoni V, et al. Can FES-Augmented Active Cycling Training Improve Locomotion in Post-Acute Elderly Stroke Patients? Eur J Transl Myol. 2016;26(3):6063.
12. Li X, He Y, Wang D, Rezaei MJ. Stroke rehabilitation: from diagnosis to therapy. Frontiers in Neurology. 2024;Volume 15 - 2024.
13. Saltychev M, Sjögren T, Bärlund E, Laimi K, Paltamaa J. Do aerobic exercises really improve aerobic capacity of stroke survivors? A systematic review and meta-analysis. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. 2016;52(2):233-43.
14. Cuccurullo SJ, Fleming TK, Petrosyan H, Hanley DF, Raghavan P. Mechanisms and benefits of cardiac rehabilitation in individuals with stroke: emerging role of its impact on improving cardiovascular and neurovascular health. Front Cardiovasc Med. 2024;11:1376616.

15. MacKay-Lyons M, Billinger SA, Eng JJ, al. e. Aerobic Exercise Recommendations to Optimize Best Practices in Care After Stroke: AEROBICS 2019 Update. Physical Therapy. 2020;100(1):149-56.
16. Kleindorfer DO, Towfighi A, Chaturvedi S, Cockroft KM, Gutierrez J, Lombardi-Hill D, et al. 2021 Guideline for the Prevention of Stroke in Patients With Stroke and Transient Ischemic Attack: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2021;52(7):e364-e467.
17. Lee SY, Kang SY, Im SH, Kim BR, Kim SM, Yoon HM, et al. The effects of assisted ergometer training with a functional electrical stimulation on exercise capacity and functional ability in subacute stroke patients. Ann Rehabil Med. 2013;37(5):619-27.
18. Bauer P, Krewer C, Golaszewski S, Koenig E, Müller F. Functional electrical stimulation-assisted active cycling--therapeutic effects in patients with hemiparesis from 7 days to 6 months after stroke: a randomized controlled pilot study. Arch Phys Med Rehabil. 2015;96(2):188-96.
19. Aaron SE, Vanderwerker CJ, Embry AE, Newton JH, Lee SCK, Gregory CM. FES-assisted Cycling Improves Aerobic Capacity and Locomotor Function Postcerebrovascular Accident. Med Sci Sports Exerc. 2018;50(3):400-6.
20. Coupland AP, Thapar A, Qureshi MI, Jenkins H, Davies AH. The definition of stroke. Journal of the Royal Society of Medicine. 2017;110(1):9-12.
21. Virani SS, Alonso A, Benjamin EJ, Bittencourt MS, Callaway CW, Carson AP, et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2020 Update: A Report From the American Heart Association. Circulation. 2020;141(9):e139-e596.
22. Mendelson SJ, Prabhakaran S. Diagnosis and Management of Transient Ischemic Attack and Acute Ischemic Stroke: A Review. JAMA. 2021;325(11):1088-98.
23. Feigin VL, Stark BA, Johnson CO, al. e. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. The Lancet Neurology. 2024;23(10):973-1003.
24. Feigin VL, Brainin M, Norrving B, al. e. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022. International Journal of Stroke. 2022;17(1):18-29.
25. Feigin VL, Brainin M, Norrving B, al. e. World Stroke Organization: Global Stroke Fact Sheet 2025. International Journal of Stroke. 2025;20(2):132-44.
26. Topçuoğlu MA. Stroke Epidemiology and Near Future Projection in Turkey: Analysis of Turkey Data from the Global Burden of Disease Study. Turkish Journal of Neurology. 2022;28(4):200-11.
27. Börü Ü, Kulualp A, Tarhan Ö, Bölük C, Duman A, Zeytin Demiral G, et al. Stroke prevalence among the Turkish population in a rural area of Istanbul: A community-based study. SAGE Open Medicine. 2018;6:2050312118797565.
28. Bushnell C, Kernan WN, Sharrief AZ, Chaturvedi S, Cole JW, Cornwell WK, et al. 2024 Guideline for the Primary Prevention of Stroke: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2024;55(12):e344-e424.

29. Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Cherney LR, Cramer SC, et al. Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery. Stroke. 2016;47(6):e98-e169.
30. Boehme AK, Esenwa C, Elkind MS. Stroke Risk Factors, Genetics, and Prevention. Circulation Research. 2017;120(3):472-95.
31. Chang Y, Eom S, Kim M, Song T-J. Medical Management of Dyslipidemia for Secondary Stroke Prevention: Narrative Review. Medicina. 2023;59(4):776.
32. Organization WH. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organization; 2020.
33. Gasbarrino K, Di Iorio D, Daskalopoulou SS. Importance of sex and gender in ischaemic stroke and carotid atherosclerotic disease. European Heart Journal. 2021;43(6):460-73.
34. Faigle R, Towfighi A. Advances in the Understanding of Social Determinants of Health in Stroke. Stroke. 2024;55(6):1680-2.
35. Reshetnyak E, Ntamatungiro M, Pinheiro LC, Howard VJ, Carson AP, Martin KD, et al. Impact of Multiple Social Determinants of Health on Incident Stroke. Stroke. 2020;51(8):2445-53.
36. Owolabi MO, Thrift AG, Mahal A, Ishida M, Martins S, Johnson WD, et al. Primary stroke prevention worldwide: translating evidence into action. The Lancet Public Health. 2022;7(1):e74-e85.
37. Jelinek M, Jurajda M, Duris K. Oxidative Stress in the Brain: Basic Concepts and Treatment Strategies in Stroke. Antioxidants (Basel). 2021;10(12).
38. Iadecola C, Anrather J. The immunology of stroke: from mechanisms to translation. Nat Med. 2011;17(7):796-808.
39. Bersano A, Gatti L. Pathophysiology and Treatment of Stroke: Present Status and Future Perspectives. International Journal of Molecular Sciences. 2023;24(19):14848.
40. Frizzell JP. Acute stroke. AACN Clinical Issues: Advanced Practice in Acute and Critical Care. 2005;16(4):421-40.
41. Kakkar P, Kakkar T, Patankar T, Saha S. Current approaches and advances in the imaging of stroke. Disease Models & Mechanisms. 2021;14(12):dmm048785.
42. Radu RA, Terecoasă EO, Băjenaru OA, Tiu C. Etiologic classification of ischemic stroke: Where do we stand? Clinical Neurology and Neurosurgery. 2017;159:93-106.
43. Parmar P. Stroke: classification and diagnosis. Clinical Pharmacist. 2018;10(1).
44. Amarenco P, Bogousslavsky J, Caplan LR, Donnan GA, Hennerici MG. Classification of Stroke Subtypes. Cerebrovascular Diseases. 2009;27(5):493-501.
45. Easton JD, Saver JL, Albers GW, Alberts MJ, Chaturvedi S, Feldmann E, et al. Definition and Evaluation of Transient Ischemic Attack. Stroke. 2009;40(6):2276-93.
46. Chowdhury FH, Mohammod QD, Chowdhury MSZH. Ischemic Stroke, Arterio-Occlusive Diseases and Cerebral Venous Sinus Thrombosis (CVST). In: Chowdhury FH, Sarker MH, Haque MR, Kawsar KA, Rumi JUM, editors. Principles of Neurosurgery. Basel, Switzerland: MDPI; 2024.

47. Lo BWY, Fukuda H. Advances in Ischemic Stroke Treatment: Current and Future Therapies. Neurol Ther. 2025;14(5):1783-96.
48. Shafaat O, Sotoudeh H. Stroke Imaging. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
49. Khaku AS, Tadi P. Cerebrovascular Disease. StatPearls. Updated 2023 Aug 7 ed. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
50. Carvalho V, Cruz VT. Clinical presentation of vertebrobasilar stroke. Porto Biomed J. 2020;5(6):e096.
51. Elhan AH, Kutlay S, Küçükdeveci AA, Cotuk C, Oztürk G, Tesio L, et al. Psychometric properties of the Mini-Mental State Examination in patients with acquired brain injury in Turkey. J Rehabil Med. 2005;37(5):306-11.
52. Umeonwuka C, Roos R, Ntsiea V. Current trends in the treatment of patients with post-stroke unilateral spatial neglect: a scoping review. Disability and Rehabilitation. 2022;44(11):2158-85.
53. Cichon N, Wlodarczyk L, Saluk-Bijak J, Bijak M, Redlicka J, Gorniak L, et al. Novel Advances to Post-Stroke Aphasia Pharmacology and Rehabilitation. J Clin Med. 2021;10(17).
54. Çevikol A, Çakcı A. İnme rehabilitasyonu. In: Oğuz H, Çakırbay H, Yanık B, editors. Tıbbi Rehabilitasyon. 3. baskı ed. Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri; 2015.
55. Wilson SM, Schneck SM. Neuroplasticity in Post-Stroke Aphasia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Functional Imaging Studies of Reorganization of Language Processing. Neurobiology of Language. 2020;2(1):22-82.
56. Msigwa SS, Cheng X. The management of subacute and chronic vascular aphasia: an updated review. The Egyptian Journal of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery. 2020;56(1):92.
57. Shahid J, Kashif A, Shahid MK. A Comprehensive Review of Physical Therapy Interventions for Stroke Rehabilitation: Impairment-Based Approaches and Functional Goals. Brain Sciences. 2023;13(5):717.
58. Buma F, Kwakkel G, Ramsey N. Understanding upper limb recovery after stroke. Restorative Neurology and Neuroscience. 2013;31(6):707-22.
59. Coupar F, Pollock A, Rowe P, Weir C, Langhorne P. Predictors of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. Clinical Rehabilitation. 2012;26(4):291-313.
60. Bolognini N, Russo C, Edwards DJ. The sensory side of post-stroke motor rehabilitation. Restorative Neurology and Neuroscience. 2016;34(4):571-86.
61. Vural M, Aydeniz B. Hemiplejide disfaji rehabilitasyonu. In: Çetinkaya Öneş K, Öztop Çiftkaya P, editors. İnme Rehabilitasyonu. Ankara: Dünya Tıp Kitabevi; 2024. p. 57-70.
62. Hong JM, Kim DS, Kim M. Hemorrhagic Transformation After Ischemic Stroke: Mechanisms and Management. Frontiers in Neurology. 2021;Volume 12 - 2021.
63. Wolcott ZC, Freund BE, Tatum WO, Feyissa AM. Antiseizure medications for primary and secondary seizure prevention after stroke. Frontiers in Neurology. 2025;Volume 16 - 2025.

64. Umay E, Eyigor S, Ertekin C, Unlu Z, Selcuk B, Bahat G, et al. Best Practice Recommendations for Stroke Patients with Dysphagia: A Delphi-Based Consensus Study of Experts in Turkey-Part II: Rehabilitation. Dysphagia. 2021;36(5):800-20.
65. Özişler Z. İnmede nörojenik mesane ve nörojenik bağırsak değerlendirme ve rehabilitasyon. In: Çetinkaya Öneş K, Öztop Çiftkaya P, editors. İnme Rehabilitasyonu. Ankara: Dünya Tıp Kitabevi; 2024. p. 313-31.
66. Ata AM, Alemdaroğlu E. İnme sonrası yoğun bakımda rehabilitasyon. In: Çetinkaya Öneş K, Öztop Çiftkaya P, editors. İnme Rehabilitasyonu. Ankara: Dünya Tıp Kitabevi; 2024. p. 169-81.
67. Kwakkel G, Stinear C, Essers B, Munoz-Novoa M, Branscheidt M, Cabanas-Valdés R, et al. Motor rehabilitation after stroke: European Stroke Organisation (ESO) consensus-based definition and guiding framework. European Stroke Journal. 2023;8(4):880-94.
68. Feigin VL, Owolabi MO, Feigin VL, Abd-Allah F, Akinyemi RO, Bhattacharjee NV, et al. Pragmatic solutions to reduce the global burden of stroke: a World Stroke Organization. The Lancet Neurology. 2023;22(12):1160-206.
69. Alt Murphy M, Munoz-Novoa M, Heremans C, Branscheidt M, Cabanas-Valdés R, Engelter ST, et al. European Stroke Organisation (ESO) guideline on motor rehabilitation. Eur Stroke J. 2025;10(4):1160-88.
70. Stinear CM, Lang CE, Zeiler S, Byblow WD. Advances and challenges in stroke rehabilitation. Lancet Neurol. 2020;19(4):348-60.
71. Teasell R, Salbach NM, Foley N, Mountain A, Cameron JI, Jong Ad, et al. Canadian Stroke Best Practice Recommendations: Rehabilitation, Recovery, and Community Participation following Stroke. Part One: Rehabilitation and Recovery Following Stroke; 6th Edition Update 2019. International Journal of Stroke. 2020;15(7):763-88.
72. Pollock A, Farmer SE, Brady MC, Langhorne P, Mead GE, Mehrholz J, et al. Interventions for improving upper limb function after stroke. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2014(11).
73. Chasiotis AK, Papadopoulou M, Giannopapas V, Smyrni V, Theodorou A, Bakola E, et al. Efficacy of Physical Therapy Rehabilitation in the Cardiovascular Deconditioning of Post-Stroke Survivors: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Clin Med. 2025;14(10).
74. Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, Johnson L, Kramer S, Carter DD, et al. Physical fitness training for stroke patients. Cochrane Database Syst Rev. 2020;3(3):Cd003316.
75. Pang MY, Charlesworth SA, Lau RW, Chung RC. Using aerobic exercise to improve health outcomes and quality of life in stroke: evidence-based exercise prescription recommendations. Cerebrovasc Dis. 2013;35(1):7-22.
76. Sonel Tur B, Bilir Kaya B. Kardiyopulmoner rehabilitasyonda aerobik egzersiz reçeteleme ve uygulama prensipleri. In: Köseoğlu BF, Sonel Tur B, Ordu Gökkaya NK, editors. Kardiyopulmoner Rehabilitasyonda Egzersiz Reçeteleme ve Uygulama Prensipleri. 1. baskı ed. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2023. p. 1-9.

77. Letombe A, Cornille C, Delahaye H, Khaled A, Morice O, Tomaszewski A, et al. Early post-stroke physical conditioning in hemiplegic patients: A preliminary study. Ann Phys Rehabil Med. 2010;53(10):632-42.
78. Shakespeare J, Parkes E. Reference values for arm ergometry cardiopulmonary exercise testing (CPET) in healthy volunteers. BMJ Open Respiratory Research. 2025;12:e002806.
79. Larsen RT, Christensen J, Tang LH, Keller C, Doherty P, Zwisler AD, et al. A Systematic Review And Meta-Analysis Comparing Cardiopulmonary Exercise Test Values Obtained From The Arm Cycle And The Leg Cycle Respectively In Healthy Adults. Int J Sports Phys Ther. 2016;11(7):1006-39.
80. van der Scheer JW, Goosey-Tolfrey VL, Valentino SE, Davis GM, Ho CH. Functional electrical stimulation cycling exercise after spinal cord injury: a systematic review of health and fitness-related outcomes. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2021;18(1):99.
81. Tıkız C, Sarıkaya S. Kardiyopulmoner rehabilitasyonda egzersiz şiddeti tespit metotları ve egzersiz testleri. In: Köseoğlu BF, Sonel Tur B, Ordu Gökkaya NK, editors. Kardiyopulmoner Rehabilitasyonda Egzersiz Reçeteleme ve Uygulama Prensipleri. 1. baskı ed. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2023. p. 50-8.
82. Almaadawy O, Uretsky BF, Krittanawong C, Birnbaum Y. Target Heart Rate Formulas for Exercise Stress Testing: What Is the Evidence? J Clin Med. 2024;13(18).
83. Glaab T, Taube C. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. Respiratory Research. 2022;23(1):9.
84. Pritchard A, Burns P, Correia J, Jamieson P, Moxon P, Purvis J, et al. ARTP statement on cardiopulmonary exercise testing 2021. BMJ Open Respiratory Research. 2021;8(1):e001121.
85. Dores H, Mendes M, Abreu A, Durazzo A, Rodrigues C, Vilela E, et al. Cardiopulmonary exercise testing in clinical practice: Principles, applications, and basic interpretation. Rev Port Cardiol. 2024;43(9):525-36.
86. Balady GJ, Arena R, Sietsema K, Myers J, Coke L, Fletcher GF, et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2010;122(2):191-225.
87. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. Am J Respir Crit Care Med. 2003;167(2):211-77.
88. Brunnstrom S. Motor testing procedures in hemiplegia: based on sequential recovery stages. Phys Ther. 1966;46(4):357-75.
89. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke: A Critical Review of Its Measurement Properties. Neurorehabilitation and Neural Repair. 2002;16(3):232-40.
90. Küçükdeveci AA, Yavuzer G, Tennant A, Süldür N, Sonel B, Arasil T. Adaptation of the modified Barthel Index for use in physical medicine and rehabilitation in Turkey. Scand J Rehabil Med. 2000;32(2):87-92.

91. Mehrholz J, Wagner K, Rutte K, Meissner D, Pohl M. Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. Arch Phys Med Rehabil. 2007;88(10):1314-9.
92. Bertrand AM, Fournier K, Wick Brasey MG, Kaiser ML, Frischknecht R, Diserens K. Reliability of maximal grip strength measurements and grip strength recovery following a stroke. J Hand Ther. 2015;28(4):356-62; quiz 63.
93. Stolk-Hornsveld F, Crow JL, Hendriks EP, van der Baan R, Harmeling-van der Wel BC. The Erasmus MC modifications to the (revised) Nottingham Sensory Assessment: a reliable somatosensory assessment measure for patients with intracranial disorders. Clin Rehabil. 2006;20(2):160-72.
94. De Bruyn N, Meyer S, Kessner SS, Essers B, Cheng B, Thomalla G, et al. Functional network connectivity is altered in patients with upper limb somatosensory impairments in the acute phase post stroke: A cross-sectional study. PLoS One. 2018;13(10):e0205693.
95. Kücükdeveci AA, McKenna SP, Kutlay S, Gürsel Y, Whalley D, Arasil T. The development and psychometric assessment of the Turkish version of the Nottingham Health Profile. Int J Rehabil Res. 2000;23(1):31-8.
96. van de Port IG, Kwakkel G, Wittink H. Systematic review of cardiopulmonary exercise testing post stroke: Are we adhering to practice recommendations? J Rehabil Med. 2015;47(10):881-900.
97. Akkurt H, Karapolat HU, Kirazli Y, Kose T. The effects of upper extremity aerobic exercise in patients with spinal cord injury: a randomized controlled study. Eur J Phys Rehabil Med. 2017;53(2):219-27.
98. McCartney KM, Edwards D, Pohlig R, Boyne P, Wright T, Wright H, et al. Cardiopulmonary exercise tests in people with chronic stroke: Interpretation and clinical application. Clin Rehabil. 2025;39(3):306-16.
99. da Rosa Pinheiro DR, Cabeleira MEP, da Campo LA, Gattino LAF, de Souza KS, Dos Santos Burg L, et al. Upper limbs cycle ergometer increases muscle strength, trunk control and independence of acute stroke subjects: A randomized clinical trial. NeuroRehabilitation. 2021;48(4):533-42.
100. Kaupp C, Pearcey GEP, Klarner T, Sun Y, Cullen H, Barss TS, et al. Rhythmic arm cycling training improves walking and neurophysiological integrity in chronic stroke: the arms can give legs a helping hand in rehabilitation. Journal of Neurophysiology. 2018;119(3):1095-112.
101. Howlett OA, Lannin NA, Ada L, McKinstry C. Functional electrical stimulation improves activity after stroke: a systematic review with meta-analysis. Arch Phys Med Rehabil. 2015;96(5):934-43.
102. Eraifej J, Clark W, France B, Desando S, Moore D. Effectiveness of upper limb functional electrical stimulation after stroke for the improvement of activities of daily living and motor function: a systematic review and meta-analysis. Systematic Reviews. 2017;6(1):40.
103. Khan MA, Fares H, Ghayvat H, Brunner IC, Puthusserypady S, Razavi B, et al. A systematic review on functional electrical stimulation based rehabilitation systems for upper limb post-stroke recovery. Frontiers in Neurology. 2023;Volume 14 - 2023.

104. Karaahmet OZ, Gurcay E, Unal ZK, Cankurtaran D, Cakci A. Effects of functional electrical stimulation-cycling on shoulder pain and subluxation in patients with acute–subacute stroke: a pilot study. International Journal of Rehabilitation Research. 2019;42(1):36-40.
105. Byrne D, Cahill LS, Barr C, George S. Assessment of sensory impairment of the upper limb post-stroke by occupational therapists within the acute setting: A mixed methods study exploring current clinical practice. Br J Occup Ther. 2023;86(12):830-8.
106. Hoh JE, Semrau JA. The Role of Sensory Impairments on Recovery and Rehabilitation After Stroke. Current Neurology and Neuroscience Reports. 2025;25(1):22.
107. Mann GE, Burridge JH, Malone LJ, Strike PW. A Pilot Study to Investigate the Effects of Electrical Stimulation on Recovery of Hand Function and Sensation in Subacute Stroke Patients. Neuromodulation: Technology at the Neural Interface. 2005;8(3):193-202.
108. Wang HC, Chou W, You YL, Wang YL, Hsu M, Yang CC, et al. Effects of Thermal Stimulation and Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Sensory and Motor Function of Upper Extremity in Acute Stroke Survivors: A Randomized Controlled Pilot Study. Cureus. 2024;16(6):e63375.
109. Findlater SE, Dukelow SP. Upper Extremity Proprioception After Stroke: Bridging the Gap Between Neuroscience and Rehabilitation. Journal of Motor Behavior. 2017;49(1):27-34.
110. Gezer H, Karaahmet OZ, Gurcay E, Dulgeroglu D, Cakci A. The effect of aerobic exercise on stroke rehabilitation. Ir J Med Sci. 2019;188(2):469-73.
111. Topcuoglu A, Gokkaya NK, Ucan H, Karakuş D. The effect of upper-extremity aerobic exercise on complex regional pain syndrome type I: a randomized controlled study on subacute stroke. Top Stroke Rehabil. 2015;22(4):253-61.

8. ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı Soyadı: Banu Ece SAVTOK GÜLER

Doğum Yeri ve Tarihi:

Uyruğu: T.C.

Medeni Durumu: Evli

E-posta adresi:

Telefon:

Yabancı Dil: İngilizce

II- Eğitimi

2015-2021 Ufuk Üniversitesi Tıp Fakültesi

2011-2015 Ankara Gazi Anadolu Lisesi

2005-2011 TED Ankara Koleji

III- Mesleki Deneyimi

2022-halen SBÜ Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi, Asistan hekim

9. EKLER

EK-1: BRUNNSTROM MOTOR İYİLEŞME EVRELEMESİ

Brunnstrom Hemipleji İyileşme Evrelemesi

Brunnstrom's Hemiplegia Recovery Staging

Hastanın Adı Soyadı: ..... Tarih: ..../..../.....

Üst Ekstremite	El	Alt Ekstremite
Evre:	Evre:	Evre: .....

Üst Ekstremite Motor Evrelemesi

Evre 1:	Tutulan kolda hiçbir hareket yoktur. Flasktır.
Evre 2:	İstemli harekete başlama çabası + sinerji paternleri. Önce fleksör sinerji ortaya çıkar. Spastisite gelişmeye başlar.
Evre 3:	Spastisite belirgindir. Hareket sinerjilerinde istemli kontrol başlar.
Evre 4.a:	Elin vücudun arkasına, sakral bölgeye değdirilmesi.
Evre 4.b:	Dirsek ekstansiyonda iken omuzun 90 derce fleksiyonu.
Evre 4.c:	Dirsek 90 derece fleksiyonda ve kol vücuda yakın iken supinasyon ve pronasyon.
Evre 5.a:	Dirsek ekstansiyonda, ön kol pronasyonda ve omuz 90 derece abduksiyonda iken kol yukarı kaldırılır.
Evre 5.b:	Dirsek ekstansiyonda iken omuz 90 dereceden fazla fleksiyon yapabilir.
Evre 5.c:	Dirsek ekstansiyonda, omuz 90 derecede fleksiyonda iken pronasyon ve supinasyon yapabilir.
Evre 6:	İzole eklem hareketleri yapabilir, koordinasyonu iyidir. Ancak hızlı hareketler sırasında koordinasyon bozukluğu saptanabilir.
Evre 7:	Normal motor fonksiyon kazanılmıştır.

Elin Motor Evrelemesi

Evre 1:	El flasktır. İstemli motor aktivite yoktur.
Evre 2:	Parmaklarda hafif fleksiyon hareketi başlamıştır.
Evre 3:	Kaba ve çengel kavrama. İstemli parmak ekstansiyonu ve gevşeme yok.
Evre 4:	Lateral kavrama yapabilir, başparmak hareketi ile cisimleri bırakabilir.
Evre 5:	Tam istemli ve kontrollü olmamakla birlikte palmar kavrama, silindirik ya da sferik parmak kavramaları başlamıştır.
Evre 6:	Tüm kavramalarda kontrol kazanılır, parmaklarda izole fleksiyon ve tam ekstansiyon yapılabilir.

Alt Ekstremite Motor Evrelemesi

Evre 1:	Tutulan bacakta hiçbir hareket yoktur. Bacak tümüyle gevşektir.
Evre 2:	Minimal istemli hareket mevcuttur.
Evre 3:	Otururken ve ayakta kalça, diz ayak bileği fleksiyonu istemli olarak yapılabilir. Spastisite en yüksek noktadadır.
Evre 4:	Otururken ayağını arakaya koyarak 90 dereceyi aşan diz fleksiyonu yapabilir. Topuğu yerden kaldırmadan ayak bileği dorsofleksiyonu yapabilir.
Evre 5:	Ayakta o bacağa ağırlık vermeden izole diz fleksiyonu ile beraber kalça ekstansiyonu, kalça ve diz ekstansiyonu ile izole ayak bileği dorsofleksiyonu yapabilir.
Evre 6:	Otururken veya ayakta dururken kalça abdüksiyonu, otururken ayak bileği inversiyonu ve eversiyonu ile beraber dizin resiprokal içe ve dışa rotasyonunu başarabilir.

Signe Brunnstrom (1966) Phys Ther. 1966 Apr;46(4):357-75.

ftronline

www.ftronline.com

Tasarım ve düzenleme: Dr. Ender Salbaş 2016

EK-2: FUGL-MEYER MOTOR DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

Adı-Soyadı: ..... **Tarih:** ...../...../…….

Toplam Skor	*Maks Skor*	*ÜST EKSTREMİTE:*	*Skor*	*Skorlama*
.....	4	***1. REFLEKS AKTİVİTE:***		
		Biceps	**0 2**	Skor 0: Refleks aktivite yok. Skor 2: Refleks aktivite fleksörlerde ve/veya ekstansörlerde ortaya çıkabiliyor
		Triceps	**0 2**	
.....	12	***2. FLEKSÖR SİNERJİ:***		
		I. Omuz elevasyonu	**0 1 2**	Skor 0: Herhangi bir harekete yapılamıyor. Skor 1: Hareketler kısmen yapılıyor. Skor 2: Hareketler normal olarak yapılabiliyor.
		II. Omuz retraksiyonu	**0 1 2**	
		III. Omuz abdüksiyonu (en az 90°)	**0 1 2**	
		IV. Omuz (dış) rotasyonu	**0 1 2**	
		V. Dirsek fleksiyonu	**0 1 2**	
		VI. Önkol supinasyonu	**0 1 2**	
.....	6	***3. EKSTANSÖR SİNERJİ:***		
		I. Omuz addüksiyonu / iç rotasyonu	**0 1 2**	Skor 0: Herhangi bir harekete yapılamıyor. Skor 1: Hareketler kısmen yapılıyor. Skor 2: Hareketler normal olarak yapılabiliyor.
		II. Dirsek ekstansiyonu	**0 1 2**	
		III. Önkol pronasyonu	**0 1 2**	
.....	6	***4. KOMBİNE SİNERJİST HAREKETLER***		
		I. Eli lumbal bölgeye koymak	**0 1 2**	Skor 0: Hareket yok. Skor 1: Elin spina iliaca anterior superioru geçebilmesi. Skor 2: Elin lomber omurgaya değebilmesi.
		II. Dirsek 0°de iken omuzun 90°ye fleksiyonu	**0 1 2**	Skor 0: Omuz doğrudan abdükte olur veya hareket başlangıcında dirsek fleksiyonu ortaya çıkar. Skor 1: Hareketin geç fazında omuzun abdüksiyonu veya dirseğin fleksiyonu ortaya çıkar. Skor 2: Hareketler normal olarak yapılabilir.
		III. Omuz nötral pozisyonda (0°de iken) ve dirsek 90° fleksiyonda iken önkolun pronasyon / supinasyonu	**0 1 2**	Skor 0: Pronasyon ve supinasyon yapılamaz veya gerekli omuz ve dirsek pozisyonu sağlanamaz. Skor 1: Gerekli omuz ve dirsek pozisyonu sağlanırken sınırlı aktif pronasyon ve supinasyon yapılabilir. Skor 2: Hareketler normal olarak yapılabilir.

.....	6	***5. SİNERJİ DIŞI HAREKETLER:***		
		I. Dirsek 0° fleksiyonda (ekstansiyonda) iken ve ön kol pronasyonunda iken omuzun 90°'lik abdüksiyonu.	0 1 2	Skor 0: Hareketin başlangıcında dirsek fleksiyonu ortaya çıkar veya önkol pronasyonunu koruyamaz. Skor 1: Hareket kısmen yapılabilir veya hareket esnasında dirsek fleksiyonu ortaya çıkar ya da önkol pronasyonunu koruyamaz. Skor 2: Hareketin normal yapılabilmesi.
		II. Dirsek 0° fleksiyonda (ekstansiyonda) iken ve omuzun 90°'lik fleksiyonu.	0 1 2	Skor 0: Hareketin başlangıcında dirsek fleksiyonu veya omuz abdüksiyonu ortaya çıkar. Skor 1: Hareket kısmen yapılabilir veya hareket esnasında dirsek fleksiyonu veya omuz abdüksiyonu ortaya çıkar. Skor 2: Hareketin normal yapılabilmesi.
		III. Omuz 0°'de ve dirsek 90° fleksiyonda iken önkolun pronasyon/supinasyonu.	0 1 2	Skor 0: Pronasyon ve supinasyon yapılamaz veya gerekli üst ve dirsek pozisyonu sağlanamaz. Skor 1: Gerekli omuz ve dirsek pozisyonu sağlanırken sınırlı aktif pronasyon ve supinasyon yapılabilir. Skor 2: Hareketin normal yapılabilmesi.
.....	10	***6. EL BİLEĞİ DEĞERLENDİRMESİ:***		
		-Stabilite I. El bileği dorsifleksiyonu	0 1 2	Skor 0: Hasta 15°'lik el bileği dorsifleksiyonunu yapamaz. Skor 1: Dorsifleksiyonu tamamlar ama dirence karşı koyamaz. Skor 2: Hafif bir direnç karşısında pozisyonunu korur.
		II. Omuz 0° ve dirsek 90°'lik fleksiyonda iken el bileği fleksiyonu / ekstansiyonu	0 1 2	Skor 0: İstenilen pozisyonda hareket oluşturulamaz. Skor 1: İstenilen pozisyonda EHA boyunca hareket sürdürülemez. Skor 2: İstenilen pozisyonda hareket tamamlanır.
		III. El Bileği Stabilitesi;	0 1 2	Skor 0: Hasta 15°'lik el bileği dorsifleksiyonunu yapamaz. Skor 1: Dorsifleksiyonu tamamlar ama dirence karşı koyamaz. Skor 2: Hafif bir direnç karşısında pozisyonunu korur.

		IV. Omuz 30°'lik fleksiyonda ve dirsek 0°'de iken el bileği fleksiyonu/ekstansiyonu.	0 1 2	Skor 0: İstenilen pozisyonda hareket oluşturulamaz. Skor 1: İstenilen pozisyonda EHA boyunca hareket sürdürülemez. Skor 2: İstenilen pozisyonda hareket tamamlanır.
		V. El bileği sirkümdüksiyonu	0 1 2	Skor 0: Hareket yapılamaz. Skor 1: Düzensiz veya tamamlanamayan sirkümdüksiyon. Skor 2: Hareket akıcı olarak tamamlanır.
…..	14	***7. EL DEĞERLENDİRMESİ:***		
		I. Parmakların kütle fleksiyonu	0 1 2	Skor 0: Parmaklarda fleksiyon yok. Skor 1: Kısmi parmak fleksiyonu, hareketi tamamlayamaz. Skor 2: Tam aktif fleksiyon mevcut.
		II. Parmakların kütle ekstansiyonu	0 1 2	Skor 0: Parmaklarda ekstansiyon yok. Skor 1: Kısmi parmak ekstansiyonu, hareketi tamamlayamaz. Skor 2: Tam aktif ekstansiyon mevcut.
		III. Kavrama I: MKP eklemler ekstansiyonda, PİF ve DİF'ler fleksiyonda iken kavrama	0 1 2	Skor 0: Kavrama yapamaz. Skor 1: Zayıf kavrama. Skor 2: Dirence karşı kavrama mevcut.
		IV. Kavrama II: Başparmak addüksiyonu ile (1. parmak KMK eklem ve interfalangeal eklem 0°'de iken)	0 1 2	Skor 0: Kavrama yapamaz. Skor 1: Zayıf kavrama (Kağıdı tutabilir fakat çekmeye karşı koyamaz). Skor 2: Dirence karşı kavrama mevcut.
		V. Kavrama III: Kalem tutma tarzında (başparmak ve işaret parmağı pulpları arasında)	0 1 2	Skor 0: Kavrama yapamaz. Skor 1: Zayıf kavrama (Kalemi tutabilir fakat çekmeye karşı koyamaz). Skor 2: Dirence karşı kavrama mevcut.
		VI. Kavrama IV: Silindirik kavrama (1. ve 2. parmağın volar yüzleri karşılıklı gelecek şekilde)	0 1 2	Skor 0: Kavrama yapamaz. Skor 1: Zayıf kavrama (Küçük bir silindiri tutabilir fakat çekmeye karşı koyamaz). Skor 2: Dirence karşı kavrama mevcut.

		VII. Kavrama V: Küresel (sferik) kavrama	**0 1 2**	Skor 0: Kavrama yapamaz. Skor 1: Zayıf kavrama (Tenis topunu tutabilir fakat çekmeye karşı koyamaz). Skor 2: Dirence karşı kavrama mevcut.
.....	*6*	***8. KOORDİNASYON ve HIZ DEĞERLENDİRMESİ:***		
		I. Tremor	**0 1 2**	Skor 0: Belirgin tremor Skor 1: Hafif tremor Skor 2: Tremor yok
		II. Dismetri	**0 1 2**	Skor 0: Belirgin dismetri Skor 1: Hafif dismetri Skor 2: Dismetri yok
		III. Hız	**0 1 2**	Sağlam tarafa göre; Skor 0: 6 sn'nin üzerinde tamamlanır Skor 1: 2-5,9 sn arasında tamamlanır Skor 2: 2 sn'nin altında tamamlanır
.....ÜST EKSTREMİTE TOTAL SKOR				
Toplam Skor	***Mak Skor***	***ALT EKSTREMİTE:***	***Skor***	***Skorlama***
.....	*6*	***1. REFLEKS AKTİVİTE:***		
		Hamstring	**0 1 2**	Skor 0: Refleks aktivite yok. Skor 1: Refleks aktivite kısmen ortaya çıkabilir. Skor 2: Refleks aktivite ortaya çıkabilir.
		Aşil	**0 1 2**	
		Patellar	**0 1 2**	
.....	*6*	**2.a. FLEKSÖR SİNERJİ:**		
		I. Kalça fleksiyonu	**0 1 2**	Skor 0: Herhangi bir hareket yapılamıyor. Skor 1: Hareket kısmen yapılıyor. Skor 2: Hareket normal olarak yapılabiliyor.
		II. Diz fleksiyonu	**0 1 2**	
		III. Ayak bileği dorsi fleksiyonu	**0 1 2**	
.....	*8*	**2.b. EKSTANSÖR SİNERJİ:**		
		I. Kalça ekstansiyonu	**0 1 2**	Skor 0: Herhangi bir hareket yapılamıyor. Skor 1: Hareket kısmen yapılıyor. Skor 2: Hareket normal olarak yapılabiliyor.
		II. Kalça addüksiyonu	**0 1 2**	
		III. Diz ekstansiyonu	**0 1 2**	
		IV. Ayak bileği plantar fleksiyonu	**0 1 2**	
.....	*4*	**3. DİZ / AYAK BİLEĞİ:**		
		I. Diz fleksiyonu	**0 1 2**	Skor 0: Herhangi bir hareket yapılamıyor. Skor 1: Hareket kısmen yapılıyor. Skor 2: Hareket normal olarak yapılabiliyor.
		II. Ayak bileği dorsi fleksiyonu	**0 1 2**	

.....	*6*	***4. NORMAL REFLEKS HAREKET:***

		I. Diz fleksiyonu	**0 1 2**	Skor 0: Dizini kalça fleksiyonuna yapmadan fleksiyona getiremiyor. Skor 1: Kalça fleksiyonunu başlatır, sonra kalçayı da fleksiyona getirir ya da dizi tam 90° ye getiremez. Skor 2: Dizini 90° fleksiyona getirir.
		II. Ayak bileği dorsifleksiyonu	**0 1 2**	Skor 0: Herhangi bir hareket yapılamıyor. Skor 1: Hareket kısmen yapılıyor. Skor 2: Hareket normal olarak yapılabiliyor.
.....	*6*	***5. KOORDİNASYON ve HIZ:***		
		I. Tremor	**0 1 2**	Skor 0: Belirgin tremor Skor 1: Hafif tremor Skor 2: Tremor yok
		II. Dismetri	**0 1 2**	Skor 0: Belirgin dismetri Skor 1: Hafif dismetri Skor 2: Dismetri yok
		III. Hız	**0 1 2**	Sağlam tarafa göre; Skor 0: 6 sn'nin üzerinde tamamlanır Skor 1: 2-5,9 sn arasında tamamlanır Skor 2: 2 sn'nin altında tamamlanır
.....ALT EKSTREMİTE TOTAL SKOR				

EK-3: MODİFİYE BARTHEL İNDEKSİ

		I	II	III	IV	V
A.	**Transfer**	0	3	8	12	15
B.	**Ambulasyon**	0	3	8	12	15
	Tekerlekli İskemle	0	1	3	4	5
C.	**Merdiven**	0	2	5	8	10
D.	**Beslenme**	0	2	5	8	10
E.	**Giyinme**	0	2	5	8	10
F.	**Kişisel Bakım**	0	1	3	4	5
G.	**Banyo Yapma**	0	1	3	4	5
H.	**Tuvalete Oturup Kalkma**	0	2	5	8	10
I.	**İdrar İnkontinansı**	0	2	5	8	10
J.	**Gaita İnkontinansı**	0	2	5	8	10

I: İş yapmak için yetersizdir.
II: Çok bağımlıdır, iş yapmayı dener fakat emniyetsizdir.
III: Orta derecede yardıma gereksinimi vardır.
IV: Minimal Yardıma gereksinimi vardır.
V: Tamamen bağımsızdır.

EK-4: FONKSİYONEL AMBULASYON SINIFLAMASI

Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması (FAS)

Functional Ambulation Classification (FAC)

Hastanın Adı Soyadı: _____ Tarih: ____/____/_____

Bu sınıflama sistemi hastaları fonksiyonel ambulasyon için gerekli temel motor becerilere göre sınıflandırır.

EVRE		Açıklama;
0	**Non-Fonksiyonel** Yürüyemez veya 2 kişinin yardımıyla yürür.	Hasta ambule olamaz sadece paralel barda ambuledir ya da paralel bar dışında güvenli ambule olabilmek için birden fazla kişinin süpervizyon ya da fiziksel yardımına ihtiyaç duyar.
1	**2. Seviye Bağımlı** Bir kişinin sürekli destek ve gözetiminde yürür.	Hasta düz zeminlerde yürürken düşmemek için bir kişinin manuel desteğinden fazlasına ihtiyaç duymaz. Manuel destek süreklidir ve vücut ağırlığının taşınmasının yanında dengenin sürdürülmesi ve/veya koordinasyona asiste etmek için gereklidir.
2	**1. Seviye Bağımlı** Bir kişinin hastanın ağırlığını taşımaksızın dengeye yardımıyla yürür.	Hasta düz zeminlerde yürürken düşmemek için bir kişinin manuel desteğinden fazlasına ihtiyaç duymaz. Manuel destek denge ve koordinasyona asiste etmek için uygulanan sürekli veya aralıklı hafif dokunmayı içerir.
3	**Gözetime Bağımlı** Bir kişinin yanında bulunması güven verir.	Hasta başka birinin manuel desteği olmaksızın düz zeminlerde fiziksel olarak yürüyebilir durumdadır ancak zayıf değerlendirme becerisi, tartışmalı kardiyak durum veya kalıbın tamamlanması için sözel yönlendirmeye gereksinim varlığında güvenlik açısından başında bir kişinin yol göstermesine ihtiyaç duyar.
4	**Düz Zeminde Bağımsız** Bağımsız yürür ama merdiven ve engebeli yerlerde yardım alır.	Hasta seramik, halı, kaldırım gibi düz zeminlerde bağımsız olarak yürür ancak aşağıdakilerden herhangi biri ile karşılaştığında süpervizyon ya da fiziksel yardıma ihtiyaç duyar: 7'den fazla basamaklı merdiven, 30°'den fazla eğim, çimen, çakıl, gevşek toprak, kar, buz gibi düzgün olmayan zeminler.
5	**Bağımsız** Her hızda ve zeminde bağımsız yürür.	Hasta düz ve düz olmayan zeminlerde, merdivenlerde ve eğimlerde bağımsız olarak yürüyebilir.

EK-5: ERASMUS MC NOTTİNGHAM DUYU ÖLÇEĞİ

ERASMUS MC NOTTINGHAM DUYU ÖLÇEĞİ (EmNSA) Üst Ekstremite									
		SAĞ				**SOL**			
		LT	PR	PP	SB	LT	PR	PP	SB
Yüzeyel duyular (LT, PR, PP) **Kortikal Duyu (SB)**	KOL ÖNKOL EL PARMAKLAR								
	UE SKORU								
Propriosepsiyon	OMUZ DİRSEK EL BİLEĞİ EL PARMAKLARI								
	UE SKORU								

LT: Light touch, hafif dokunma

PR: Pressure, basınç

PP: Pinprick, iğne-ağrı

SB: Sharp/blunt, sivri-künt

UE: Upper extremity, üst ekstremite

EK-6: NOTTİNGHAM SAĞLIK PROFİLİ

VAKA NO: TARİH:

İnsanların günlük yaşamlarında karşılaşabilecekleri bazı sorunlar aşağıda sıralanmıştır. Aşağıdaki listeyi inceleyiniz ve eğer bu sorun sizde varsa "EVET"in altındaki kutunun içine, yoksa "HAYIR"ın altındaki kutunun içine "X" işareti koyunuz. Lütfen her ifadeye yanıt veriniz. Eğer "EVET" veya "HAYIR" yanıtını vermede tereddüt ediyorsanız, şu anda gerçeğe en yakın olanını işaretleyiniz.

	EVET	HAYIR
Kendimi sürekli yorgun hissediyorum		
Geceleri ağrım oluyor		
Her şey moralimi bozuyor		
Dayanılmaz şiddetli ağrılarım var		
Uyuyabilmek için ilaç alıyorum		
Artık eğlenmeyi unuttum		
Kendimi çok sinirli hissediyorum		
Hareket etmek, pozisyon değiştirmek bana ağrı veriyor		
Kendimi yalnız hissediyorum		
Sadece ev içinde yürüyebiliyorum		
Öne eğilmek benim için zor oluyor		
En basit işler için bile çaba göstermem gerekiyor		
Sabahları çok erken saatte uyanıyorum		
Hiç yürüyemiyorum		
Insanlarla geçinmek bana zor geliyor		
Günler geçmek bilmiyormuş gibi geliyor		
Merdivenleri çıkma/inmede zorlanıyorum		
Bazı şeylere, yere uzanmak,yetişmek güç oluyor		
Yürürken ağrım oluyor		
Bugünlerde çok kolay öfkeleniyorum		
Bana yakın hiç kimse yokmuş gibi hissediyorum		
Geceleri çoğunlukla uyanık oluyorum		
Bazen kontrolümü kaybediyormuş gibi hissediyorum		
Ayakta durunca ağrım oluyor		
Kendi kendime giyinmek zor oluyor		
Çabucak yoruluveriyorum		
Uzun sure ayakta durmak bana zor geliyor (örneğin mutfakta veya otobüs beklerken gibi)		

EK-7: ETİK KURUL ONAY BELGESİ

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
İL SAĞLIK MÜDÜRLÜĞÜ
Ankara Bilkent Şehir Hastanesi

1 NOLU
TIBBİ ARAŞTIRMALAR BİLİMSEL VE ETİK DEĞERLENDİRME KURULU
(TABED) BAŞKANLIĞI

Sayı : TABED 1-25- 876

Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği'nde yapılması planlanan "Subakut İnmeli Hastalarda Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu İle Destekli Üst Ekstremite Ergometresinin Aerobik Kapasite Ve Üst Ekstremite Fonksiyonuna Etkisi" konulu çalışma incelenmiş olup, Etik açıdan oy birliğiyle uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Hürrem BODUR
Etik Kurul Başkanı

Etik Kurul Sekreterliği Üniversiteler Mah. Bilkent Cad. No:1 Çankaya/Ankara

Tel: 0 (312) 552 66 00 Dahili : 772 998 / 772 999

I NOLU

TIBBİ ARAŞTIRMALAR BİLİMSEL VE ETİK DEĞERLENDİRME KURULU (TABED) KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Subakut İnmeli Hastalarda Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu İle Destekli Üst Ekstremite Ergometresinin Aerobik Kapasite ve Üst Ekstremite Fonksiyonuna Etkisi

ETİK KURULUN ADI	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi 1 Nolu Tıbbi Araştırmalar Bilimsel Ve Etik Değerlendirme Kurulu (TABED)			
AÇIK ADRESİ:	Etik Kurul Sekreterliği Üniversiteler Mah. Bilkent Cad. No:1 Çankaya/Ankara			
TELEFON	0312 552 66 00			
FAKS	0312 552 99 82			
SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Ebru ALEMDAROĞLU			
SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon			
SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi			
ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	RETROSPEKTİF ☐	PROSPEKTİF ☒	ANKET ☐	DİĞER ☐
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☐	ULUSLARARASI ☐
DİĞER DEĞİŞİKLİKLER:	***Dr. Banu Ece SAVTOK GÜLER'e ait Tez çalışması olan; -TABED 1 24-767 No'lu onaylanmış olup dosyada önemli değişiklik başvurusu yapılmasına istinaden eklenmesi gereken: - Hastaların Günlük yaşam aktivitelerinin değerlendirilmesinde fonksiyonel bağımsızlık ölçeği yerine modifiye barthel indeksi kullanılacaktır. Araştırma protokolü, TABED Başvuru Formu ve Veri Hazırlama Formunda düzeltmeler eklenmesi -Randomizasyon yöntemi olarak çalışmaya alınma sırası yerine kapalı zarf ile randomizasyon yöntemi kullanılacaktır. Araştırma Protokolü, TABED Başvuru Formu ve Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formunda eklemeler yapılmıştır.**			
Karar No: TABED 1/ 876 /2024	**Tarih: 02.01.2025**			

KARAR

Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.

I NOLU

TIBBİ ARAŞTIRMALAR BİLİMSEL VE ETİK DEĞERLENDİRME KURULU (TABED) KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Subakut İnmeli Hastalarda Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu İle Destekli Üst Ekstremite Ergometresinin Aerobik Kapasite ve Üst Ekstremite Fonksiyonuna Etkisi

TIBBİ ARAŞTIRMALAR BİLİMSEL VE ETİK DEĞERLENDİRME KURULU (TABED)

BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:		Prof. Dr. Hürrem BODUR				
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişki	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Hürrem BODUR	Enf. Hast.ve Kl.Mikrobiyoloji	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	E	E ☐ H ☒		
Prof. Dr. Seyhan YAĞAR	Anestezi ve Reanimasyon	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	K	E ☐ H ☒		
Prof. Dr. Fahriye Tuğba KÖŞ	Tıbbi Onkoloji	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	K	E ☐ H ☒		
Prof. Dr. Defne KALAYCI	Göz Hastalıkları	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	K	E ☐ H ☒		
Prof. Dr. Hesna BEKTAŞ	Nöroloji	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	K	E ☐ H ☒		
Prof. Dr. Nuran SÜNGÜ	Patoloji	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	K	E ☐ H ☒		
Prof. Dr. Hayrettin Levent MAVİOĞLU	Kalp Damar Cerrahisi	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	E	E ☐ H ☒		
Doç. Dr. Servet KOCAÖZ	Genel Cerrahi	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	E	E ☐ H ☒		
Doç. Dr. Ali YAVUZCAN	Kadın Doğum	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	E	E ☐ H ☒		
Doç. Dr. Ali Ulaş TUĞCU	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları (Neonatoloji)	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	E	E ☐ H ☒		
Uzm. Dr. Dilek KANYILMAZ	Halk Sağlığı	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	K	E ☐ H ☒		