

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ**

**SEREBROVASKÜLER OLAY GEÇİRMİŞ HASTALARDA
KARDİYOVASKÜLER HASTALIK RİSKİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ AÇISINDAN EN UYGUN
KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTİNİN BELİRLENMESİ:
TREDMİL VE BİSİKLET TESTLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
VE HASTALARIN KARDİYOPULMONER
UYUMLARININ KLİNİK DURUMLARI İLE İLİŞKİSİ**

Dr. Esra MUSTAFA

**FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Yeşim KURTAİŞ AYTÜR**

ANKARA – 2019

KABUL ONAY

Düzenleme tarihi: 24/12/2014

ANKARA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ TEZ SINAVI TUTANAĞI

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİNİN	
Adı, Soyadı	: DR.ESRA MUSTAFA
Anabilim/Bilim Dalı	: FTR ANABİLİM DALI
Tez Danışmanı	: PROF.DR.YEŞİM KURTAİŞ AYTÜR
Sınav tarihi: 27 / 05 / 2015	

II. TEZ İLE İLGİLİ BİLGİLER	
Tezin Başlığı: Serebrovasküler olay geçirmiş hastalarda kardiyovasküler hastalık riskinin değerlendirilmesi açısından en uygun kardiyovasküler test yönteminin belirlenmesi; treadmill ve bisiklet ergometresinin karşılaştırılması ve hastaların kardiyovasküler uyumlarının klinik durumları ile korelasyonu	
Tezin Niteliği:	☒ Ana Dal Uzmanlık Tezi ☐ Yan Dal Uzmanlık Tezi
Kaçıncı tez sınavı olduğu:	☐ 1 ☒ 2 ☐ 3

III. KARAR	
Yapılan tez sınavı sonucunda yukarıda belirtilen tezin "Tıpta Uzmanlık Tezi" olarak	
☒ Kabulüne	
☐ Reddine	
☐ Düzeltmeler yapıldıktan sonra tekrar değerlendirilmesine	
☒ Oy birliği ☐ Oy çokluğu ile karar verilmiştir.	

IV. AÇIKLAMALAR	
Lütfen, tezin reddi veya düzeltme istenmesi durumunda gerekçeli açıklamalarınızı buraya yazınız	


Prof.Dr.Şehim KUTLAY
Jüri Başkanı

Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı


Prof.Dr.Yeşim KURTAİŞ AYTÜR
Jüri Üyesi

Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı


Prof.Dr.Canan ÇULHA
Jüri Üyesi

Ankara Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Sağlık
Uygulama ve Araştırma Merkezi

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve birikimlerini bizlerle paylaşan Sayın hocalarım Prof. Dr. Safiye Tuncer, Prof. Dr. Ayşe Peyman Yalçın, Prof. Dr. Ayşe Adile Küçükdeveci, Prof. Dr. Şehim Kutlay, Prof. Dr. Şebnem Ataman, Prof. Dr. Yeşim Kurtaiş Aytür, Prof. Dr. Haydar Gök, Prof. Dr. Birkan Sonel Tur, Doç. Dr. Ayşe Bölükbaşı, Uzm. Dr. Aysun Genç, Uzm. Dr. Seçilay Güneş ve emekli olan değerli hocalarım Prof. Dr. Recep Bülent Seçkin ve Prof. Dr. Gülay Dinçer'e emek ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında değerli yardım ve desteklerini esirgemeyen, bana yol gösteren, birlikte çalışmaktan büyük mutluluk ve onur duyduğum saygıdeğer tez sorumlusu hocam Prof. Dr. Yeşim Kurtaiş Aytür'e ayrıca teşekkürlerimi sunuyorum.

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım, bana her konuda destek olan sevgili asistan arkadaşlarıma, birlikte uyum içinde çalıştığımız klinik hemşire, fizyoterapist ve personeline teşekkürlerimi sunuyorum. Tez çalışmamdaki katkılarından dolayı Kardiyopulmoner Rehabilitasyon Ünitesi'nde görevli fizyoterapist Serpil Okyar'a ayrıca teşekkür ederim.

Her zaman, her koşulda yanımda olan, bana her konuda destek veren, emeklerini asla ödeyemeyeceğim sevgili annem Hatice Mustafa'ya, babam Mustafa Mustafa'ya ve kardeşim Gizem Mustafa'ya sonsuz teşekkürler.

Dr. Esra MUSTAFA

ANKARA, 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

KABUL ONAY.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİL DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. İNME (SEREBROVASKÜLER OLAY)	4
2.1.1. Tanım	4
2.1.2. Epidemiyoloji.....	4
2.1.3. Risk Faktörleri ve Önleme	5
2.1.3.1. Değiştirilemeyen Risk Faktörleri.....	6
2.1.3.2. Değiştirilebilir Risk Faktörleri	6
2.1.3.2.1. Yaşam Tarzıyla İlgili Faktörler	6
2.1.3.2.2. Hipertansiyon	9
2.1.3.2.3. Hiperkolesterolemi.....	9
2.1.3.2.4. Diyabetes Mellitus	10
2.1.3.2.5. Kardiyak Hastalıklar	10
2.1.4. Patofizyoloji ve İnme Sınıflaması.....	12
2.1.4.1. Geçici (Transiyent) İskemik Atak (TİA).....	12
2.1.4.2. İskemik İnme.....	12
2.1.4.2.1. Serebral Tromboz	12
2.1.4.2.2. Serebral Emboli.....	13
2.1.4.2.3. Laküner İnfarkt	14
2.1.4.3. Hemorajik İnme	14
2.1.4.3.1. İntraserebral Kanama	14
2.1.4.3.2. Subaraknoid Kanama.....	15
2.1.5. Arteriyel Dolaşımın Lokalizasyonu ve İnme Sınıflaması.....	16
2.1.5.1. İnternal Karotid Arter (ICA) Sendromu.....	16
2.1.5.2. Orta Serebral Arter (MCA) Sendromu	16

2.1.5.3. Anterior Serebral Arter (ACA) Sendromu	17
2.1.5.4. Posterior Serebral Arter (PCA) Sendromu	17
2.1.5.5. Vertebrobasiler Sendrom.....	18
2.1.6. İnme İle İlişkili Bozukluklar	19
2.1.6.1. Bilişsel Bozukluklar	19
2.1.6.2. Dil ve İletişim Bozuklukları	21
2.1.6.3. Koordinasyon ve Denge.....	21
2.1.6.4. Duyusal Bozukluklar	22
2.1.6.5. Motor Bozukluklar	22
2.1.7. Akut İnmede Tedavi ve Rehabilitasyon	23
2.1.8. Nöroplastisite ve İnmede Motor İyileşme	25
2.1.8.1. Nöroplastisite.....	25
2.1.8.2. İnmede Motor İyileşme.....	26
2.1.9. Komorbid Durumlar ve Sekonder Komplikasyonlar	28
2.2. KARDİYOPULMONER EGZERSİZ VE FONKSİYONEL KAPASİTENİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	29
2.2.1. Temel Kavramlar ve Egzersizin Etkileri	29
2.2.1.1. Kardiyopulmoner Sistem	29
2.2.1.2. Kalp Hızı.....	30
2.2.1.3. Atım Hacmi (Strok volüm).....	31
2.2.1.4. Kardiyak Debi (Kardiyak Output).....	31
2.2.1.5. Kan Dolaşımı.....	32
2.2.1.6. Venöz Dönüş.....	32
2.2.1.7. Kan Basıncı	32
2.2.1.8. Solunum Sayısı ve Solunum Değişim Oranı.....	33
2.2.1.9. Pulmoner Ventilasyon (VE)	33
2.2.1.10. Anaerobik Eşik (AT).....	34
2.2.1.11. Maksimum Oksijen Tüketimi	35
2.2.2. Kardiyopulmoner Fonksiyonel Kapasiteyi Değerlendirmede Kullanılan Başlıca Yöntemler	38
2.2.2.1. Alan Testleri	39
2.2.2.1.1. 6 Dakika Yürüme Testi (6DYT)	39
2.2.2.1.2. Mekik Yürüme Testi.....	40
2.2.2.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi.....	40
2.2.2.2.1. Endikasyonlar.....	41

2.2.2.2.2. Kontrendikasyonlar	42
2.2.2.2.3. Maksimal ve Submaksimal Egzersiz Testi.....	44
2.2.2.2.4. Kardiyopulmoner Teste Hazırlık ve Ölçümler.....	45
2.2.2.2.5. Egzersiz Testi Çeşitleri ve Protokolleri.....	46
2.2.2.3. Solunum Fonksiyon Testleri	49
2.2.2.3.1. Dinamik Ventilasyon Testleri	50
2.2.2.3.2. Statik Ventilasyon Testleri	52
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	54
3.1. KATILIMCILAR	54
3.2. DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	56
3.2.1.Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği	56
3.2.2. Brunnstrom Motor Evrelemesi.....	57
3.2.3. Modifiye Ashworth Skalası (MAS).....	57
3.2.4. Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması (FAS)	58
3.2.5. Berg Denge Ölçeği (BDÖ).....	58
3.2.6. 6 Dakika Yürüme Testi (6DYT).....	59
3.2.7. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi (KPET).....	60
3.2.8. Solunum Fonksiyon Testi	61
3.2.9. Treadmil ile Egzersiz Testi	62
3.2.10. Bisiklet Ergometresi ile Egzersiz Testi	64
3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	65
4. BULGULAR.....	66
5.TARTIŞMA	76
ÖZET	89
SUMMARY	91
KAYNAKLAR	93
EKLER	104
EK-1. HASTA TAKİP FORMU	104
EK 2. FONKSİYONEL BAĞIMSIZLIK ÖLÇEĞİ.....	109
EK 3. BRUNNSTROM MOTOR EVRELEMESİ.....	110
EK 4. FONKSİYONEL AMBULASYON SINIFLAMASI.....	111
EK 5. BERG DENGE ÖLÇEĞİ	112
EK. 6 TARTIŞMADA SIKLIKLA KULLANILAN ÇALIŞMALAR.....	113

KISALTMALAR

6DYT	: 6 dakika yürüme testi
ABDF	: Ayak bilek dorsifleksör
ABPF	: Ayak bilek plantar fleksör
ACA	: Anterior serebral arter
AF	: Atriyal fibrilasyon
AH	: Atım hacmi
AICA	: Anterior inferior serebellar arter
AVM	: Arteriovenöz malformasyon
AT	: Anaerobik eşik
BDÖ	: Berg Denge Ölçeği
CI	: Güven aralığı
dk	: Dakika
dKB	: Diyastolik kan basıncı
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
ERV	: Ekspiratuvar rezerv volüm
FAS	: Fonksiyonel ambulasyon sınıflaması
FEF25-75	: FVC'nin %25 ile %75'i arasındaki ortalama zorlu ekspiratuvar akış
FEV1	: Birinci saniyedeki ekspiratuvar hacmi
FIM	: Fonksiyonel bağımsızlık ölçeği
fMRI	: Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme
FRC	: Fonksiyonel reziduel kapasite
FVC	: Zorlu vital kapasite
IC	: İnspiratuvar kapasite
ICA	: İnternal karotis arter
IRV	: İnspiratuvar rezerv volüm
IVC	: İnspiratuvar vital kapasite

KH	: Kalp hızı
KH_{maks}	: Erişilen maksimum kalp hızı
KOAH	: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı
KPET	: Kardiyopulmoner egzersiz testi
kpm	: Kilopound-metre
L	: Litre
LVHT	: Sol ventrikül trabekülasyon artışı
MAS	: Modifiye Ashworth skalası
MCA	: Medial serebral arter
MET	: Metabolik eşdeğer
ml	: Mililitre
MVV	: Maksimum istemli ventilasyon
PCA	: Posterior serebral arter
PEF	: Tepe akım hızı
PICA	: Posterior inferior serebellar arter
Q	: Kardiyak output (debi)
RER	: Solunum değişim oranı
RPE	: Algılanan efor
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
RR	: Relatif risk
RV	: Reziduel volüm
SFT	: Solunum fonksiyon testi
sKB	: Sistolik kan basıncı
sn	: Saniye
SpO₂	: Periferik oksijen saturasyonu
SVC	: Yavaş vital kapasite
SVO	: Serebrovasküler olay
TİA	: Transient iskemik atak

TLC	: Total akciğer kapasitesi
TMS	: Transkranyal manyetik stimulasyon
TV	: Tidal volüm
VC	: Vital kapasite
VE	: Ventilasyon eşığı
VO_{2maks}	: Maksimal oksijen tüketimi
VO_{2tepe}	: Tepe oksijen tüketimi
W	: Watt



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No:

Tablo 2.1 Etkilenen anatomik yapıya göre klinik durumlar.....	19
Tablo 2.2. Brunnstrom yaklaşımına göre iyileşme evreleri	27
Tablo 2.3. Egzersize bağlı komplikasyon riski yüksek popülasyon.....	42
Tablo 2.4 Kesin Kontrendikasyonlar.....	43
Tablo 2.5 Göreceli Kontrendikasyonlar	43
Tablo 2.6 Bruce Protokolü	48
Tablo 2.7 Modifiye Bruce Protokolü	48
Tablo 2.8 Naughton Protokolü	48
Tablo 3.1 Low Level Bruce protokolü	63
Tablo 3.2. Kardiyopulmoner egzersiz testini sonlandırma için mutlak endikasyonlar	63
Tablo 3.3. Kardiyopulmoner egzersiz testini sonlandırma için göreceli endikasyonlar	64
Tablo 4.1 Araştırma bireylerinin sosyodemografik özellikler	68
Tablo 4.2 Hastaların Nörolojik ve Fonksiyonel Ambulasyon Evrelemeleri	69
Tablo 4.3 Hastaların MAS' a göre Spastisite Değerlendirmesi	70
Tablo 4.4 Hastaların Fonksiyonel Değerlendirmeleri	71
Tablo 4.5 Solunum Fonksiyon Testi Parametreleri.....	71
Tablo 4.6 Hasta ve Sağlıklı Grubun KPET Parametreleri.....	73
Tablo 4.7 Tredmil ve bisiklet ergometresi ile yapılan egzersiz test parametrelerinin karşılaştırılması (hasta grubu).....	74
Tablo 4.8 Tredmil ve bisiklet ergometresi ile egzersiz test parametrelerinin karşılaştırılması (kontrol grubu).....	74
Tablo 4.9 Hastaların Klinik Değerlendirmeleri ile VO_{2tepe} ilişkisi	75

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No:

Şekil 4.1 Çalışmanın Akış Şeması.....	67
---------------------------------------	----



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Serebrovasküler olay geçirmiş hastaların %75'inde eşlik eden kardiyovasküler hastalıkları da mevcut olup, kardiyovasküler hastalıklar, serebrovasküler olay (SVO) rehabilitasyonunda başarıyı kısıtlayan temel faktörlerdendir [1]. Kardiyovasküler ve nöromusküler bozukluklar, serebrovasküler olaydan kaynaklanan fiziksel inaktiviteyle birlikte, egzersizle tetiklenen fizyolojik stres yanıtlarını kısıtlayarak egzersiz kapasitesinde önemli ölçüde azalmaya yol açar. Düşük egzersiz kapasitesinin fonksiyonel mobilite ve yorgunluğa dayanıklılık üzerindeki olumsuz etkisi hemiplejik yürüyüşün yüksek metabolik ihtiyacı ile birleşerek enerji tüketimini artırır. Genel olarak bu hastalarda, enerji tüketimi aynı hızda nörolojik bozukluğu olmayan hastalara göre 3 kat daha yüksektir [2]. SVO geçirmiş hastalarda egzersiz kapasitelerinin oldukça düştüğü egzersiz stres testleri ile de gösterilmiştir [2].

SVO hastalarında inaktivite ve düşük kardiyopulmoner uyum çeşitli çalışmalarda gösterilmiş fiziksel bir bozukluktur [3]. Subakut inme hastalarında tepe oksijen tüketiminin (VO_{2tepe}) aynı yaş grubundaki sağlıklı popülasyona göre %50'den daha az olduğu bisiklet ergometresi ile yapılan submaksimal efor testinde gösterilmiştir [3].

SVO geçirmiş hastalarda egzersiz sırasında enerji maliyeti ve kardiyovasküler gereksinimler aynı yaş ve beden ölçülerindeki sağlıklı kişilere göre anlamlı derecede daha yüksektir [3]. Azalmış kardiyopulmoner uyum rehabilitasyon sürecinde yürüme fonksiyonunu kısıtlayan ikincil bir faktör olarak toplumsal yaşama geri dönüşü zorlaştırabilir. İnme sonrası hayatta kalanlarda ana rehabilitasyon hedefi ev ve toplumsal ambulasyonu tekrar kazanmaktır [4]. İnme sonrası kardiyak riski azaltma ve fonksiyonel iyileşme için fiziksel aktiviteler, özellikle yürüyüş mutlaka önerilmelidir. Hemiplejik yürüyüş bozukluğu anormal yürüme biyomekaniği, spastisite ve etkilenmiş ekstremitenin kas sisteminin oksidatif kapasitesindeki düşme ile ilişkilidir [4]. Fiziksel kondisyon kaybı, inme hastalarının hemiparetik yürüyüşü için gereken yüksek enerjinin sağlanabilirliğini olumsuz etkileyebilir ve rehabilitasyonda belirlenen hedeflere ulaşmayı kısıtlayabilir [4]. Yaşlı kronik dönem hemiplejik inmeli hastalarda yapılan bir çalışmada; yağsız doku kitlesi ve yürüme

bozukluğunun derecesinin egzersiz kapasitesinin temel belirleyicisi olduğu gösterilmiştir [5].

Hemiplejik hastalarda kardiyopulmoner uyumun ölçülmesi zordur. Hemiparezi ve denge bozukluğu gibi inme ile ilgili sorunları göz önünde bulunduran ve uygun test süresini sağlamak için küçük iş yükü artışları kullanan yöntemler ve özel protokoller gereklidir [6]. Maksimal oksijen tüketimi (VO_{2maks}) kardiyopulmoner uyum ve fonksiyonel kapasiteyi belirlemede altın standart ölçümdür [7]. Bununla birlikte, inme sonrası maksimal egzersiz testi ile ilgili kısıtlamalar vardır. İnme sonrası, egzersiz testleri genellikle kardiyopulmoner olmayan nedenlerden dolayı sonlandırılır ve maksimal efora ulaşamama daha çok bilişsel ve motor bozukluklar ile ilişkilidir [8, 9].

Ancak, inme sonrası maksimal oksijen tüketim seviyeleri hakkında yeterli araştırma yoktur. Düşük VO_{2maks} seviyeleri motor fonksiyonlarda azalma, kardiyovasküler hastalık riskinde artış, tekrarlayan SVO ile bağlantılıdır [7]. SVO sonrası VO_{2maks} seviyelerini belirleme inme rehabilitasyonunda, bireyin fonksiyonel kapasitesini ve kısıtlılığının nedenlerini belirlemek, kardiyovasküler hastalık riskini belirlemek ve kardiyopulmoner egzersiz programını reçetelemek amacı ile kullanılabilir [7].

Semptomla sınırlı kademeli artan egzersiz testleri iki amaca hizmet eder: kardiyovasküler hastalık tanısını koymada yardımcı olur ve maksimum oksijen tüketiminin, yani bireyin kardiyopulmoner uyum düzeyinin veya fonksiyonel egzersiz kapasitesinin belirlenmesini sağlar [10]. VO_{2maks} , kardiyopulmoner uyumu değerlendirmenin yanı sıra kalbin ve akciğerlerin fonksiyonel kapasitesiyle de ilişkilidir [10]. Fakat; inmeli bireylerde, kas güçsüzlüğü, zayıf denge, kontraktür ve spastisite standart maksimal egzersiz testini kullanarak kişinin maksimal kapasiteye ulaşmasını engelleyebilir [10]. Submaksimal egzersiz testi gibi daha az zorlayıcı testler kardiyopulmoner uyum seviyesini değerlendirmek için daha uygun olabilir [10].

SVO geçirmiş hastalarda bozukluğun şiddeti ve tipi kişiler arasında geniş ölçüde değişkendir, bu nedenle çeşitli egzersiz modaliteleri kullanarak kardiyopulmoner uyum seviyesini değerlendirmek için geçerli testler geliştirmeye ihtiyaç vardır [11]. Güvenli ve etkin egzersiz rehberleri olmasına rağmen, uygun

egzersiz protokolü seçimi ve inme sonrası egzersiz reçetelemeye ilişkin esas sorular belirsizliğini korumaktadır [11].

Bu çalışmanın birincil amacı; serebrovasküler olay geçirmiş hemiplejik hastalarda kardiyopulmoner uyum kapasitesinin ölçümü için en uygun testin belirlenmesi amacı ile treadmill ve bisiklet ergometresi ile yapılan testlerin karşılaştırılmasıdır. Çalışmanın ikincil amacı ise; SVO geçirmiş hastalarda sağlıklı popülasyona göre kardiyopulmoner uyumdaki düşüklük seviyesinin belirlenmesi ve hastaların nörolojik ve fonksiyonel durumlarının kardiyopulmoner uyum üzerine etkisinin belirlenmesidir. Araştırmanın hipotezi ise, yürümenin bisiklet sürmeye göre daha fonksiyonel bir aktivite olması nedeni ile; inmeli hastalarda treadmill ile uygulanan egzersiz stres testinin, kardiyopulmoner uyumu belirlemek açısından daha uygun bir seçenek olacağıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İNME (SEREBROVASKÜLER OLAY)

2.1.1. Tanım

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından inme ‘vasküler kaynak dışında görünen nedeni olmayan, 24 saatten uzun süren veya ölüme yol açan, hızlı gelişen, fokal beyin hasarı semptom ve bulguları ile karakterize bir tablo’ olarak tanımlanmaktadır [12]. Bu tanımlama, nörogörüntüleme ile desteklenir, ancak gelişmiş görüntüleme tekniklerine rağmen tanı klinik bulgulara dayanmaktadır. Bu nedenle, klinik belirtilerin kesin tanımları gereklidir. DSÖ tanımına göre kesin fokal işaretler; tek taraflı veya bilateral motor bozukluk (koordinasyon bozukluğu dahil), tek taraflı veya bilateral duysal bozukluk, afazi / disfazi, hemianopsi, diplopi, konjuge bakış deviasyonu, akut başlangıçlı disfaji, apraksi, ataksi ve algılama eksikliğidir. Baş dönmesi, vertigo, lokalize baş ağrısı, her iki gözün bulanık görmesi, dizartri, bilişsel işlev bozukluğu, bilinç bozukluğu ve nöbet fokal disfonksiyonun tek kanıtı olarak kabul edilmemektedir [13].

Travmatik beyin yaralanması, demiyelinizan lezyonlar, beyin tümörleri, beyin apsesi gibi fokal beyin hasarının diğer nedenleri, inme gibi belirtiler gösterebilir, ancak bu tanıma dahil edilmemektedir [14]. İnme; genellikle vasküler bir tıkanıklıktan kaynaklanan iskemik ve beyin parankimi içinde kanamanın neden olduğu hemorajik inme olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir [14]. SVO terimi çoğu zaman inme ile eş anlamlı kullanılsa da günümüzde inme ile birlikte serebral infarkt, serebral hemoraji gibi patolojik tanılarının da belirtilmesi tercih edilmektedir [15].

2.1.2. Epidemiyoloji

İnme önlenabilir olması ve tedavide kaydedilen ilerlemelere rağmen yüksek orandaki sıklık ve mortalitesi ile toplumun büyük bir kesimini etkileyen ve hayatta kalan kişilerde özürlülüğe yol açan önemli bir sağlık sorunudur [16]. Serebrovasküler hastalıklar ikinci en önemli ölüm nedenidir. Aynı zamanda demansın ikinci sıradaki

nedeni ve engelliliğin önde gelen nedenlerindendir [17, 18]. ‘Küresel Hastalık, Yaralanmalar ve Risk Faktörleri Yüğü Araştırması’nda (GBD 2010) yapılan tahminlere göre inme, 2010 yılında dünya genelinde en yaygın ölüm nedeni olarak üçüncü sıradadır [18]. İnme, hastalık yükünün (engelliliğe göre düzeltilmiş yaşam yıllarında ölçülen [DALY'ler]) dördüncü önde gelen nedenidir [13]. İnme, erkeklerde iskemik kalp hastalığı ve akciğer kanseri sonrası üçüncü ölüm nedenidir, kadınlarda ise birinci nedendir [17]. İnmede mortalite oranları, sanayileşmemiş ülkelerde açıkça daha yüksektir [17]. Yüksek gelirli ülkelerde, tüm ölümlerin % 9,9' u inme ile ilişkilendirilebilir, düşük ve orta gelirli ülkelerde bu oran % 9,5, neredeyse eşit gibi görünmektedir. Fakat düşük ve orta gelirli ülkelerdeki toplam ölüm sayısı, yüksek gelirli ülkelere daha fazladır. Global olarak en yüksek inme yükü, düşük ve orta gelirli ülkelere yaşayan insanlar arasındadır [13]. Bütün dünyada iskemik ve hemorajik inme yükü son 20 yıl içinde inme geçiren mutlak hasta sayısı, ölüm sayısı ve DALY yönünden artmıştır [19]. Ege bölgesinde gerçekleştirilen epidemiyolojik bir çalışmada ilk inme atağı ile gelen hastalarda ilk 30 gün içindeki mortalite hızı iskemik inmelerde %17, hemorajik inmelerde %29 olarak saptanmıştır [20]. İnme insidansı yaşla birlikte artar, önemli bir kısmı 65 yaş ve üzerinde meydana gelir [15, 16]. 55 yaşından sonra her dekatta katlanarak artar. 80 yaş üzerinde inme insidansı 2.500/100.000'e kadar yükselmektedir [16].

2.1.3. Risk Faktörleri ve Önleme

İnme multifaktöriyel bir kökene sahiptir, geçerliliği kabul edilmiş çeşitli risk faktörleri belirlenmiş ve birçok çalışmada test edilmiştir. Küresel epidemiyolojinin değerlendirilmesi, dünyadaki çoğu popülasyonda inme sıklığı ve risk faktörleri ile ilgili veri eksikliği nedeniyle zordur [13]. Önleme, inme kaynaklı morbidite ve mortalite yükünü azaltmada kritik öneme sahiptir [14]. İnmenin risk faktörleri değiştirilebilir ve değiştirilemez faktörler olarak ikiye ayrılır [21]. Değiştirilemeyen risk faktörleri arasında yaş, cinsiyet, düşük doğum ağırlığı, ırk / etnik köken ve genetik faktörler bulunur [13]. Değiştirilebilir risk faktörleri sağlıkla ilgili bazı alışkanlıklar ve yaşam biçiminden etkilenen hastalıklardır [21]. Kanıt düzeyi yüksek olan değiştirilebilir risk faktörleri hipertansiyon, sigara dumanına maruz kalma, diyabet,

atriyal fibrilasyon ve diğer bazı kardiyak rahatsızlıklar, dislipidemi, karotis arter stenozu, orak hücreli anemi, postmenopozal hormon tedavisi, yetersiz beslenme, fiziksel inaktivite, obezite ve vücutta santral bölgede yağlanmayı içerir. Kanıt düzeyi daha düşük olan değiştirilebilir risk faktörleri arasında metabolik sendrom, alkol kötüye kullanımı, ilaç kötüye kullanımı, oral kontraseptif kullanım, uyku apnesi, migren ağrısı, hiperhomosisteinemi, yüksek lipoprotein (a), yükselmiş lipoprotein ilişkili fosfolipaz, pıhtılaşma bozukluğu, inflamasyon ve enfeksiyondur [13].

2.1.3.1. Değiştirilemeyen Risk Faktörleri

Değiştirilemeyen risk faktörleri; yaş, cinsiyet, ırk, coğrafik lokalizasyon ve genetikdir. İnme insidansı 55 yaşından sonra her on yılda bir ikiye katlanır [21]. Kadınlarda erkeklere göre yaşam boyu daha yüksek ama yaşa göre daha düşük inme insidansı vardır [21]. Siyah ırkta iki misli risk artmıştır. Aile öyküsü önemlidir. 65 yaşından önce ebeveynlerde iskemik inme olması inme riskinin üç kat artması ile ilişkilidir [21].

2.1.3.2. Değiştirilebilir Risk Faktörleri

2.1.3.2.1. Yaşam Tarzıyla İlgili Faktörler

İnme prevalansı, çeşitli çalışmalarda bireysel yaşam tarzı faktörleri (örn. sigara, egzersiz, vücut kitle indeksi, alkol tüketimi) ile ilişkilendirilmiştir [22]. Genel olarak sağlıklı yaşam tarzı, sağlıklı kadınlardan oluşan büyük bir prospektif kohort çalışmasında ele alınmıştır. Bu çalışmada, sigara içmeme, düşük-normal vücut kitle indeksi, ılımlı alkol tüketimi, düzenli egzersiz ve sağlıklı beslenmeden oluşan sağlıklı yaşamın, iskemik inmede azalma ile ilişkili olduğu bulunmuştur [23]. İki büyük kohort çalışmasının verilerini kullanarak, Hemşirelerin Sağlık Çalışması (71 243 kadın) ve Sağlık Profesyonelleri Takip Çalışması (43 685 erkek), sigara içmeme, ılımlı aktivite (30 dakika/gün), sağlıklı beslenme, vücut kitle indeksinin $<25 \text{ kg/m}^2$ olması ve ılımlı

alkol tüketimi (erkekler 5-30 g/gün, kadınlar 5-15 g/gün) olmak üzere beş yaşam stili bileşenine göre düşük riskli yaşam tarzı skoru tanımlanmıştır [22].

- **Sigara:** Sigara, iskemik inme ve subaraknoid kanama için bir risk faktörüdür [14]. Bir metaanalizde sigara ile serebral infarkt arasındaki relatif risk 1,9 olarak bulunmuştur. Yaş gruplarına göre bakıldığında relatif risk 55 yaşından önce 2,9, 55-74 yaş aralığında 1,8 ve 74 yaş üzerinde 1,1'dir. Kadınlarda erkeklere göre risk daha yüksek olup doza bağımlıdır [17]. Sigarayı bırakanlarda inme riski önemli ölçüde azalır ve birkaç yılda içmeyenlerle aynı seviyeye geriler. Tekrarlayan inme riskini azaltma programlarının en önemli bileşenlerinden birisi sigarayı bırakmak için verilen danışmanlıktır [14].

- **Fiziksel İnaktivite:** Çeşitli prospektif longitudinal popülasyon çalışmaları, kadınlarda ve erkeklerde inme için düzenli fiziksel aktivitenin koruyucu etkisini göstermiştir. 18 kohort ve 5 vaka kontrol çalışmasının metaanalizinde, fiziksel olarak yüksek düzeyde aktif bireyler, düşük aktiviteye sahip olanlara göre daha düşük inme ve inme mortalitesi riskine sahiptir (RR 0,7;% 95 CI 0,7-0,8). Benzer şekilde, orta derecede aktif bireyler inaktif olanlara göre daha düşük inme riskine sahiptir (RR 0,8;% 95 CI 0,7-0,9)[22]. Fiziksel aktivitenin olumlu etkisi, kısmen diğer risk faktörleri üzerindeki yararlı etkilerle gerçekleşir. Fiziksel aktivite, vücut ağırlığını ve kan basıncını azaltır, serum HDL kolesterolünü ve glikoz toleransını artırır. Ayrıca, fiziksel olarak daha aktif insanların, daha çok sigara içmeyen kişiler olduğu bulunmuştur [22].

- **Obezite:** Obezite, inme gibi vasküler hastalıkların gelişimi için belirlenmiş bir risk faktörüdür. 2010'da yapılmış bir metaanalizde, aşırı vücut ağırlığı ve inme insidansı arasındaki ilişkiyi ele almak için 2,2 milyondan fazla katılımcının verilerini değerlendirerek aşırı kilo ve obezite giderek artan iskemik inme riski ile anlamlı derecede ilişkili bulunmuştur. Vücut kitle indeksindeki her birim artışın relatif inme riskinde % 6'lık bir artış ile ilişkili olduğu gösterilmiştir [24, 25]. Obezite artmış hipertansiyon, diyabet ve dislipidemi riski ile de ilişkilidir. Bu risk faktörlerinin düzenlenmesi vücut kitle indeksinin etkisini azaltır. Yine de, obezitenin bağımsız bir inme risk faktörü olup olmadığı ya da kan basıncı, diyabet ve kolesterol seviyeleri ile ilişkili olup olmadığı halen tartışılmaktadır. Ayrıca, abdominal yağlanmanın (bel-

kalça oranıyla ölçülen) inme riski için tüm vücut kitlesinden daha iyi bir gösterge olduğu ileri sürülmüştür [22].

- **Alkol:** Aşırı alkol tüketimi tüm nedenlere bağlı ölümlerin yanı sıra koroner kalp hastalığı ve inme riskini de artırır [26]. 35 gözlemsel çalışmayı içeren bir metaanaliz 60 g'dan fazla etanol / gün tüketimi (yaklaşık altı içecek), iskemik inme (RR 1,7; 95% CI 1,3–2,2) ve hemorajik inme (RR 2,2; 95% CI 1,5–3,2) riskini artırdığını göstermiştir [27]. Alkol ile genel ve iskemik inme riski arasındaki ilişki J şeklinde eğri olarak tanımlanmıştır [26, 27]. Bu, hafif alkol tüketimiyle alkolün zararlı etkisinin üstesinden gelindiğini göstermektedir. Hafif alkol tüketimi (<12 g/gün) tüm inmede (RR 0,83; % 95 CI 0,75-0,91) ve iskemik inmede (RR 0,80; % 95 CI 0,67-0,96) azalma ile ilişkili bulunmuştur [26, 27]. Alkol tüketimi ile hemorajik inme arasında pozitif doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Hafif alkol içilmesi (<12 g/gün) ile toplam inme için relatif risk azalması kadınlarda erkeklere göre daha yüksek bulunmuştur [26, 27].

Aşırı alkol alımı kan basıncını ve hipertansiyon riskini artırır, böylece inme riskini artırır; bu özellikle hemorajik inme için geçerlidir [13]. Uzun süreli alkol tüketimi (>36 g/gün veya 3'ten fazla içecek / gün) ve epizodik yoğun içme, inmede önemli bir risk faktörü olan atriyal fibrilasyon riskini artırır [22].

- **Diyet Faktörleri:** Kötü beslenme alışkanlıkları; obezite, diyabet, hipertansiyon ve dislipidemi gibi diğer inme risk faktörlerinin gelişimine katkıda bulunur. Büyük epidemiyolojik çalışmalarda, yüksek meyve ve sebze alımı, inme riskinin azalması ile doza bağlı bir şekilde ilişkilendirilmiştir [22]. Yağlı balık veya omega-3 yağ asitlerinin tüketiminin, serum lipidlerini düşürerek, kan basıncını düşürerek, trombosit agregasyonunu azaltarak, vasküler reaktiviteyi artırarak ve inflamasyonu azaltarak vasküler hastalık riskini azalttığı ileri sürülmüştür [22]. Epidemiyolojik çalışmalar potasyum alımı ile inme riski arasında ters bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur [22]. Potasyum alımı tuz hassasiyetini azaltabilir ve bu nedenle hipertansiyonu önleyebilir veya geciktirebilir [22]. Prospektif kohort çalışmalarında özellikle süt kaynaklarından alınan diyetel kalsiyum ve diyetel magnezyumun kan basıncı ile ters ilişkili olduğu ve daha düşük inme insidansı ile ilişkili olduğu bulunmuştur [22].

2.1.3.2.2. Hipertansiyon

Hipertansiyon iskemik ve hemorajik inme ile geçici iskemik atağın en önemli risk faktörüdür. Kan basıncı yükseldikçe risk oranı artar ve sistolik kan basıncının 165 mmHg veya diyastolik basıncın 95 mmHg üzerinde olması inmenin rölatif riskini 6 kat arttırırken sistolik kan basıncında 10-12 mmHg, diyastolik kan basıncında 5-6 mmHg azalmanın olması inme riskinde %35 azalma sağlar [14, 16]. Framingham çalışmasında hipertansif kişilerde serebral infarkt sıklığının 7 kat arttığı bildirilmiştir [15]. ‘Hipertansiyon Tarama ve Takip Programı’, antihipertansif tedavi ile inme insidansında azalmayı gösteren ilk büyük çalışmadır. Bu, basamaklı hipertansiyon tedavisi programı uygulanan veya genel kontrol için başvuran 11.000 hipertansif kişiyi kapsayan 5 yıllık bir takip periyodu ile popülasyona dayalı randomize bir klinik çalışmadır. Basamaklı hipertansiyon tedavisi gören hastalarda % 1,9' luk inme insidansı, diğer gruptaki % 2,9 insidansla karşılaştırıldığında, inme insidansında % 35' lik bir azalma ve ölümcül inmelerde % 44'lük bir azalmaya eşittir [28].

Son zamanlarda, inmenin önlenmesinde anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitörlerinin rolünün olduğu gösterilmiştir. ‘Kardiyak Sonuçları Önleme Çalışması (The Heart Outcomes Prevention Study)’ ramiprilin miyokardiyal infarktüs, inme, periferel vasküler hastalık veya diğer risk faktörleri öyküsü olan hastalarda inme oluşumunda %32'lik relatif bir azalma sağladığını göstermiştir [28]. ‘Tekrarlayan İnme Karşı Perindopril Koruma Çalışması (The Perindopril Protection Against Recurrent Stroke Study)’ nda hipertansiyonu olan veya olmayan, inme veya TİA geçirmiş hastalarda plasebo kontrollü randomize perindopril kullanımı ile %28'lik relatif bir risk azalması gösterilmiştir. Bir diüretik ile anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitörü arasındaki kombinasyon kan basıncını düşürür ve daha iyi risk azaltımı sağlar [28].

2.1.3.2.3. Hiperkolesterolemi

Yüksek serum kolesterolünün rolü, epidemiyolojik olarak artmış inme insidansı ile bağlantılı değildir, ancak koroner arter hastalığı ve ateroskleroz gelişimi

üzerindeki güçlü etkisi, hiperkolesteroleminin inme için en azından dolaylı bir risk faktörü olduğunu göstermektedir [28]. Karotis arter ateroskleroza ve artmış serum kolesterol düzeyleri arasında bir ilişki saptanmıştır. HMG-CoA redüktaz inhibitörleri veya statinlerin kullanımı, inme riskini azaltabilir. Bir metaanaliz, LDL 'de % 10'luk bir azalmanın inme riskini % 15.6 ve karotis intima media kalınlığını % 0,73 oranında azaltacağını göstermiştir [28].

2.1.3.2.4. Diyabetes Mellitus

Diyabetes mellitus (DM) iskemik inme rölatif riskini 3-6 kat artırır. Bu risk artışının bir kısmı DM hastalarında hipertansiyon ve kalp hastalığı prevalansının daha yüksek olmasına bağlıdır. Diyabetes mellitu tek başına inme riskini 2 kat artırır [16]. Aterotrombotik infarktlarda diyabet prevalansı %18-32, laküner infarktlarda ise %20-32'dir [15].

2.1.3.2.5. Kardiyak Hastalıklar

Kardiyak hastalıklar, farklı açılardan inme ile ilgili olabilir [29]:

- Embolik inmede, atriyal fibrilasyon (AF), endokardit, sol ventrikül anevrizması veya sol ventrikül trabekülasyon artışı (LVHT) gibi kardiyak hastalıklar embolinin nedeni olabilir [29].
- Bradikardiler ve taşikardiler serebral kan akımını bozabilir [29].
- İnmeyle eşlik eden koroner arter hastalığı veya dilate kardiyomiyopati gibi kardiyak hastalıklar inmenin klinik seyrini ve rehabilitasyonunu olumsuz etkileyebilir [29].
- Bazı durumlarda, inme kaynaklı geçici sol ventrikül disfonksiyonu (Takotsubo sendromu) gibi kardiyak hastalıklar inmenin bir sonucu olabilir [29].
- Patent foramen ovale veya atriyal septal anevrizma gibi konjenital anomaliler paradoksal emboliye yol açabilir [29].

AF; embolik inme, periferik veya mezenterik emboliye yol açabilir. Sinüs ritmi olan hastalarla karşılaştırıldığında, romatizmal kalp hastalığı, özellikle mitral darlık nedeniyle AF olan hastalarda, 17 kat artmış inme riski vardır, non-romatizmal AF'li hastalar, 5 kat artmış inme riskine sahiptirler [30].

Koroner kalp hastalığı ve inme sıklıkla bir arada bulunmaktadır. Bunun nedeni olarak, muhtemelen arteriyel hipertansiyon, DM, sigara ve hiperkolesterolemi gibi yaygın ortak aterosklerotik risk faktörlerine bağlı ortaya çıktığı gösterilmektedir [29]. İskemik inme geçiren hastaların % 33'ünde miyokard enfarktüsü veya anjina pectoris gibi semptomatik koroner kalp hastalığı öyküsü bulunur [29]. Koroner kalp hastalığı, aynı zamanda inme geçiren hastaların prognozunu da etkiler. Beş yıllık takip çalışmaları, iskemik inme geçirenlerin, tekrarlayan inmeden daha çok kardiyak nedenlerden ölme olasılığının daha yüksek olduğunu göstermiştir [29].

Endokardit olan hastaların tedavi edilmemiş enfeksiyon döneminde % 10-23'ünde iskemik ve hemorajik inmeler görülür. Protetik kapakların yanı sıra doğal kapaklar da inmeye yol açan endokarditten etkilenebilir. Protez kapaklı inmeli hastalar, doğal kapak hastalarına göre daha kötü prognoza sahiptir [29].

Dilate kardiomyopati, sıklıkla kardiyak ritim anormallikleri ve intraventriküler trombus oluşumu ile ilişkilidir. AF olmadan dilate kardiomyopatinin artmış inme veya emboli riski ile ilişkili olup olmadığı tartışmalıdır [31]. En azından dilate kardiomyopati ve belgelenmiş intrakardiyak trombus olan hastalarda inme veya embolizm riski artmış olarak kabul edilir [31]. Dilate kardiomyopati hastalarda intra-atriyal trombus prevalansının % 20-25 ve intraventriküler trombus prevalansının % 50 olduğu tahmin edilmektedir [31].

LVHT; sıklıkla kalp yetmezliği ve sistolik disfonksiyon ile ilişkilidir ve bu durumların varlığı da LVHT'de prognostik faktörler olarak tanımlanmıştır [29]. LVHT'nin artmış inme / embolizm riskiyle ilişkili olup olmadığı konusunda herhangi bir fikir birliğine varılamamıştır. LVHT'li 62 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada, bu hastaların yaş, cinsiyet ve sol ventrikül fraksiyonel azalması eşleştirilmiş kontrollerle karşılaştırıldığında inme / emboli gelişme riskinin artmadığı gösterilmiştir [32]. LVHT'li 104 hastanın dahil edildiği retrospektif bir çalışmada inme hastaların % 16'sında görüntüleme çalışmalarında inme saptanmıştır [33].

2.1.4. Patofizyoloji ve İnme Sınıflaması

2.1.4.1. Geçici (Transiyent) İskemik Atak (TİA)

TİA, ‘The American Stroke Association’ tarafından kranial görüntüleme ile saptanabilen “fokal beyin veya retinal iskeminin neden olduğu ve klinik semptomların tipik olarak bir saatten az sürdüğü ve akut enfarktüs belirtisi olmayan kısa bir nörolojik disfonksiyon atağı” olarak tanımlamıştır [28]. Bu, görüntüleme sırasında akut enfarktüs ile ilişkili herhangi bir geçici nörolojik olayın süresi dikkate alınmaksızın, TİA'dan ziyade bir inme olarak kabul edildiği anlamına gelir [28]. Geçici monoküler körlük veya aterosiz fugaks semptomları muhtemelen ipsilateral oftalmik ve retinal arterlerin dal tıkanıklığına neden olan internal karotid arterden mikroemboliye bağlıdır [28]. Diğer intrakraniyal dal tıkanıklıkları, benzer şekilde ekstrakraniyal damarlarda ortaya çıkan mikroemboliden kaynaklanabilir, bu da fokal bölgelerdeki yaralanmalara veya enfarktüslere yol açar [28]. TİA hemodinamik değişikliklere bağlı da olabilir; kardiyak output veya kan basıncındaki dalgalanmalar serebral hipoperfüzyonla TİA tablosu yaratabilir [15]. TİA’lar önemsiz olaylar değildir, tam olarak araştırılmaları gerekir. TİA’lardan sonraki ilk 1 ay içinde hastaların %4-8’i inme geçirir, sonraki 5 yıl içinde ise risk %30’dur [14].

2.1.4.2. İskemik İnme

Trombotik, embolik ve laküner inmenin patofizyolojisi serebral kan akımının bozulmasından kaynaklanan serebral iskemidir [28].

2.1.4.2.1. Serebral Tromboz

Serebral trombozdan kaynaklanan enfarktüsün patofizyolojisi tartışmalıdır, ancak aterosklerotik serebrovasküler hastalık ile güçlü bir şekilde ilişkilidir [28]. Aterosklerotik ekstrakraniyal ve intrakraniyal damarların trombozu, tüm inme olgularının %30’unu oluşturur [14]. Aterosklerotik plak oluşumu, yaygın olan karotis ve vertebrobaziler arterler dahil olmak üzere majör vasküler dallanma bölgelerinde

sıklıkla görülür [28]. Yeterli kollateral dolaşımın olmadığı durumlarda geniş beyin infarktlarına neden olur [14]. Bazı vakalarda büyük kan damarlarının stenozu zaman içinde yavaşça gelişerek kollateral dolaşımın oluşmasına imkan sağlar ve tam tıkanıklık asemptomatik olabilir veya beklenenden daha az etkilenim olabilir [14]. Trombotik tıkanma en sık gece uykuda veya inaktivite sırasında meydana gelir. Nörolojik bozukluk serebral ödem, enfarkta komşu alanlardaki perfüzyon ve metabolik değişikliklere bağlı olarak saatler veya günler içinde kötüleşebilir [16]. Serebral ödem orta hatta kayma, herniasyon ve ölüme yol açacak kadar şiddetli olabilir [16].

2.1.4.2.2. Serebral Emboli

İnme vakalarının yaklaşık %30'undan emboli sorumludur [14]. Serebrovasküler trombüsün ürettiği mikroembolinin ötesinde, embolik inmelerin çoğunluğu kardiyak nedenlidir [28]. Kalp boşluklarındaki trombüs oluşumu genellikle kalbin içindeki yapısal veya mekanik değişikliklerden kaynaklanır [28]. Atriyal fibrilasyon, staz ve atriyal trombüs oluşumu ile birlikte zayıf atriyal motilite nedeniyle embolik inme için önemli bir risk faktörüdür [28]. Serebral emboli, ana arterlerin arteriyel dallarında yerleşir ve ani, fokal nörolojik bozukluğa neden olan tek veya çoklu dal tıkanıklığına neden olur [28]. Bu dal tıkanıklıkları, nöral doku, glia ve vasküler endotelyumda iskemik yaralanmayı indükleyerek distale kan akışını önemli ölçüde etkilemektedir [28]. Embolinin parçalanıp küçük kortikal damarları tıkanmasıyla kama şeklinde yüzeysel kortikal enfarktlar oluşur [16]. Emboli karotid veya vertebrobaziller dolaşımları etkileyen büyük damar tıkanıklıklarına da neden olmakla birlikte orta serebral arterin sulama alanında daha sık görülür [16]. Arteriyel beslenmenin bozulmasına bağlı olarak nörolojik bozukluk ani başlangıçlıdır. Klinik bulgular hızla değişkenlik gösterir [16]. Hemorajik transformasyona bağlı kötüleşebilir veya embolinin çözülmesiyle gerileyebilir [16].

2.1.4.2.3. Laküner İnfarkt

Laküner infarkt, bazal gangliyon, internal kapsül, pons ve serebellumun subkortikal bölgelerinde yerleşen ve 1,5 santimetrekareden küçük, sınırları belirgin lezyonlarla karakterizedir [15]. Tüm inmelerin yaklaşık %20'sini oluşturur [14]. Lakün bölgesi ("küçük göl" anlamına gelir) kabaca Willis ya da majör serebral arterlerden gelen derin perforan dallarından biri tarafından sağlanan vasküler bölgeye karşılık gelir [28]. Laküner infarktlar hipertansiyon ile güçlü bir şekilde ilişkilidir ve sıklıkla kronik hipertansiyon varlığında gelişen mikrovasküler değişikliklerle ilişkilidir [28]. Derin perforan arterler içindeki mikroateromlar da laküner infarktların önemli nedenidir. Hipertansiyona ek olarak, DM kronik mikrovasküler değişikliklerin bir sonucu olarak laküner inme ile ilişkilidir [28]. Anahtar öneme sahip bölgelerde küçük laküner infarktlar majör nörolojik kayıplara neden olabilir, fakat çoğunlukla geniş damar infarktlarına göre minör semptomlara neden olur veya asemptomatik olabilir [14].

2.1.4.3. Hemorajik İnme

2.1.4.3.1. İntraserebral Kanama

İntraserebral kanama tüm inme vakalarının yaklaşık %11'ini oluşturur, genellikle hipertansiyonla ilişkilidir [14]. Hipertansif hastalarda kanamanın bu damarlarda gelişen mikroanevrizmaların (Charcot-Bouchard anevrizmaları) rüptürü sonucu oluştuğu düşünülmektedir [14]. Sıklıkla, bazal gangliyon, talamus, pons, serebellum ve oksipital lob tutulur [21]. Yaşlılarda özellikle başka alanlarda tutulum olması durumunda en yaygın nedenin serebral amiloid anjiyopati kaynaklı anjiyodisplazi olduğu düşünülür [21]. İntraserebral kanamanın diğer önemli nedenleri arasında antikoagülan kullanımı, intrakraniyal tümör ve vaskülit yer alır [28]. Laküner inmelerden farklı olarak, intraserebral kanama bir damarın anatomik dağılımına uymaz, lobe tutulum görülür [14, 28]. Böyle bir hasar, kafa içi basıncın artması, multiple nöral traktların bozulması, ventriküler kompresyon ve serebral herniasyon ile sonuçlanabilir [28]. Ani baş ağrısı, bulantı, kusma ve dakikalar içinde gelişen ağır

nörolojik bozukluk ile karakterizedir [16]. Hastaların çoğunun bilinci giderek bozulur ve koma gelişir. Hematom ve serebral ödeme bağlı transtentorial herniasyon ve akut hidrosefali görülebilir [16]. Akut mortalite yüksektir, ancak hayatta kalanlar genellikle kanamadan sonraki ilk 2 veya 3 ayda hızlı nörolojik iyileşme gösterirler [28].

2.1.4.3.2. Subaraknoid Kanama

Sakküler anevrizma rüptürüne ve arteriyovenöz malformasyona (AVM) bağlı subaraknoid kanama tüm inmelerin %7'sinden sorumludur [16, 21]. Anevrizmalar, arteriyel duvardaki konjenital bir defektten gelişir, ardından adventisya dejenerasyonu ilerleyerek artar, bu da balon haline gelmesine veya damar dışına çıkmasına neden olur [28]. Anevrizma genişledikçe rüptür riski artar, bu nedenle 10 mm.den büyük asemptomatik anevrizmalarda cerrahi girişim önerilmektedir [14]. Sakküler anevrizmalar en sık olarak Willis çevresinin anterior bölgesinde özellikle anterior communican, internal karotid ve orta serebral arter yakınında bulunur [28]. Ayrıca serebral dolaşımdaki hemen hemen tüm dalların birleşim yerinde de bulunabilir [28]. AVM'ler yaşamın erken evrelerinde, genellikle ikinci veya üçüncü dekatında, anevrizmalara göre daha sık görülmektedir [28]. AVM, birden fazla arteriyovenöz fistülden oluşan damarsal doku ağı içeren bir konjenital yapıdır, arter ve ven arasında şant oluşumuna izin verir [28]. Bunlar merkezi sinir sisteminin herhangi bir yerinde bulunabilir ve genellikle fonksiyon bozukluğu olmaksızın normal nöral yapılarla yer değiştirerek büyüyebilir [28]. Şiddetli baş ağrısını takiben kusma ve meningeal irritasyon bulguları gelişir. Kanama başlıca subaraknoid alanda olduğu için fokal nörolojik defisitler belirgin değildir. Eşlik eden intraserebral kanama veya arteriyel vazospazma bağlı olarak gelişen infarkt nedeniyle sonradan fokal bulgular oluşabilir. Fokal bulguların veya ensefalopatinin gelişmediği hastalarda tam iyileşme sağlanabilir [16, 21].

2.1.5. Arteriyel Dolaşımın Lokalizasyonu ve İnme Sınıflaması

Lezyonların merkezi sinir sistemi içindeki anatomik lokalizasyonu, fiziksel veya bilişsel bozukluk ve disabilite düzeyini belirler [28]. İskemik inmede tanımlanmış serebrovasküler lezyonlarla ilişkili klinik sendromları anlamak, rehabilitasyon ekibini yönlendiren fiziksel tıp ve rehabilitasyon (FTR) uzmanı için değerli bir araç olabilir.

2.1.5.1. İnternal Karotid Arter (ICA) Sendromu

İnternal karotid arterin tam oklüzyonu nörolojik bir kayıp olmamasından, çok ağır tablolara kadar birçok klinik tabloya neden olabilir. Karotid arter iyi bir kollateral dolaşıma sahipse oklüzyon durumunda nörolojik kayıp oluşmayabilir. Bunun aksine, anterior ve orta serebral arterin beslediği bölgelerde ağır serebral infarkt ciddi kontralateral motor ve duyuşsal kayıplara neden olabilir. Küçük infarktlar orta serebral arterin beslediği bölgelerde kısmi veya total lezyonlara neden olur [14].

2.1.5.2. Orta Serebral Arter (MCA) Sendromu

MCA bölgesi, akut inmelerden en çok etkilenen bölgedir [28]. Frontal, parietal ve temporal lobların lateral kısımlarını, altlarında uzanan korona radiata ile daha derinde putamen ve internal kapsülün posterior kısmını MCA beslemektedir. MCA bölgesi enfarktleri oklüzyon bölgesine, iskemiye, etiyolojiye ve kollateral arteriyel ağa bağlı olarak hafif veya yıkıcı bir klinik sendrom olabilir [34]. Kollateral ağlar oldukça değişken olduğundan, aynı arterin aynı yerde tıkanması, inme şiddetinin ve prognozunun oldukça değişken olmasına yol açar. Üç MCA bölgesinden ikisinin etkilendiği büyük infarktlar ve beyin ödeminden kaynaklanan kitle etkisi ile tam veya tama yakın MCA bölgesi enfarktüsü “malign MCA inmesi” olarak tanımlanır [34].

Hastalarda çoğu zaman bilinç kaybı, baş ve gözlerde lezyon tarafına doğru deviasyon, kontralateral hemipleji, duyuda azalma ve homonim hemianopsi ortaya çıkar. Dominant hemisfer etkilenmişse, genellikle afazi mevcuttur, orta serebral arterin

perfüze ettiği tüm alanlarda infarkt varsa afazi ciddi olabilir. Mental durum iyileştikçe disfaji, kontralateral hemianopi, non-dominant hemisfer lezyonlarında ise algıda bozukluk ve ihmal gibi diğer bulgular belirgin hale gelir [14].

2.1.5.3. Anterior Serebral Arter (ACA) Sendromu

Anterior serebral arter, frontal ve parietal lobların interhemisferik kortikal yüzeylerini besler, nükleus kaudatus başı ve internal kapsülün ön kısmına da derin penetran dallar verir [15]. Her iki arterin tek bir anterior serebral kökten çıktığı durumda gelişen tıkanıklık ile her iki hemisferin anterior ve medial alanlarının infarktı serebral parapleji tablosuna neden olur [15]. Elleri ve yüzü daha az, bacakları daha fazla etkileyen kontralateral hemipareziye neden olur, duyu kaybı eşlik eder. Sol tarafta lezyon varlığında transkortikal motor afazi gelişebilir. Frontal kortekste geniş lezyonlar çoğunlukla spontanlığın kaybı, ilginin çabuk dağılması ve perseverasyona yatkınlık gibi davranış değişikliklerine yol açar [14]. Sfinkter disfonksiyonu, mutizm, anterograd amnezi, kavrama ve davranış bozuklukları özellikle derin perforan arterlerin iskemisinde sık görülür [13]. Korpus kallosumun tutulumu, sağ hemisferden sol hemisferdeki bilişsel merkeze bağlantı yolağının kesilmesine bağlı olarak 'Kallosal Kopukluk Sendromu 'na (Callosal disconnection syndrome) yol açabilir, bu nedenle sol el etkilenir. Bu durum ideomotor apraksi, agraft, taktıl anomi ve yabancı el sendromunu neden olabilir [34].

2.1.5.4. Posterior Serebral Arter (PCA) Sendromu

Vertebral arterler tipik olarak sağ ve sol subklavyen arterlerden dal alarak oluşur, servikal vertebranın transvers foramenlerinden geçerek foramen magnum yoluyla intrakraniyal bölgeye ulaşır [28]. Medulla ve pons bileşkesinde, vertebral arterler baziler arteri oluşturmak üzere birleşir, baziler arter mezensefalonda ikiye ayrılarak posterior serebral arterleri oluşturur [28]. Talamusun kan akımı, PCA'nın perforan arterleri tarafından sağlanır [28]. Bölgedeki infarktlar, hipoestezi, disestezi ve bazen hiperestezi veya ağrı dahil olmak üzere, hemisensorial defisitlere neden

olabilir [28]. Talamik ağrı sendromu ilk kez 1906 yılında Dejerine ve Roussy tarafından tanımlanmıştır, fakat merkezi sinir sistemi içindeki duyuşal afferent liflerin herhangi bir şekilde bozulması merkezi bir inme sonrası ağrı sendromuna neden olabilir [28]. Motor semptomlar nadir ve azdır, çoğunlukla posterior internal kapsülün etkilenmesine bağlı laterotalamik ödem ya da serebral pedinküllerin iskemisi ile ilişkilidir [34]. MCA sendromunu taklit eden ciddi kontralateral hemipleji, hipostezi ve hemianopsi görülebilir. Görsel bozukluklar lateral genikülat, temporal ve oksipital optik radyasyon ve oksipital lobun kalkarin korteks hasarından kaynaklanır [34]. Ek olarak görsel assosiasyon alanlarında oluşan hasar, diskromatopsi veya renk diskriminasyonunda değişikliklere neden olabilir. Sağ görme alanı defisiti ile ilişkili okuma bozukluğu (agrafisiz aleksi) sol oksipital korteksin ve posterior korpus kallozumun enfarktüsünden kaynaklanır [34].

2.1.5.5. Vertebrobaziler Sendrom

Baziler arteri oluşturmak için iki vertebral arter pons ve medulla arasında birleşirler. Daha sonra baziler arter serebral arterlerle birleşerek Wills poligonunu oluşturur [15]. Beyin sapı ve serebellumu besleyen ana arteriyel dallar posterior inferior serebellar arter (PICA), anterior inferior serebellar arter (AICA) ve superior serebellar arterdir (SCA). PICA, distal vertebral arterden köken alarak medulla etrafını sarar. AICA, pons etrafında dolaşan baziler arterin bir dalıdır. Her ikisi de serebellumun alt lobunu besler. Serebellumun üst lobu, mezensefalon seviyesinde baziler arterden dallanan SCA tarafından beslenmektedir [28]. Etkilenen anatomik yapıya göre klinik durumlar Tablo 2.1’de özetlenmiştir [35]:

Tablo 2.1 Etkilenen anatomik yapıya göre klinik durumlar

PICA	İpsilateral palatal güçsüzlük, Horner sendromu Wallenberg sendromu, ipsilateral ekstremitate ataksisi, kontralateral azalmış ağrı ve sıcaklık duyusu
AICA	İpsilateral işitme kaybı, ipsilateral fasiyal motor / duyu kaybı, ipsilateral ekstremitate ataksisi, kontralateral azalmış ağrı ve sıcaklık duyusu
Baziler arter	Bilinç değişikliği, okülomotor bozukluklar, fasiyal paralizi, ataksi, kuadriparezi

2.1.6. İnme İle İlişkili Bozukluklar

İnme sonrası özürlülük, fiziksel, bilişsel ve psikolojik işleyişin bozulduğu merkezi sinir sistemi hasarının bir sonucudur. İntrakranial fokal bölgeler ve nöral sistemler vasküler sorun nedeniyle etkilendiğinde spesifik bozukluklar ortaya çıkmaktadır [28].

2.1.6.1. Bilişsel Bozukluklar

İnme sonrası bilişsel bozukluk ve bellek kaybı sık görülür. İnme hastalarının yaklaşık % 30'unda, sonraki 1 yıl içinde demans gelişir. İnme dikkat, bellek, dil ve oryantasyonu içeren bilişsel alanları etkiler [36]. En çok etkilenen alanlar dikkat ve yönetsel işlevleridir; inme tanısı sırasında bellek problemleri genellikle belirgindir [36].

- **Bellek Bozuklukları ve Demans:** Bellek üniter bir işlev değildir; kodlama, depolama / pekiştirme ve bilgiyi geri çağırma içerir. Herbiri de bir beyin lezyonunu takiben birbirinden ayrılabilen spesifik sinir ağlarına bağlıdır [37]. İnme sonrasında öğrenme, bilgiyi geri çağırma, zaman, isim, yüz ve günlük işlerle ilgili bellek

bozuklukları olabilir. Tedavisinde kompensatuvar stratejiler, düzeltici yaklaşımlar ve yardımcı teknolojiler kullanılabilir [16].

İnme sonrası demans; vasküler demans, dejeneratif demans, özellikle Alzheimer hastalığı dahil olmak üzere, tüm demans tiplerini içerir. Alzheimer hastalığından sonra dünyadaki demansın ikinci nedeni vasküler demanstır [36]. Büyük ve küçük damar hastalıklarının kombinasyonlarının yanı sıra non-vasküler nörodejeneratif patoloji etyolojide yer alabilir [38]. İnme sonrası demansın gelişimi inme yeri ve hacmi, ilgili nöronal hasarın derecesi, önceden var olan bilişsel bozukluğun veya diğer serebral patolojilerin varlığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır [38]. Herhangi bir spesifik genetik faktörün doğrudan etkisi net değildir [38]. Vasküler hastalığı ve riskini azaltan veya kontrol eden herhangi bir önleyici girişim inme sonrası demansın engellenmesi için önemlidir. Son yıllarda, demansın önlenmesi için diyet ve fiziksel aktivite gibi çeşitli yaşam tarzı faktörleri vurgulanmıştır; bunların hepsi inme sonrası demansın önlenmesinde eşit olarak uygulanabilir [38]. Yüksek prevalansına rağmen, inmeden sonra demans için tedavi seçenekleri sınırlıdır. Şu ana dek vasküler demans tedavisi için onaylanmış hiçbir ilaç yoktur [38].

- **İhmal (Neglect) Sendromu:** İhmal, sağ ya da sol serebral lezyonun karşı tarafından gelen görsel, işitsel, dokunsal, koku gibi herhangi bir uyarana karşı, motor veya duyuşsal kayıplarla açıklanamayan kayıtsızlık veya tepkisizlik olarak tanımlanmıştır. İhmal tanısı koymadan önce yanıtın eksikliğini açıklayacak görsel, somatosensoriyal veya motor bozuklukların dışlanması önemlidir. İnme sonrası özürüllüğe önemli ölçüde katkıda bulunur, çünkü oturma dengesi, görsel algı, tekerlekli sandalye hareketliliği, güvenlik bilinci, cilt ve eklem koruması ve düşme riski üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. İhmali olan hastalar, etkilenen tarafta hijyen ve kendi bakım aktivitelerini gerçekleştirmede zorlanmakta, ihmal edilen görsel alandaki yiyeceklerini yiyememekte ve sıklıkla nesnelere, duvarlara çarpmaktadır. İhmal, görsel ve mekansal bir dikkat bozukluğudur, temporoparietal inme ve frontal göz alanlarının, singulat girus, talamus ve retiküler formasyonun lezyonlarıyla ilişkilidir [28].

- **Apraksi:** Praksis planlı motor aktivitelerin öğrenilmesi ve ortaya konulması yeteneğidir [15]. Praksis için her iki hemisferin primer motor merkezleri, dominant hemisferin premotor alanıyla birlikte çalışır [15]. Apraksi, yeterli motor ve duysal fonksiyonlara sahip olunmasına rağmen istemli bir aktivitenin başlatılamamasıdır [15]. Görülme insidansı sol hemisfer lezyonlarında daha fazladır [16]. En sık parietal lob lezyonlarında, daha nadir olarak temporal veya frontal lob lezyonlarında görülür [16].

2.1.6.2.Dil ve İletişim Bozuklukları

İletişim, bilginin alınması, merkezde işlenmesi ve gönderilmesini içeren kompleks bir fonksiyondur [14]. İletişim dilin kullanımıyla gerçekleşir ve fikirleri iletmek için oluşturulan semboller sistemini içerir, bu semboller de harfler, kelimeler ve işaretlerden oluşur. Dil bozukluklarına afazi denir [14]. Afaziye neden olan tipik lezyonlar, anlama ve anlamlandırma amacına yönelik olarak sembolik materyalin kullanımını etkilemektedir [28]. Dilin test edilmesi, sözlü anlatım, sözel anlama, adlandırma, okuma, yazma ve tekrarlama konularını içermelidir [28]. Dil ve iletişim bozuklukları etkilenen fonksiyonlara göre; global, Broca, Wernicke, transkortikal motor, transkortikal duyu, transkortikal mikst, kondüksiyon ve anomik olarak tiplere ayrılır [16]. Konuşma terapisi hastanın bilişsel kapasitesinin, dil kapasitesinin ve kayıplarının detaylı olarak değerlendirilmesine dayalı olarak planlanmalıdır [14].

2.1.6.3.Koordinasyon ve Denge

Gövde kontrolü ve stabilitesi, hareket paternlerinin koordinasyonu ve denge, inme sonucu sıklıkla etkilenen karmaşık ekstrapiramidal sistemler tarafından sağlanır. Ekstrapiramidal bozukluklar fonksiyonel iyileşme için büyük bir engel olabilir, ancak genellikle terapötik egzersizlere cevap verir [28]. Hastalarda sıklıkla postüral salınımda artış, postüral cevaplarda anormallik, dengede bozulma, vücut ağırlık merkezinin etkilenmeyen vücut yarısına doğru kayması ve asimetric yük dağılımı gözlenir [16]. Denge bozuklukları, ambulasyon ve günlük yaşam aktiviteleri ile ilgili

yarattığı sorunlar ve düşme riskini arttırması nedeniyle hemiplejik hastalarda değerlendirilmesi gereken önemli bir problemidir [16]. İnmeli hastalarda denge ve mobilitenin değerlendirilmesi için çeşitli değerlendirme ölçekleri kullanılmaktadır. Zamanlı Kalk Yürü Testi (Timed Up and Go Test), Berg Denge Ölçeği (BDÖ) ve Dinamik Yürüyüş İndeksi, inme geçiren hastalarda alt ekstremitelerin fonksiyonel yeteneklerini değerlendirmek için sıklıkla kullanılan güvenilir ve geçerli ölçeklerdir [39].

2.1.6.4.Duyusal Bozukluklar

İnme sonrası duyu kaybı, eklem ve cildin korunması, denge, koordinasyon ve motor kontrolü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [28]. Vücudun iki tarafı arasında hafif dokunma, basınç, derin duyu, ağrı, ısı, grafestezi, iki-nokta ayrımı, titreşim duyusunun farklı olup olmadığı ve bunların kalitatif ve kantitatif ölçümleri önemlidir [16]. Duyusal yollarda etkilenme tipik olarak hipoesteziye veya azalmış duyuya neden olmakla birlikte, talamus veya spinotalamik yollarda lezyonları olan hastalar, fonksiyonel iyileşme ve rehabilite edici tedaviyi etkileyebilecek şiddetli ağrılara maruz kalabilirler [28].

2.1.6.5.Motor Bozukluklar

İnme sonrasında hastaların büyük bir kısmında kas gücü kaybı gelişir. Fakat spastisiteye daha fazla yoğunlaşıldığından güçsüzlük geri planda kalmaktadır [16]. İnme sonrası erken dönemde kas tonusunda azalma görülürken, ilerleyen dönemlerde tonusun artışı ile spastisite gelişir [16]. Spastisite, merkezi sinir sistemi içinde bir üst motor nöron hasarı sonrası gelişen, kas gerimine karşı dirençte hıza bağlı bir artış olarak tanımlanabilir [28]. Spastisite şiddetli olduğunda; fleksibilite, postür ve fonksiyonel hareketliliğin kısıtlanması ve bozukluklarının yanı sıra eklem ağrısı ve kontraktür, konfor ve hijyen için pozisyonlandırmada zorluklara neden olabilir [28]. Postür ve ekstremit pozisyonu gibi faktörler spastisiteyi etkilediğinden değerlendirme sırasında dikkatli olunmalıdır [14]. Spastisite değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın skala Ashworth Skalası' dır. Bu skala 1964' te geliştirilmiş, 1987'de daha iyi

değerlendirme için bir derece (1+) daha eklenerek Modifiye Ashworth Skalası oluşturulmuştur. Kas tonusunu değerlendiren bir diğer yöntem de Tardieu Skalası'dır. Penn Spazm Sıklığı Skalası, Vizuel Analog Skala, Wartenberg Sarkaç Testi de spastisite değerlendirmesinde kullanılan diğer ölçeklerdir [40].

İnme hastaları çoğunlukla sinerjik kasların birlikte aktivasyonu ve ekstremité pozisyonuna bağlı olarak bir kas grubunu aktive edebilir. Örneğin, bir inme hastası el bileği ve dirsek fleksiyonu yaparak kavramada önemli bir güç oluşturabilirken, izole selektif parmak fleksiyonunda zorlanabilir [14]. İyileşme sinerji modellerine göre gerçekleştiğinden kasların tek tek muayene edilmesi doğru değildir, hareketin değerlendirimi için Brunnstrom Evrelemesi kullanılabilir [15, 16]. Motor fonksiyonların değerlendirmesinde Fugl-Meyer Motor Testi, Motor Değerlendirme Ölçeği, Motrisite İndeksi gibi ölçekler kullanılabilir [15].

2.1.7. Akut İnmede Tedavi ve Rehabilitasyon

Tedavi yaklaşımları inme tipine göre değişmektedir. Akut iskemik inme için modern tedavide şu anda dört farklı basamak yer almaktadır. Birincisi ve en önemlisi komplikasyonları önlemeye ve tedavi etmeye yönelik genel önlemlerdir. İkincisi, arteriyel rekanalizasyona yönelik reperfüzyon stratejileridir. Üçüncüsü, hücrel ve metabolik hedeflere yönelik sitoprotektif stratejilerdir. Dördüncü yaklaşım serebral iske mi ile ilişkili inflamatuvar süreçlerin inhibisyonunu hedeflemektedir. Sonuç olarak, akut iskemik inme tedavisinde farklı yaklaşımlar kombine edilmelidir [41]. İntraserebral kanamanın tedavisinde fonksiyonel ve vital prognozu iyileştirmek için gerekli tıbbi müdahalelerin türü ve yoğunluğunun planlanması, tıbbi ve cerrahi tedavi arasında uygun seçimin yapılması önemlidir [42].

İnme sonrası hayatta kalanların bakımı dünyada birbirinden farklı sistemlerle sağlanmaktadır. Pek çok Avrupa ülkesinde inme ünitelerinde akut inme tedavisi ve devamındaki yoğun rehabilitasyon tek bir ünite de kombine şekilde verilmektedir. Akut inme tedavisi sonrasında hızla rehabilitasyon evresine geçilmelidir [14]. Rehabilitasyon, inmenin akut döneminde başlayan, postakut dönemde devam eden,

topluma, eve, işe geri dönüşü ve ömür boyu izlemi içine alan aktivitelerin tümü olarak ele alınmalıdır [15]. İnme rehabilitasyonunda erken dönem hedefleri; ikinci inme atağını ve komplikasyonları önlemek, mobilizasyonu sağlamak, kendine bakım aktivitelerini gerçekleştirebilmesi için hastayı teşvik etmek, hasta ve ailesine destek sağlamaktır [16]. Yatak pozisyonlaması, düzenli pozisyon değişimi ve eklem hareket açıklığı egzersizlerine en kısa sürede başlanmalı ve mümkün olan en kısa sürede mobilizasyon sağlanmalıdır [16].

İnme sonrası 6 aydır evde yaşayan hastaların en sık şikayetlerinden biri, toplum içi güvenli ve verimli yürüyememeleridir. Fiziksel yardım almadan 150 adım (45 m) yürüme yeteneğini geri kazanma olasılığı, kısmen, inme ile ilişkili bozukluğun tipine bağlıdır. ‘Kopenhag Çalışması’, başlangıçta yürüyemeyen akut inmeli bireylerin % 80'inin 6 hafta içinde, % 95'inin 11 hafta içinde gelebilecekleri en iyi işlev düzeyine ulaştığını göstermiştir. Barthel İndeksi ve Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği ile yapılan değerlendirmelere göre iyileşme, inme sonrası en fazla 12 hafta içindedir [43]. Yürümede kazanç genellikle ilk 3 ay içinde progresif uygulamaların gerçekleştirilebildiği hastalarda görülür [16]. İnme sonrası yürüme yeteneğini etkileyen önemli faktörler arasında güçsüzlük, denge, koordinasyon, mekansal yönelim ve kognitif durumdur. Ataksi ve denge ile ilgili problem olmadığında, hemiplejik yürüyüş genellikle yavaş, asimetriktir ve yürüyüş döngüsünün salınım fazı sırasında tutuk diz (stiff knee) ile karakterizedir. Bu hemiplejik yürüyüş modeli, düzensiz ve değişik yüzeylere uyum sağlayamaz. Hemiplejik yürüyüşte en önemli sorun, yürüyüş döngüsü boyunca kas kasılması ve gevşemesinin anormal zamanlamasıdır. En basit haliyle, gastroknemius-soleus kompleksi ve ayak bileği invertörleri, salınım fazı boyunca aktif olarak kasılmakta, ancak genellikle, yürüyüşün basma fazı sırasında stabiliteyi sağlamada başarısız olmaktadır. Kuadriseps kasları, ekstremita bir sonraki adıma ilerlediğinde, salınım fazı da dahil olmak üzere, yürüyüş döngüsünün çoğunda aktif olarak kalır. İnme sonrası yürüyüş eğitimi için standart rehabilitasyon tekniği normal zeminde yürüyüş yapmaktır [28].

Vücut ağırlığı destekli yürüme eğitimi yürüme bandında yürürken hasta ağırlığının baş üzerinde yer alan bir askı sistemiyle kısmi olarak azaltılmasıdır [16]. Bu yöntemin amacı simetrik yürüme paterninin kazanılması, yürüme hızı ve

dayanıklılığın artırılmasıdır [16]. Başlangıçta vücut ağırlığının %30-40 ile başlanıp en kısa sürede alt ekstremiteye tam yük verilmesini sağlamak amacıyla hastanın postürü, dengesi, yürüme paterni düzeldikçe destek miktarı azaltılır. Bazı çalışmalar yürüme bandında vücut ağırlığı destekli yürüme eğitiminin tek başına yürüme bandında eğitimden daha etkili olabileceğini desteklese de, tüm çalışmalar göz önüne alındığında iki yöntem arasında belirgin farklılık saptanmamıştır [16].

Öğrenme teorileri ve nöronal plastisite çalışmalarından elde edilen bilgilere göre, daha iyi fonksiyonel sonuç elde etmek için rehabilitasyondaki görevlerin tekrarlanması zorunludur [44]. İnme sonrası tekrarlayan görev eğitimleri incelendiğinde, sadece alt ekstremitte fonksiyonunda ılımlı iyileşme olduğunu görülmüştür [45]. İnme hastaları sadece nörolojik kayıplardan değil, aynı zamanda fiziksel dekonidisyondan ve bazen de kardiyak komorbiditeye kadar değişen sorunlardan etkilenmektedir. Çeşitli çalışmalar genel güçlendirme ve aerobik egzersizlerin olası yararını ele almaktadır [46-48].

Kendine bakım aktivitelerindeki eksiklikler iş-uğraşı terapistleri ve hemşireler tarafından tanımlanır [21]. İş-uğraşı tedavisine katılım, özellikle eve taburculuğu düşünülen hasta için önemlidir. Bir yutma terapisti tarafından disfajinin akut olarak değerlendirilmesi, ağızdan hiçbirşey alınmaması, diyet modifikasyonu yapılması veya enteral beslenmeden hangisinin uygun olup olmayacağını belirlenmesi açısından önemlidir [21].

2.1.8. Nöroplastisite ve İnmede Motor İyileşme

2.1.8.1. Nöroplastisite

Nöroplastisite, özellikle merkezi sinir sistemi yaralanmasından sonra, merkezi sinir sisteminin yeniden düzenlenme ve yeniden şekillenme yeteneğini ifade eder. Yıllar boyunca, nöroplastisitenin sadece yetişkinlikten önce önemli ölçüde oluştuğu düşünülmüştür [28]. Son 20 yılda, nörobilim araştırma alanında, yetişkin insan beyninin, yaralanmadan sonra adaptif plastisiteye sahip olduğunu gösteren önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ve

invaziv olmayan beyin stimölasyonu tekniklerinin (transkranyal manyetik stimölasyon[TMS]) gelişmesiyle birlikte, inme sonrası fonksiyonel iyileşmenin altında yatan bazı süreçler daha iyi anlaşılmıştır [28]. Bu gelişme, kronik fazda bile nörolojik iyileşmeyi ve fonksiyonel kapasiteyi arttırmaya odaklanan yeni stratejilerin geliştirilmesine ve test edilmesine olanak sağlamıştır [28].

İnme sonrası yapılan bazı yeni çalışmalar, hasarlı beynin kapsamlı yeniden yapılanma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir [49, 50]. Fonksiyonel iyileşmeye katkıda bulunan olası nöral plastisite mekanizmaları zamanla dendritik filizlenme, yeni sinaps oluşumu ve uzun süreli potansiyel artışı ve azalması süreçlerini içerebilir [28]. İnme sonrası reorganizasyon, enfarktöslü bölgelerin fonksiyonlarını üstlenen hasar görmemiş korteks alanlarını da içerebilir. Reorganizasyonun farklı biçimleri aynı anda fonksiyonel iyileşmeye katkıda bulunabilir [28].

Sosyal çevre ile etkileşimlerin bireylerde davranış değişikliklerine yol açmasıyla birlikte, bireylerin gelişiminde normal öğrenme ve inme sonrası nöroplastisite arasında birçok paralellik vardır [44]. Klinik nörorehabilitasyonda, multidisipliner ekip çalışmasının ve uygulanan tedavilerin ana etkisi, hastanın bireysel gereksinimlerine ve kayıplarına uyan uyarıcı bir öğrenme ortamı yaratmaktır [44].

2.1.8.2. İnmede Motor İyileşme

Klinik çalışmalar, inmeli hastaların çoğunda başlangıçta görülen ağır nörolojik kaybın zaman içinde belirgin bir şekilde düzeldiğini göstermektedir [15]. İnme sonrası motor iyileşme saatler veya günler içerisinde ortaya çıkabilir. Bobath tarafından geliştirilen nörogelişimsel teknik, fonksiyonel yönelimli egzersiz eğitimi (transfer eğitimi, erken ambulasyon) gibi geleneksel yaklaşımlar ve tekrarlayan görev odaklı uygulama gibi son zamanlarda geliştirilen yaklaşımların motor iyileşmeyi kolaylaştırdığı ve geliştirdiği savunulmaktadır [14]. Bobath metodunun temeli kas tonusunun normalleştirilmesi ve primitif postöral reflekslerin inhibisyonuna dayanmaktadır [51]. Rood'un geliştirdiği sistem gibi diğer geleneksel teknikler,

istemli kas aktivasyonunu uyarmak için okşama, fırçalama, vurma ve soğuk ile yüzeysel kütanöz stimulasyon veya vibrasyonla kas stimulasyonunu içerir [14].

İnmeli hastalarının değerlendirimi ve tedavisinde kullanılan bir diğer yaklaşım Brunnstrom tarafından tanımlanmıştır [51]. Brunnstrom tedavisi; sinerji kavramı, nöromotor kontrol mekanizmaları ve beyin fonksiyonel asimetrisi temellerine dayanmaktadır [51]. İnme geçiren kişilerde yüksek serebral merkezlerin kontrolü ortadan kalkar [51]. Böylece insanın gelişim süreci boyunca korunan ancak yüksek merkezlerin etkisiyle inhibe olan hareket paternleri ortaya çıkar [51]. Bunlar kaba, iyi kontrol edilemeyen stereotipik hareketlerdir ve sinerji paterni adını alırlar [51]. Sinerji paternine bağlı olan kaslar nörofizyolojik olarak organizasyonel bir ünite oluştururlar, izole hareket edemezler. Brunnstrom'a göre sinerjiler, refleksler ve anormal hareket paternleri istemli hareketin ortaya çıkması için gerekli aşamalardır [51]. Brunnstrom yaklaşımına göre iyileşme evreleri Tablo 2.2'de gösterilmiştir [51]:

Tablo 2.2. Brunnstrom yaklaşımına göre iyileşme evreleri

Evre 1	Kas tonusu tamamen gevşek, istemli veya refleks olarak ortaya çıkan hiçbir aktif hareket yok
Evre 2	Spastisite gelişmeye başlar. Assosiyasyonlarla veya istemli harekete başlama çabasıyla sinerjiler veya sinerjilerin bazı bileşenleri ortaya çıkar.
Evre 3	Sinerjiler veya bazı bileşenleri istemli olarak ortaya çıkar. Spastisite belirgin hale gelir. İyileşme sürecinde bu dönem yarı istemli olarak hareketin yapılabildiği dönemdir.
Evre 4	Hasta başlangıçta güçlülükle ancak daha sonra kolaylıkla sinerjiler dışında birleşik hareket paternlerini ortaya çıkarır. Spastisite azalmaya başlar. Ancak bu dönemde spastisite nonsinerjistik hareketleri etkileyebilir.
Evre 5	Eğer iyileşme devam ediyorsa sinerjik etkilerin azalmasıyla daha zor, karmaşık hareket kombinasyonları yapılabilir. Spastisite azalmaya devam eder.
Evre 6	Hasta izole hareketleri yapabilir, koordinasyonu normale yakındır.

2.1.9. Komorbid Durumlar ve Sekonder Komplikasyonlar

İnme geçiren hastaların çoğu, profesyonel dikkat gerektiren, bir kısmı da rehabilitasyonu etkileme potansiyeline sahip birçok başka tıbbi komorbiditeye sahiptir [28]. Framingham Kalp Çalışması'nda, yaş ve cinsiyet uyumlu kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, inme geçiren kişilerde hipertansiyon, hipertansif kalp hastalığı, koroner kalp hastalığı, obezite, DM, artrit, sol ventrikül hipertrofisi ve konjestif kalp yetmezliği anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur [28].

Rehabilitasyon sürecindeki inme hastaları ile ilgili tıbbi problemler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [28]:

- Rehabilitasyon programı süresince sürekli bakım gerektiren, önceden var olan tıbbi hastalıklar (hipertansiyon ve diyabet gibi)
- İnmeden etkilenen genel sağlık fonksiyonları (beslenme ve hidrasyon gibi)
- İnme sonrası sekonder komplikasyonlar (derin ven trombozu ve pnömoni gibi)
- Mevcut kronik hastalıkların akut inme sonrası alevlenmeleri (iskemik kalp hastalığı öyküsü olan bir hastada fiziksel egzersiz sırasında anjina atağı gibi)

Bu durumların yönetimi, rehabilitasyon çabalarının önemli bölümünü etkileyebilir [28]. Bazı inmeli hastalarda, belirli komorbid hastalıkların, inmenin kendisinden daha fazla özürlülük oluşturduğu belirtilmiştir [28].

İnme sonrası komorbiditeler ve sekonder komplikasyonlar kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Tromboemboli, pnömoni, solunum yetmezliği, hipertansiyon, ortostatik hipotansiyon, angina pectoris, konjestif kalp yetmezliği, kardiyak aritmiler, diyabet, önceki veya tekrarlayan inme, idrar yolu enfeksiyonu, mesane disfonksiyonu, bağırsak disfonksiyonu, dehidratasyon, yetersiz beslenme, disfaji, omuz disfonksiyonu, kompleks bölgesel ağrı sendromu, depresyon, cinsel işlev bozukluğu, nöbet, spastisite, santral ağrı sendromu, düşme ve yaralanmalar, ilaç aşırı kullanımı, kısıtlı endurans, yorgunluk, uyku bozukluğu [28].

2.2. KARDİYOPULMONER EGZERSİZ VE FONKSİYONEL KAPASİTENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Günümüzde kalp hastalıklarının geniş kapsamlı tedavisinde gerekli olduğu kabul edilen ‘kardiyak rehabilitasyon’ kavramı, kardiyovasküler riski azaltmaya yönelik multidisipliner programlardan oluşmakta ve egzersiz eğitimi bu programların en önemli bileşeni olarak görülmektedir [52]. Bu kavramın temel unsurları içinde hasta değerlendirimi ve egzersiz eğitimi yer almaktadır. Kardiyovasküler sistemin egzersiz kapasitesinin belirlenmesi, egzersiz reçetesi oluşturmada temel basamağı oluşturmaktadır [52]. Kalp hastalıkları haricinde, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon disiplininin ilgilendiği inme dahil birçok hastalığın rehabilitasyonunda aerobik egzersiz eğitimi vazgeçilmez bir yöntemdir [52].

Aerobik (kardiyopulmoner) kapasite kişinin egzersiz yapma kapasitesini gösterir, yorgunluk oluncaya kadar yoğunluğu giderek artan bir testle direkt veya indirekt yolla ölçülebilir [53, 54]. 1950’li yıllarda cerrahi geçiren hastalara merdiven çıkma testinin uygulanmasıyla, egzersiz tabanlı testin yararlı bir tanı aracı olarak ve konvansiyonel kardiyopulmoner testlere ek olarak rolü belirlenmiştir [55]. O zamandan beri, değişen protokol ve klinik uygulamalarda çeşitli testlerin hızlı gelişimine tanık olunmuştur [55]. Göreceli olarak basit “saha testleri (mekik yürüme testi, merdiven çıkma testi, 6 dakika yürüme testi)”, minimum ekipman ve teknik destek gerektirir ve bu nedenle genellikle doktorlar ve hastalar için uygulanması kolaydır. Spektrumun diğer ucundaki, kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) ise, daha karmaşık ekipman gerektirip, teknik destek ve genellikle kompleks bir yorumlama stratejisine sahiptir [55].

2.2.1. Temel Kavramlar ve Egzersizin Etkileri

2.2.1.1. Kardiyopulmoner Sistem

Kardiyopulmoner sistem kalp, akciğerler ve kan damarlarından oluşur. Kardiyopulmoner sistemin temel görevi oksijen ve besinleri dokulara, karbondioksit ve diğer metabolitleri akciğer ve böbreklere taşımak, hormon ve antikorların vücuda dağılımını sağlamaktır [54, 56]. Ayrıca ısı, asit / baz dengesi ve sıvı / elektrolit dengesinin korunmasına (homeostazise) yardımcı olmaktadır [54].

2.2.1.2. Kalp Hızı

Kalp hızı, VO_2 ve işin diğer ölçütleri ile doğrusal artan bir ilişki gösterdiği için egzersiz şiddetini belirlemede kullanılan iyi bir ölçüttür [53]. Normal istirahat kalp hızı (KH), yaklaşık 60-80 atım/dakikadır. KH yanıtının büyüklüğü; yaş, vücut pozisyonu, uyum, aktivite türü, kalp hastalığının varlığı, ilaç kullanımı, kan hacmi, sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerle ilgilidir [53]. Maksimum egzersiz sırasında KH kişinin yaşına ve antrenman durumuna bağlı olarak 200 atım/dakika üzerine çıkabilir [53]. Dinamik egzersiz, KH'nı, izometrik veya dirençli egzersizden daha fazla artırır. Egzersiz sırasında KH'da beklenen artış, 1 metabolik eşdeğerde (MET) yaklaşık 10 atımdır. Ayrıca, KH cevabı genellikle artan iş yükü ile ilişkilidir. Dinamik egzersizin başlangıcında KH, ilgili iş yükü ile orantılı olarak artar. Hedef maksimum KH (KH_{maks}) yaşla birlikte azalır ve sağlıklı erkeklerde ve kadınlarda “ $KH_{maks} = 220 - \text{yaş}$ ” formülü kullanarak hesaplanabilir [56].

KH normal kişilerde ve kalp hastalığı olanlarda egzersiz kapasitesini sınırlayan bir faktördür. KH_{maks} 'na maksimal egzersiz testi ile ulaşılır [57]. Tahmin edilen KH_{maks} 'nın % 80'ine ulaşmak yeterli kabul edilebilir [57]. Pik egzersizde tahmin edilen KH'nın %80'inin altında olması, genellikle düşük KH rezervi olarak kabul edilir, diğer bir deyişle KH'nın daha fazla artırılması olasılığı oldukça sınırlıdır [57]. Egzersiz sırasında, kardiyopulmoner uyumu düşük olan kişilerde, sol ventrikül fonksiyon bozukluğu varlığında olduğu gibi, kardiyak debinin hızlı artışının sağlanması için KH hızla artar [57]. Bu durum, sağ ventrikül çıkışının bozulduğu pulmoner vasküler hastalığı olanlar bireylerde de görülmektedir [57]. Bu kişiler düşük bir VO_{2maks} değerine ulaşır. Aksine, ilerleyici bir egzersiz testi sırasında KH'nda beklenenden düşük bir artış olması, iyi bir kardiyovasküler uyum düzeyi ve sol ventrikül (LV) fonksiyonu ile ilişkili olabilir [58]. Ayrıca, egzersiz için yeterli olmayan KH yanıtı, kronotropik yetersizlik olarak tanımlanan sinüs nodu disfonksiyonu sonucu olabilir ve kardiyak hastalık açısından prognostik bir önemi vardır [58]. β -bloker bir ilacın kullanımı, hem egzersiz sırasında elde edilen maksimum KH'nı hem de KH'da hızlı artışı azaltır, böylece egzersize fizyolojik kardiyak yanıtın yorumlanmasını sınırlar [58].

2.2.1.3. Atım Hacmi (Strok volüm)

Atım hacmi (AH), sol ventrikülden tek bir atımda pompalanan kan miktarıdır ve diyastol sonu hacim ve sistol sonu hacim arasındaki farka eşittir [53, 56]. Daha büyük diyastolik ön yük (preload) AH'ni artırır [56]. Ventriküler son yüke (afterload) direnç gösteren faktörler AH' inde azalmaya neden olur. Egzersiz sırasında AH, aerobik kapasitenin yaklaşık % 50'sine eşit bir seviyede maksimum egzersiz hızına ulaşınca kadar eğrisel olarak artar. AH platoya ulaşır ve iş yükündeki daha fazla artış, esas olarak diyastol sırasında azalmış dolun süresi nedeniyle AH'nin artmasını engeller [56]. AH erkeklerde kadınlardan daha yüksektir [56]. Dik konumda dururken, genellikle 60-100 ml/ atım arasında değişirken, maksimum AH 100-120 ml/atıma yaklaşır [56]. AH sırtüstü ya da yüzüstü pozisyonda daha yüksek, dik pozisyonda daha düşüktür. Statik egzersiz (ağırlık çalışması) artmış intratorasik basınç nedeniyle AH' nde hafif bir azalmaya neden olabilir [56].

2.2.1.4. Kardiyak Debi (Kardiyak Output)

Kardiyak debi (Q) 1 dakikada kalp tarafından pompalanan kan miktarıdır.

$$Q \text{ (L/dk)} = KH \text{ (atım/dk)} \times AH \text{ (ml/atım)} [56].$$

Hem sportif hem de sedanter bireylerde istirahatte kardiyak debi yaklaşık 4-5 L/dk'dır, ancak egzersiz sırasında maksimum kardiyak debi 20 L/dk'ya ulaşabilir [56]. Kardiyak debi artan işle birlikte doğrusal olarak artar, egzersizinin erken evrelerinde esas artış Frank-Starling mekanizmasıyla olurken (AH artar), ileri evrelerdeki artış ağırlıklı olarak KH artışıyla sağlanır [53]. Bir bireyde maksimum kardiyak debi yaş, postür, vücut boyutu, kardiyak hastalık varlığı ve fiziksel uyum gibi birçok faktöre bağlıdır. Dinamik egzersiz sırasında, kardiyak debi başlangıçta AH ve KH'ndaki artışlarla ve egzersiz yoğunluğu ile artar [56]. Genel olarak kardiyak debi ile VO_2 arasında, anaerobik eşik noktasında kırılmanın olduğu doğrusal bir ilişki vardır [53].

2.2.1.5. Kan Dolaşımı

Dinlenme durumunda, kardiyak debinin % 15-20'si iskelet kaslarına dağılır, geri kalanı ise iç organlara, beyne ve kalbe gider. Egzersiz sırasında, kardiyak debinin % 85-90'ı seçici olarak çalışan kaslara dağılır. Miyokardiyal kan akımı egzersiz ile 4-5 kat artabilirken, beynin kan desteği dinlenme düzeylerinde korunur. Arteriyel kanın oksijen içeriği ile venöz kandaki oksijen içeriği arasındaki fark arteriyovenöz oksijen farkı olarak adlandırılır. Arteriyovenöz oksijen farkı dokular tarafından arteriyel kandan alınan oksijeni yansıtır. Dinlenme sırasındaki oksijen alımı yaklaşık % 25'tir, fakat maksimum egzersizde oksijen alımı % 75'e ulaşabilir [56].

2.2.1.6. Venöz Dönüş

Venöz dönüş egzersiz sırasında aşağıdaki mekanizmalarla korunur veya artırılır:

- İskelet kası kasılması, kanın kalbe doğru geri dönüşünü zorlayarak, derin damarlar da dahil olmak üzere etrafını saran çeşitli damarsal yapılar için bir “pompa” görevi görür.
- Venüllerin etrafındaki düz kaslar veno-konstrüksiyona neden olur. Bu, venöz taraftaki basıncı artırır, kanın kalbe doğru akışını sağlar.

Egzersiz sırasındaki diyafragma kasılması, abdominal bölgeden ve alt ekstremiteden kan akışını kolaylaştırarak intratorasik basıncın düşmesini sağlar [56].

2.2.1.7. Kan Basıncı

Kan basıncı, kan akışının ardındaki itici güçtür. Sistolik kan basıncı (sKB), kalp kası kasılırken (sistol) arterlerin duvarlarına karşı kanın maksimum kuvvetidir. İstirahatteki normal sKB 130 mmHg'den azdır. Diyastolik kan basıncı (dKB), kalp gevşerken (diastol) kanın arterlerin duvarlarına karşı kuvvetidir. İstirahatteki normal dKB 85 mm Hg'den azdır. sKB, artan çalışma yoğunluğu ile artar, metabolik eşdeğerde (MET) her 1 birim artışla doğrusal bir şekilde 8-12 mmHg artış beklenir. Maksimum olarak 190-220 mmHg'ye ulaşır, 260 mmHg'den büyük olmamalıdır. dKB değişmeden

kalır veya egzersizle biraz artabilir. Kan basıncı doğrudan kardiyak debi ve periferik vasküler direnç ile ilişkili olduğu için, kalbin inotropik performansını (pompalama kapasitesi) izlemek için invaziv olmayan bir yol sağlar. sKB'nın artmaması, artmış iş yükü ile sKB'nın azalması veya dKB'nda anlamlı bir artış, egzersize karşı anormal yanıtlar olup, ya ciddi egzersiz intoleransı ya da altta yatan kardiyovasküler hastalığa işaret etmektedir [56].

2.2.1.8. Solunum Sayısı ve Solunum Değişim Oranı

Solunum katsayısı ve solunum değişim oranı (RER) terimleri sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılmasına rağmen bunların ayrımı önemlidir. Solunum katsayısı, hücrel metabolizmanın ürettiği CO₂'in dokular tarafından kullanılan O₂'ye oranıdır. Enerji için oksitlenen karbonhidrat ve yağ asitlerinin nispi miktarlarını belirtir. 0,7'lik bir solunum katsayısı, enerji metabolizmasında serbest yağ asitlerinin daha çok kullanıldığını, 1,0 olması ise, karbonhidratların daha çok kullanıldığını gösterir. Solunum katsayısı, 1,0 'ı aşmaz. RER istirahat ve egzersiz sırasında CO₂ ve O₂'nin pulmoner değişimini yansıtır. RER de dinlenme sırasında 0,7 ve 1,0 arasında değişir ve ayrıca substrat tercihinin de yansıtılabilir. Bununla birlikte, yorucu egzersiz sırasında, RER, VO₂ ile uyuşmayan artan metabolik aktivite ve laktik asidin bikarbonat tamponlamasından elde edilen ilave CO₂ nedeniyle 1,0'ı geçebilir [59].

2.2.1.9. Pulmoner Ventilasyon (VE)

Pulmoner ventilasyon (VE), birim zamanda ekspire edilen hava hacmidir ve yetişkin sedanter bir insanda istirahat halinde yaklaşık 6 L/dk'dır [56]. Bununla birlikte, VE maksimum egzersizde, dinlenme değerlerine göre 15-25 kat artar [56]. Hafif-orta derecede egzersiz sırasında VE öncelikle tidal hacmin yükselmesi ile artar, ancak şiddetli aktivite sırasında solunum hızının artması sonucu artar [56]. VE'deki artışlar genellikle oksijen tüketiminin (VO₂) ve üretilen karbondioksitin (CO₂) artmasıyla doğru orantılıdır [56]. Kritik bir egzersiz yoğunluğunda (genellikle kardiyopulmoner uyumu düşük bireylerde VO_{2maks} 'ın % 47-64'ü ve yüksek bireylerde VO_{2maks} 'ın % 70-

90'l), VE, serum laktat düzeyi ile VCO_2 'de ani artışa paralel olarak, VO_2 ile orantısız artar. Bu orantısız artışın gözleendiği noktaya anaerobik (ventilatuvar) eşik denir [56].

2.2.1.10. Anaerobik Eşik (AT)

Günlük aktivitelerin çoğu maksimum çaba gerektirmediği için, yaygın olarak kullanılan aerobik kapasitenin submaksimal indeksi, VO_2 'deki artışa göre ventilasyonun katlanarak artmaya başladığı egzersiz seviyesi ile tanımlanan anaerobik eşiktir [60]. Anaerobik eşik terimi, belirli bir çalışma hızında, kasın oksijen gereksinimlerinin karşılanmaması kavramına dayanır [60]. Bu dengesizlik, enerji üretimi için anaerobik glikolizi artırır, laktat bir metabolik yan ürün (laktat eşiği) olarak artar [60]. Kan laktatında sürekli yükselmeye yanıt olarak tamponlama sonucu ortaya çıkan fazla CO_2 'i sistemden uzaklaştırmak için ventilasyonda bir artışa gereksinim olur [60]. Anaerobik eşik, ventilasyon eşiği ve laktat eşiği terimleri birbirinin yerine kullanılmasına rağmen, birbirinden farklı ancak birbiriyle ilişkili, ardışık olaylar olarak düşünölmelidir [60].

Anaerobik eşik, egzersiz sırasında metabolik asidozun başlangıcını belirtir ve geleneksel olarak kan laktat düzeyinin seri ölçümleriyle belirlenir. Egzersiz testi sırasında VE ve CO_2 'in ölçölmesi ile noninvaziv olarak belirlenebilir [56]. Anaerobik eşik, enerji taleplerinin aerobik metabolizmayı sürdürmek için dolaşım sınırlarını aştığı tepe işyükünü veya oksijen tüketimini belirtir [56]. Bu eşiğin üzerinde daha yoğun bir egzersiz, geri ödenmesi gereken bir metabolik borcu doğurur [57].

VCO_2 - VO_2 grafiğinde VCO_2 VO_2 'den daha fazla arttığından, iki eğimin kesiştiği nokta AT'yi gösterir, buna AT'yi belirleyen “V-eğim” yöntemi denir [57]. AT, tahmin edilen VO_{2maks} 'ın % 40'ından daha büyük olmalıdır. Eğitilmiş sporcularda bu daha yüksek (hatta % 80'e kadar) olabilir [57]. Anaerobik metabolizma, dolaşımın dokuların metabolik ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli oksijen sağlayamadığı zaman ortaya çıkar [57].

AT, KPET sırasında, aşağıdaki üç ana nedenden dolayı, normal egzersiz yoğunluğundan daha düşük düzeyde saptanabilir [57]:

- Kardiyak debinin düşük olması

- Bacaklardaki kan damarlarında tıkanıklık olması
- Arteriyel kanın periferik oksijen saturasyonunun (SpO_2) düşük olması [57].

Ventilasyon eşiği (VE), sağlıklı dayanıklılık eğitimi almamış kişilerde VO_{2maks} 'ın % 47-64'ünde ortaya çıkarken, dayanıklılık eğitimi almış kişilerde genellikle VO_{2maks} 'ın daha yüksek bir yüzdesinde saptanır [60]. Egzersiz eğitiminin VE'deki VO_2 seviyesini VO_{2maks} 'a benzer bir dereceye kadar arttırdığı gösterilmiştir [60]. VE'yi belirlemek için birkaç yöntem önerilmiştir, ancak hangisinin en iyi olduğuna dair ortak bir uzlaşısı yoktur [60].

VE'nin en yaygın 3 tanımını aşağıdaki gibidir [60]:

- (1) Oksijen için ventilasyon eşdeğerinin (VE / VO_2) sistematik bir artışının, karbondioksit için ventilasyon eşdeğerinde (VE / VCO_2) bir artış olmaksızın gerçekleştiği nokta,
- (2) End-tidal oksijen basıncında sistematik bir yükselmenin, end-tidal karbon dioksit basıncında bir azalma olmadan meydana geldiği nokta,
- (3) VCO_2 'nin, VCO_2-VO_2 grafiğinde çizilen bir çizgisinden ayrılması (V-eğim yöntemi) [60].

2.2.1.11. Maksimum Oksijen Tüketimi

Kardiyopulmoner uyumun en yaygın olarak tanınan ölçüsü aerobik kapasite veya VO_{2maks} 'dır [61]. VO_{2maks} , dinamik çalışma kapasitesi ve kardiyopulmoner uyumu değerlendirmek için güvenilir ve tekrarlanabilir bir ölçüm yöntemidir. Bu değişken en yüksek oksijen harcanma/tutulum oranı olarak tanımlanmıştır ve maksimum fiziksel eforla elde edilebilir [56]. VO_{2maks} neredeyse kalbin pompalama kapasitesini tanımlar, çünkü KH_{maks} ve maksimal sistemik arteriyovenöz oksijen farkında fiziksel aktivite ile çok az değişiklik gösterir [56].

Fonksiyonel kapasite, bir bireyin maksimum oksijen alımı (VO_{2maks}) ile tanımlanan aerobik çalışmayı gerçekleştirme yeteneğidir [60]. Yani, aşağıdaki

denklemden gösterildiği gibi, maksimal fiziksel yorgunlukta kardiyak debi ve arteriovenöz oksijen (a-VO₂) farkının ürünüdür [60, 62]:

$$VO_{2maks} = (KH \times AH) \times (a - VO_2)$$

VO_{2maks}, tipik olarak, toplam vücut kas kütlelerinin en az yarısının katıldığı egzersiz ile sağlandığı için, genellikle VO_{2maks} 'ın periferik faktörlerden ziyade maksimal kardiyak debi ile sınırlı olduğu düşünülmektedir [60]. VO_{2maks}, dakikadaki oksijen miktarı olarak ölçülmesine rağmen, genellikle, kişiler arası karşılaştırmaları kolaylaştırmak için, dakikada vücut ağırlığının kilogramı başına düşen mililitre oksijen cinsinden ifade edilir [60, 62]. Ayrıca, fonksiyonel kapasite, özellikle doğrudan ölçülen VO₂ yerine ulaşılan iş yükünden hesaplandığı için, sıklıkla metabolik eşdeğerle (MET) ifade edilir [60]. İstirahatteki enerji harcamasını temsil eden 1 MET 3,5 ml O₂/kg/dk'ya eşdeğer kabul edilir. Bu durumda, fonksiyonel kapasite genellikle istirahat metabolik eşlenirliğin katları olarak ifade edilir [60].

VO_{2maks}, bireyin gerçek fizyolojik sınırına ulaşıldığını ve ilerleyici egzersiz testinde artan VO₂'nin bir platoya eriştiğini ifade eder [62]. Bu plato, her bireyde maksimum egzersiz testi sırasında tutarlı olarak gözlenmeyebilir, kardiyovasküler veya pulmoner hastalığı olan kişilerde nadiren gözlenir. VO₂'nin platoya erişmediği veya maksimum performans, merkezi dolaşım dinamikleri yerine yerel kas faktörleri tarafından sınırlandırıldığında tepe VO₂ (VO_{2tepe}) terimi kullanılır [62]. VO_{2maks} terimi, tipik olarak VO₂'de bir plato elde edilmesinin daha muhtemel olduğu sağlıklı kişilerde aerobik kapasiteyi tanımlamak için kullanılır [60]. Ancak, görünüme göre sağlıklı bireylerin büyük bir kısmının VO₂'de bir platoya ulaşamayacağı ve bu yanıtın yokluğunun mutlaka submaksimal efor anlamına gelmediği unutulmamalıdır [60].

VO_{2maks} yaş, cinsiyet, koşullandırma durumu, hastalık veya kullanılan bazı ilaçlardan etkilenir [60]. Aerobik kapasite genellikle atletik olmayanlarda atım hacminde, maksimal kalp hızında, iskelet kası için kan akışında ve iskelet kası fonksiyonunda azalma ile birlikte on yılda ortalama % 10 azalır [60]. Kapasitedeki bu düşüş oranı, ilerleyen yaşla birlikte hızlanmakta, genç bireylerde (20-30 yaşlarında) on yıl başına % 3'ten % 6'ya, yaşlılarda (70 ve üzeri yaş) her on yılda % 20'ye çıkmaktadır [60]. Her yaşta, VO_{2maks}, erkeklerde, daha yüksek bir hemoglobin konsantrasyonu, daha büyük bir kas kütlesi ve daha yüksek atım hacmi olması nedeniyle, kadınlardan % 10 -

20 daha yüksektir [60]. Belirli bir kişideki fonksiyonel kapasite yorumlanırken, VO_{2maks} 'ta yaş ve cinsiyet farklılıklarının dikkate alınması önemlidir [60]. Yaşa göre VO_{2maks} tahmini standartları için sayısız denklem yayınlanmıştır ve bir birey için elde edilen yaş tahminli bir VO_{2maks} yüzdesine atıfta bulunurken popülasyonun özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır [60]. Dayanıklılık eğitimi, esas olarak maksimum atım hacmini ve $a-VO_2$ farkını % 10-30 artırarak VO_{2maks} 'ı artırır [60].

Açık devre spirometresi, indirekt kalorimetri olarak da adlandırılan kademeli bir artımlı veya rampa egzersiz testi sırasında VO_{2maks} ölçmek için kullanılır [62]. Bu prosedürde, hasta burnunun tıkalı olduğu düşük dirençli bir valvden (maskeli veya maskesiz) nefes alırken pulmoner ventilasyon ve solunan oksijen ve karbondioksit fraksiyonları sürekli ölçülür [62]. Ek olarak, maksimum egzersiz testi sırasında açık devre spirometri kullanımı anaerobik / ventilasyon eşiğinin ve VO_{2maks} / VO_{2tepe} 'nin doğrudan ölçümüne izin verir [62]. Kullanım kolaylığı, zaman tasarrufu ve test sonuçlarının indirilebilir verilerini sağlayan birçok otomatik sistem şu anda mevcuttur; ancak, doğru sonuçlar elde etmek için sistem kalibrasyonu şarttır [62]. Egzersiz testi için seçilen mod (yani bisiklet ergometresi veya koşu bandı gibi) sonucu etkileyebilir [62]. Bu testleri gerçekleştirmek için gerekli ekipman, alan ve personel ile ilgili maliyetler nedeniyle, VO_{2maks} 'ın doğrudan ölçümü her zaman mümkün olmayabilir [62].

Fonksiyonel kapasite, egzersiz kapasitesi ve egzersiz toleransı genellikle eş anlamlı olarak kabul edilir ve bir maksimal egzersiz testinin yapıldığını ve bireyin maksimum çaba gösterdiğini ima eder [60]. Bununla birlikte, bu terimler ayrıca, bir bireyin çeşitli testlerden birini kullanarak submaksimal aktiviteleri gerçekleştirme kapasitesini ifade etmek için kullanılır [60]. Bu nedenle, karışıklığı önlemek için, egzersiz değerlendirmesinin türü özellikle açıklanmalıdır [60].

Tahmini ve doğrudan ölçülen VO_2 arasında bir ayrım yapılmalıdır [60]. Bu sorun, kardiyovasküler hastalığı olan hastalarda özellikle önemlidir [60]. Direkt ölçülen VO_2 daha hassastır ve klinik olarak tercih edilen ölçüdür, ancak daha az kullanılabilir, ikincil uzmanlık gerektirir ve gerekli ekipmanı satın almak / sürdürmek için maliyet gerektirir [60]. Normal standartlar için referans denklemleri, VO_2 'nin ölçülen veya tahmin edilen olup olmadığına göre özel olmalıdır. Çünkü tahmin edilen değerler birkaç varsayım gerektirir ve VO_2 'yi yüksek oranda tahmin etme eğilimindedir [60]. Referans

denklemleri ayrıca, testin bir koşu bandı veya bisiklet ergometresi üzerinde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğine özel olmalıdır [60]. Çünkü egzersiz kapasitesi tipik olarak bir koşu bandında daha yüksektir [60]. Test için seçilen egzersiz protokolünün işi yükü test edilen kişi için çok fazla olması veya koşu bandı testi sırasında kişinin kol desteğine fazla yüklenmesi gibi durumlarda beklenenden farklı değerlere ulaşması olasıdır [62]. Bireyin özellikleri göz önünde bulundurulduğunda uygun egzersiz protokolünü seçmek için her türlü çaba gösterilmeli ve bir koşu bandı üzerinde test sırasında kol desteği en aza indirilmelidir [62].

VO_{2maks} 'ın doğrudan ölçümü mümkün olmadığında, çeşitli maksimal ve submaksimal egzersiz testleri VO_{2maks} 'ı tahmin etmek için kullanılabilir [62]. Bu testler, (a) doğrudan ölçülen VO_{2maks} ve submaksimal egzersize fizyolojik yanıtlardan tahmin edilen VO_{2maks} arasındaki korelasyonu veya (b) standart ölçülen bir egzersiz testi protokolü kullanılarak doğrudan ölçülen VO_{2maks} ve alan testi performansı veya zamana bağlı yorgunluk arasındaki korelasyonu inceleyerek doğrulanmıştır [62]. Bu tür dolaylı ölçüm teknikleriyle VO_{2maks} 'ın eksik veya fazla tahmin edilme potansiyeli olduğuna dikkat edilmelidir [62].

2.2.2. Kardiyopulmoner Fonksiyonel Kapasiteyi Değerlendirmede Kullanılan Başlıca Yöntemler

Fonksiyonel egzersiz kapasitesinin objektif değerlendirmesi için çeşitli modaliteler mevcuttur [63]. Bazıları, egzersiz performansı (yüksek teknoloji) ile ilgili tüm sistemlerin çok kapsamlı bir değerlendirmesini sağlarken, diğerleri temel bilgi sağlarken, düşük teknoloji ürünüdür ve gerçekleştirilmesi daha basittir [63]. Kullanılan modalite, ele alınacak klinik soru ve mevcut kaynaklar temelinde seçilmelidir [63]. Artan karmaşıklık açısından en popüler klinik egzersiz testleri merdiven çıkma, 6 dakika yürüme testi, mekik yürüme testi, kardiyak stres testi (ör. Bruce protokolü vb.) ve kardiyopulmoner egzersiz testidir [63].

2.2.2.1. Alan Testleri

Laboratuvarda, maksimum oksijen alımının ölçümü (VO_{2maks}) kardiyopulmoner uygunluk ölçütü olarak kabul edilir [64]. VO_{2maks} 'ın doğrudan ölçümü, genellikle bir koşu bandı veya bisiklet ergometresi ile, aşamalı artımlı egzersiz testinin, istemli aşırı yorulmaya kadar sürdürülmesi ile elde edilir [64]. Bu değerlendirme yöntemi, testi uygun şekilde tamamlamak için yüksek motivasyon gerektirir [64]. Ayrıca, aynı zamanda yüksek maliyetli olan bu testleri yürütmek için özel ekipman ve eğitimli personel ihtiyacı vardır [64]. Laboratuvar olanaklarına çoğu bireyin kolay erişimi olmadığından ve maksimum egzersiz testleri bazı popülasyonlar için tehlikeli olabileceğinden, VO_{2maks} 'ın doğrudan ölçümü, büyük bir popülasyonun kardiyopulmoner uygunluğunu değerlendirmek için pratik bir yöntem değildir [64]. Sonuç olarak, VO_{2maks} 'ı tahmin etmek için alan testleri geliştirilmiştir [64]. Bu testler, sekonder kardiyopulmoner uyum standartlarını (kalp hızı, kalp hızı toparlanması, iş yükü ve testin tamamlanma zamanı) benimser ve doğrudan laboratuvarından elde edilen performans testi ölçümleri ile VO_{2maks} arasındaki ilişkiye dayanır [64].

2.2.2.1.1. 6 Dakika Yürüme Testi (6DYT)

6DYT, 100 ft'lik (30 m) bir koridor gerektiren ancak egzersiz ekipmanı veya teknisyenler için gelişmiş eğitim gerektirmeyen pratik bir testtir [63]. Bu test, bir hastanın 6 dakikalık bir sürede (6DYT) düz ve sert bir yüzey üzerinde hızla yürüyebildiği mesafeyi ölçer [63]. Pulmoner ve kardiyovasküler sistemler, sistemik dolaşım, periferik dolaşım, kan, nöromüsküler üniteler ve kas metabolizması dahil olmak üzere, egzersiz katkıda bulunan tüm sistemlerin bütüncül ve birleşik yanıtlarını değerlendirir [63]. Egzersize dahil olan farklı organ ve sistemlerin her birinin fonksiyonu veya egzersiz sınırlama mekanizması hakkında KPET kadar spesifik bilgi sağlamaz. 6DYT, fonksiyonel kapasitenin submaksimal seviyesini değerlendirir [63]. Çoğu hasta 6DYT sırasında maksimum egzersiz kapasitesine ulaşamaz; bunun yerine, egzersiz yoğunluğunu kendisi seçer ve test sırasında durup dinlenmelerine izin verilir [63]. Bununla birlikte, günlük yaşam aktivitelerinin çoğu submaksimal efor düzeylerinde gerçekleştirildiğinden, 6DYT günlük fiziksel aktiviteler için fonksiyonel egzersiz seviyesini daha iyi yansıtabilir [63].

2.2.2.1.2. Mekik Yürüme Testi

Kademeli mekik yürüyüş testi, semptom sınırlı, maksimum egzersiz testidir [65]. Hastaya CD çalardan gelen bip seslerinin gösterdiği hızda 10 metrelik bir pistte yürümesi talimatı verilir [65]. Hız, hasta istenen hıza devam edemediğinde veya devam edene kadar adım adım artar [65]. Yürütülen toplam zaman kaydedilir. Testteki performans, pik oksijen tüketimini öngörür [65]. Dayanıklılık mekik yürüyüş testi, sabit bir iş hızında egzersiz testidir [65]. 2 dakikalık bir ısınma süresinden sonra, kişiden 10 m'lik bir rota etrafında yürümesi istenir [65]. Hız sabittir ve test sırasında elde edilen tahmini maksimum pik oksijen tüketiminin % 85'ine denktir [65]. Yürünen toplam zaman kaydedilir [65]. Bu testler, bir müdahalenin öncesinde ve sonrasında yürünen mesafeyi (örneğin pulmoner rehabilitasyona yanıt) karşılaştırmak için kullanılabilir [65]. Mekik yürüme testi veya dayanıklılık mekik yürüme testi için belirlenmiş klinik olarak önemli mesafeler yoktur [65].

2.2.2.1.3. Merdiven Çıkma Testi

Alan testlerinin ilk uygulanan örneği merdiven çıkma testidir. 1960' lı yıllarda geliştirilmiş olan bu yöntem, KOAH' lı hastalarda fonksiyonel kapasitenin veya toraks cerrahisi yapılacak hastalarda operasyon sonrası gelişebilecek komplikasyon olasılığının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır [52]. Belirli bir sürede çıkılan basamak sayısının, ya da belirli bir basamak sayısını çıkma süresinin incelendiği bu test, basit olmakla birlikte, standardizasyonu zayıftır [52].

2.2.2.2. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

Maksimal egzersiz testi, egzersiz kapasitesini objektif olarak ölçen altın standarttır. Bir egzersiz testi sırasında egzersiz süresi ve / veya tepe iş yükü, tepe metabolik eşdeğeri (MET) tahmin etmek için kullanılabilir de, egzersiz kapasitesinin en iyi ölçümü, birim zaman başına tüketilen maksimum oksijen hacminin (VO_{2maks}) belirlenmesi için açık devre dolaylı kalorimetri kullanılarak solunum gazı analizi yoluyla gerçekleştirilir [66].

2.2.2.2.1. Endikasyonlar

Egzersiz miyokardın O₂ tüketimini arttırarak istirahatte mevcut olmayan kardiyovasküler anormallikleri ortaya çıkaran ve kardiyak fonksiyonları tanımlamada kullanılabilen bir fizyolojik streştir [52]. Egzersiz testinin amacı kontrollü egzersiz koşullarında kardiyovasküler sistem üzerinde oluşturulan zorlamaya karşı organizmanın verdiği fizyolojik yanıtın tanımlanmasıdır [28].

Egzersiz testi endikasyonları üç genel kategoriye kapsamaktadır: (a) tanı (hastalık varlığı veya anormal fizyolojik cevap), (b) prognoz (istenmeyen bir olay için risk gibi) ve (c) egzersize yanıtın fizyolojik değerlendirilmesi (kan basıncı ve maksimum egzersiz kapasitesi gibi) [66]. En yaygın tanı endikasyonu, iskemik kalp hastalığını düşündüren semptomların değerlendirilmesidir [66]. Egzersiz testinin kullanılmasını gerektirebilecek ek endikasyonlar, çeşitli pulmoner hastalıkların (kronik obstrüktif akciğer hastalığı gibi) değerlendirilmesi, egzersiz intoleransı ve açıklanamayan dispne, egzersize bağlı bronkokonstriksiyon, egzersize bağlı aritmiler, pacemaker veya kalp atış hızının egzersize yanıtı, preoperatif risk değerlendirilmesi, periferik arter hastalığında kladikasyon, disabilite değerlendirilmesi ve fiziksel aktivite danışmanlığını içerir [66]. Tanısal faydaya ek olarak, bir klinik egzersiz testinden elde edilen veriler prognozu tahmin etmek için yararlı olabilir [66]. Egzersize yanıtın fizyolojik değerlendirilmesi, fonksiyonel amaçla yapılan egzersiz testini egzersiz reçetesi verilecek olan kişilerde fiziksel uyum düzeyini diğer bir deyişle egzersiz kapasitesini belirlemek için yapılır [52]. Rehabilitasyon ile ilgilenen hekimlerin esas ilgi odağı, fonksiyonel kapasiteyi belirlemek amacıyla yapılan egzersiz testidir [52].

Amerikan Spor Hekimliği Derneği (American College of Sports Medicine) spora başlamadan önce tarama amacıyla yapılan egzersiz testinin, sadece egzersize bağlı komplikasyon riski yüksek bireylerde uygulanmasını önermektedir. Bu yüksek riskli popülasyon aşağıdaki tablo 3’de özetlenmiştir [67].

Tablo 2.3. Egzersize bağılı komplikasyon riski yüksek popülasyon

Kardiyovasküler hastalık tanısı almış olmak

Kardiyovasküler hastalığa ilişkin yeni, olası, stabil olmayan semptom varlığı

Diyabetes mellitus ile birlikte aşağıdakilerden en az birinin varlığı

- >35 yaş
- Tip 2 diyabet süresi>10 yıl
- Tip 1 diyabet süresi>15 yıl
- Hiperkolesterolemi (total kolesterol>240 mg/l)
- Hipertansiyon (Sistolik>140 mmHg, diyastolik>90 mmHg)
- Sigara
- Birinci derece yakınlarında <60 yaşta KKH öyküsü
- Mikrovasküler hastalık
- Periferik vasküler hastalık
- Otonomik nöropati

Son dönem böbrek hastalığı

Pulmoner hastalık tanısı almış olmak (KOA, astım, interstisyel akciğer hastalığı, kistik fibrozis)

2.2.2.2.2. Kontrendikasyonlar

Egzersiz testine yönelik mutlak ve rölatif kontrendikasyonlar, test riskini testten elde edilen bilginin potansiyel faydası ile dengelemektedir [58]. Bu dengenin değerlendirilmesi, birey veya hasta için testin amacının ne olduğunu ve bireysel test için hangi belirti veya işaretin son nokta olacağını gösterir [58]. Kesin kontraendikasyonlar ve rölatif kontraendikasyonlar aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir [58].

Tablo 2.4 Kesin Kontrendikasyonlar

Akut miyokard enfarktüsü (MI) (2 gün içinde)
Devam eden kararsız anjina
Hemodinamik bozulma ile kontrolsüz kardiyak aritmi
Aktif endokardit
Semptomatik ciddi aort darlığı
Dekompanse kalp yetmezliği
Akut pulmoner emboli, pulmoner enfarktüs veya derin ven trombozu
Akut miyokardit veya perikardit
Akut aort diseksiyonu
Güvenli ve yeterli test yapılmasını engelleyen fiziksel sakatlık

Tablo 2.5 Göreceli Kontrendikasyonlar

Bilinen obstrüktif sol ana koroner arter darlığı
Semptomlarla belirsiz ilişki ile orta şiddetli aort darlığı
Kontrolsüz ventriküler taşiaritmiler
İleri veya tam kalp bloğu
Ağır istirahat gradyanlı hipertrofik obstrüktif kardiyomiyopati
Yakın zamanda inme veya geçici iskemik atak
İşbirliği yapma yeteneği sınırlı bilişsel bozukluk
> 200/110 mmHg sistolik veya diyastolik kan basınçları ile istirahat hipertansiyonu
Önemli anemi, önemli elektrolit dengesizliği ve hipertiroidizm gibi düzeltilmemiş tıbbi durumlar

2.2.2.2.3. Maksimal ve Submaksimal Egzersiz Testi

Maksimal veya submaksimal egzersiz testini kullanma kararı büyük ölçüde testin nedenleri, hastanın risk seviyesi, ekipman ve personel uygunluk durumuna bağlıdır [62]. Maksimal testler, bazı bireyler için uygun olmayan ve acil durum ekipmanına gereksinim olabilecek düzeyde maksimum yorgunluk noktasına ulaşmayı gerektirir [62]. Profesyoneller genellikle kardiyopulmoner uyumu değerlendirme için genellikle submaksimal egzersiz testlerine güvenilmektedir, çünkü maksimal egzersiz testinin yapılabilmesi sağlık / uyum açısından her zaman mümkün değildir [62]. Submaksimal egzersiz testinde, bir veya daha fazla submaksimal iş oranına göre kalp hızı yanıtını belirlenir ve VO_{2maks} 'ı tahmin etmek için elde edilen veriler kullanılarak VO_{2tepe} değeri elde edilir [62]. Testin birincil amacı geleneksel olarak kalp hızı iş yükü ilişkisinden VO_{2maks} veya VO_{2tepe} 'yi elde etmek ise de, hastanın egzersize verdiği yanıtın ek göstergelerini elde etmek önemlidir [62]. Kalp hızı, kan basıncı, iş yükü, algılanan efor (RPE- *Rated Percieved Exertion*) submaksimal ölçümler ve kişinin fonksiyonel egzersiz yanıtları hakkında değerli bilgiler veren diğer subjektif göstergelerdir [62].

Aşağıdaki varsayımların tümünün geçerliliği kabul edildiğinde VO_{2maks} 'ın en doğru tahmini submaksimal egzersiz testlerinde kalp hızı yanıtından göre yapılır [62]:

- Her egzersiz çalışma oranı için sabit bir kalp atış hızı elde edilir
- Kalp hızı ve iş yükü arasında doğrusal bir ilişki vardır
- Gerçek ve tahmini maksimum kalp hızı arasındaki fark minimumdur
- Mekanik verimlilik (yani belirli bir işi yükünde VO_2) herkes için aynıdır
- Hasta yüksek miktarda kafein kullanmıyor ve yüksek ısıdaki bir ortamda değildir (bunların hepsi kalp hızı yanıtını değiştirebilir)
- Hasta, egzersizde kalp hızı cevabını değiştirebilecek herhangi bir ilaç kullanmıyordur [62].

2.2.2.2.4. Kardiyopulmoner Teste Hazırlık ve Ölçümler

İlk değerlendirmeden sonra, seçilen temel ölçümler, egzersiz testinin başlangıcından önce alınmalıdır. Egzersiz testleri sırasında maksimum kalp hızı, kan basıncı ve algılanan yorgunluk derecesi ölçülmelidir. Kalp hızı palpasyon veya oskültasyon tekniği kullanılarak belirlenebilir [62]. Bir egzersiz testi sırasında palpasyon veya oskültasyon kullanırken, istikrarlı duruma ulaşıldığında kalp hızını ölçmek için 10-sn veya 15-sn zaman aralıklarının kullanılması yaygındır [62]. Kardiyopulmoner uyumu değerlendirmek için egzersiz bitimindeki kalp hızını kullanan protokollerin çoğu, egzersizin sona ermesini takiben kalp hızındaki hızlı ve ani düşüş nedeniyle daha kısa zaman aralıklarını da kullanır. Kan basıncı ölçülürken kişinin kolu rahat bir şekilde kalp seviyesinde olmalı, treadmill veya bisiklet ergometresindeki tutamaklara tutunmamalıdır [62]. Sistolik ve diyastolik kan basıncı egzersiz testini durdurmak için kriter olarak kullanılabilir [62]. Egzersiz testi sırasında otomatik bir kan basıncı ölçüm sistemi kullanılıyorsa, otomatik okumaların doğruluğunu teyit etmek için manuel kan basıncı ölçümleriyle kalibrasyon kontrolleri rutin olarak yapılmalıdır [62].

Test protokolü belirlenirken hastanın uyum sağlayabileceği ve 8-12 dakika kadar sürdürebileceği bir protokol seçilmelidir [52]. Egzersiz testine, beklenen maksimal kapasitenin oldukça altında bir MET düzeyi ile başlanmalı, MET düzeyi 2-3 dakikalık basamaklar halinde yükseltilmeli, egzersiz şiddetindeki artışlar hastanın durumuna göre 1/2-3 MET arasında ayarlanmalı, her basamakta hasta gözlenmelidir [52].

Algılanan efor (RPE), bir bireyin egzersiz toleransını izlemek için değerli bir gösterge olabilir [62]. RPE, egzersiz kalp hızları ve çalışma oranları ile ilişkili olsa da, RPE'de, hasta bireylerdeki gibi sağlıklı bireyler arasında da büyük değişkenlik olması, RPE ölçeklerinin uygulamasında dikkate alınması gereken bir durumdur [62]. RPE ölçeği, kişinin egzersiz sırasında fiziksel sıkıntısını öznel olarak derecelendirmesini sağlamak için geliştirilmiştir [62]. Puanlar psikolojik faktörler, duygu durumları, çevresel koşullar, egzersiz modları, yaş ve susuzluk gibi birçok durumdan etkilenebilir [62]. Egzersiz testini yapan kişiler, bu nedenle mümkün olduğunca çok sayıda değişkeni kontrol etmeli ve RPE cevaplarını modaliteler ve kişiler arasında karşılaştırmaktan kaçınmalıdır [62]. Şu anda iki RPE ölçeği yaygın olarak

kullanılmaktadır: (a) 6 ile 20 arasında egzersiz yoğunluğunu derecelendiren orijinal Borg veya kategori ölçeği, (b) 0–10 arasındaki modifiye Borg; kategori oranı ölçeği. Her iki RPE ölçekleri de uygun öznel araçlardır [62].

2.2.2.2.5. Egzersiz Testi Çeşitleri ve Protokolleri

Fonksiyonel kapasitenin değerlendirilmesi tipik olarak treadmill veya bir sabit bisiklet ergometresi ile gerçekleştirilir [60]. Bununla birlikte, Amerika Birleşik Devletleri'nde, treadmill egzersizi genellikle tercih edilen modalitedir [60]. Dahası, dayanıklılık eğitimi almamış kişiler, genellikle, treadmilldeki VO_{2tepe} 'in % 10-20'sinin altında bir çalışma oranında kuadriseps yorgunluğu nedeniyle bisiklet egzersizini erken sonlandırırlar. Bisiklet ergometrisi ile yapılan testte ayrıca, elektronik olarak ayarlanan modern ergometreler değişken hızlarda sabit bir iş yükünü sağlasalar da, pedal hızının istenen seviyede, genellikle yaklaşık 60 rpm'de tutulması için kişinin uyumu gereklidir [60]. Çeşitli çalışmalar, treadmill ve bisiklet ergometresi ile belirlenen aerobik kapasite arasında tutarlı bir ilişki olduğunu göstermiştir, ancak genellikle bisiklet egzersiz modu daha düşük bir VO_{2tepe} değerine ulaşır [60]. Treadmil ve bisiklet ergometresinde ölçülen VO_{2tepe} arasındaki uyumsuzluğu düzeltmek için, aşağıdaki formül önerilmiştir: treadmill MET=0,98 (bisiklet ergometresi MET)+1,85 [60]. Ek olarak, yürüme veya denge instabilitesi, şiddetli obezite veya ortopedik kısıtlılığı olan veya aynı anda EKG izlemi planlanan olgularda hareket artefaktı daha az olduğu için bisiklet ergometresi tercih edilebilir [60]. Her ne kadar kol ergometrisi, tekerlekli sandalyeli sporcuların veya alt ekstremitte engelli bireylerin aerobik kapasitesini değerlendirmek için kullanılabilse de, çoğu kişi, daha küçük ve sıklıkla dekompanse olan kas kitlesi nedeniyle bacak egzersiziyle elde edilenlerle karşılaştırılabilir egzersiz kapasitesine ulaşamaz [60].

2.2.2.2.5.1. Treadmil ile Egzersiz Testi ve Protokolleri

Treadmilin, ön ve yan tutamaklarının kişi stabilitesine yardımcı olması gerekir. Bununla birlikte, kişiler ön ve yan tutamakları sıkıca kavramamaları konusunda

uyarılmalıdır, çünkü bu eylem vücut ağırlığını destekler ve böylece herhangi bir aşamada iş yükünü azaltır [58]. Bu durumda oksijen alımının önemli miktarda yüksek tahmin edilmesine yol açar. Treadmil değişken hız ve evre kapasitesine sahip olmalı ve doğru bir şekilde kalibre edilmelidir. Standart tablolar, treadmill evresini ve hızını tahmini MET seviyelerine dönüştürmek için kullanılabilir [58].

Fonksiyonel kapasitenin değerlendirilmesi için uygun bir egzersiz testi protokolünün seçimi, özellikle aerobik kapasitenin egzersiz süresinden veya egzersiz yükünden hesaplanacağı zaman, kritik öneme sahiptir [60]. Evreler arasında büyük enerji gereksinimleri artışlarına sahip egzersiz testi protokolleri, genellikle ölçülen VO_2 ve egzersiz yükü arasında daha zayıf bir ilişkiye sahiptir [60]. Bu nedenle, treadmill eğiminde ve hızında küçük miktarlarda artışlar içeren Balke-Ware, Modifiye Bruce ve Naughton protokolleri tavsiye edilir [60]. Egzersiz test süresi 8-12 dakikayı geçmeyecek şekilde kişiye göre uygun protokol seçilmelidir [60]. Test süresi 6 dakikadan kısa olduğunda, iş yükünde küçük artışlar kullanan egzersiz testi protokolleri ile bile, ulaşılan VO_2 ve egzersiz yükü arasında doğrusal olmayan bir ilişki gözlemlenebilir [60]. Tersine, bu protokoller egzersiz süreleri 12 dakikadan uzun sürdüğünde, kişiler kardiyopulmoner son noktalardan ziyade belirli kas yorgunluğu veya ortopedik faktörler nedeniyle egzersizi sonlandırabilir [60]. 12 dakikalık egzersiz beklentisi olan bireylerde, iş yükünü arttırmak için daha agresif bir test protokolü, örneğin Bruce gibi bir protokol seçilmelidir [60]. VO_2 'yi egzersiz iş yükünden kesin olarak tahmin etme zorlukları düşünüldüğünde, kalp yetmezliği popülasyonunda olduğu gibi doğru ölçüm kritik olduğunda, ventilatuvar gaz analizi ile aerobik kapasitenin ölçülmesi önemle tavsiye edilir [60]. Sık kullanılan test protokolleri tablo 2.6, 2.7, 2.8'de gösterilmiştir.

Tablo 2.6 Bruce Protokolü

Evre	Zaman (dk)	Hız (km/s)	Eğim (%)
1	3	2,7	10
2	3	4,0	12
3	3	5,4	14
4	3	6,7	16
5	3	8,0	18
6	3	8,8	20
7	3	9,6	22

Tablo 2.7 Modifiye Bruce Protokolü

Evre	Zaman (dk)	Hız (km/s)	Eğim (%)
1	3	2,7	0
2	3	2,7	5
3	3	2,7	10
4	3	4,0	12
5	3	5,4	14
6	3	6,7	16
7	3	8,0	18

Tablo 2.8 Naughton Protokolü

Evre	Zaman (dk)	Hız (km/s)	Eğim (%)
1	2	1,6	0
2	2	3,2	0
3	2	3,2	3,5
4	2	3,2	7
5	2	3,2	10,5
6	2	3,2	14
7	2	3,2	17,5
8	2	3,2	21

2.2.2.2.5.2. Bisiklet Ergometresi ile Egzersiz Testi ve Protokolleri

Fren mekanizması elektrikli olan bisikletler, pedal çevirme hızına olan direnci değiştirir, böylece daha iyi güç çıkışı kontrolüne izin verir [58]. VO_2 ve KH'nın en yüksek değerleri 50-80 rpm'lik pedal çevirme hızlarıyla elde edilir [58]. Bisiklet ergometrelerinde, iş yükü kilopond veya watt (W) olarak kalibre edilir. Bir bisiklet ergometresi üzerinde egzersizde ağırlık taşıma olmadığı için, watt veya kilopond kullanılarak formülle dakikada mililitre olarak oksijen alımı hesaplanabilir [58]. MET değeri ise VO_2 'nin (dakikadaki mililitre olarak) vücut ağırlığına (kg) bölünmesi ve 3,5 ile çarpılmasıyla elde edilir [58]. Bisiklet ergometresi genellikle daha ucuzdur, daha az yer kaplar ve tredmilden daha az gürültülüdür [58]. Üst vücut hareketi genellikle daha azdır, bu da kan basıncı ölçümlerini elde etmeyi ve EKG'yi kaydetmeyi kolaylaştırır [58]. Gidonları kavrarken kolların izometrik veya dirençli egzersizini önlemek için dikkatli olunmalıdır [58]. Bununla birlikte, bisiklet ergometresi testinin önemli bir kısıtlılığı, test toleransını sınırlayabilen kuadriseps kaslarının ağrısı ve yorgunluğudur [58]. Deneyimsiz bir hastada bacak yorgunluğu, gerçek VO_{2maks} değerine ulaşmadan önce testin erken sonlandırılmasına neden olabilir. Böylece, bisiklete alışkın olmayanlarda VO_{2maks} treadmill testine göre % 10-20 daha düşüktür [58].

Ergometrik bisiklet protokolleri direnç vermeksizin 2 dakika ısınma fazı sonrası 10-25 watt direnç ile başlar ve her 2-3 dakikada bir 25 watt lık artışlarla devam eder [52]. Yük artışı hastanın genel sağlık durumuna göre 5-15 watt şeklinde ayarlanabilir [52].

2.2.2.3. Solunum Fonksiyon Testleri

Solunum fonksiyon testleri (SFT), bir kişinin havayı zamanla ilişkili olarak nasıl inhale veya ekshale edildiğini ölçen yani akciğer işlevlerini kantitatif olarak ölçen fizyolojik testlerdir ve solunum fonksiyon testlerinin ölçümünde spirometri kullanılır [68, 69]. Spirometride ölçülen birincil işaret, hacim veya akış olabilir [68]. Spirometri genel solunum sağlığı ile ilgili bir tarama testi olarak çok önemlidir [68]. Bununla

birlikte, spirometri tek başına klinisyenleri doğrudan etiyolojik tanıya yönlendirmez [68].

SFT başlıca aşağıdaki testleri kapsar [69]:

- Dinamik ventilasyon testleri: zorlu vital kapasite ve volüm zaman eğrisi, akım-volüm eğrisi, maksimum istemli ventilasyon ve direnç ölçümü
- Statik ventilasyon testleri: statik akciğer volüm ve kapasiteleri, solunum kas gücü ölçümleri ve statik kompliyans
- Diffüzyon testleri
- Arter kan gazları [69]

2.2.2.3.1. Dinamik Ventilasyon Testleri

Dinamik ventilasyon testlerinden elde edilen ve SFT yorumlanmasında en sık kullanılan parametreler “zorlu vital kapasite (*Forced vital capacity-FVC*) ”, “birinci saniyedeki zorlu soluk verme hacmi (*Forced expiratory volume in one second-FEV₁*)”dir [70].

Vital kapasite ekspirasyon manevrasının yavaş veya zorlu olmasına göre iki farklı şekilde ölçülür [71]:

- Yavaş vital kapasite (*Slow vital capacity-SVC*): Derin ve maksimum bir inspirasyondan sonra reziduel volüme kadar yavaş ekshalasyonla akciğerden dışarı atılan hava hacmidir. Maksimum ekshalasyon sonrası eforsuz inhale edilen maksimum hava hacmine ise inspiratuar vital kapasite (IVC) denir [71].
- Zorlu Vital Kapasite (*Forced vital capacity-FVC*): Derin ve maksimum bir inspirasyondan sonra maksimum zorlu ve hızlı bir ekspirasyonla akciğerden dışarı atılan hava hacmidir[71].

SVC manevrası FVC manevrasından önce ve en fazla dört kez yapılmalıdır. Sağlıklı kişilerde SVC zorlu vital kapasiteye benzerdir veya çok hafif yüksektir [71].

Zorlu vital kapasite (FVC) manevrasından elde edilen hacim zaman eğrisindeki diğer bir parametre ise FEV_1 'dir [70]. FEV_1 zorlu soluk verişin ilk bir saniyesi içinde dışarı atılan hava hacmidir [70]. Obstrüktif akciğer hastalıklarında azalır [70].

FEV_1 / FVC (Tiffeneau oranı), obstrüksiyonla restriksiyonu ayırmada kullanılan bir parametredir. Sağlıklı kişilerde FEV_1 / FVC oranı %70-80'dir ve yaşla birlikte bu değer azalır (yaş ilerledikçe FEV_1 , FVC'ye göre daha hızlı azaldığı için). Bu nedenle yaşlılarda (>70 yaş) FEV_1 / FVC oranı için normal değer %65 olarak kabul edilmelidir [71]. Obstrüksiyonda FEV_1 / FVC oranı <%70 dir [71]. Hem obstrüksiyonun hem de restriksiyonun birlikte olduğu durumlarda da bu oran azalır. Restriksiyonda ise hem FEV_1 hem de FVC aynı oranlarda azaldığından oran normal kalır [71]. Laboratuvarlar, hava akımı obstrüksiyonunu tanımlamak ve değerlendirmek için FEV_1 / VC oranını kullanımlarında farklılık gösterir [72]. Bazıları FEV_1 / FVC 'yi ve bazıları FEV_1 / VC kullanır. Bunun nedeni, VC'nin (yavaş / sakin) FVC'den genellikle daha büyük ve neredeyse hiç bir zaman daha az olmamasıdır [72]. FEV_1 / VC 'nin FEV_1 / FVC yerine kullanılması, obstrüksiyonda aşırı tahminlere neden olabilir [72].

Akım volüm eğrisi spirometrik traseden elde edilmektedir [70]. Akım volüm eğrisinin incelenmesi akciğerlerde oluşturulan akımı etkileyen faktörleri yorumlamamıza yardım eder ve olası patoloji hakkında bilgi verir [70]. Akım volüm eğrisi izlenir veya yazdırılırken ekspirasyon akımı yukarı, ekspirasyon hacmi sağa doğru yazdırılmalı ve akım (lt/s) ile hava (lt) arasındaki 2:1 oranı korunmalıdır [71]. Akım volüm eğrisinin en üst noktası maksimum soluk verme akım hızını gösterir (*Peak expiratory flow-PEF*). PEF genellikle akım volüm eğrisi verilerinden elde edilir [68]. Maksimal akciğer inspirasyonu noktasında tereddüt etmeden başlayan maksimum L/sn cinsinden ifade edilen maksimum ekspiratuvar akımdır [68]. PEF, hasta tarafından yönetilen portatif PEF ölçüm cihazı kullanılarak kaydedildiğinde, genellikle L/dk olarak ifade edilir [68]. Tepe akım hızı olarak da isimlendirilen PEF büyük havayollarının çapını ve soluk verme kaslarının aktivitesini yansıtır [70].

FVC'nin % 25 ile % 75'i arasındaki ortalama zorlu ekspiratuvar akış ($FEF_{25-75\%}$) da maksimum orta ekspiratuvar akış olarak bilinir [68]. Bu indeks, en büyük FEV_1 ve FVC toplamıyla ekspirasyon ölçümünden alınmıştır [68]. FVC ölçümünün geçerliliğine ve ekspiratuvar çabanın düzeyine büyük ölçüde bağlı olduğuna dikkat edilmelidir [68].

Maksimum istemli ventilasyon (MVV) manevrası, kişinin maksimum ventilasyon kapasitesini tahmin etmek için maksimum inspiratuvar ve ekspiratuvar çaba gerektirir. Bu nefes alma vakti 60 saniyedir ve genellikle litre olarak bildirilmektedir [72]. Bireyin MVV'si (1 dakika içinde), başlangıç FEV_1 değerinin en az 30–40 katı olmalıdır, ancak üst hava yolu tıkanıklığı, solunum kas güçsüzlüğü, obstrüktif akciğer hastalığı veya yetersiz manevra performansı ile azalabilir [72]. Test spesifik olmamasına rağmen, egzersiz kapasitesi ve subjektif dispne ile iyi korelasyon gösterir [72]. Ayrıca, testin tanısal değeri, hava akımı obstrüksiyonunun yerini ayırt etmeye çalışıldığında, nöromusküler zayıflıktan şüphelenildiğinde, maksimum solunum hacmi veya inspiratuvar ve ekspiratuvar akış hacim eğrilerinin muayenesi gibi yardımcı çalışmaların uygun seçimi ile artırılabilir [72].

2.2.2.3.2. Statik Ventilasyon Testleri

Statik akciğer volümleri, zamanla ilişkilendirmeden yapılan ölçümler olup total akciğer kapasitesi ve alt gruplarından oluşur [73]. Dinamik akciğer hacimleri ise zorlu solunum manevraları sırasında yapılan ölçümlerdir [73]. İnspire ve ekspire edilen akciğer hacimlerinin ölçümü birçok olguda fizyolojik mekanizmaların anlaşılması, doğru tanının saptanması ve hastalığın ağırlık derecesinin belirlenmesinde yararlıdır [73]. “Akciğer hacmi”, sıklıkla vücut pletismografisi, gaz dilusyon veya arınma yöntemleri ile ölçülen akciğerler içindeki gaz hacmini tanımlar, TLC ve subgruplarını içerir [73].

- Fonksiyonel Rezidüel Kapasite (FRC): Tidal solunum esnasında ekspirasyon sonunda akciğerlerde bulunan gaz hacmidir [74].

- Ekspiratuvar Rezerv Volüm (ERV): Tidal solunum esnasında ekspirasyon sonundan sonra (FRC seviyesi) maksimal bir ekspirasyonla çıkarken gaz hacmidir [74].
- İnspiratuvar kapasite (IC): Normal ekspirasyondan sonra derin inspirasyonla alınan maksimum gaz hacmidir. VC'nin %75'ini oluşturur [74].
- İnspiratuvar Rezerv Volüm (IRV): FRC seviyesinden sonra inspire edilen maksimum gaz hacmidir [74].
- Rezidüel Volüm (RV): Maksimal ekspirasyondan sonra (ekspirasyon hangi volümden başlarsa başlasın) akciğerde kalan hava hacmidir [74].
- Tidal Volüm (TV veya VT): İstirahat esnasında inspire veya ekspire edilen gaz hacmidir [74].
- Total Akciğer Kapasitesi (TLC): Maksimal inspirasyondan sonra akciğerlerde bulunan hava hacmidir [74].
- Vital Kapasite (VC): Tam bir inspirasyondan sonra tam bir ekspirasyonla çıkarılan hava hacmidir [74]. İnspiratuvar vital kapasite (IVC) için, tam bir ekspirasyondan sonra zorlamadan, kesintisiz tam bir inspirasyonla ölçüm yapılır [74]. Ekspiratuvar vital kapasite (EVC) için, tam inspirasyon seviyesinden zorlamadan, kesintisiz tam bir ekspirasyonla ölçüm yapılır [74].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. KATILIMCILAR

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastaneleri Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon bölümüne Eylül 2016 – Mart 2019 tarihleri arasında başvuran ve ilgili bölümde yatırılarak veya ayaktan takip edilen, WHO tanımına göre [12] ilk kez SVO geçirmiş bağımsız olarak ya da ortez/yardımcı cihaz kullanarak yürüyebilen ve fonksiyonel ambulasyon sınıflaması 3 ve üzerinde olan hastalar ve kontrol grubu olarak sağlıklı kişiler araştırmaya dahil edilmiştir. Araştırmaya dahil olma kriterlerini karşılayan hastalar arasında, çalışmaya katılmaya gönüllü olanlara bilgilendirilmiş gönüllü olur formu imzalatılmıştır.

Araştırmaya dahil olma kriterleri (Hasta Grubu)

1. WHO tanımına göre [12] ilk kez SVO geçirmiş subakut ve kronik dönemdeki hemiplejik hasta olması
2. 18-75 yaş aralığında olması
3. Bağımsız olarak ya da ortez / yardımcı cihaz kullanarak yürüyebilmesi
4. Fonksiyonel Ambulasyon Skalası'na göre evre 3 ve üzeri
5. Egzersiz testinin güvenli bir şekilde yapılabilmesi amacı ile bilişsel düzeyinin komutları anlayacak ve gerçekleştirecek düzeyde olması (Mini Mental 23 ve üzeri)
6. Bilgilendirilmiş imzalı onam alınmış olması

Araştırmaya dahil olma kriterleri (Sağlıklı Kontrol Grubu)

1. 18-75 yaş aralığında olması
2. Bağımsız olarak yürüyebilmesi
3. Serebrovasküler hastalık geçirme öyküsünün olmaması

4. Egzersiz testinin güvenli bir şekilde yapılabilmesi amacı ile bilişsel düzeyinin komutları anlayacak ve gerçekleştirecek düzeyde olması (Mini Mental 23 ve üzeri)
5. Bilgilendirilmiş imzalı onam alınmış olması

Araştırmaya dahil olmama kriterleri

1. Konjestif kalp yetmezliği olması (New York Heart Association class $\geq$ III)
2. Anstabil anjina olması
3. Periferik tıkalı arter hastalığı olması
4. Egzersiz testine engel ciddi pulmoner hastalık varlığı
5. Kontrolsüz hipertansiyonu ($\geq 190/110$ mmHg) olması
6. Ciddi kardiyak aritmi, hipertrofik kardiyomiyopati, ciddi aort stenozu olması
7. Egzersiz testine katılımı engelleyebilecek diğer sistemik, nörolojik, ortopedik, kronik ağrı durumlarının olması

Tüm hastaların klinik değerlendirmeleri aynı hekim Dr.Esra Mustafa tarafından yapılmıştır. Değerlendirici tarafından araştırmaya dahil edilen tüm hastalara hasta takip formu doldurulmuştur. Hasta takip formu Ek 1 de yer almaktadır. Bu kriterlere göre seçilen hastaların ve kontrol grubunun sosyodemografik bilgileri (ad-soyad, cinsiyet, eğitim düzeyi, meslek, adres, telefon) kaydedilmiştir, ayrıca hastaların özgeçmişinde; serebrovasküler olay tarihi, hemiplejik taraf, ek hastalıklar, kardiyovasküler hastalık için risk faktörleri, sigara ve alkol alışkanlığı, kullandığı ilaçlar sorgulanmış ve hasta takip formuna kaydedilmiştir.

Hastaların fizik muayeneleri yapılarak, muayene bulguları hasta takip formuna kaydedilmiştir. Çalışma kesitsel klinik çalışma olarak planlanmıştır ve Helsinki Deklarasyonu'na uygun şekilde yürütülmüştür. Çalışma için Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (Karar no:09-651-18).

3.2. DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Bireylerin klinik değerlendirmelerinde aşağıda yer alan değerlendirme ölçekleri ve yöntemleri kullanılmıştır:

1. Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği (FIM)
2. Brunnstrom Motor Evreleme
3. Modifiye Ashworth Skalası (MAS)
4. Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması
5. Berg Denge Ölçeği
6. 6 Dakika Yürüme Testi (6DYT)
7. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi (KPET)

3.2.1. Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği

Tıbbi rehabilitasyonun amacı hastaların günlük yaşam kalitesini ve bağımsız olarak işlevlerini gerçekleştirme kapasitesini arttırmaktır [75]. Engelli hastalarda fonksiyonel bağımsızlığın ölçülmesi, rehabilitasyon sürecinin önemli bir bileşenidir [75]. Fonksiyon ölçmek ve fonksiyonel bağımsızlık düzeyini belirlemek için birçok ölçek geliştirilmiştir ve kullanılmıştır [75, 76]. Bugüne kadar geliştirilen fonksiyonel durum ölçümleri arasında, Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği (FIM) Amerika Birleşik Devletleri ve diğer ülkelerde yaygın bir popülerlik kazanmıştır. Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması da yapılmıştır [75]. Türkçe FIM'in kullanılabilmesi için izin alınmıştır. Genel bir araç olarak tanıtılan FIM, bir bireyin işlevini iki ana alanda değerlendiren 18 maddeden oluşur [77]:

1. Fiziksel / motor fonksiyonu (13 öge)
2. Bilişsel işlev (5 öge)

Öğeler ayrıca farklı aktiviteyi temsil eden altı alt grupta (kendine bakım, sfinkter kontrolü, transferler, hareket, iletişim ve sosyal-bilişsel) toplanmaktadır. Her madde yedi seviyede derecelendirilmiştir. Seviye 1 total desteği ve seviye 7 tam bağımsızlığı göstermektedir [75]. Kullanılan FIM Ek 2’de sunulmuştur.

3.2.2. Brunnstrom Motor Evrelemesi

Hemiplejik hastaların motor gelişimini değerlendirmek için kullanılan bir motor fonksiyon değerlendirme ölçeğidir. Brunnstrom'a göre hemiplejik hastanın iyileşme sürecinde 6 evre vardır ve üst ekstremité, alt ekstremité ve el ayrı ayrı değerlendirilir. Yüksek Brunnstrom evreleri motor gelişimin daha iyi olduğunu gösterir [15]. Çalışmada hastaların değerlendirilmesinde Brunnstrom alt ekstremité ve üst ekstremité motor evrelemesi kullanılmış ve sonuçlar hasta takip formuna kaydedilmiştir. Kullanılan Brunnstrom üst ve alt ekstremité motor evreleme formu Ek 3’de sunulmuştur.

3.2.3. Modifiye Ashworth Skalası (MAS)

Modifiye Ashworth Skalası (MAS), spastisiteyi ölçmek üzere geliştirilmiş, tonusun subjektif olarak değerlendirildiği bir ölçektir [40]. Çalışmada hastaların ayak bilek plantar fleksör (ABPF), ayak bilek dorsifleksör (ABDF), diz fleksör, diz ekstansör ve kalça addüktör spastisite şiddetinin değerlendirilmesinde MAS kullanılmıştır. Subjektif olarak hekim değerlendirmesine bağlı olan MAS’ da aşağıdaki esaslara göre puanlama yapılır [40]:

- **0:** Kas tonusunda artış yok.
- **1:** Kas tonusunda hafif artış var, etkilenmiş kısımlar fleksiyon veya ekstansiyonda hareket ettirildiğinde, tutukluk ve gevşeme hissedilir veya hareket açıklığı sınırları sonunda minimal direnç görülür

- **1+:** Kas tonusunda hafif artış var, önce tutuklukla karşılaşılır, bunu takiben eklem hareket açıklığının geri kalan kısmında (yarısından azında) minimal direnç görülür
- **2:** Eklem hareket açıklığının büyük kısmı boyunca kas tonusunda daha belirgin artış vardır, ancak etkilenmiş kısımlar kolaylıkla hareket ettirilir
- **3:** Kas tonusunda belirgin artış var, pasif hareket zorlaşmış
- **4:** Etkilenmiş kısımlar fleksiyon veya ekstansiyonda rijid

3.2.4. Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması (FAS)

Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması (FAS) ilk olarak 1984'te tarif edilen gerekli fiziksel desteğin miktarına bağlı olarak 6 seviyede yürüme yeteneğini ayırt eden yaygın bir klinik yürüyüş değerlendirmesidir [78]. FAS, hızlı bir görsel ölçeğidir, kullanımı basittir, yorumlanması kolaydır ve maliyeti yoktur [78]. FAS puanının yürüme hızı ve adım uzunluğu ile korelasyon gösterdiği saptanmış, inmeli hastalarda uygulanabilirliği güvenilir ve geçerli bulunmuştur [78]. Kullanılan FAS Ek 4'te sunulmuştur.

3.2.5. Berg Denge Ölçeği (BDÖ)

Berg Denge Ölçeği (BDÖ) geriatric hastalarda denge performansını ölçmek için geliştirilmiş bir ölçektir [79]. Klinik çalışmalarda sıklıkla postural kontrolü değerlendirmek ve düşme riski tahmininde kullanılır [80]. Hem akut hem de kronik inmeli hastalardaki geçerlilik ve güvenilirliği gösterilen ölçeğin en çok inmeli hastalarda uygulandığı vurgulanmıştır [80]. BDÖ'nün Türkçe versiyonunun inmelilerde geçerli ve güvenilir, aynı zamanda değişime duyarlı bir ölçek olduğu gösterilmiştir [80].

14 yönerge içeren ve her bir yönerge için hastanın performansının gözlenerek 0-4 arası puan verildiği bir ölçektir [80]. Hastanın aktiviteyi hiç yapamadığı durumlarda 0 puan verilirken, hastanın aktiviteyi bağımsız bir şekilde tamamladığında 4 puan verilir. En yüksek puan 56 olup 0-20 puan denge bozukluğunu, 21-40 puan kabul edilebilir bir denge varlığını, 41-56 puan iyi bir dengenin varlığını gösterir. Kullanılan BDÖ Ek 5'te sunulmuştur.

3.2.6. 6 Dakika Yürüme Testi (6DYT)

6 dakika yürüme testi (6DYT), bağımsız yürüyebilen kişilerde yaygın olarak kullanılan egzersiz toleransı ve fonksiyonel yürüme kapasitesini gösteren standart bir testtir [81]. İlk olarak kardiyopulmoner sorunları olan kişilerde fonksiyonel kapasite, dayanıklılık ve egzersiz toleransını değerlendirmek için tasarlanmıştır [81]. Son zamanlarda, 6DYT, inme sonrası yürüme kapasitesindeki değişiklikleri karakterize etmek ve izlemek için de kullanılmıştır [82]. Amerikan Göğüs Derneği (‘*American Thoracic Society*’, ATS) protokolüne göre test, 30 m uzunluğunda düz, kapalı bir koridor üzerinde yapılmalıdır [82]. Yürüme yolunun her iki ucunda da 180° dönüş için ek alan gereklidir [63, 82].

Bu çalışmada 6 dakika yürüme testi yapılması için 30 metrelik düz bir koridor belirlenmiş, bu 30 metrelik parkurda her 3 metre ara ile işaretleme yapılmıştır. Dönüş bölgeleri (parkurun başlangıç ve bitiş çizgisi) farklı bir şekilde işaretlenmiştir. Hastaların test sırasında ihtiyaç halinde dinlenebilmeleri için kolay ulaşılabilecek bir yere sandalye konulmuştur. Hastaların yürüyüş için uygun bir ayakkabı giymesi sağlanmış, test sırasında yardımcı yürüme cihazlarını kullanmalarına izin verilmiştir. Testten önceki 2 saat içinde ağır fiziksel aktivite yapmamış olmaları sağlanmıştır. Hastalardan 6 dakika boyunca bu parkurda işaretli iki mesafe arasında yapabildiği kadar hızlı, ama koşmadan gidip gelerek yürümesi istenmiştir. İhtiyaç duyduğu yer ve zamanda durup dinlenebileceği, kendini hazır hissettiğinde tekrar yürümeye başlaması gerektiği anlatılmıştır. Hastalar belirlenen parkurda yürütülmeden önce kan basıncı, nabızı ve oksijen saturasyonu ölçülerek hasta takip formuna kaydedilmiştir. Gerekli açıklama ve ölçümleri yapıldıktan sonra başlangıç işaretinin olduğu yerden ‘başla’

komutu verilerek teste başlanmıştır. Kronometre ile 6 dakika takip edilmiştir. 6 dakika sonunda hastaya ‘dur’ komutu verilmiş, en kısa sürede uygun bir yere oturması sağlanmış, beklemeksizin kan basıncı, nabız ve oksijen saturasyonu ölçümleri tekrar yapılarak hasta takip formuna kaydedilmiştir. Hastanın 6 dakika boyunca yürüme mesafesi de hesaplanarak hasta takip formuna kaydedilmiştir.

3.2.7. Kardiyopulmoner Egzersiz Testi (KPET)

Kardiyopulmoner egzersiz testi Carefusion Masterscreen CPX Model Ergospirometre kullanılarak, 12 derivasyonlu EKG izlemi ile uygun olan her hastada bir kez bisiklet ergometresi ve 1 kez treadmill ile olmak üzere toplam iki kez yapılmıştır. Testler arasında en az 24 saat ve en çok 7 gün olması sağlanmıştır. İlk test gününde öncelikle spirometri ile hastaların solunum fonksiyon testleri değerlendirilmiştir. Solunum fonksiyon testi sonrasında treadmill ile birinci egzersiz testi, ikinci egzersiz testi ise bisiklet ergometresi ile, solunum fonksiyon testi tekrarlanmaksızın, aynı hafta içerisinde, aynı saat ve koşullarda gerçekleştirilmiştir.

Egzersiz testi yapılmadan önce hastalara dikkat edilmesi gerekenler ile ilgili bilgi verilmiş ve koşullar sağlanmıştır [83]:

- Mevcut kullandıkları ilaçları testen en az 2 saat önce almış olmaları
- Test öncesi 3 saat içinde kahve, alkol, sigara içmemesi, aşırı yemek yememesi
- Göğsüne, karnına krem, losyon vb. kullanmaması
- Test öncesinde 24 saat öncesinde yoğun egzersiz yapılmaması
- Egzersiz için rahat kıyafet ve uygun bir ayakkabı getirmesi

Hemiparezi ve denge bozukluğu gibi inme ile ilgili sorunları göz önünde bulunduran ve uygun test süresini sağlamak için küçük iş yükü artışları kullanan yöntemler ve özel protokoller gereklidir [6]. Bununla birlikte, inme sonrası maksimal

egzersiz testi ile ilgili kısıtlamalar vardır. İlk olarak, kardiyak rehabilitasyon programlarına katılan bireyler için standart olan kardiyopulmoner egzersiz testlerine erişim çoğu inmeli hasta için sınırlıdır [6]. İnme sonrası, egzersiz testleri genellikle kardiyopulmoner olmayan nedenlerden dolayı sonlandırılır ve maksimal efora ulaşamama daha çok bilişsel ve motor bozukluklar ile ilişkilidir [8, 9]. Kardiyopulmoner uyumun değerlendirildiği inmeli popülasyonda yapılan çalışmalarda bu nedenle VO_{2maks} yerine çoğunlukla submaksimal egzersiz testi yapılarak VO_{2tepe} değeri saptanmaktadır. Literatürde bu popülasyonda VO_{2tepe} ve VO_{2maks} değerlerini karşılaştıran çalışmalar mevcuttur. Kronik inmeli hastalarda submaksimal treadmill, bisiklet ve 6DYT ile ölçülen ve VO_{2maks} 'ın geçerlilik ve güvenilirliğinin değerlendirildiği bu çalışmaya 12 hasta dahil edilmiş, VO_{2maks} bisiklet ergometresi testi ile ölçülmüştür [10]. Submaksimal bisiklet ergometresi testi, maksimal bisiklet ergometresi testinin bir parçası olarak değerlendirilmiş ve bisiklet ergometresi testinin submaksimal VO_2 ölçümü, yaşa göre öngörülen maksimum kalp hızının % 85'ine karşılık gelen değerdeki VO_2 olarak alınmıştır. Tüm VO_{2tepe} ölçümleri (submaksimal bisiklet ergometresi testiyle en yüksek olmak üzere), VO_{2maks} ile anlamlı korelasyon göstermiştir [10]. Treadmilde yapılan KPET ile aerobik kapasitenin değerlendirildiği, inme geçirmiş kronik dönemdeki 51 hastanın dahil edildiği bir çalışmada VO_{2maks} ve VO_{2tepe} 'in geçerlilikleri arasında anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir [84]. İnmeli hastalarda maksimal test yapmanın kısıtlılığı ve literatürdeki çalışmalarda VO_{2tepe} - VO_{2maks} değerleri arasında bir fark olmadığı gösterildiğinden bu çalışmada kardiyopulmoner uyumun değerlendirilmesinde VO_{2tepe} kullanılmıştır.

3.2.8. Solunum Fonksiyon Testi

Tüm testler A.Ü.T.F. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı KPET Laboratuvarı'nda görevli, bu alanda deneyimli fizyoterapist (SO) tarafından yapılmıştır. Test sabit bir sandalyede oturur pozisyonda yapılmıştır. Testten hemen önce spirometrenin ucuna her hasta için yeni bir ağızlık takılmış ve hasta dik oturur konumda iken burun mandalla kapatılmıştır. Solunum fonksiyon testleri için hastalara 3 manevra (zorlu spirometri, yavaş spirometri ve maksimal istemli ventilasyon)

yaptırılmıştır. Yapılacak testin amacı ve test manevrası hastaya anlatılmış ve ardından spirometri manevrası hastaya gösterilmiştir. Bu manevralar şu şekildedir:

- İlk manevraya başlarken hastadan normal nefes alıp vermesi istenmiştir. Daha sonra derin bir nefes alması ve yapabildiği maksimum güç ile nefesini vermesi ve bu sırada yeni komut verilene kadar yeni nefes almaması istenmiştir.
- İkinci manevraya başlarken hastadan ilk olarak normal nefes alıp vermesi istenmiştir. Normal nefes alıp vermeye devam ederken komut verilerek o sırada almış olduğu nefesi hızlı bir şekilde vermesi, bu sırada nefes almaması ve sonra tekrar komut verildiğinde derin bir nefes alması, ardından yavaş bir şekilde almış olduğu nefesi vermesi istenmiştir.
- Üçüncü test manevrasında başlangıçta hastadan normal nefes alıp vermesi, komut verildiğinde derin ve zorlu nefes alıp vermesi istenmiştir. Hasta 1 dakika süre ile bu şekilde nefes alıp verdikten sonra komutla normal nefes alıp vermesi istenerek test sonlandırılmıştır.

3.2.9. Tredmil ile Egzersiz Testi

12 derivasyonlu EKG elektrotları göğüs duvarında standart noktalara yerleştirilmiştir [58]. Teste başlamadan önce hastanın kan basıncı manuel olarak ölçülerek cihaza kaydedilmiştir. Hastanın KPET sırasında açık devre spirometre ile ekspire edilen gazların ölçümü için hastanın ağız ve burnunu kapatacak şekilde gaz akım ölçerin bağlı olduğu maske takılmıştır. Test sırasında ‘Low Level Bruce’ protokolü kullanılmıştır. ‘Low Level’ protokoller ilk olarak akut miyokard infarktüsü sonrası hastaların test edilmesinde kullanılmıştır [85]. Protokolde her 3 dakikada 1 tredmilin eğim ve / veya hızı artırılmıştır. Low Level Bruce protokolü Tablo 9’da gösterilmektedir. Bu çalışmada da uygun protokolün seçimi açısından bir pilot çalışma olarak inneli hastaya farklı zamanlarda Low Level Bruce, Naughton, Modifiye Bruce gibi farklı protokoller ile test yapılmış, hastanın uyumunun en iyi olduğu ve en yüksek VO_{2tepe} ’nin elde edildiği Low Level Bruce protokolünün kullanılması uygun görülmüştür.

Tablo 3.1 Low Level Bruce protokolü

	Hız	Eğim
Dinlenme	1,9 km/saat	% 0
Evre 1	1,9 km/saat	% 0
Evre 2	1,9 km/saat	% 3
Evre 3	1,9 km/saat	% 6
Evre 4	2,7 km/saat	% 6
Evre 5	3,8 km/saat	% 6
Evre 6	5,4 km/saat	% 6
Evre 7	5,4 km/saat	% 9

Her evrenin ortasında kan basıncı ölçülerek kaydedilmiştir. Test süresinde cihaz tarafından otomatik olarak yapılan nabız ölçümü ve EKG kaydı ekrandan takip edilmiştir. Hasta maksimum yorulana kadar veya egzersiz testini sonlandırma kriterlerinden biri gerçekleştiğinde test sonlandırılmıştır. Egzersiz testi sonlandırma endikasyonları Tablo 3.2 ve 3.3’de gösterilmiştir [66].

Tablo 3.2. Kardiyopulmoner egzersiz testini sonlandırma için mutlak endikasyonlar

Mutlak Endikasyonlar

Diğer iskemi kanıtlarıyla birlikte iş yükünde bir artışa rağmen, sistolik kan basıncında 10 mmHg'den fazla düşüş

Orta-şiddetli anjina pectoris

Santral sinir sistemi semptomları (örn., ataksi, baş dönmesi veya senkop)

Zayıf perfüzyon belirtileri (siyanoz veya solukluk)

Egzersiz sırasında kardiyak debinin normal kalmasını engelleyen ikinci veya üçüncü derece atriyoventriküler blok dahil sürekli ventriküler taşikardi veya diğer aritmi

EKG veya sistolik kan basıncını izlemede teknik zorluklar

Kişinin durma talebi

Önceki MI nedeniyle önceden var olan Q dalgaları olmaksızın ST yükselmesi (>1.0 mm, aVR, aVL, or V1 derivasyonları hariç)

Tablo 3.3. Kardiyopulmoner egzersiz testini sonlandırma için göreceli endikasyonlar

Göreceli Endikasyonlar

Diğer iskemi kanıtlarının yokluğunda, iş yükünde bir artışa rağmen, sistolik kan basıncında 10 mm Hg'dan fazla düşüş

Artan göğüs ağrısı

Yorgunluk, nefes darlığı, hırıltı, bacak krampları veya kladikasyon

Abartılı hipertansif yanıt (sistolik kan basıncı> 250 mm Hg veya diyastolik kan basıncı> 115 mm Hg)

Ventriküler taşikardiden ayırt edilemeyen dal bloğunun gelişimi

SpO₂ ≤ % 80 olması

Daha kompleks hale gelmek veya hemodinamik stabiliteyi etkilemek potansiyeline sahip multifokal ektopi, ventriküler üçüz, supraventriküler taşikardi ve bradiaritmiler dahil sürekli ventriküler taşikardi dışındaki aritmiler

Belirgin ST değişiklikleri

3.2.10. Bisiklet Ergometresi ile Egzersiz Testi

Tredmil ile yapılan testte olduğu gibi 12 derivasyonlu EKG elektrotları göğüs duvarına yerleştirilmiştir. Teste başlamadan önce hastanın kan basıncı manuel olarak ölçülerek cihaza kaydedilmiştir. Hastanın KPET sırasında açık devre spirometresi ekspire edilen gazların ölçümü için hastanın ağzı ve burnuna kapatacak şekilde ve gaz akım ölçerin bağlı olduğu maske takılmıştır.

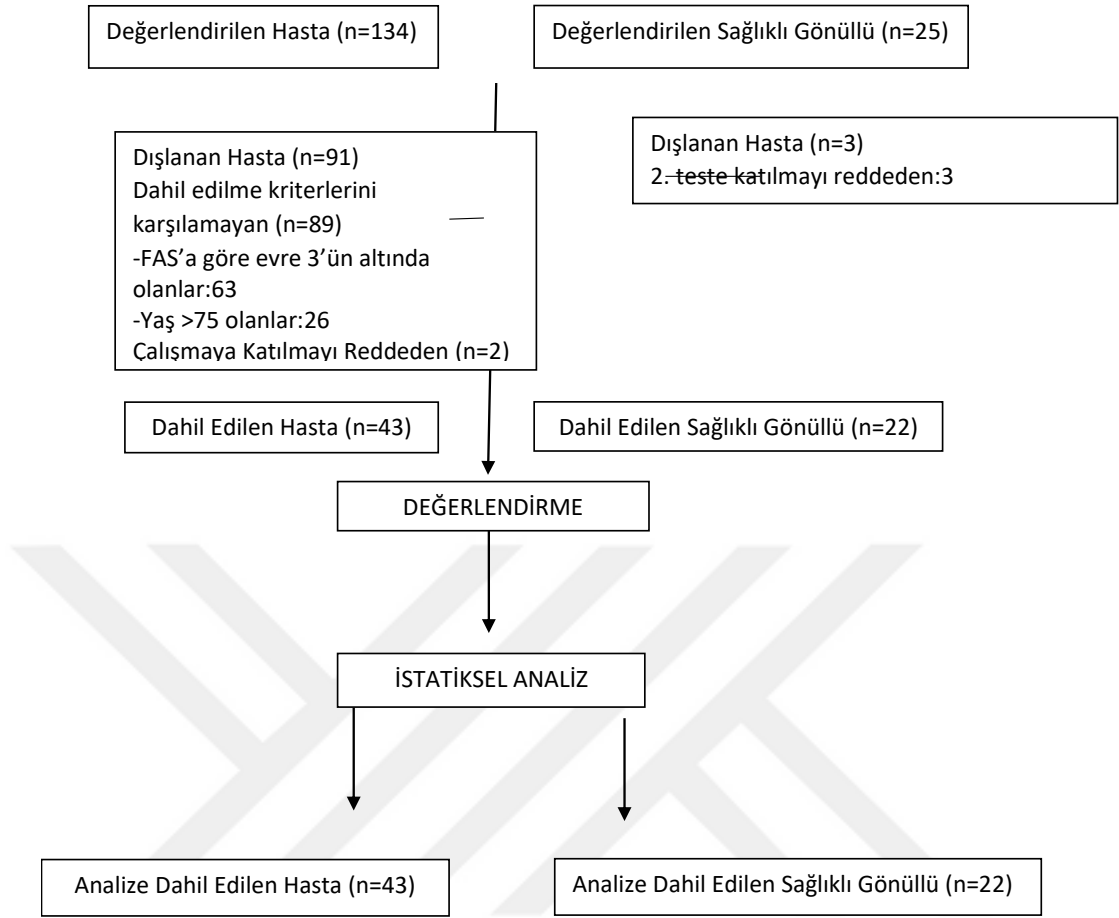
Bisiklet ergometresinde istirahat fazında kısa süreli direnç verilmeksizin ekspire edilen gaz ölçümü yapıldıktan sonra, birey ısınma fazında 10 W direnç ile pedal çevirmeye başlanmıştır, egzersiz fazına geçildiğinde direnç 20 W yükselmiştir. Her 2 dakikada 10 Watt lık artışlarla teste devam edilmiştir. Hastanın test sırasında pedal çevirme hızı 55-65 rpm olarak ayarlanmıştır. Testin sonlandırılma nedenleri tredmil ile aynıdır.

3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmanın primer sonuç değişkeni olarak her hastanın treadmill ve bisiklet egzersiz testleri arasındaki ölçülen VO_{2tepe} değişkenindeki farklılık baz alınmıştır. Güç analizi yapıldığında çalışmaya 27 SVO geçirmiş hastanın alınması gerektiği belirlenmiştir. Hastaların treadmill ve bisiklet ile VO_{2tepe} ölçümü arasında farklılık T-testi kullanılarak analiz edilmiştir. Kontrol ve hasta grubunun bisiklet ergometresi ve treadmill egzersiz testi ile ölçülen egzersiz test parametrelerinin (VO_{2tepe} , test sırasında ulaşılan KH, test süresi) ve SFT parametrelerinin karşılaştırılması amacıyla T testi, Mann Whitney U ve Wilcoxon testi kullanılmıştır. Araştırmaya dahil olan katılımcıların sosyodemografik özellikleri, klinik özellikleri, değerlendirme parametreleri için tanımlayıcı istatistik yapılarak ortalama, standart sapma, ortanca, minimum-maksimum ve yüzdelik değerleri hesaplanmıştır. Primer sonuç değişkeni ile klinik değerlendirme parametreleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde Pearson ve Spearman Korelasyon Analizi yapılmıştır. $p < 0,05$ anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Araştırmaya alınacak hastaların belirlenmesi için 134 hasta değerlendirilmiş, dahil olma kriterlerini karşılayan, katılmaya gönüllü olan 43 hasta çalışmaya alınmıştır. Değerlendirilen 134 hastanın 63'ü FAS'a göre evre 3'ün altında olduğundan ve 26'sı 75 yaş üstünde olduğundan çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmaya dahil edilen 43 hastanın klinik değerlendirmesi ve 6 dakika yürüme testi yapılmıştır. 38 hastada her iki egzersiz testi de uygulanabilmektedir. 2 hasta bisiklet ergometresine, 2 hasta treadmill egzersiz testine ve 1 hasta her iki teste uyum sağlayamamıştır. Bu nedenle primer sonuç değişkenleri arasındaki farklılığın analizi 38 hastada, diğer analizler ise 43 hastada yapılmıştır. Hastaların çalışmaya dahil edilme akış şeması Şekil 1'de görülmektedir. Ayrıca, egzersiz testi ve SFT parametrelerinin karşılaştırılması amacıyla çalışmaya demografik açıdan benzer 22 sağlıklı kişi dahil edilmiştir.



Şekil 4.1 Çalışmanın Akış Şeması

Hastaların sosyodemografik ve klinik özellikleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir. 43 hastanın 19’u (%44,2) kadın ve 24’ü (%55,8) erkek, kontrol grubunun 12’si (%54,5) kadın ve 10’u (%45,5) erkektir. Hasta ve kontrol grupları arasında cinsiyet açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p=0,298$). Hasta grubunun yaş ortalaması 59,8, ortancası 61 bulunurken, kontrol grubunun yaş ortalaması 59,8 ve ortancası 58 dir. İki grup arasında yaş açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p=0,765$). Hastaların 25’i (%58,1) sağ hemiplejik, 18’i (%41,9) sol hemiplejiktir. Hastaların 19’unun sigara kullanımı ve 7’sinin alkol kullanım öyküsü mevcuttur. Ailede KVH varlığı 5 hastada, hipertansiyon varlığı 29, fiziksel inaktivite varlığı 6, koagülasyon bozukluğu 1 hastada saptanmıştır.

Tablo 4.1 Araştırma bireylerinin sosyodemografik özellikler

	Hasta Grubu	Kontrol Grubu	p
	n (%)	n (%)	
Cinsiyet			
Kadın	19 (%44,2)	12 (%54,5)	0,298
Erkek	22 (55,8)	10 (%45,5)	
	Ortalama±SS	Ortanca (min-maks)	Ortalama±SS
		Ortanca (min-maks)	
Yaş (yıl)	59,8±10	61 (40-75)	59,8±8
SVO süresi (ay)	17,9±41,6	3 (1-200)	58 (43,71)
Yatış sayısı	1,6±1,2	1 (1-5)	0,765
Eğitim düzeyi			
Okuryazar değil	5 (%11,6)		
İlkokul	21 (%48,8)		
Lise	9 (%20,9)		
Üniversite	8 (%18,6)		
Hemiplejik taraf			
Sağ	25 (%58,1)		
Sol	18 (%41,9)		
Sigara kullanımı			
Evet	19 (%44,2)		
Hayır	24 (%55,8)		
Alkol kullanımı			
Evet	7 (%16,3)		
Hayır	36 (%83,7)		
Ailede KVH öyküsü			
Evet	5 (%11,6)		
Hipertansiyon			
Evet	29 (%67,4)		
Fiziksel inaktivite			
Evet	6 (%14)		
Koagülasyon bozukluğu			
Evet	1 (%2,3)		

n: Kişi sayısı, (%): Kişi yüzdesi, SS: Standart sapma, min: Minimum, maks: Maksimum, p: p değeri

Tablo 4.2’de Brunnstrom üst ekstremite evrelemesine göre hastaların 1’i evre 1, 2’si evre 2, 12’si evre 3, 6’sı evre 4, 7’si evre 5 ve 15’i evre 6 olarak değerlendirilmiştir. Brunnstrom alt ekstremite evrelemesinde 8’i evre 3, 10’u evre 4, 8’i evre 5 ve 17’si evre 6 olarak değerlendirilmiştir. Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflamasında 5 hasta FAS 3, 27 hasta FAS 4 ve 11 hasta FAS olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.2 Hastaların Nörolojik ve Fonksiyonel Ambulasyon Evrelemeleri

	n (%)
Brunnstrom Evrelemesi	
Üst Ekstremité	
Evre 1	1 (%2,3)
Evre 2	2 (%4,7)
Evre 3	12 (%27,9)
Evre 4	6 (%14,0)
Evre 5	7 (%16,3)
Evre 6	15 (%34,9)
Alt Ekstremité	
Evre 1	0
Evre 2	0
Evre 3	8 (%11,6)
Evre 4	10 (%23,3)
Evre 5	8 (%18,6)
Evre 6	17 (%39,5)
Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması	
FAS 3	5 (%11,6)
FAS 4	27 (%62,8)
FAS 5	11 (%25,6)

n: Kişi sayısı, (%): Kişi yüzdesi, FAS: Fonksiyonel ambulasyon sınıflaması

Tablo 4.3’de hastaların MAS’ a göre spastisite değerlendirmeleri yer almaktadır.

Tablo 4.3 Hastaların MAS' a göre Spastisite Değerlendirmesi

	n (%)
Kalça Addüktör	
MAS 0	38 (%88,4)
MAS 1	4 (%9,3)
MAS 1+	0
MAS 2	1 (%2,3)
MAS 3	0
MAS 4	0
Diz Fleksör	
MAS 0	32 (%74,4)
MAS 1	9 (%20,9)
MAS 1+	0
MAS 2	2 (%4,7)
MAS 3	0
MAS 4	0
Diz Ekstansör	
MAS 0	39 (%90,7)
MAS 1	4 (%9,3)
MAS 1+	0
MAS 2	0
MAS 3	0
MAS 4	0
Ayak Bilek Plantar Fleksör	
MAS 0	19 (%44,2)
MAS 1	11 (%25,6)
MAS 1+	0
MAS 2	9 (%20,9)
MAS 3	4 (%9,3)
MAS 4	0

n: Kişi sayısı, (%): Kişi yüzdesi, MAS: Modifiye Asworth skalası

Tablo 4.4'te hastaların FIM, BDÖ ve 6DYT değerlendirmeleri yer almaktadır.

Tablo 4.4 Hastaların Fonksiyonel Değerlendirmeleri

	Ortalama $\pm$ SS	Ortanca (min-maks)
FIM		
FIM Kendine Bakım	26,8 $\pm$ 7,6	27 (12-40)
FIM Transfer	16,7 $\pm$ 2,1	17 (12-21)
FIM Hareket	10,9 $\pm$ 1,5	11 (7-14)
FIM Total Motor	67,8 $\pm$ 10,8	68 (45-88)
FIM Total	98,7 $\pm$ 13,76	101 (73-123)
BDÖ	48,3 $\pm$ 4,7	48 (34-56)
6DYT (metre)	237,3 $\pm$ 99	220 (66,0-441,0)

SS: Standart sapma, min: Minimum, maks: Maksimum, FIM: Fonksiyonel bağımsızlık ölçeği, BDÖ: Berg denge ölçeği, 6DYT: 6 dakika yürüme testi

Tablo 4.5'te solunum fonksiyon testi parametreleri yer almaktadır. Tüm solunum fonksiyon test parametreleri için iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Tablo 4.5 Solunum Fonksiyon Testi Parametreleri

	Hasta Grubu		Kontrol Grubu		
	Ortalama $\pm$ SS	Ortanca (min-maks)	Ortalama $\pm$ SS	Ortanca (min-maks)	p
VC (L)	2,9 $\pm$ 0,9	3 (0,9-4,9)	3,1 $\pm$ 0,7	3,1 (3,1-4,3)	0,252
FVC (L)	2,6 $\pm$ 0,9	2,7 (0,8-4,7)	2,9 $\pm$ 0,6	2,7 (1,5-3,9)	0,205
FEV ₁ (L)	2,1 $\pm$ 0,7	2 (0,6-3,5)	2,3 $\pm$ 0,6	2,3 (1,2-3,4)	0,408
FEV ₁ / FVC	80,6 $\pm$ 10,6	81,8 (51,6-100)	78,2 $\pm$ 10,6	80 (45,2-99,1)	0,329
PEF (L/sn)	4,3 $\pm$ 2,2	3,9 (0,9-11,1)	4,7 $\pm$ 1,9	4,3 (1,7-8,1)	0,572
MEF ₅₀ (L/sn)	2,5 $\pm$ 1,5	2,5 (0,1-6,7)	2,6 $\pm$ 1,1	2,6 (1-4,6)	0,429
MMEF (L/sn)	1,9 $\pm$ 1,2	1,9 (0,2-5,8)	1,8 $\pm$ 0,8	1,7 (0,5-4,1)	0,914
MVV (L)	74,3 $\pm$ 33,9	73,9 (18,8-131,2)	89,7 $\pm$ 27	89,1 (48,2-137,1)	0,075

SS: Standart sapma, min: Minimum, maks: Maksimum, L: litre, sn: Saniye, p: p değeri, VC: Vital kapasite, FVC: Zorlu vital kapasite, FEV₁: Birinci saniyedeki ekspiratuvar hacim, PEF: Tepe akım hacmi, MEF₅₀: Vital kapasitenin %50'sindeki maksimum ekspiratuvar akım hızı, MMEF: Maksimum ekspiratuar ortası akım hızı, MVV: Maksimum istemli ventilasyon

Tablo 4.6’da gösterildiği üzere treadmill ile ölçülen VO_{2tepe} ortalaması hasta grubunda 14,50 ml/kg/dk, kontrol grubunda 23,5409 ml/kg/dk olarak bulunmuştur. Bu değerlendirmeye göre hastaların VO_{2tepe} değeri kontrol grubunun $\%62$ ’sine eşittir. Bisiklet ergometresi ile ölçülen VO_{2tepe} ortalaması 12,64 ml/kg/dk, kontrol grubunda ise 16,68 ml/kg/dk’dır; hastaların VO_{2tepe} değeri kontrol grubunun ortalama değerinin $\%76$ ’sına eşittir. Treadmil ile yapılan testin süre ortalaması hasta grubunda 8,5 dk kontrol grubunda 14,3 iken bisiklet ergometresi ile yapılan testin ortalama süresi hasta grubunda 6,4 dk, kontrol grubunda 12 dk’dır. Hastaların ulaştığı maksimum kalp hızı ortalaması treadmill ile yapılan testte 125,38 atım/dakikadır. Bu değer hastaların hedef kalp hızlarının $\%79,7$ sine denk gelmektedir. Hastanın ulaştığı maksimum kalp hızı ortalaması bisiklet ergometresi ile yapılan testte 125,35 atım/dakikadır. Bu değer hastaların hedef kalp hızlarının $\%77,86$ sine denk gelmektedir. Kontrol grubunun ulaştığı maksimum kalp hızı ortalaması treadmill ile yapılan testte 153,23 atım/dakika olup bu değer hedef kalp hızlarının $\%97,14$ ’üne denk gelmekte; bisiklet ergometresi ile yapılan testte ortalama kalp hızı 129,86 atım/dakikadır, bu değer hedef kalp hızlarının $\%80,82$ ’sine denk gelmektedir.

Tablo 4.6 Hasta ve Sağlıklı Grubun KPET Parametreleri

	Hasta Grubu		Kontrol Grubu		p
	Ortalama±SS	Ortanca (Min-maks)	Ortalama±SS	Ortanca (Min-maks)	
Tredmil VO _{2tepe}	14,55±3,7	14,6 (7,1-25,3)	23,5±4,2	23 (18,4-32,9)	<0,001
Bisiklet VO _{2tepe}	12,6±2,9	12,6 (6,2-19,2)	16,7±4	16,3 (9,1-24)	<0,001
Tredmil Test Süresi (dk)	8,5±5,6	9,1 (1-20,8)	14,3±1,9	14,5 (10,8-18)	-
Bisiklet Test Süresi (dk)	6,4±3,4	5,7 (1,9-17,4)	12±4,1	11,2 (3,5-20)	<0,001
Bisiklet (W)	42,8±18,3	40 (10-100)	71,8±20,6	70 (30-110)	<0,001
Tredmil KH	125±22	124 (78-187)	153±16	154 (120-180)	<0,001
Tredmil KH (%)	79,7±15,6	80 (48-114)	97,1±8,8	100 (79-116)	
Bisiklet KH	125±25	127 (63-175)	130±21	132 (58-160)	0,515
Bisiklet KH (%)	78±16	79 (37-116)	81±13	82 (40-98)	

SS: Standart sapma, min: Minimum, maks: Maksimum, p: p değeri, VO_{2tepe}: Tepe oksijen tüketimi, dk: Dakika, W: watt, KH: Ulaşılan maksimum kalp hızı, (%): Yüzde

Tablo 4.7’de hasta grubunda tredmil ve bisiklet ergometresi ile yapılan egzersiz testinde ölçülen parametreler karşılaştırılmıştır. VO_{2tepe}, test süresi parametrelerinde bisiklet ergometresi ve tredmil testi arasında anlamlı farklılık saptanmıştır. Tredmil testinde ölçülen VO_{2tepe} anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Tredmil test süresi de bisiklet ergometresi test süresine göre anlamlı olarak yüksektir. Ancak bu farklılığın klinik önemi yoktur. İdeal bir test protokolünün 6-12 dk sürmesi önerilmektedir. Tabloda görüldüğü üzere her iki test sürelerinin ortalama ve ortanca değerleri ideal aralık içerisindedir. Test sonunda ulaşılan maksimum kalp hızı değerleri arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.

Tablo 4.7 Tredmil ve bisiklet ergometresi ile yapılan egzersiz test parametrelerinin karşılaştırılması (hasta grubu)

	Tredmil		Bisiklet		p
	Ortalama $\pm$ SS	Ortanca (min-maks)	Ortalama $\pm$ SS	Ortanca (min-maks)	
VO _{2tepe}	14,55 $\pm$ 3,7	14,6 (7,1-25,3)	12,6 $\pm$ 2,9	12,6 (6,2-19,2)	<0,001
KH	125 $\pm$ 22	124 (78-187)	125 $\pm$ 25	127 (63-175)	0,870
Test Süresi (dk)	8,5 $\pm$ 5,6	9,1 (1-20,8)	6,4 $\pm$ 3,4	5,7 (1,9-17,4)	0,004

SS: Standart sapma, min: Minimum, maks: Maksimum, p: p değeri, VO_{2tepe}: Tepe oksijen tüketimi, KH: Ulaşılan maksimum kalp hızı, dk: Dakika

Tablo 4.8’de sağlıklı kontrol grubunda tredmil ve bisiklet ergometresi ile yapılan egzersiz testinde ölçülen parametreler karşılaştırılmıştır. Her üç parametrede de bisiklet ergometresi ve tredmil testi arasında anlamlı farklılık saptanmıştır. Tredmil testinde ölçülen VO_{2tepe} anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Test sonunda ulaşılan maksimum kalp hızı değerleri karşılaştırıldığında da, tredmil testinde ulaşılan kalp hızının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Tredmil test süresi bisiklet ergometresi test süresine göre anlamlı olarak daha yüksektir. Fakat her iki test süresi de ideal bir test süresinin (6-12 dk) hafif üstündedir.

Tablo 4.8 Tredmil ve bisiklet ergometresi ile egzersiz test parametrelerinin karşılaştırılması (kontrol grubu)

	Tredmil		Bisiklet		p
	Ortalama $\pm$ SS	Ortanca (min-maks)	Ortalama $\pm$ SS	Ortanca (min-maks)	
VO _{2tepe}	23,5 $\pm$ 4,2	23 (18,4-32,9)	16,7 $\pm$ 4	16,3 (9,1-24)	<0,001
KH	153 $\pm$ 16	154 (120-180)	130 $\pm$ 21	132 (58-160)	<0,001
Test Süresi (dk)	14,3 $\pm$ 1,9	14,5 (10,8-18)	12 $\pm$ 4,1	11,2 (3,5-20)	0,006

SS: Standart sapma, min: Minimum, maks: Maksimum, p: p değeri, VO_{2tepe}: Tepe oksijen tüketimi, KH: Ulaşılan maksimum kalp hızı, dk: dakika

Hastaların FIM skorları, spastisite değerlendirmesi ve Berg denge değerlendirmeleri ile aerobik kapasiteleri arasında korelasyon saptanmamış, 6DYT,

solunum fonksiyon testlerinden vital kapasite ve maksimal istemli ventilasyon ile aerobik kapasiteleri arasından pozitif yönde korelasyon saptanmıştır (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 Hastaların Klinik Değerlendirmeleri ile VO_{2tepe} İlişkisi

	VO _{2tepe} Tredmil		VO _{2tepe} Bisiklet	
	Korelasyon Katsayısı	p	Korelasyon Katsayısı	p
Brunnstrom (Alt ekstremit)	-0,187	0,254	0,03	0,853
FIM (Kendine Bakım)	0,1	0,49	0,2	0,22
FIM (Transferler)	0,2	0,33	0,17	0,29
FIM (Hareket)	0,03	0,84	0,15	0,3
FIM (Total Motor)	0,09	0,58	0,18	0,26
FIM (Total)	0,1	0,53	0,19	0,25
MAS (Kalça addüktör)	-0,02	0,9	0,03	0,85
MAS (Diz fleksör)	-0,05	0,75	-0,12	0,46
MAS (Diz ekstansör)	-0,15	0,35	-0,15	0,35
MAS (ABPF)	-0,08	0,6	-0,03	0,85
BDÖ	0,2	0,06	0,25	0,12
6DYT	0,5	0,000	0,5	0,001
VC	0,3	0,03	0,45	0,003
FEV₁ / FVC	0,08	0,6	0,016	0,92
MVV	0,5	0,001	0,6	0,000

VO_{2tepe}: Tepe oksijen tüketimi, p: p değeri, FIM: Fonksiyonel bağımsızlık ölçeği, MAS: Modifiye Asworth skalası, BDÖ: Berg denge ölçeği, 6DYT: 6 dakika yürüme testi, VC: Vital kapasite, FEV₁: Birinci saniyedeki ekspiratuvar hacim, FVC: Zorlu vital kapasite, MVV: Maksimum istemli ventilasyon

5.TARTIŞMA

İnme geçirmiş hastaların fonksiyonel motor performansını durumuna uygun düzeye getirebilmek için tasarlanmış rehabilitasyon programları, giderek daha fazla kardiyopulmoner uyum, kas kuvveti ve fonksiyonel hareketliliği geliştiren aerobik egzersiz eğitimini içermektedir [86]. Kardiyopulmoner uyumun geliştirilmesi submaksimal egzersiz toleransını, dayanıklılığı ve dolayısıyla günlük yaşam aktivitelerini yürütme yeteneğini artırır [6]. Tredmilde yapılan aerobik egzersizin, inme sonrası yürümenin enerji maliyetini düşürürken VO_{2tepe} 'yi arttırdığı gösterilmiştir [87].

Kardiyovasküler hastalıklar (KVH), serebrovasküler olay (SVO) ile ortak etyopatogeneze sahip olup, SVO olan bireylerde KVH riski de artmıştır [88]. Egzersizin, genel popülasyonda olduğu gibi, inme geçirmiş bireyler için de olası kas-iskelet sistemi yaralanmaları ve nadir durumlarda ani kardiyak ölüm gibi riskleri vardır. Ayrıca, inme popülasyonu ile ilgili olarak mobilitateyle birlikte düşmeler görülebilir. İnme geçirmiş bireylerde % 75'e kadar yüksek oranda kardiyovasküler hastalık ve % 20 ile % 40'inde sessiz kardiyak iskemisi eşlik etmesi nedeniyle, egzersiz reçetesinin formüle edilmesinde en önemli öncelik; uygun tarama, program, izleme ve eğitim ile egzersizin olası olumsuz etkilerini en aza indirmektir [1, 6]. SVO sonrası kardiyopulmoner uyum düzeyini belirleme bireyin kardiyovasküler hastalık riskini belirlemek fonksiyonel kapasitesini ve kısıtlılığının nedenlerini belirlemek ve kardiyopulmoner egzersiz programını reçetelemek amacı ile kullanılabilir [7].

İnme sonrası kardiyopulmoner uyum programına başlamadan önce, bireylerin tam bir tıbbi geçmişı öğrenilmeli, egzersiz için kontrendikasyon oluşturabilecek nörolojik komplikasyonların ve tıbbi komorbiditelerin tanımlanmasına yönelik bir fiziksel muayeneden geçirilmelidir [6]. İnme geçiren bireylere, bir egzersiz programına başlamadan önce tıbbi değerlendirmenin bir parçası olarak EKG monitorizasyonu ile egzersiz testi uygulaması önerilir [58]. Test modu bireyin ihtiyaçlarına göre seçilmeli veya uyarlanmalıdır [6]. Sistematik derlemelerde, KPET protokollerinin ve ikincil ölçümlerin heterojenitesi nedeniyle, inme sonrası kişilerde

VO_{2maks}'ı “en iyi” ölçmek için hangi protokolün kullanılabileceği konusunda bir fikir birliğine varılamamıştır [89, 90].

Dikey veya yatay bisiklet ergometrisinin, postüral kontrolü bozuk olan bireyler için destek avantajı sunduğu, ayakların alt ekstremitte disfonksiyonuna uyum sağlamasına yardımcı olduğu ve bilişsel / davranışsal sorunları olanlar için güvenli olduğu için inme geçirmiş popülasyon için daha uygun olabileceği düşünülmüştür [6]. Fakat, bununla birlikte, sağlıklı popülasyonda yapılan çalışmalarda bisiklet ergometrisi ile yapılan KPET'ler, genellikle, maksimum aerobik kapasitenin elde edilmesinden ziyade lokalize kas yorgunluğuna bağlı sonlandırılır ve VO_{2tepe} değerleri treadmill testi ile elde edilenlerden tipik olarak % 5-10 daha düşüktür [91]. 41 sağlıklı ve fiziksel olarak aktif gönüllüye, bir bisiklet ergometresi ve treadmill ile KPET yapılan bir çalışmada, katılımcıların hepsi treadmill egzersiz testini 8-12 dk'da tamamlayabilirken, bisiklet egzersiz testini 33'ü tamamlamıştır. Treadmill testi ile VO_{2tepe} (53,1 ml/kg/dk), bisiklet ile yapılan testteki VO_{2tepe} değerine (49,7 ml/kg/dk) göre yüksek bulunmuştur [92]. Önceki çalışmalar, bu farkın tipik olarak % 6 ile 20 arasında değiştiğini göstermiştir. Çalışmalardan birinde, farklı ergometreler (treadmill, bisiklet) ve farklı protokoller ile KPET yapılmış, sağlıklı, koroner arter hastalığı ve kalp yetmezliği olan hastaların VO_{2tepe} değerleri değerlendirilmiştir. Treadmill ile yapılan testte VO_{2tepe} (21,4 8 ml/kg/dk), bisiklete kıyasla (18,1 7 ml/kg/dk) %16 daha yüksek saptanmıştır [93]. VO_{2tepe} değerinin treadmill ile % 17 ve %18 daha yüksek olduğu benzer sonuçlar farklı literatürlerde de bildirilmiştir [94, 95].

Bu çalışmada treadmill ve bisiklet ergometresi testlerinin karşılaştırılması ile serebrovasküler olay geçirmiş hemiplejik hastalarda kardiyopulmoner uyum kapasitesinin ölçümü için en uygun testin belirlenmesi amaçlanmıştır. Treadmill egzersiz testi, bisiklet ergometrisine göre birçok avantaja sahiptir ve çoğu insan için treadmill yürüyüşü bisiklet sürmekten daha iyi bilinen bir aktivitedir [96]. Bisiklet genellikle daha ucuzdur ve treadmilden daha az yer gerektirir. Treadmill daha büyük bir kas kütlesi ve yerçekimine karşı daha fazla çalışma gerektirir. Sonuç olarak, treadmillde erişilen VO_{2tepe} ortalama bir bisiklet ergometresinden daha yüksektir [96]. Treadmilde tutamakların tutulması genellikle yürüyüşünün metabolik maliyetini azaltır [96]. Bu nedenlerle, treadmill ile uygulanan egzersiz stres testinin, inmeli hastalarda,

kardiyopulmoner uyumu belirlemek açısından daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bu çalışmada da, hipotezimizle uyumlu olarak; her iki ergometrede de KPET yapılabilen 38 hasta treadmill testinde daha yüksek VO_{2tepe} değerlerine ulaşmıştır.

Literatürde inmeli hastalarda treadmill ve bisiklet ergometresinde KPET yapılarak kardiyopulmoner uyumun ölçüldüğü sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. Çalışmada kronik inmeli hastalarda submaksimal treadmill, bisiklet testleri ve 6DYT ile VO_{2tepe} , ayrıca maksimal bisiklet ergometresi testi ile VO_{2maks} değerlendirilmiştir [10]. Bisiklet testinde hastalar 0 watt ile başlayıp 20 watt/dk'lık iş yükü artışlarıyla pedal çevirmişlerdir. Submaksimal treadmill testinde hastalar kendi seçtikleri hızda yürütülmeye başlanmıştır. İlk dakika boyunca, treadmill hızı her 20 saniyede 0,5 km/saat artırılarak 1,5 km/saat hızına çıkılmıştır. İkinci dakikada hız sabit bırakılarak eğim her 20 saniyede % 2 arttırılmış, hız ve eğim daha sonra testin geri kalanı için sabit tutulmuştur. Treadmill testi ile ölçülen VO_{2tepe} (13,3 ml/kg/dk), bisiklet ergometresi ile ölçülen VO_{2tepe} 'den (14,0 ml/kg/dk) daha düşük olmakla birlikte bu iki test istatistiksel olarak karşılaştırılmadığından hangi testin daha uygun olabileceği ile ilgili bir yorum yapılamamaktadır. Bizim çalışmamızda ise VO_{2tepe} değerleri bu çalışmayla benzer olmakla birlikte, treadmill testi ile ölçülen VO_{2tepe} (14,5 ml/kg/dk), bisiklet ergometresi ile ölçülen VO_{2tepe} 'den (12,6 ml/kg/dk) daha yüksek saptanmıştır. Bizim çalışmamızda treadmill testinde ilk 3 dk eğimsiz, 3 dk' dan sonra %3 eğim ile test gerçekleştirilmiş, 6 dk dan sonra eğim %6'ya çıkarılmıştır. Bu çalışmada 1. dk sonunda eğimin %6'ya çıkarılmış olması hasta uyumunu etkilemiş ve çabuk yorulmaları nedeni treadmill ile ölçülen VO_{2tepe} daha düşük saptanmış olabilir. İki çalışmanın hasta popülasyonu karşılaştırıldığında, her iki grubun Berg Denge Skorlarının benzer, bu çalışmadaki hasta grubu kronik dönemde, bizim hasta popülasyonunun hastalık süresinin ise daha heterojen olduğu gözlenmiştir; bu durum da sonuçlardaki farklılığın bir nedeni olabilir.

İnmeli hastalarda bisiklet ergometresi veya treadmill ile KPET yapılan birçok çalışma mevcuttur. Tartışma kısmında sıklıkla kullanılan çalışmalar Ek 6'da sunulmuştur. Çalışmalar protokollerin, hastaların inme etkilenme şiddetlerinin, inme sonrası geçen sürenin farklılığı gibi nedenlerden dolayı heterojendir. Bu durumda çalışmaların kıyaslanması ve inme popülasyonu için hangi testin uygun olduğuna karar vermek zordur. Bisiklet ergometresi ile KPET yapılan çalışmalar genellikle akut ve

subakut dönemdeki hastalarda yapılmıştır [3, 8, 97, 98]. Akut dönem hastalarda (inme süresi: 9,9 gün) bisiklet ergometresi ile ortalama VO_{2tepe} 'nin değerlendirildiği bir çalışmada semptom limitli, 5-W rampa artış protokolüne göre bisiklet ergometresi ile KPET uygulanmış, VO_{2tepe} 11,8 ml/kg/dk ve pik kalp hızı yaşa göre öngörülen maksimum kalp hızının % 68'ine ulaşmıştır [98]. Bizim çalışmamızda VO_{2tepe} değeri ve ulaşılan maksimum kalp hızı daha yüksektir. Bu çalışmadaki hastaların, alt ekstremité için Brunnstrom evrelemesi $4,2 \pm 0,8$, alt ekstremité MAS ise $0,2 \pm 0,4$ (0-1) olarak bulunmuştur [98]. Bizim hasta popülasyonumuzda VO_{2tepe} 'nin daha yüksek olması, Brunstrom evrelerinin daha iyi ($4,8 \pm 1,1$) olması ile ilişkili olabilir. Ayrıca, bizim hasta grubumuzun akut süreçteki inme geçirmiş hastalardan farklı olarak rehabilitasyon sürecinde olması fiziksel kapasitenin daha iyi olmasını sağlamış olabilir. 35 katılımcının (ortalama yaş $65,7 \pm 2,6$; inme sonrası ortalama $17,6 \pm 2,2$ gün) dahil edildiği bir başka çalışmada yatay bisiklet ergometresi ile KPET yapılmış, 31 (% 89) katılımcı egzersiz testini semptomsuz tamamlamıştır (ortalama VO_{2tepe} 10,7ml/kg/dk; pik iş yükü, 39W) [8]. Rampa protokolünde 10W' da 2 dakikalık bir ısınma ve ardından her dakika iş hızında 5 W' lık artış yapılmıştır. Bizim çalışmamızda da bu çalışmayla benzer olarak pik iş yükü 42,8 W olarak bulunmakla birlikte VO_{2tepe} değerleri daha yüksektir. Bu çalışmadaki hasta grubunun ortalama FIM skorlarının (87,5) bizim hasta grubundan (98,7) daha düşük olması ve akut dönemde hastaların dahil edilmiş olması fiziksel uyumdaki düşüklükle ilişkili olabilir.

Subakut inmeli hastalarda bisiklet ergometresi ile VO_{2tepe} ölçümünün değerlendirildiği çalışmalara bakıldığında; inme sonrası ortalama 72 gün geçmiş olan 100 katılımcının dahil edildiği, 0 W iş yükünde pedal çevirme ile başlanarak, iş yükünün 10 W/dk şekilde arttırılan bir çalışmada VO_{2tepe} 11,4 ml/kg/dk bulunmuş ve hastaların KH_{maks} 'ının %77'sine ulaştığı görülmüştür [97]. Hastaların ulaştıkları maksimum kalp hızı yüzdesi çalışmamızla benzerdir, ortalama VO_{2tepe} değerleri ise çalışmamızda daha yüksek bulunmuştur. Uyguladığımız protokole ısınma periyodu ardından 20 W ile teste başlanıp, sonrasında 2 dk aralıklarla 10 W'lık artışlar yapılmıştır. İki çalışma arasındaki bu farklılık protokol seçimi veya daha yüksek olasılıkla; hasta grubunun inme etkilenim şiddeti ile ilişkili olabilir. Çalışmamızda motor değerlendirme Brunnstrom evrelemesi ile yapılmıştır, fakat bu çalışmada motor değerlendirme için Fugl-Meyer skalası kullanıldığından iki çalışmadaki hastaların

inmeden etkilenme şiddeti karşılaştıramamıştır. Bizim popülasyonumuzun heterojen bir grup olmakla birlikte çoğunlukla kronik dönemde ve daha önce rehabilitasyon almış hastalardan oluşması da sonuçları etkileyebilir. Bir başka çalışmada, son 1 yıl içinde inme geçirmiş (ortalama 3,7 ay) 23 hastanın bisiklet ergometresi ile KPET ve 6DYT yapılarak VO_{2tepe} değerleri ölçülmüş, her testte ölçülen VO_{2tepe} değerleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır [99]. Bisiklet ile yapılan KPET’nde hastalar ilk 1 dk dirençsiz olarak pedal çevirmiş, devamında her dakikada direnç 25 W arttırılmıştır. VO_{2tepe} değerleri (17,8 ml/kg/dk) bizim hasta grubumuza göre bir miktar yüksek bulunmuştur. Çalışmada uygulanan protokol bizim protokolümüze göre daha hızlı iş yükü artımları olan bir protokoldür. Hastaların bu protokole uyum sağlamış olmaları inme etkilenim şiddetlerinin daha düşük olduğunu gösterebilir. Nitekim bu çalışmadaki hastaların FAS evreleri (FAS 6: 22 kişi, FAS 5: 1 kişi) daha yüksektir. VO_{2tepe} değerlerindeki farklılığın buna bağlı olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda 6DYT’inde VO_{2tepe} ölçümü yapılmadığından bisiklet ve 6DYT’indeki VO_{2tepe} değerleri arasında korelasyona bakılmamıştır. Farklı çalışmaların ve bizim çalışmanın sonuçları irdelendiğinde, aslında, inme hastalarının inme etkilenim şiddetleri düşük ve inmeden sonra geçen süre uzun olduğu zaman ölçülen VO_{2tepe} değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

TİA veya minör iskemik inme geçiren 113 hastanın (inmeden sonra 49 gün) dahil edildiği semptom limitli rampalı egzersiz testinde VO_{2tepe} ’nin belirlendiği bir çalışmada ortalama VO_{2tepe} 22 ml/kg/dk (aynı yaş ve cinsiyetteki normal değerlerin %50’si) bulunmuş, kardiyovasküler hastalık ve pulmoner hastalık öyküsünün daha düşük VO_{2tepe} ile ilişkili olduğunu gösterilmiştir [100]. Ayrıca, daha düşük bir fiziksel aktivite, hipertansiyon, sigara içme ve fazla kilo, daha düşük VO_{2tepe} ile ilişkilendirilmiştir. Bu veriler de inmeli hastalarda kardiyopulmoner kapasitenin değerlendirilmesinin ve fiziksel aktivite düzeylerinin artırılmasının önemini göstermektedir. Bu çalışmadaki hastaların inmeden etkilenme düzeylerinin daha düşük olması bizim çalışmamıza göre VO_{2tepe} ’nin daha yüksek olmasını açıklayabilir.

Literatürde, inme geçirmiş popülasyonda treadmill ile KPET yapılan çalışmalara bakıldığında; tredmilin çoğunlukla kronik dönem hastalarda kullanıldığı görülmüştür. Akut ve subakut dönemdeki hastalar henüz rehabilitasyon sürecine dahil

olmadığından, denge ve yürüme bozukluğunun bu nedenle daha fazla olabileceği ve buna bağlı olarak treadmill ile yürüyüş sırasında düşme riski olması, uygun protokol bulma zorluğu treadmill kullanımını kısıtlayıcı faktörler olabilir. İskemik inmeden sonra 6 aydan fazla geçmiş, hemiparetik yürüyüşü olan 28 erkek ve 22 kadın hasta ile yapılan bir çalışmada Berg Denge Ölçeği ve treadmill ile KPET yapılarak VO_{2tepe} değerlendirilmiştir [4]. Egzersiz eğitim olmayan hastalarda, kendilerinin seçtiği, sürdürmekte zorlandıkları yürüme hızının %75'i kadar hızda %0 eğimle test başlatılmış ve aşamalı olarak artırılarak yorgunluk noktasına kadar sürdürülmüştür. Ortalama VO_{2tepe} değeri 11,7 ml/kg/dk ve Berg Denge Ölçeği skorları ortalaması 34 ± 9 saptanmıştır. Bizim çalışmamızda Berg Denge Ölçeği skorları da, VO_{2tepe} değeri de daha yüksek olup, hastaların denge durumu daha iyi olduğundan VO_{2tepe} değerleri daha yüksek ölçülmüş olabilir. Yürüme testindeki yürüyüş hızına göre bireyselleştirilmiş rampa protokolü uygulanarak kronik hemiparezik 8 hastanın dahil edildiği çalışmada VO_{2tepe} 20,6 ml/kg/dk, Berg Denge Ölçeği skorları ortalaması 49 bulunmuştur [101]. Bu çalışmaya dahil edilen hastaların denge durumları bizim popülasyonumuzunki ile benzer olmakla birlikte motor değerlendirmede Fugl Meyer Skalası bizim çalışmamızda ise Brunnstrom evrelemesi ve FIM kullanılmış olması motor ve fonksiyonel düzey açısından karşılaştırma yapmayı mümkün kılmamıştır. Motor etkilenim ve çalışmalarda uygulanan protokollerin farklı olması VO_{2tepe} değerleri arasındaki farklılığı açıklayabilir. 74 hemiparezik kronik inme geçirmiş hastanın dahil edildiği bir çalışmada, VO_{2tepe} $13,1 \pm 4,0$ ml/kg/dk, Berg Denge Ölçeği skorları 38 ± 8 saptanmıştır [102]. Bireylere treadmill ile KPET yapılan bu üç çalışmada da [4, 101, 102] Berg Denge Ölçeği skorları ile VO_{2tepe} pozitif yönde ilişkili bulunmuştur. Kronik inmeli hastalarda 'tek bacak (*one-legged*)' bisiklet ile 6 dakika yürüme testi arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir başka çalışmada aynı şekilde denge skorları ile VO_{2tepe} 'nin korelasyonu gösterilmiştir [103]. Bisiklet ergometresi ve treadmill ile KPET yapılan bir başka çalışmada denge skorları (ortalama 50,8) ile VO_{2tepe} ve VO_{2maks} arasında korelasyon saptanmamıştır [10]. Bizim çalışmamızda da Berg Denge Ölçeği skorları (ortalama 48,3) ile VO_{2tepe} arasında korelasyon saptanmamıştır; bunun nedeni, inme popülasyonumuzun denge skorlarının genel olarak yüksek olmasına, ancak fiziksel olarak aktif olmadıkları için VO_{2tepe} değerlerinin düşük olmasına bağlanabilir.

VO_{2maks} 'ı tahmin etmek için kullanılan alan testlerinden 6DYT' nin inmeli popülasyonun VO_{2tepe} değerleri ile korele olacağı düşünülmüştür. KPET'nde kullanılan ergometre ve protokollerin, inme sonrası sürelerin ve hastaların inmeden etkilenme şiddetlerinin farklı olduğu birçok çalışmada [3, 84, 99, 102-104] kardiyopulmoner uyum ile 6DYT mesafesi korele bulunmuştur. Bizim çalışmamız da bu konuda literatürü destekleyici niteliktedir.

Bir çalışmada akut inme sonrası hastalarda hemiparezi şiddetinin VO_2 yanıtı üzerindeki etkisini incelemek için 64 hastaya, bisiklet ergometresinde KPET uygulanmıştır [105]. Egzersiz testi olarak bir rampa protokolü kullanılmıştır. Hastaların hemiparetik alt ekstremitenin etkilenme şiddeti Brunnstrom motor iyileşme evrelerine göre değerlendirilmiştir. VO_{2tepe} , evre 6 olan hastalarla karşılaştırıldığında evre 5 olanlarda % 10, evre 4 olanlarda %20, evre 3 olanlarda %50 daha düşük bulunmuştur [105]. Bizim çalışmamızda ise hastaların Brunnstrom evreleri ile VO_{2tepe} değerleri arasında korelasyon saptanmamıştır. Bu durum popülasyonun Brunnstrom evrelerinin benzer olmasından kaynaklanabileceği gibi, daha yüksek olasılıkla, KPET için seçilen protokollerin hastaların inmeden motor etkileniminden bağımsız olarak VO_{2tepe} değerlerinin saptanmasına yardımcı olduğunu gösterebilir, bu durum da çalışmada mevcut popülasyon için uygun protokol seçildiği anlamına gelmektedir.

Tredmilde yapılan KPET ile kardiyopulmoner uyumun, 6DYT mesafesi ile yürüme kapasitesinin, Performansa Yönelik Hareketlilik Değerlendirmesi (POMA) ile postural kontrol ve Motricity Indeks (MI-LE) ile hemiplejik alt ekstremita kas gücünün değerlendirildiği, inme geçirmiş kronik dönemdeki 51 hastanın dahil edildiği bir çalışmada hemiplejik alt ekstremita kas gücünün, aerobik kapasiteyi etkilediği gösterilmiştir [84]. Bisiklet ergometresi ile maksimal egzersiz testi ve 6DYT yapılan bir çalışmada da paretik taraf diz ekstansör kas gücü ile 6DYT mesafesi arasında anlamlı ilişki saptanmış, VO_{2maks} ile kas gücü ilişkisine bakılmamıştır [104]. Bir başka çalışmada, inme geçirmiş kronik dönemdeki hastalarda 6DYT mesafesi ile paretik ve paretik olmayan alt ekstremitede kuadriseps eksenrik kas gücü korele bulunmuştur [102]. İnme geçirmiş hastalarda ortaya çıkan sinerji paterni ve spastisite nedeniyle kas gücü değerlendirimi yanıltıcı olabilir. Bu nedenle çalışmamızda kas gücü değerlendirme yapılmamıştır.

Bir çalışmada kronik SVO geçirmiş hastalara bisiklet ergometresi ile egzersiz testi ve 6DYT ile VO_{2maks} ölçümü, spastisite için paretik bacak ve ayak için Modifiye Ashworth skalası uygulanmıştır [104]. Bacak ve ayak için ortalama MAS skoru 0,5 olarak saptanmıştır. 6DYT mesafesi ile VO_{2maks} arasında korelasyon gösterilmiş, spastisite 6DYT mesafesi için önemli bir belirleyici olarak bulunmuş olmakla birlikte spastisite ve VO_{2maks} arasındaki ilişkiye bakılmamıştır [104]. Bu çalışmada alt ekstremitelerde kasların izole bir şekilde (diz ekstansör, ayak bilek plantar fleksör, kalça addüktör gibi) MAS skorlarını değerlendirilmediğinden bizim popülasyonumuza göre spastisite şiddetleri karşılaştırılamamaktadır. Popülasyonumuzdaki hastalarda genel olarak spastisite düzeyleri düşük veya hiç saptanmamıştır. Bu nedenle, popülasyonumuzda VO_{2tepe} ile, spastisite arasında korelasyon saptanmamış olabilir.

İnme geçirmiş hasta popülasyonunda günlük yaşam aktivitelerine katılımın ve fonksiyonel bağımsızlığın değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bizim çalışmamızda bu amaçla FIM değerlendirmesi yapılmıştır. Literatürde, inme geçirmiş hastalara yatay bisiklet ergometresi ile KPET yapılan ve aynı zamanda FIM'in değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmada hem ortalama total FIM (87,5) hem de ortalama VO_{2tepe} (10,7 ml/kg/dk) değeri bizim popülasyonumuza göre düşük saptanmıştır [8]. Bu da dolaylı olarak, FIM değeri düşük olduğunda VO_{2tepe} değerinin de düşük olabileceği anlamına gelebilir, fakat korelasyon analizi yapılmadan bu konuda net bir sonuca ulaşılamaz. Nitekim bizim çalışmamızda FIM ile VO_{2tepe} arasında korelasyon analizi yapıldığında, korelasyon saptanmamıştır. Bu konuda daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda hastaların ulaştığı KH_{maks} ortalaması treadmill ile yapılan testte 125 atım/dakikadır, bu değer hedef kalp hızlarının %80'ine denk gelmektedir. Hastaların ulaştığı KH_{maks} ortalaması bisiklet ergometresi ile yapılan testte 125 atım/dakikadır, bu değer hedef kalp hızlarının %78'ine denk gelmektedir. İki test arasında ulaşılan hedef kalp hızı yüzdeleri arasında farklılık saptanmamıştır. Bu sonuç, aslında her iki testin de uygun submaksimal testler olduğunu göstermektedir. Literatürde bisiklet ergometresi ile KPET uygulanan çalışmalara bakıldığında; bir çalışmada ortalama KH_{maks} :133 olup bu da hedef kalp hızının yaklaşık %85'ine eşit bulunmuşken [106], hedef kalp hızının %87'sine [107], %80'ine [3], %77'sine [97] ve

%68'ine [98] ulaşıldığı başka çalışmalarla gösterilmiştir. Yatay bisikletin kullanıldığı bir çalışmada ortalama KH_{maks} hedef kalp hızının yaklaşık %80'ine eşit olan 137 iken [100], bir başkasında KH_{maks} 105 olup bu da hedef kalp hızının yaklaşık %69'una eşittir [8]. Tredmil ile yapılan çalışmalara bakıldığında; ulaşılan ortalama KH_{maks} 130 olup, bu değer hedef kalp hızının %83'üne eşitken [84], başka bir çalışmada hedef kalp hızının %78'ine ulaşıldığı gösterilmiştir [101]. Bizim popülasyonumuzun ulaştığı KH_{maks} değerleri literatür ile uyumlu görünmektedir. İnmeli hastalarda hemiparezi, denge bozukluğu, spastisite, kognitif etkilenim gibi nedenler hedef kalp hızını ulaşmayı etkileyebildiği için maksimal egzersiz testi uygulayabilmek zordur.

Tredmil ve bisiklet ergometresi ile test yapılarak kalp hızının kıyaslandığı bir çalışmaya rastlanmıştır, o çalışmada da hastalar bisiklet ergometresi testinde hedef kalp hızlarının %95'ine, tredmil ile yapılan testte ise %77'sine ulaşmıştır [10]. Bu bizim çalışmamızla uyumsuz olarak görünmektedir, inme etkilenim şiddeti ve protokol seçimi bu duruma neden olabilir.

Önceki çalışmalarda, tredmilde koroner iskemi tespitinde bisiklet testine kıyasla anlamlı olarak daha yüksek VO_{2tepe} bildirilmekle birlikte, ulaşılan KH_{maks} 'da istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir [92, 93, 95, 108]. Bizim çalışmamızda, bisiklet ve tredmil ile yapılan KPET testlerinde ölçülen VO_{2tepe} değerleri arasında fark saptanmakla birlikte, ulaşılan KH_{maks} değerleri arasında farklılık bulunmamıştır.

Çalışmamızda KPET kapsamında hastalara solunum fonksiyon testleri de yapılmıştır. Sonuçlar sağlıklı eşdeğer bireylerden farklı bulunmamıştır. Solunum fonksiyon testlerinden sadece VC ve MVV ile VO_{2tepe} arasında pozitif yönde korelasyon saptanmıştır. İnme sonrası solunum fonksiyonlarının değerlendirildiği kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur. Bir çalışmada inme geçirmiş hastalarda vital kapasite, inspiratuvar kapasite, total akciğer kapasitesi, maksimum inspiratuvar kapasite, özellikle ekspiratuvar rezerv volümde azalma olduğu bildirilmiştir [109]. İnmeli hastalarda, etkilenen tarafta interkostal ve karın kasları diyaframın kısmen veya tamamen güçsüzlük olduğu gösterilmiş; solunum fonksiyon testlerindeki kısıtlılığını buna bağlı olabileceği ifade edilmiştir [110]. Kronik hemiplejik hastaların solunum fonksiyonları değerlendirildiğinde; sağlıklı popülasyonun VC'sinin %84'üne,

FVC'sinin %75'ine, FEV₁'nin %81'ine, FEV₁ / VC'nin %89'una, PEF'inin %53'üne eşit olduğu gösterilmiştir [111]. Bir başka çalışmada ise inmeli hastaların değerleri beklenen normal değerlerle karşılaştırıldığında, 35 hastada FEV₁ ve FVC' de, 33 hastada VC' de, 25 hastada PEF' de, 33 hastada FEF%₂₅₋₇₅ 'de düşüş olduğu görülmüştür [110]. Literatürde VO_{2tepe} ve solunum fonksiyon testleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Kardiyopulmoner uyum yaşa, cinsiyete, fiziksel aktivite seviyesine, vücut kompozisyonuna ve kronik hastalık ya da sakatlığın bulunup bulunmadığına göre değişir. İnme sonrası popülasyonda, kardiyopulmoner uyumun yaş uyumlu sedanter kişilere kıyasla % 50 oranında azaldığı gösterilmiştir [2, 112]. İnme sonrası kardiyopulmoner uyumun azalmasının, öncelikle premorbid koşullardan, inmenin doğrudan etkilerinden mi yoksa inme sonrası fiziksel hareketsizlikten mi kaynaklandığı belirsizliğini korumaktadır [113].

Üst motor nöron lezyonunun sekelleri hemiparezi hareketliliğin azalması, dengenin bozulması ve koordinasyonda azalma ve propriyoseptif geribildirimde azalmadır. Kas fizyolojisinde değişiklikler ve inflamasyon, bozulmuş hemodinamik cevap, metabolik durumdaki değişiklikler, solunum fonksiyon bozuklukları gibi sekonder durumlar günlük aktiviteleri ve egzersiz performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Periferde propriyosepsiyon ve duyuşsal algının değişmesi ve bununla ilişkili yanlış kullanım, paretik taraftaki iskelet kası dokusunun bileşimini değiştirir, böylece kardiyopulmoner uyumun azalmasına katkıda bulunur [113].

İnme geçiren hastalara farklı ergometre ve/veya protokollerle KPET uygulanan çalışmalarda VO_{2tepe} değerleri 8 ml/kg/dk ile 22 ml/kg/dk arasında değişmektedir [7]. İki çalışmada bisiklet ergometresi kullanılarak, yaş ve cinsiyet eşleştirilen sağlıklı kontrollerle kıyaslama yapılmıştır [106, 114].. Bu çalışmalarda, inmeli hastaların ölçülen VO_{2tepe} değerleri, sağlıklı kontrollerinkine göre sırasıyla % 57 ve % 72 bulunmuştur. 38 çalışmanın 31'inde VO_{2tepe} değerleri normal popülasyonun % 45 ile % 60'ı arasında bulunmuştur [7, 115]. Bisiklet ergometresi ile KPET yapılan bir çalışmaya inmeden sonra (hastalık süresi ≤7 hafta) hafif ile orta derecede yürüme bozuklukları olan 17 hasta dahil edilmiş, VO_{2tepe}, 1,15±0,36 L/dk ölçülmüştür; bu değer sağlıklı, yaş açısından benzer popülasyonun VO_{2tepe} değerinin

sadece % 50'sine karşılık gelmektedir [3]. Bizim çalışmamızda hastaların VO_{2tepe} değeri sağlıklı kontrol grubunun VO_{2tepe} değerinin %76'sına eşit olarak bulunmuştur.

Bir çalışmada hafif iskemik inme geçirmiş 28 erkek ile yaş uyumlu sağlıklı 25 erkek grubuna bisiklet ergometresi ile KPET uygulanmıştır [107]. Çalışmamızla benzer şekilde; sağlıklı kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, inmeli bireylerde VO_{2tepe} %31 daha düşük (26,8 ml/kg/dk ve 18,4 ml/kg/dk) bulunmuştur. 10 hemiparetik inme geçirmiş hasta ve 10 sağlıklı kontrolün alındığı bir çalışmada VO_{2tepe} , karbondioksit üretimi, ventilasyon ve kardiyak outputu değerlendirmek için bisiklet ergometresi testi yapılmıştır [106]. Hasta grubunda azalmış kardiyak output ve ventilasyona sekonder olarak VO_{2tepe} % 43 daha düşük görülmüştür. Bu çalışmada KPET bisiklet ergometresi ile yapılmıştır. Bizim çalışmamızda bisiklet ergometresi ile yapılan testte hasta grubunun VO_{2tepe} değeri %24 daha düşük bulunmuştur. 17 inme geçirmiş hasta ve 17 sağlıklı gönüllünün dahil edildiği bir çalışmada katılımcılara 6DYT, mekik yürüme testi ve bisiklet ergometresi ile KPET yapılmıştır. İnme geçirmiş hastaların ortalama VO_{2tepe} değerleri kontrol grubunun % 75,5-78'ine eşit bulunmuştur [116]. Bizim çalışmamızda da bisiklet ile yapılan KPET de inme geçirmiş hastalarının VO_{2tepe} değeri bu çalışmayla benzer olarak kontrol grubunun %76'sına eşit bulunmuştur.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları vardır. İnme sonrası geçen süre hastalar arasında heterojendir. Çalışma subakut veya kronik dönem hastalar için genellenemez. Öte yandan hastaların birbiriyle benzer olarak spastisite düzeyleri düşük, Brunnstrom motor evreleme skorları ve Berg denge skorları yüksektir. Bu çalışmada treadmill ile uygulanan KPET'te inme geçiren hastalar ve sağlıklı kontrol grubu için farklı egzersiz test protokollerinin uygulanması bir kısıtlılık gibi algılanabilir ancak ideal bir test protokolünün 6-12 dk sürmesi önerilmektedir. Bu nedenle bireylerin aktivite düzeyine en uygun test protokolünün seçilmesi maksimum oksijen tüketiminin/kapasitenin doğru belirlenmesi açısından önemlidir. İnmenin iyileşme evrelerinde gözlenen sinerji paterni ve spastisite varlığı nedeniyle çalışmamızda kas kuvvetinin değerlendirilmesi düşünülmemiştir. Bu nedenle motor değerlendirme için Brunnstrom evrelemesi kullanılmıştır. Motor bozukluğun daha az olduğu, sinerji paterninin kırılarak izole hareketlerin geliştiği ve spastisitesi olmayan inme geçirmiş bir popülasyonda kas gücü değerlendirmesi yapılabilir, ancak kas gücünün mü, fiziksel aktivite düzeyi ve

fonksiyonelliğın $mi\ VO_{2tepe} / VO_{2maks}$ üzerine daha fazla etkili olduğunu literatürde varolan çalışmalarla söylemek zordur. İnme geçirmiş kişi sayısına göre kontrol grubundaki sağlıklı popülasyonun kişi sayısının az olması bir kısıtlılık gibi görülmekle birlikte gerekli kontrol sayısı istatistiksel olarak hesaplanmış ve yeterli bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları farklı egzersiz alışkanlıkları olan; örneğın günlük yaşantısında bisiklet kullanan toplumlar gibi, toplumlar için genelleştirilemez. Ancak, bu araştırmanın sonuçları bizim toplumumuz için treadmill ile yapılan KPET testinin daha uygun olduğunu göstermektedir.

Çalışmamız inme geçirmiş popülasyonda bisiklet ergometresi ve treadmill ile uygulanan KPET parametrelerini sağlıklı kontrol grubuyla kıyaslayan ilk çalışmadır. Test edilen popülasyonda KPET değerlendirmesi gerektiğinde hangi testin uygulanabileceğı konusunda yol göstericidir. Ayrıca inme hastalarında pilot çalışma ile hastaya en uygun test protokolü olduğu düşünülerek ‘Low level Bruce’ protokolünün uygulandığı ilk çalışması olması da çalışmamızın güçlü yanlarındandır. İleride yapılacak çalışmalar ile ‘Low level Bruce’ protokolünün inmeli hastalarda geçerliliğı ve güvenilirliğı test edilebilir.

6. SONUÇLAR

SVO hastalarında inaktivite ve düşük kardiyopulmoner uyum, farklı egzersiz stres test yöntemleri ile çeşitli çalışmalarda gösterilmiş fiziksel bir bozukluktur. SVO sonrası VO_{2tepe} değerlerini belirleme inme rehabilitasyonunda, bireyin fonksiyonel kapasitesini ve kısıtlılığının nedenlerini belirlemek, kardiyovasküler hastalık riskini belirlemek ve kardiyopulmoner egzersiz programını reçetelemek amacı ile kullanılabilir.

SVO geçirmiş hastalarda bozukluğun şiddeti ve tipi kişiler arasında geniş ölçüde değişkendir. Güvenli ve etkin egzersiz rehberleri olmasına rağmen, uygun egzersiz protokolü seçimi ve inme sonrası egzersiz reçetelemeye ilişkin esas sorular belirsizliğini korumaktadır. Çalışmamızda test edilen popülasyonda, treadmill ile uygulanan egzersiz stres testinin, kardiyopulmoner uyumu belirlemek açısından daha uygun olacağı bulunmuştur. Ortalama VO_{2tepe} değerleri hastanın spastisitesi, denge skalası ve Brunnstrom evrelemesi, fonksiyonel bağımsızlık ölçeği ile ilişkili bulunmamıştır. Bu çalışma test edilen inme popülasyonda KPET değerlendirmesi gerektiğinde hangi testin uygulanabileceği konusunda yol göstericidir.

Literatürdeki çalışmalarda da inme geçirmiş popülasyonların etkilenim düzeyinin heterojen olması, uygulanan egzersiz test protokollerinin farklılıkları nedeniyle sonuçlar çelişkilidir. Bu nedenle kardiyopulmoner uyum seviyesini değerlendirmek için yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

ÖZET

Serebrovasküler Olay Geçirmiş Hastalarda Kardiyovasküler Hastalık Riskinin Değerlendirilmesi Açısından En Uygun Kardiyopulmoner Egzersiz Testinin Belirlenmesi: Treadmil ve Bisiklet Testlerinin Karşılaştırılması ve Hastaların Kardiyopulmoner Uyumlarının Klinik Durumları İle İlişkisi

Gerekçe ve amaç: Kardiyovasküler hastalıklar (KVH), serebrovasküler olay (SVO) rehabilitasyonunda başarıyı kısıtlayan temel faktörlerden olup SVO geçiren bireylerde KVH riski de artmaktadır. SVO sonrası bireylerin azalmış egzersiz kapasiteleri fonksiyonelliklerini azaltmakta ve ayrıca KVH riskini artırmaktadır. Kardiyopulmoner egzersiz testleri (KPET) inmeli bireylerde, KVH riskini belirlemek, inme rehabilitasyonunu ve egzersiz programını reçetelemek amacı ile kullanılabilir. Ancak, inmeli bireylerde kas güçsüzlüğü, denge ve hareket bozukluğu, kontraktür ve spastisite gibi sorunlar standart KPET ile uygun bir değerlendirme yapılmasına engel olabilir. Güvenli ve etkin egzersiz rehberleri olmasına rağmen, uygun test protokolünün ve egzersiz reçetesinin planlanmasına ilişkin esaslar belirsizliğini korumaktadır. Bu çalışmanın birincil amacı; SVO geçirmiş hastalarda kardiyorespiratuvar uyum kapasitesinin ölçümü için en uygun testin belirlenmesidir. Çalışmanın ikincil amacı ise; hastanın nörolojik ve fonksiyonel durumu ile kardiyorespiratuvar uyumunun ilişkisinin belirlenmesidir.

Yöntem: Araştırmaya SVO geçirmiş, fonksiyonel ambulasyon sınıflaması 3 ve üzerinde olan hastalar (n=43) ve kontrol grubu olarak sağlıklı gönüllüler (n=22) dahil edilmiştir. Hastalara öncül çalışma sonrası belirlenen uygun treadmill ve bisiklet protokolleri ile KPET ve 6 dakika yürüme testi (6DYT) uygulanmıştır. Brunnstrom evrelemesine göre alt ve üst ekstremit motor fonksiyonları, spastisite değerlendirilmesi için Modifiye Ashworth Skalası ve dengenin kantitatif olarak değerlendirilmesi için ise Berg Denge Skalası kullanılmıştır. Araştırma kapsamında katılımcıların FIM değerlendirmesi yapılmıştır. Kontrol grubundaki sağlıklı gönüllülere de uygun bisiklet ve treadmill protokolleri ile KPET uygulanmıştır.

Bulgular: 43 hastanın 19'u kadın, 24'ü erkek, 25'i sağ 18'i sol hemiplejiktir. Hastaların 38'ine iki farklı ergometre ile KPET yapılabilmektedir. Hastalar treadmill ile

yapılan testte daha yüksek VO_{2pik} değerlerine ulaşmıştır ($p<0,001$). Tredmil ile ölçülen VO_{2pik} ortalamalarına göre hastaların VO_{2pik} değeri kontrol grubunun VO_{2pik} değerinin %62'sine eşittir. Bisiklet ergometresi ile ölçülen VO_{2pik} ortalamalarına göre hastaların VO_{2pik} değeri kontrol grubunun VO_{2pik} değerinin %76'sına eşittir. Solunum fonksiyon test parametreleri değerlendirildiğinde kontrol ve hasta grubu arasında bir farklılık saptanmamıştır. Hastaların VO_{2pik} değerleri ile 6DYT'inde katedilen mesafe arasında pozitif korelasyon saptanmıştır. Brunnstrom evrelemesi, spastisite değerlendirmesi, Berg skalası ve ile VO_{2pik} değerleri arasında anlamlı bir korelasyon saptanmamıştır.

Sonuç: Bu araştırmanın sonuçları, değerlendirilen popülasyondaki inmeli hastalarda, güvenli olarak KPET yapılabileceğini ve test için tredmilin kardiyopulmoner uyumu belirlemek açısından daha uygun olduğunu göstermektedir. Ortalama VO_{2tepe} değerleri hastanın spastisitesi, denge skalası ve Brunnstrom evrelemesi ile ilişkili bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Serebrovasküler olay, egzersiz testi, tredmil, bisiklet

SUMMARY

Determination of the Optimal Cardiopulmonary Exercise Test Method for Evaluation of Cardiovascular Disease Risk in Patients with Cerebrovascular Event: Comparison of Treadmill and Bicycle Tests and Correlation of Cardiopulmonary Fitness with Clinical Conditions of Patients

Background and purpose: Cardiovascular disease is one of the main factors limiting success in rehabilitation of patients cerebrovascular disease (CVD). The risk of cardiovascular disease is also increased in individuals who have CVD. Reduced exercise capacity of individuals after CVD reduces their functionality and increases the risk of cardiovascular disease. Cardiopulmonary exercise test (CPET) is used to determine the risk and existence of cardiovascular disease, prescribe exercise programs in stroke patients and further customize stroke rehabilitation. However, problems such as muscle weakness, balance and movement disorder, contracture and spasticity in stroke individuals may interfere with standard CPET. Although there are sufficient exercise guidelines that ensure safety and effectiveness of the exercise programs, the principles for defining the most appropriate test protocol and exercise accordingly for the stroke patients remain unclear. The primary purpose of this study is defining the optimal CPET for the evaluation of stroke patients regarding the risks of cardiovascular disease and exercise prescription. The secondary aim of the study is to analyze the relationship between cardiorespiratory fitness and neurological and functional status of the patient.

Methods: The study included patients with cerebrovascular disease (n=43), functional ambulation classification of 3 or more, and healthy volunteers (n=22) as control group. CPET with appropriate treadmill and bicycle protocols determined by a preliminary study and 6 min walk test (6MWT) were applied to the patients. Brunnstrom neurological staging, Modified Ashworth Scale for evaluation of spasticity and Berg Balance Scale for quantitative evaluation of balance were used. The participants were also evaluated by Functional Independence Measure (FIM). CPET was applied to healthy volunteers in the control group with appropriate bicycle and treadmill protocols.

Results: Of the 43 patients, 19 were female, 24 male, 25 were right and 18 left hemiplegic. CPET could be applied with two different ergometers in 38 patients. Patients reached higher VO_{2peak} values at treadmill test ($p < 0,001$) and VO_{2peak} values were equal to 62% of the VO_{2peak} value of the control group. Hence, mean VO_{2peak} values reached at bicycle ergometer were equal to 76% of the control group. When the respiratory function test parameters were evaluated, there was no difference between control and patient groups. A positive correlation was found between VO_{2peak} values and 6MWT distance. No significant correlation was found between Brunnstrom staging, spasticity evaluation, Berg scale and VO_{2peak} values.

Conclusion: The results of this study indicate that CPET can be performed safely in stroke patients in the evaluated population when an appropriate protocol used and treadmill is more appropriate to determine cardiopulmonary fitness in this tested stroke population. Mean VO_{2peak} values were not correlated with patient spasticity, balance scale and Brunnstrom staging.

Keywords: Cerebrovascular event, exercise test, treadmill, bicycle

KAYNAKLAR

1. Roth, E.J., *Heart disease in patients with stroke: incidence, impact, and implications for rehabilitation. Part 1: Classification and prevalence.* Arch Phys Med Rehabil, 1993. 74 (7): p. 752-60.
2. Mackay-Lyons, M.J. and L. Makrides, *Exercise capacity early after stroke.* Arch Phys Med Rehabil, 2002. 83 (12): p. 1697-702.
3. Kelly, J.O., et al., *Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients.* Arch Phys Med Rehabil, 2003. 84 (12): p. 1780-5.
4. Michael, K.M., J.K. Allen, and R.F. Macko, *Reduced ambulatory activity after stroke: the role of balance, gait, and cardiovascular fitness.* Arch Phys Med Rehabil, 2005. 86 (8): p. 1552-6.
5. Ryan, A.S., et al., *Cardiovascular fitness after stroke: Role of muscle mass and gait deficit severity.* J Stroke Cerebrovasc Dis, 2000. 9 (4): p. 185-91.
6. Billinger, S.A., et al., *Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association.* Stroke, 2014. 45 (8): p. 2532-53.
7. Smith, A.C., D.H. Saunders, and G. Mead, *Cardiorespiratory fitness after stroke: a systematic review.* Int J Stroke, 2012. 7 (6): p. 499-510.
8. Tang, A., et al., *Maximal exercise test results in subacute stroke.* Arch Phys Med Rehabil, 2006. 87 (8): p. 1100-5.
9. Tang, A., et al., *Cognition and motor impairment correlates with exercise test performance after stroke.* Med Sci Sports Exerc, 2013. 45 (4): p. 622-7.
10. Eng, J.J., A.S. Dawson, and K.S. Chu, *Submaximal exercise in persons with stroke: test-retest reliability and concurrent validity with maximal oxygen consumption.* Arch Phys Med Rehabil, 2004. 85 (1): p. 113-8.

11. Billinger, S.A., B.Y. Tseng, and P.M. Kluding, *Modified total-body recumbent stepper exercise test for assessing peak oxygen consumption in people with chronic stroke*. *Phys Ther*, 2008. 88 (10): p. 1188-95.
12. *Stroke--1989. Recommendations on stroke prevention, diagnosis, and therapy. Report of the WHO Task Force on Stroke and other Cerebrovascular Disorders*. *Stroke*, 1989. 20 (10): p. 1407-31.
13. Jaakko Tuomilehto, M.M.a.C.S., *Basic epidemiology of stroke and risk assessment in Textbook of Stroke Medicine*, W.D.H. Michael Brainin, Editor. 2010, Cambridge University Press
14. Brandstater, J.S.a.M.E., *Stroke Rehabilitation*, in *DeLisa's Physical Medicine and Rehabilitation* W.R. Frontera, Editor. 2010. p. 551-574.
15. Çelikol A, Ç.A., *İnme Rehabilitasyonu*, in *Tıbbi Rehabilitasyon*, O. H, Editor. 2015. p. 419-48.
16. G., K., *İnme Rehabilitasyonu*. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*, ed. K. Beyazova M, Y.G. 2016.
17. Soler, E.P. and V.C. Ruiz, *Epidemiology and Risk Factors of Cerebral Ischemia and Ischemic Heart Diseases: Similarities and Differences*. *Current Cardiology Reviews*, 2010. 6 (3): p. 138-149.
18. Ekker, M.S., et al., *Epidemiology, aetiology, and management of ischaemic stroke in young adults*. *Lancet Neurol*, 2018. 17 (9): p. 790-801.
19. Krishnamurthi, R.V., et al., *Global and regional burden of first-ever ischaemic and haemorrhagic stroke during 1990–2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010*. *The Lancet. Global health*, 2013. 1 (5): p. e259-e281.
20. Kumral, E., et al., *The Ege Stroke Registry: a hospital-based study in the Aegean region, Izmir, Turkey. Analysis of 2,000 stroke patients*. *Cerebrovasc Dis*, 1998. 8 (5): p. 278-88.

21. Arthur Gershkoff, D.M., Alyson Fincke, Harsh Dangaria *İnme Rehabilitasyonu*, in *Current Tanı ve Tedavi: Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon* I.B. Maitin, Editor. 2016. p. 209-236.
22. Michael Brainin, Y.T.a.K.M., *Common risk factors and prevention*, in *Textbook of Stroke Rehabilitation* W.D.H. Michael Brainin, Editor. 2010.
23. Kurth, T., et al., *Healthy lifestyle and the risk of stroke in women*. Arch Intern Med, 2006. 166 (13): p. 1403-9.
24. Strazzullo, P., et al., *Excess body weight and incidence of stroke: meta-analysis of prospective studies with 2 million participants*. Stroke, 2010. 41 (5): p. e418-26.
25. Kurth, T., et al., *Body mass index and the risk of stroke in men*. Arch Intern Med, 2002. 162 (22): p. 2557-62.
26. Mazzaglia, G., et al., *Exploring the relationship between alcohol consumption and non-fatal or fatal stroke: a systematic review*. Addiction, 2001. 96 (12): p. 1743-56.
27. Reynolds, K., et al., *Alcohol consumption and risk of stroke: a meta-analysis*. Jama, 2003. 289 (5): p. 579-88.
28. Richard L. Harvey, E.J.R., David T. Yu, and Pablo Celnik, *Stroke Syndromes*, in *Physical Medicine and Rehabilitation*, R.L. Braddom, Editor. 2011. p. 1177-1222.
29. Finsterer, C.S.a.J., *Cardiac diseases relevant to stroke*, in *Textbook of Stroke Rehabilitation*, W.D.H. Michael Brainin, Editor. 2010.
30. Wolf, P.A., et al., *Epidemiologic assessment of chronic atrial fibrillation and risk of stroke: the Framingham study*. Neurology, 1978. 28 (10): p. 973-7.
31. Gibelin, P., *[Anticoagulant treatment and dilated cardiomyopathy]*. Arch Mal Coeur Vaiss, 1995. 88 (4 Suppl): p. 617-21.
32. Stollberger, C. and J. Finsterer, *Left ventricular hypertrabeculation/noncompaction*. J Am Soc Echocardiogr, 2004. 17 (1): p. 91-100.

33. Finsterer, J., et al., *Cerebrovascular events in left ventricular hypertrabeculation/noncompaction with and without myopathy*. Int J Cardiol, 2008. 130 (3): p. 344-8.
34. Michel, C.O.a.P., *Common stroke syndromes*, in *Textbook of Stroke Rehabilitation*, W.D.H. Michael Brainin, Editor. 2010.
35. Pare, J.R. and J.H. Kahn, *Basic neuroanatomy and stroke syndromes*. Emerg Med Clin North Am, 2012. 30 (3): p. 601-15.
36. Al-Qazzaz, N.K., et al., *Cognitive impairment and memory dysfunction after a stroke diagnosis: a post-stroke memory assessment*. Neuropsychiatric Disease and Treatment, 2014. 10: p. 1677-1691.
37. José M. Ferro, I.P.M.a.L.C., *Behavioral neurology of stroke* in *Textbook of stroke rehabilitation* W.D.H. Michael Brainin, Editor. 2010.
38. Kalaria, R.N., R. Akinyemi, and M. Ihara, *Stroke injury, cognitive impairment and vascular dementia ()*. Biochimica et Biophysica Acta, 2016. 1862 (5): p. 915-925.
39. Alghadir, A.H., et al., *Reliability, validity, and responsiveness of three scales for measuring balance in patients with chronic stroke*. BMC Neurology, 2018. 18 (1): p. 141.
40. Erhan, B., *Spastisite*, in *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon* Y.G. Kutsal, Editor. 2016 p. 2413-2419.
41. Biller, J., *Ischemic Cerebrovascular Disease*, in *Bradley's Neurology in Clinical Practice*, R.B. Daroff, Editor. 2016, Saunders Elsevier. p. 920-967.
42. Carlos S. Kase, A.S., *Intracerebral hemorrhage*, in *Bradley's Neurology in Clinical Practice*, R.B. Daroff, Editor. 2016, Saunders Elsevier.
43. Dobkin, B.H., *Strategies for stroke rehabilitation*. Lancet Neurol, 2004. 3 (9): p. 528-36.
44. Kesselring, S.J.A.a.J., *Therapeutic Strategies and Neurorehabilitation*, in *Textbook of Stroke Medicine* W.D.H. Michael Brainin, Editor. 2010. p. 283-306.

45. French, B., et al., *Repetitive task training for improving functional ability after stroke*. Cochrane Database Syst Rev, 2007 (4): p. Cd006073.
46. Wing, K., J.V. Lynskey, and P.R. Bosch, *Whole-body intensive rehabilitation is feasible and effective in chronic stroke survivors: a retrospective data analysis*. Top Stroke Rehabil, 2008. 15 (3): p. 247-55.
47. Courbon, A., et al., *Relationship between maximal exercise capacity and walking capacity in adult hemiplegic stroke patients*. Am J Phys Med Rehabil, 2006. 85 (5): p. 436-42.
48. Chu, K.S., et al., *Water-based exercise for cardiovascular fitness in people with chronic stroke: a randomized controlled trial*. Arch Phys Med Rehabil, 2004. 85 (6): p. 870-4.
49. Ward, N.S. and L.G. Cohen, *Mechanisms underlying recovery of motor function after stroke*. Arch Neurol, 2004. 61 (12): p. 1844-8.
50. Calautti, C. and J.C. Baron, *Functional neuroimaging studies of motor recovery after stroke in adults: a review*. Stroke, 2003. 34 (6): p. 1553-66.
51. Kutlay, Ş., *Nörörehabilitasyonda Kullanılan Özel Kinezyoterapi Yöntemleri in Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon* Y.G. Kutsal, Editor. 2016. p. 939-956.
52. Demirsoy, N., *Kardiyovasküler Fonksiyonel Kapasitenin Değerlendirilmesi in Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*, Y.G. Kutsal, Editor. 2016. p. 533-549.
53. Bartels, M., *Kardiyak Rehabilitasyon*, in *DeLisa Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon İlke ve Uygulamalar*, W.R. Frontera, Editor. 2014. p. 1075-1095.
54. Dursun, H., *Tedavi Edici Egzersizler*, in *Tıbbi Rehabilitasyon*, H. Oğuz, Editor. 2015.
55. Pichurko, B.M., *Exercising your patient: which test (s) and when?* Respir Care, 2012. 57 (1): p. 100-10; discussion 110-3.
56. Robert P. Wilder, J.G.J., Craig K. Seto, and Siobhan Statuta, *Therapeutic Exercise*, in *Physical Medicine and Rehabilitation*, R.L. Braddom, Editor. 2011. p. 403-426.

57. *Part 2 Key cardiopulmonary exercise test parameters*, in *A Practical Guide to the Interpretation of Cardiopulmonary Exercise Tests*, J.B. William Kinnear, Editor. 2014.
58. Fletcher, G.F., et al., *Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association*. *Circulation*, 2013. 128 (8): p. 873-934.
59. Deuster P, K.D., *Basics in exercise physiology*, in *Sports medicine: just the facts*, S.R. In O'Connor F, Wilder R, et al, editors, Editor. 2005, McGraw Hill.
60. Arena, R., et al., *Assessment of Functional Capacity in Clinical and Research Settings A Scientific Statement From the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing*. 2007. 116: p. 329-43.
61. Martin D. Hoffman, W.J.K., Daniel A. Judelson, *Terapötik Egzersizler*, in *DeLisa Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon İlkeler ve Uygulamalar*, W.R. Frontera, Editor. 2014. p. 1619-1672.
62. *Health-Related Physical Fitness Testing and Interpretation*, in *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, D. Riebe, Editor. 2018.
63. *ATS statement: guidelines for the six-minute walk test*. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002. 166 (1): p. 111-7.
64. Tan HYF, A.A., Teh KC and Chia YHM, *Reliability of the Stair-Climb Test (SCT) of Cardiorespiratory Fitness*. *Adv. Exerc. Sports Physiol.*, 2004. 10: p. 77-83.
65. Bayles, M.P., *Diagnostic procedures in patients with pulmonary diseases*, in *ACSM's resource manual for Guidelines for exercise testing and prescription*, C.A.B. David P. Swain, Editor. 2010. p. 397-412.
66. *Clinical Exercise Testing and Interpretation*, in *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, D. Riebe, Editor. 2018.
67. Thompson, P.D., et al., *ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition*. *Curr Sports Med Rep*, 2013. 12 (4): p. 215-7.

68. Miller, M.R., et al., *Standardisation of spirometry*. European Respiratory Journal, 2005. 26 (2): p. 319-338.
69. Oğuzülgen, İ.K., *Solunum Fonksiyon Testleri*, in *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*, Y.G. Kutsal, Editor. 2016. p. 529-532.
70. Oğuzülgen, K.Ý., *How to interpret the results of pulmonary function tests*. Turk Kardiyol Dern Ars, 2013. 41 (6): p. 557-560.
71. KIYAN, E., *Spirometrik Ölçümler*, in *Solunum Fonksiyon Testleri*, G.U. Sevgi Saryal, Editor. 2012, Türk Toraks Derneği. p. 40-55.
72. SCOT T E. EVANS, P.D.S., BRUCE H. CULVER, *Pulmonary Function Testing*, in *CLINICAL RESPIRATORY MEDICINE*, S.G.S. Richard K. Albert, James R. Jett., Editor. 2008. p. 147-155.
73. Şermin BÖREKÇİ, S.U., *Statik Akciğer Volümleri*, in *Solunum Fonksiyon Testleri*, E. Kıyan, Editor. 2012. p. 29-39.
74. Wanger, J., et al., *Standardisation of the measurement of lung volumes*. European Respiratory Journal, 2005. 26 (3): p. 511-522.
75. Kucukdeveci, A.A., et al., *Adaptation of the Functional Independence Measure for use in Turkey*. Clin Rehabil, 2001. 15 (3): p. 311-9.
76. Hamilton BB, G.C., Sherwin FS, Zielezny M, Tashman JS., *A uniform national data system for medical rehabilitation.*, in *Rehabilitation outcomes: analysis and measurement.*, F. MJ, Editor. 1987. p. 137-47.
77. Granger, C.V. and B.B. Hamilton, *The Uniform Data System for Medical Rehabilitation report of first admissions for 1992*. Am J Phys Med Rehabil, 1994. 73 (1): p. 51-5.
78. Mehrholz, J., et al., *Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke*. Arch Phys Med Rehabil, 2007. 88 (10): p. 1314-9.

79. Berg, K., S. Wood-Dauphinee, and J.I. Williams, *The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke*. Scand J Rehabil Med, 1995. 27 (1): p. 27-36.
80. Sahin, F., *Reliability and Validity of the Turkish Version of the Berg Balance Scale in Patients With Stroke*. Vol. 59. 2013. 170-75.
81. Liu, J., et al., *Use of the six-minute walk test poststroke: is there a practice effect?* Arch Phys Med Rehabil, 2008. 89 (9): p. 1686-92.
82. Dunn, A., et al., *Protocol variations and six-minute walk test performance in stroke survivors: a systematic review with meta-analysis*. Stroke Res Treat, 2015. 2015: p. 484813.
83. *Preexercise Evaluation*, in *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, D. Riebe, Editor. 2018.
84. Outermans, J.C., et al., *The role of postural control in the association between aerobic capacity and walking capacity in chronic stroke: a cross-sectional analysis*. Eur J Phys Rehabil Med, 2018. 54 (6): p. 837-844.
85. Jain, A., et al., *Comparison of symptom-limited and low level exercise tolerance tests early after myocardial infarction*. J Am Coll Cardiol, 1993. 22 (7): p. 1816-20.
86. Brazzelli, M., et al., *Physical fitness training for stroke patients*. Cochrane Database Syst Rev, 2011 (11): p. Cd003316.
87. Macko, R.F., et al., *Treadmill training improves fitness reserve in chronic stroke patients*. Arch Phys Med Rehabil, 2001. 82 (7): p. 879-84.
88. Amarenco, P., et al., *Coronary heart disease risk in patients with stroke or transient ischemic attack and no known coronary heart disease: findings from the Stroke Prevention by Aggressive Reduction in Cholesterol Levels (SPARCL) trial*. Stroke, 2010. 41 (3): p. 426-30.

89. Wittink, H., et al., *Measurement properties of maximal cardiopulmonary exercise tests protocols in persons after stroke: A systematic review*. J Rehabil Med, 2017. 49 (9): p. 689-699.
90. van de Port, I.G., G. Kwakkel, and H. Wittink, *Systematic review of cardiopulmonary exercise testing post stroke: Are we adhering to practice recommendations?* J Rehabil Med, 2015. 47 (10): p. 881-900.
91. *ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing*. Am J Respir Crit Care Med, 2003. 167 (2): p. 211-77.
92. Maeder, M., et al., *Impact of the exercise mode on exercise capacity: bicycle testing revisited*. Chest, 2005. 128 (4): p. 2804-11.
93. Myers, J., et al., *Comparison of the ramp versus standard exercise protocols*. J Am Coll Cardiol, 1991. 17 (6): p. 1334-42.
94. Wicks, J.R., et al., *Comparison of the electrocardiographic changes induced by maximam exercise testing with treadmill and cycle ergometer*. Circulation, 1978. 57 (6): p. 1066-70.
95. Hambrecht, R.P., et al., *Greater diagnostic sensitivity of treadmill versus cycle exercise testing of asymptomatic men with coronary artery disease*. Am J Cardiol, 1992. 70 (2): p. 141-6.
96. Albouaini, K., et al., *Cardiopulmonary exercise testing and its application*. Heart, 2007. 93 (10): p. 1285-92.
97. Yates, J.S., et al., *Bicycle ergometry in subacute-stroke survivors: feasibility, safety, and exercise performance*. J Aging Phys Act, 2004. 12 (1): p. 64-74.
98. Chen, J.K., et al., *Preliminary study of exercise capacity in post-acute stroke survivors*. Kaohsiung J Med Sci, 2010. 26 (4): p. 175-81.
99. Dunn, A., et al., *Evaluation of three measures of cardiorespiratory fitness in independently ambulant stroke survivors*. Physiother Theory Pract, 2018: p. 1-11.

100. Boss, H.M., et al., *Cardiorespiratory Fitness after Transient Ischemic Attack and Minor Ischemic Stroke: Baseline Data of the MoveIT Study*. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2017. 26 (5): p. 1114-1120.
101. Ovando, A.C., et al., *Evaluation of cardiopulmonary fitness in individuals with hemiparesis after cerebrovascular accident*. Arq Bras Cardiol, 2011. 96 (2): p. 140-7.
102. Patterson, S.L., et al., *Determinants of walking function after stroke: differences by deficit severity*. Arch Phys Med Rehabil, 2007. 88 (1): p. 115-9.
103. Carvalho, C., C. Willen, and K.S. Sunnerhagen, *Relationship between walking function and 1-legged bicycling test in subjects in the later stage post-stroke*. J Rehabil Med, 2008. 40 (9): p. 721-6.
104. Pang, M.Y., J.J. Eng, and A.S. Dawson, *Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments*. Chest, 2005. 127 (2): p. 495-501.
105. Chen, C.K., et al., *Oxygen uptake response to cycle ergometry in post-acute stroke patients with different severity of hemiparesis*. Kaohsiung J Med Sci, 2013. 29 (11): p. 617-23.
106. Tomczak, C.R., et al., *Cardiac reserve and pulmonary gas exchange kinetics in patients with stroke*. Stroke, 2008. 39 (11): p. 3102-6.
107. Jakovljevic, D.G., et al., *Discrepancy between cardiac and physical functional reserves in stroke*. Stroke, 2012. 43 (5): p. 1422-5.
108. Buchfuhrer, M.J., et al., *Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment*. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol, 1983. 55 (5): p. 1558-64.
109. Fugl-Meyer, A.R., H. Linderholm, and A.F. Wilson, *Restrictive ventilatory dysfunction in stroke: its relation to locomotor function*. Scand J Rehabil Med Suppl, 1983. 9: p. 118-24.
110. Sutbeyaz, S.T., et al., *Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: a randomized controlled trial*. Clin Rehabil, 2010. 24 (3): p. 240-50.

111. Annoni, J.M., D. Ackermann, and J. Kesselring, *Respiratory function in chronic hemiplegia*. Int Disabil Stud, 1990. 12 (2): p. 78-80.
112. Macko, R.F., et al., *Low-velocity graded treadmill stress testing in hemiparetic stroke patients*. Stroke, 1997. 28 (5): p. 988-92.
113. Billinger, S.A., et al., *Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations*. Stroke Res Treat, 2012. 2012: p. 959120.
114. Fujitani, J., et al., *Influence of daily activity on changes in physical fitness for people with post-stroke hemiplegia*. Am J Phys Med Rehabil, 1999. 78 (6): p. 540-4.
115. Shvartz, E. and R.C. Reibold, *Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review*. Aviat Space Environ Med, 1990. 61 (1): p. 3-11.
116. Dunn, A., et al., *Independently ambulant, community-dwelling stroke survivors have reduced cardiorespiratory fitness, mobility and knee strength compared to an age- and gender-matched cohort*. Top Stroke Rehabil, 2017. 24 (3): p. 163-169.

EKLER

EK-1. HASTA TAKİP FORMU

Adı-Soyadı:

Cinsiyeti:

Yaşı:

Eğitim düzeyi:

Mesleği:

Adres ve telefonu:

Tarih:

Özgeçmiş

SVO tarihi:

Rehabilitasyon için kaçınıcı kez yatırıldığı:

Hemiplejik taraf:

Ek hastalıklar:

Sigara:

Alkol:

Kullandığı ilaçlar:

Kardiyovasküler Risk faktörleri varlığı

1.Değiştirilemeyen Risk Faktörleri

- Yaş
- Cinsiyet
- Ailede 1.derecedeki akrabalarda erken yaşta KVH öyküsü

2.Değiştirilebilen Risk Faktörleri

- Sigara kullanımı
- Hipertansiyon
- Fiziksel inaktivite
- Aşırı kilo
- Pıhtılaşma eğilimi
- Sol ventrikül hipertrofisi
- Oral kontraseptif kullanımı

KLİNİK DEĞERLENDİRMELER

1.Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği

Kendine bakım	
A) Beslenme	
B) Kendine çeki düzen verme	
C) Yıkanma	
D) Vücut üst yarısını giyinme	
E) Vücut alt yarısını giyinme	
F) Tuvalet kullanımı	

Sfinkter Kontrolü	
G) Mesane kontrolü	
H) Barsak kontrolü	

Transferler	
I) Yatak, iskemle, tek.iskemle	
J) Tuvalet	
K) Duş küvet	

Hareket	
L) Yürüme/ tekerlekli iskemle	
M) Merdiven	

1.Modifiye Ashworth Skalası (alt ekstremité)

Kalça addüktör	
Diz fleksör	
Diz ekstansör	
Ayak bilek dorsifleksör	
Ayak bilek plantarfleksör	

3. Brunnstrom Motor Evrelemesi

Üst Ekstremité

Evre 1	Tutulan kolda hiçbir hareket yoktur. Kol ağır, kas tonusu tümüyle flastiktir. Kol sinerji paternlerinde hareket ettirildiğinde, pasif harekete direnç yok veya azdır. Bu devrede hasta yatağa bağımlıdır ve uzun değerlendirmelerden yorulur.
Evre 2	İstemli harekete başlama çabasıyla veya asosiye reaksiyonlarla beraber sinerji paternleri veya onların bazı komponentleri belirir. Fleksör sinerji daha önce ortaya çıkar. Kol ekstansör ve fleksör sinerji paternlerinde alternatifli olarak pasif hareket ettirilirken hastanın aktif katılımı istenir. Spastisite gelişmeye başlar.
Evre 3	Spastisite belirgindir. Hareket sinerjilerinde istemli kontrol başlar. Sinerji tümüyle tamamlanmayabilir. İyileşme sürecinde bu evre hastanın kısmi istemli hareket çıkardığı evre olarak kabul edilir çünkü hasta paretik tarafında hareketi başlatır, ancak oluşan hareketin tipini kontrol edemez.
Evre 4	Hareket sinerjilerinden farklı izole hareketler yavaş yavaş çıkar ve giderek belirginleşir. Spastisite azalır ancak izole hareketler üzerinde spastisitenin etkisi sürmektedir. Gözlenen izole hareketler: a. Elin vücutun arkasına, sakral bölgeye değiştirilmesi b. Dirsek ekstansiyonda iken omuzun 90 derece fleksiyonu c. Dirsek 90 derece fleksiyonda ve kol vücuda yakın iken supinasyon ve pronasyon yapmasıdır.
Evre 5	Spastisite azalmaya devam etmektedir. İyileşme devam ederse, motor hareketler üzerinde sinerjilerin etkisi azalırken daha zor izole hareketler ortaya çıkar. Gözlenen izole hareketler: a. Dirsek ekstansiyonda, ön kol pronasyonda ve omuz 90 derece abduksiyonda iken kol yukarı kaldırılır b. Dirsek ekstansiyonda iken omuz 90 dereceden fazla fleksiyon yapabilir c. Dirsek ekstansiyonda, omuz 90 derece fleksiyonda iken pronasyon ve supinasyon yapabilir.
Evre 6	İzole eklem hareketlerinde koordinasyon başlar. Ancak hızlı hareketlerde koordinasyon bozukluğu saptanabilir. Spastisite kayboldukça hareketleri tüm sınırları boyunca tamamlamaya başlar.

Alt ekstremité

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

4.Fonksiyonel Ambulasyon Sınıflaması

Kategori	Tanım
0 – Nonfonksiyonel Ambulasyon	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 – Ambulatuvar <i>Fiziksel Yardıma Bağımlı</i> <i>Düzey II</i>	Hasta düz zeminlerde yürürken düşmemek için bir kişinin manuel desteğinden fazlasına ihtiyaç duymaz. Manuel destek sürekli ve vücut ağırlığının taşınmasının yanında dengenin sürdürülmesi ve/veya koordinasyona asiste etmek için gereklidir.
2 – Ambulatuvar <i>Fiziksel Yardıma Bağımlı</i> <i>Düzey I</i>	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 – Ambulatuvar <i>Süpervizyona Bağımlı</i>	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 – Ambulatuvar <i>Bağımsız</i> <i>Sadece Düz Zeminlerde</i>	Hasta düz zeminlerde bağımsız olarak yürür ancak aşağıdakilerden herhangi biri ile karşılaştığında süpervizyon ya da fiziksel yardıma ihtiyaç duyar: merdiven, eğim, düzgün olmayan zeminler.
5 – Ambulatuvar <i>Bağımsız</i>	Hasta düz ve düz olmayan zeminlerde, merdivenlerde ve eğimlerde bağımsız olarak yürüyebilir.

5.Berg Denge Ölçeği

Skor (0-4)

1. Pozisyon değiştirme: ayağa kalkma
2. Pozisyon değiştirme: oturma
3. Transferler
4. Desteksiz ayakta durma
5. Gözler kapalı ayakta durma
6. Ayaklar bitişik ayakta durma
7. Tandem duruş
8. Tek ayak üzerinde durma
9. Ayaklar sabit gövdeyi döndürme
10. Desteksiz oturma
11. Zeminden obje alma
12. 360 ° dönme
13. Merdiven çıkma
14. Ayakta dururken öne uzanma

6. 6 dakika yürüme testi

Yürüme Mesafesi:

	Test Başlangıcında	Test Bitiminde
Kan Basıncı		
Nabız		
Oksijen saturasyonu		

7. SFT

- Zorlu vital kapasite (FVC):
- Zorlu ekspirasyonun 1. saniyesinde ekspire edilen hacim (FEV1):
- FEV1 / FVC ölçümü:

8. Egzersiz testi ve ilişkili parametreler

- Süre:
- MET:
- Maksimum KH:
- Maksimum sKB/dKB:

9. Test sırasında olumsuz tıbbi durum

- EKG değişikliği:
- KB değişikliği (HT veya hipotansiyon):
- SpO2:
- Semptom; angina, aşırı yorgunluk, dispne vb:

EK 2. FONKSİYONEL BAĞIMSIZLIK ÖLÇEĞİ

Kendine bakım	
A) Beslenme	
B) Kendine çeki düzen verme	
C) Yıkanma	
D) Vücut üst yarısını giyinme	
E) Vücut alt yarısını giyinme	
F) Tuvalet kullanımı	

Sfinkter Kontrolü	
G) Mesane kontrolü	
H) Barsak kontrolü	

Transferler	
I) Yatak, iskemle, tek.iskemle	
J) Tuvalet	
K) Duş küvet	

Hareket	
L) Yürüme/ tekerlekli iskemle	
M) Merdiven	

EK 3. BRUNNSTROM MOTOR EVRELEMESİ

Üst Ekstremité

Evre 1	Tutulan kolda hiçbir hareket yoktur. Kol ağır, kas tonusu tümüyle flastiktir. Kol sinerji paternlerinde hareket ettirildiğinde, pasif harekete direnç yok veya azdır. Bu devrede hasta yatağa bağımlıdır ve uzun değerlendirmelerden yorulur.
Evre 2	İstemli harekete başlama çabasıyla veya asosiyé reaksiyonlarla beraber sinerji paternleri veya onların bazı komponentleri belirir. Fleksör sinerji daha önce ortaya çıkar. Kol ekstansör ve fleksör sinerji paternlerinde alternatifli olarak pasif hareket ettirilirken hastanın aktif katılımı istenir. Spastisite gelişmeye başlar.
Evre 3	Spastisite belirgindir. Hareket sinerjilerinde istemli kontrol başlar. Sinerji tümüyle tamamlanmayabilir. İyileşme sürecinde bu evre hastanın kısmi istemli hareket çıkardığı evre olarak kabul edilir çünkü hasta paretik tarafında hareketi başlatır, ancak oluşan hareketin tipini kontrol edemez.
Evre 4	Hareket sinerjilerinden farklı izole hareketler yavaş yavaş çıkar ve giderek belirginleşir. Spastisite azalır ancak izole hareketler üzerinde spastisitenin etkisi sürmektedir. Gözlenen izole hareketler: a. Elin vücudun arkasına, sakral bölgeye değiştirilmesi b. Dirsek ekstansiyonda iken omuzun 90 derece fleksiyonu c. Dirsek 90 derece fleksiyonda ve kol vücuda yakın iken supinasyon ve pronasyon yapmasıdır.
Evre 5	Spastisite azalmaya devam etmektedir. İyileşme devam ederse, motor hareketler üzerinde sinerjilerin etkisi azalırken daha zor izole hareketler ortaya çıkar. Gözlenen izole hareketler: a. Dirsek ekstansiyonda, ön kol pronasyonda ve omuz 90 derece abdüksiyonda iken kol yukarı kaldırılır b. Dirsek ekstansiyonda iken omuz 90 dereceden fazla fleksiyon yapılabilir c. Dirsek ekstansiyonda, omuz 90 derece fleksiyonda iken pronasyon ve supinasyon yapılabilir.
Evre 6	İzole eklem hareketlerinde koordinasyon başlar. Ancak hızlı hareketlerde koordinasyon bozukluğu saptanabilir. Spastisite kayboldukça hareketleri tüm sınırları boyunca tamamlamaya başlar.

Alt ekstremité

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

EK 4. FONKSİYONEL AMBULASYON SINIFLAMASI

Kategori	Tanım
0 – Nonfonksiyonel Ambulasyon	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 – Ambulatuvar <i>Fiziksel Yardıma Bağımlı</i> <i>Düzey II</i>	Hasta düz zeminlerde yürürken düşmemek için bir kişinin manuel desteğinden fazlasına ihtiyaç duymaz. Manuel destek sürekli ve vücut ağırlığının taşınmasının yanında dengenin sürdürülmesi ve/veya koordinasyona asiste etmek için gereklidir.
2 – Ambulatuvar <i>Fiziksel Yardıma Bağımlı</i> <i>Düzey I</i>	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 – Ambulatuvar <i>Süpervizyona Bağımlı</i>	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 – Ambulatuvar <i>Bağımsız</i> <i>Sadece Düz Zeminlerde</i>	Hasta düz zeminlerde bağımsız olarak yürür ancak aşağıdakilerden herhangi biri ile karşılaştığında süpervizyon ya da fiziksel yardıma ihtiyaç duyar: merdiven, eğim, düzgün olmayan zeminler.
5 – Ambulatuvar <i>Bağımsız</i>	Hasta düz ve düz olmayan zeminlerde, merdivenlerde ve eğimlerde bağımsız olarak yürüyebilir.

EK 5. BERG DENG E ÖLÇEĞİ

Skor (0-4)

1. Pozisyon değıştirme: ayağa kalkma
2. Pozisyon değıştirme: oturma
3. Transferler
4. Desteksiz ayakta durma
5. Gözler kapalı ayakta durma
6. Ayaklar bitişik ayakta durma
7. Tandem duruş
8. Tek ayak üzerinde durma
9. Ayaklar sabit gövdeyi döndürme
10. Desteksiz oturma
11. Zeminden obje alma
12. 360 ° dönme
13. Merdiven çıkma
14. Ayakta dururken öne uzanma

EK. 6 TARTIŞMADA SIKLIKLA KULLANILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmanın adı	SVO süresi (ortalama)	KPET Protokolü	Değerlendirmeler
<i>Submaximal exercise in persons with stroke: test-retest reliability and concurrent validity with maximal oxygen consumption, Eng, J. J, 2004 [10].</i>	3,5 yıl	Bisiklet ergometresi ile maksimal test → Hastalar 0 watt ile başlayıp 20 watt/dk'lık iş yükü artışlarıyla pedal çevirmişlerdir. Submaksimal bisiklet ergometresi testi → maksimal bisiklet ergometresi testinin bir parçası olarak değerlendirilmiş ve bisiklet ergometresi testinin submaksimal VO₂ ölçümü, yaşa göre öngörülen maksimum kalp hızının % 85'ine karşılık gelen değerdeki VO₂ olarak alınmıştır. Submaksimal treadmill testi → hastalar kendi seçtikleri rahat treadmill hızında yürütülmeye başlanmıştır. İlk dakika boyunca, treadmill hızı her 20 saniyede 0,5 km/saat artırılarak üç katına çıkarılmış, ikinci dakika boyunca, hız sabit kalmış, eğim her 20 saniyede % 2 artırılarak üç katına çıkarılmıştır.	6DYT, BDÖ, KH _{maks} , VO _{2tepe} , VO _{2maks}
<i>Bicycle ergometry in subacute-stroke survivors: feasibility, safety, and exercise performance, Yates, J. S, 2004 [97].</i>	72 gün	Bisiklet ergometresi ile submaksimal test → 0 W iş yükünde pedal çevirmeyle başlatılmış, iş yükü dakika 10 W/dk artırılmıştır.	KH _{maks} , VO _{2tepe} , W, egzersiz süresi
<i>Preliminary study of exercise capacity in post-acute stroke survivors, Chen, J. K, 2010[98].</i>	9,9 gün	Bisiklet ergometresi ile submaksimal test → 5-W rampa artış protokolü	MAS, Brunnstrom, KH _{maks} , W, VO _{2tepe} , MVV, VC, FEV ₁ , FEV ₁ /VC
<i>Cardiorespiratory Fitness and Walking Ability in Subacute Stroke Patients, Kelly, J. O, 2003 [3].</i>	30 gün (median)	Yatay Bisiklet ergometresi ile submaksimal test → 0 W iş yükünde pedal çevirmeyle başlatılmış, iş yükü dakika 10 W/dk artırılmıştır.	KH _{maks} , 6DYT, VO _{2tepe} , VO _{2tepe} (%), W
<i>Maximal Exercise Test Results in Subacute Stroke, Tang, A, 2006 [8].</i>	17,6 gün	Yatay Bisiklet ergometresi ile submaksimal test → Rampa protokolünde 10W'da 2 dakikalık bir ısınma ve ardından 5 W/dk'lık artış yapılmıştır.	FIM, W, KH _{maks} , VO _{2tepe}
<i>Discrepancy Between Cardiac and Physical Functional Reserves in Stroke, Jakovljevic, D. G, 2012 [107].</i>	19 ay	Bisiklet ergometresi ile submaksimal test → İlk 3 dk boyunca 20 W'da ısınma periyodu ve ardından 10 W/dk'lık artışları içermektedir.	Kontrol grubu, VO _{2tepe} , 6DYT,
<i>Evaluation of three measures of cardiorespiratory fitness in independently ambulant stroke survivors, Dunn, A, 2018 [99].</i>	3,7 ay	Bisiklet ergometresi ile submaksimal test → İlk 1 dk 0 W iş yükünde pedal çevirmiş, devamında direnç 25 W/dk olarak artırılmıştır.	6DYT, VO _{2tepe} , KH _{maks}
<i>Relationship between walking function and 1-legged bicycling test in subjects in the later stage post-stroke, Carvalho, C, 2008 [103].</i>	62 ay	Tek bacak (one-legged) bisiklet ile submaksimal test → 3 dakika boyunca ekipmana alışmak için pedal çevirme sonrasında, 0 W ile başlamıştır. Ardından 10 W/dk artış yapılmıştır.	BDÖ, 6DYT, W, VO _{2tepe} , KH _{maks} , test süresi
<i>Reduced ambulatory activity after stroke: the role of balance, gait, and cardiovascular fitness, Michael, K. M, 2005 [4].</i>	10,3 ay	Treadmil ile submaksimal test → Birey kendi seçtiği, sürdürmekte zorlandıkları yürüme hızının %75'i kadar hızda eğimsiz olarak test başlatılmış, aşamalı olarak artırılarak yorgunluk noktasına kadar sürdürülmüştür.	VO _{2tepe} , BDÖ
<i>Evaluation of cardiopulmonary fitness in individuals with hemiparesis after cerebrovascular accident, Michael, K. M, 2011[101].</i>	18 ay	Treadmil ile submaksimal test → Treadmilin başlangıç hızı için yürüme testinde elde edilen konforlu hızın %70'i kullanılmıştır. Testin final hızı, 100 metre yürüme testinde tanımlanan maksimum hızından % 40 daha yüksektir. Test kademeli olarak yapılmıştır. Azami eğim % 10 olarak ayarlanmıştır.	VO _{2tepe} , BDÖ, KH _{maks}

<i>Determinants of walking function after stroke: differences by deficit severity, Patterson, S. L., 2007 [102].</i>	48 ay	Tredmil ile submaksimal test → % eğimli tredmil tolerans testi 0,5 mil/saat hızında başlatılmış ve yavaş yavaş hastanın subjektif toleransına göre gözlemci tarafından yürütme stabilitesine göre dereceli olarak 0,1 mil/saat artımlarla ilerlemiştir.	6DYT, VO _{2tepe} , BDÖ,
<i>Oxygen uptake response to cycle ergometry in post-acute stroke patients with different severity of hemiparesis, Chen, C. K., 2013 [105].</i>	8,6- 9,9 gün	Bisiklet ergometresi ile submaksimal test → 4 dakikalık bir dinlenme süresinin ardından, hastalar 4 dakika boyunca 0 W ile 60 rpm'de pedal çevirmiş, sabit bir hızla ulaştıktan sonra, test rampa protokolüne ilerlemiştir.	MAS, Brunnstrom, VO _{2tepe} ,
<i>Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments, Pang, M. Y., 2005 [104].</i>	5,5 yıl	Bisiklet ergometresi ile maksimal test → 29 kişi için iş yükü 20 W'da başlamış ve 20 W/dk artırılmıştır, diğer 34 kişi için iş yükü 10 W'da başlamış ve 10 W/dk artırılmıştır.	BDÖ, MAS, 6DYT, VO _{2maks}
<i>Cardiorespiratory Fitness after Transient Ischemic Attack and Minor Ischemic Stroke: Baseline Data of the MoveIT Study, Boss, H. M., 2017 [100].</i>	49 gün	Bisiklet ergometresi ile submaksimal test → Symptom limitli rampalı egzersiz testi	KH _{maks} , W, VO _{2tepe}
<i>Cardiac reserve and pulmonary gas exchange kinetics in patients with stroke, Tomczak, C. R., 2008 [106].</i>	7,5 yıl	Bisiklet ergometresi ile submaksimal test	Kontrol grubu, KH _{maks} , W, VO _{2tepe}
<i>The role of postural control in the association between aerobic capacity and walking capacity in chronic stroke: a cross-sectional analysis, Outermans, J. C., 2018 [84].</i>	58,2 ay	Tredmil ergometresi ile submaksimal test → inme için geliştirilen 2 dakikalık artımlı iş yükü protokolü	KH _{maks} , 6DYT, VO _{2tepe} , VO _{2maks}