

NÖROLOJİK VE GERİATRİK REHABİLİTASYONDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR



EDİTÖR:
RECEP AKKAYA

BİDGE Yayınları

Nörolojik ve Geriatrik Rehabilitasyonda Güncel Yaklaşımlar

Editör: RECEP AKKAYA

ISBN: 978-625-8989-76-2

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2026-06-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Hareket, insan yaşamının en temel ifadesi ve bağımsızlığın anahtarıdır. Ancak nörolojik, geriatrik ve sistemik patolojiler bu anahtarı bireyin elinden aldığı anda, fizyoterapi ve rehabilitasyon bilimi sadece bir tedavi yöntemi değil, yeniden inşa süreci olarak devreye girer. Elinizdeki bu eser, modern fizyoterapinin en dinamik ve klinik açıdan en kritik alanlarını bir araya getirerek, kanıta dayalı yaklaşımları moleküler düzeyden fonksiyonel seviyeye kadar incelemeyi amaçlamaktadır.

Son yıllarda nörobilim ve klinik çalışmalarda yaşanan gelişmeler, insan sinir sisteminin hasara karşı gösterdiği adaptasyon yeteneğini, yani **fizyoterapide plastisite yaklaşımını** tedavinin merkezine yerleştirmiştir. Bu vizyon doğrultusunda eserimiz, karmaşık ve multidisipliner bir yaklaşımla ele alınması gereken **obstrüktif uyku apne sendromunda tanı ve tedavi yöntemlerini** incelemektedir. Kitabın ilerleyen bölümlerinde, çağımızın en büyük nörodejeneratif meydan okumalarından biri olan **Alzheimer hastalığında motor etkilenim ve fonksiyonel kayıplara yönelik kanıt temelli fizyoterapi yaklaşımları** kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Rehabilitasyonun en yoğun uygulandığı alanlardan biri olan inme yönetimi ise kitapta iki farklı ve birbirini tamamlayan perspektifle işlenmiştir. **İnme sonrası aerobik egzersiz eğitimi**, kanıt temelli bir incelemeyle masaya yatırılmış; kardiyovasküler kapasitenin ve nöro plastisitenin artırılmasındaki rolü vurgulanmıştır. Ancak teorideki bu güçlü kanıtların kliniğe yansımalarının önündeki en büyük engel uygulamadır. Bu nedenle, **inme rehabilitasyonunda aerobik egzersiz eğitimine katılımın önündeki engeller**; bireysel, çevresel ve klinik boyutlarıyla tartışılarak bu bariyerleri aşmaya yönelik stratejik çözümler üretilmiştir.

Bu kitap; lisansüstü araştırmacılara, akademisyenlere ve sahada aktif olarak çalışan uzman fizyoterapistlere rehberlik etmek amacıyla, en güncel literatürün titiz bir süzgeçten geçirilmesiyle hazırlanmıştır. Kitabın, hastalarının hayatına dokunurken bilimin ışığından ayrılmak istemeyen tüm meslektaşlarımıza faydalı bir kaynak olmasını temenni ederiz.

Umutla, bilimle ve hareketle...

Prof. Dr. Recep AKKAYA

EDİTÖR

Haziran 2026

İÇİNDEKİLER

OBSTRÜKTİF UYKU APNE SENDROMUNDA TANI VE TEDAVİ YÖNTEMLERİ	1
---	---

FEYZA MERAKLI

ALZHEİMER HASTALIĞINDA MOTOR ETKİLENİM VE FONKSİYONEL KAYIPLARA YÖNELİK KANIT TEMELLİ FİZYOTERAPİ YAKLAŞIMLARI	19
--	----

MEHMET ÇAKIROĞLU

İNME REHABİLİTASYONUNDA AEROBİK EGZERSİZ EĞİTİMİNE KATILIMIN ÖNÜNDEKİ ENGELLER	39
---	----

MUSTAFA KAVAK, HARUN GENÇOŞMANOĞLU

İNME SONRASI AEROBİK EGZERSİZ EĞİTİMİ: KANIT TEMELLİ İNCELEME	56
--	----

MUSTAFA KAVAK, MUSA GÜNEŞ

FİZYOTERAPİDE PLASTİSİTE YAKLAŞIMI	74
--	----

MERVE YİĞİT KOCAMER

CURRENT PHYSIOTHERAPY AND REHABILITATION APPROACHES IN THE MANAGEMENT OF SLEEP DISORDERS	98
--	----

FATMA TAŞKIN, NADİR TAYFUN ÖZCAN

BÖLÜM 1

OBSTRÜKTİF UYKU APNE SENDROMUNDA TANI VE TEDAVİ YÖNTEMLERİ

Feyza MERAKLI¹

Giriş

Uyku insan beyninin dış uyaranlardan daha fazla iç uyaranlara duyarlı olduğu, bireylerin duyuşsal uyaranlar kullanılarak uyandırılabilir oldukları bilinçsizlik halidir. Periyodik olarak birbirini takip eden REM ve NREM adı verilen iki evreden oluşur. NREM evresinde nöronal aktivite azalır, metabolik hız düşer ve parasempatik aktivite artar. NREM evresini takip eden REM evresinde ise hızlı göz hareketleri, solunum frekansı ve kalp atım hızında artma ve çizgili kas tonusunda azalma gözlenir (Iber, 2007).

Uyku esnasında solunum paterninde meydana gelen patolojik düzeydeki değişimlerin sebep olduğu, morbidite ve mortalitede artışa neden olan klinik tablolar ‘uykuda solunum bozukluğu’ olarak adlandırılmaktadır (American Academy of Sleep Medicine, 2005).

Uykuda solunum bozuklukları, Amerikan Uyku Tıbbı Akademisi’nin geliştirdiği Uluslararası Uyku Bozuklukları

¹ Öğretim Görevlisi, Doğuş Üniversitesi, Fizyoterapi Programı, Orcid: 0000-0002-6932-7517

Sınıflandırmasında obstrüktif uyku apne sendromu, uyku ile ilişkili hipoventilasyon sendromları, santral uyku apne sendromu, uyku ile ilişkili hipoksemi sendromu ve izole olmak üzere 5 ana başlıkta incelenmektedir (American Academy of Sleep Medicine, 2014).

Obstrüktif Uyku Apne Sendromu

Obstrüktif uyku apne sendromu (OUAS), uyku sırasında üst hava yolunun kısmen ya da tamamen tıkanması nedeniyle solunum yollarında hava akımının azalması (hipopne) veya solunumun aralıklı olarak durması (apne) ve bunlara eşlik eden kan oksijen saturasyonundaki düşüş ile karakterize bir sendromdur (American Academy of Sleep Medicine, 2005).

Patofizyoloji

Havayolunun anatomik yapısı, dilatatör kas aktivitesi, pozitif havayolu basıncı havayolunun açık kalması yönünde etki ederken negatif havayolu basıncı, doku yüzey gerilimi ve yerçekimi havayolunun kapanması yönünde etki göstermektedir. Havayolu açıklığının korunması için aralarında bir denge bulunmaktadır. Ancak OUAS'lı hastalarda bu dengenin değiştiği gözlenmektedir. OUAS'lı hastalarda dil, yumuşak damak, faringeal duvarlarda genişleme olduğu tespit edilmiştir. Faringeal havayolunun daraldığı, hiyoid kemiğin aşağıya pozisyon değiştirdiği, maksilla retropozisyonu gösterilmiştir (Schwab, 2003).

OUAS'lı hastalarda nöromusküler koruyucu reflekslerdeki artış sayesinde uyanıklık esnasında havayolu açıklığı korunurken uyku esnasında negatif basınç refleksinin azalmasıyla üst havayolu kas aktivitesi azalır ve havayolu kapanma riski artar (Malhotra et al., 2000).

Uyku sırasında meydana gelen apne ve hipopnelerden sonra görülen arousallar, havayolu açıklığının yeniden sağlanmasında önemli koruyucu bir mekanizmadır (Phillipson & Sullivan, 1978).

Arousalların ardından üst havayolu kas aktivasyonu artar ve solunum yanıtı ortaya çıkar (Eckert et al., 2007). Arousalların oksijen saturasyon ve havayolu akımı üzerinde olumlu, apne-hipopne şiddeti üzerinde olumsuz etkisi olabileceği belirtilmektedir (Jordan et al., 2003).

Risk faktörleri

- **Cinsiyet:**

Tüm yaş grupları incelendiğinde erkeklerde kadınlara kıyasla yaklaşık 2-3 kat daha fazla obstrüktif uyku apne sendromu görülmektedir. Erkek cinsiyet obstrüktif uyku apne sendromu için risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Kadınlarda vücut yağ dağılımının alt gövde ve alt ekstremitelerde; erkeklerde ise daha çok boyun çevresi, üst gövde ve üst ekstremitelerde olması nedeniyle erkeklerde OUAS riskinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir (Bixler et al., 2001; Bonsignore et al., 2019).

- **Yaş:**

10-60 yaş aralığındaki bireyler incelendiğinde ortalama 10 yıllık periyotlarda, 2 kat daha fazla OUAS'na sahip birey görülmektedir (Shneerson, 2009).

- **Obezite:**

Bilinen en önemli risk faktörlerinden biridir. Vücut kütle indeksi (VKİ) 29'un üzerinde olan bireylerde OUAS görülme riskinin 8-12 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Young et al., 1993). Boyun bölgesindeki yağ dokusu artışı, üst hava yollarına uygulanan basıyı artıracığından dolayı OUAS gelişme riskini de artırmaktadır (Schwab, 1996). Boyun çevresinin kadınlarda 38 cm üzerinde, erkeklerde ise 43 cm üzerinde olması OUAS için anlamlı kabul edilmektedir (Chesson et al., 1997).

- **Sigara, alkol ve sedatif ilaç kullanımı:**

Sigara, hava yollarında enflamasyona sebep olarak OUAS riskini artırmaktadır. Alkol tüketimi ve sedatif ilaç kullanımı hipoglossal sinir blokajıyla üst solunum yollarındaki sinir kas aktivitesini azaltarak OUAS riskini artırmaktadır (Stradling, 1995).

- **Kraniofasyal morfoloji:**

Mandibula boyunun kısa olması, dil hacminin büyük olması, hiyoid kemik ve maksillanın geri yerleşimli olması, parafaringeal yağ dokusunun artması ve yumuşak damağın uzaması gibi bazı yapısal değişiklikler OUAS riskini artırmaktadır (Nergis, 2025).

Tanı

OUAS tanısının konulmasında altın standart tanı testi polisomnografidir (PSG). Aynı zamanda CPAP veya BPAP cihazının titrasyonunda, CPAP tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde ve takibinde de PSG kullanılmaktadır (Berry, 2012). OUAS tanısı, PSG'deki apne hipopne indeksi (AHI) baz alınarak derecelendirilir.

Tablo 1. OUAS Derecelendirmesi (American Academy of Sleep Medicine, 2014).

AHI	OUAS DERECEİ
<5	Basit horlama
5-15	Hafif OUAS
16-30	Orta OUAS
>30	Ağır OUAS

Semptomlar

OUAS semptomlarının uyku sırasında görülmesi nedeniyle hasta anamnezi alınırken hasta yakınlarından da bilgi almak çok önemlidir. Çünkü hastalığın horlama ve tanıklı apne (uyku sırasında

nefesin durması) gibi en tipik semptomları öncelikle hasta yakınları tarafından fark edilir. Hastalar sıklıkla bu nedenlerle doktora başvururlar (Schlosshan&Elliott, 2004).

Horlama: Uyku sırasında orofarenkste inspirasyonun kısmen engellenmesiyle ortaya çıkmaktadır (Martikainen et al., 1994).

Tanıklı apne: Hasta yakınları tarafından bildirilen horlamanın aniden kesilmesine bağlı solunum durmasıdır. Torakal ve abdominal bölgede paradoksal hareketler gözlemlendiği, ardından gürültülü horlama ve derin bir inspirasyonla solunumun devam ettiği belirtilmektedir (Schlosshan&Elliott, 2004).

Gündüz aşırı uykululuk hali: Gece sık sık tekrar eden apneler nedeniyle uyku kalitesindeki bozulmaya bağlı olarak meydana gelmektedir. Bireylerin yaşam standartlarını en çok etkileyen semptomlardan biridir (Garbarino et al., 2016).

Nöktüri: Obstrüktif apnelere bağlı olarak karın içi basınçta değişim ve atriyal natriüretik peptid salgısında artış olması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. OUAS'lı bireylerin %50'sinin idrar yapmak için geceleri birden fazla uyandığı belirtilmiştir (Parthasarathy et al., 2012; Ayik et al., 2014).

Gastroözefagial reflü: Uyku sırasında hava yolu obstrüksiyonu nedeniyle inspiratuar çabada artma, karın içi basınçta azalma ve toraks içi basınçta azalmaya bağlı olarak OUAS'lı bireylerde görülmektedir (Kahrilas, 2010).

Kardiyovasküler semptomlar: Apne sırasında meydana gelen atipik göğüs ağrısı, çarpıntı hissi, apne sırasında bradikardi ve solunumun tekrar başlamasıyla taşikardi, nöktürnal aritmiler görülebilir (Kawana et al., 2008).

Nöropsikiyatrik semptomlar: Uyku sırasında görülen hipoksemi, santral kan akımında azalma, uykunun bölünmesi, yetersiz uyku gibi

nedenlerle frontal baş ağrısı ve yorgunluk hissi görülür. Bunlara bağlı olarak unutkanlık, karakter ve kişilik değişikliği gibi bilişsel fonksiyonlarda da kayıplar gözlenebilir (Casey et al., 2007).

Tablo 2. OUAS Semptomları (American Academy of Sleep Medicine, 2014).

Majör Semptomlar	Kardiyopulmoner Semptomlar
Horlama	Uykuda boğulma hissi
Tanıklı apne	Atipik göğüs ağrısı
Gündüz aşırı uykululuk hali	Noktürnal aritmiler
Nöropsikiyatrik Semptomlar	Diğer Semptomlar
Uyanınca baş ağrısı	Gece terlemesi
Yetersiz uyku	Ağız kuruluğu
Karar verme becerisinde azalma	Noktürnal öksürük
Unutkanlık	Gastroözefagial reflü
Depresyon	Libido azalması

TEDAVİLER

OUAS'ta altın standart tedavi yöntemi pozitif havayolu basıncı (PAP) tedavisidir (Strohl&Redline,1986). Hastaların fizik muayene bulguları ve polisomnografi sonuçlarına göre tedavi planı şekillenmektedir. Genel önlemler (Coşgun, 2017), medikal tedavi (Morgenthaler et al., 2006), ağız içi araç (Lazard et al., 2009), pulmoner rehabilitasyon, diyet ve cerrahi (Mechanick et al., 2008) tedavinin parçasını oluşturmaktadır.

Genel Önlemler

- ✓ Kilo verme

OUAS ile obezite arasında karşılıklı bir neden-sonuç ilişkisi bulunmaktadır. OUAS tanılı bireylerde uyku sırasındaki apnelere bağlı sık sık uyku bölünmeleri, ghrelin ve leptin hormonlarının salınımındaki dalgalanmalar, vücuttaki sistemik inflamasyonun artışına bağlı yağ dokusunda artış ve fiziksel aktivite miktarının kısıtlanması enerji metabolizmasında bozulmalara ve glukoz

intoleransı gelişmesine, dolayısıyla da kilo alımına yol açtığı gösterilmiştir (Philips et al., 1999). Kilo kaybı posterior havayolunun kollabe olma ihtimalini düşürmekte ve obstrüksiyonun azalmasına katkı sağlamaktadır (Kajaste et al., 2004).

OUAS'lı bireylerde diyetin etkisini inceleyen çalışmalarda; PAP tedavisine ek olarak diyet uygulanan hastalarda, sadece PAP tedavisi uygulanan hastalara göre vücut ağırlığının, VKİ'nin, boyun ve bel çevresinin ve AHİ değerinin anlamlı derecede azaldığı gösterilmiştir (Fernandes et al., 2015).

✓ Yatış pozisyonu

Pek çok OUAS'lı hastanın semptomları sırt üstü yatış pozisyonunda artmaktadır. Çünkü sırt üstü yatış dilin ağız içinde posteriora kaçmasını ve posterior hava yolunun kollabe olmasını kolaylaştırır. Bunu önlemek için OUAS'lı hastaların sırtına kum torbası, tenis topu, sırt çantası veya sesli-titreşimli alarm sistemleri yerleştirilebilir ve hasta sırtüstü döndüğü zaman rahatsız olarak pozisyonunu değiştirir. Bu yöntemler apne sayı ve şiddetini azaltmakla beraber hastaların uyku hijyenini olumsuz etkilemektedir (Köktürk&TU, 2002).

✓ Alkol alımının azaltılması

Alkol, üst solunum yolundaki dilatör kas aktivitesini azaltarak üst solunum yollarının kollabe olma ihtimalini artırır. Bu nedenle alkol kullanımından kaçınılmalıdır (Issa&Sullivan, 1982).

✓ Sigarayı bırakma

Sigara, üst solunum yollarının mukozasında ödem gelişmesine ve siliyer disfonksiyona neden olur. Horlama ihtimali ve apne riskinde artış meydana gelir. Bu nedenle sigara kullanımından kaçınılmalıdır (Kim et al., 2012).

✓ İlaç kullanımı

Üst solunum yollarının dilatatör kas aktivasyonunda azalmaya neden olarak apnelerin artmasına neden olmaktadır (Chung et al., 2016). Bu nedenle sedatif, narkotik ve hipnotik ilaçların kullanımından kaçınılmalıdır.

Medikal Tedavi

OUAS'lı hastalarda üst havayollarındaki açıklığı sağlayan kasların aktivasyonunun uyku esnasında azalması apne-hipopne sıklığını artırmaktadır. Bu nedenle OUAS'lı hastalarda doğrudan ya da dolaylı olarak üst hava yollarının açıklığının korunmasını sağlayan ilaçlar kullanılabilir (Sood et al., 2005). Aynı zamanda yapılan değerlendirmeler sonucu OUAS'a eşlik eden hastalıklar da tedavi edilmelidir.

Ağız İçi Araç Uygulamaları

OUAS'lı bireylerde kullanılan ağız içi araçlar, dilin ve mandibulanın pozisyonunu düzenleyerek üst havayollarının uyku sırasında açıklığını korumak amacıyla kullanılmaktadır. Mandibulayı öne alan ağız içi araç kullanımının süperior ve posterior havayolu alanında artış, AHI'de düşüş sağladığını; dili öne alan ağız içi araç kullanımının seçilmiş hasta grubunda AHI'de düşüş sağladığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Kyung et al., 2005; Lazard et al., 2009).

Pozitif Havayolu Basıncı (PAP) Tedavisi

Üst solunum yollarına dışarıdan hava basıncı uygulayarak, uyku sırasında üst solunum yollarının açık tutulmasını sağlayan bir yöntemdir. Böylece uyku sırasında gelişen apne, hipopne oluşumunu engellemek ve yeterli oksijenizasyonu sağlayarak bu sayede gelişme ihtimali olan nörolojik ve kardiyopulmoner komplikasyon riskini azaltmak, arousalların gelişimini ortadan kaldırarak hastaların uyku kalitesini artırmak, gündüz uykululuk halini azaltmak ve gelişebilecek kazaları engelleyip morbidite ve mortalite riskini

azaltmak hedeflenmektedir (Gay et al., 2006). PAP tedavisi OUAS'ta kullanılan altın standart tedavi yöntemidir (Strohl&Redline, 1986). Yapılan çalışmalarda PAP tedavisi uygulanan OUAS'lı hastalarda; uyku kalitesinde, gündüz uyanıklılığında (Siccoli et al., 2008), bilişsel fonksiyonlarda, yaşam kalitesinde ve hipertansiyonda düzelme sağladığı gösterilmiştir (Dimsdale et al., 2000).

Egzersiz Eğitimi

OUAS'lı hastalarda sedanter yaşam, anormal solunum paterni, obezite, kişisel ve çevresel faktörlerin etkisiyle fiziksel kapasite azalmıştır (Rizzi et al., 2010). Düzenli fiziksel aktivite yapan OUAS'lı hastaların uyku sırasında daha az apneye sahip olduğu gösterilmiştir (Peppard&Young, 2004).

Fiziksel aktivite ve obezite arasında dolayısıyla da OUAS arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. OUAS oranı fiziksel aktivite düzeyi düşük olan bireylerde daha yüksek bulunmuştur (Quan et al., 2007).

Fiziksel aktivitenin vücut yağ dağılımı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda egzersizin santral yağlanmada düşüş sağladığı ve böylece OUAS şiddetinde de azalma meydana geldiği gösterilmiştir (Giannopoulou et al., 2005).

Gün boyu alt ekstremitelerde biriken sıvının, yatar pozisyona geçilmesiyle boyun çevresi ve üst havayollarına yöneldiği ve buna bağlı apnelerin meydana gelebileceği düşünülmektedir. OUAS'lı hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada egzersiz yapılan grupta alt ekstremitel sıvı volümünde %20 daha çok düşüş, üst solunum yolu alanında ise egzersiz yapmayan gruba göre artış izlenmiştir (Mendelson et al., 2016). OUAS'lı hastalara 16 hafta boyunca diyet ve aerobik egzersiz uygulanan başka bir çalışmada hastaların uyku semptomlarında, VKİ, gündüz ve gece sistemik kan basıncında

azalma ile birlikte yaşam kalitesi, uyku etkinliği ve aktivite seviyesinde anlamlı bir artış kaydedilmiştir (Barnes et al., 2009).

İnspiratuar Kas Eğitimi (İKE)

Tıkalı bir havayolu inspiratuar kaslara aşırı yüklenme olmasına neden olabilir. Diyaframa aşırı yüklenilmesi OUAS'lı hastaları inspiratuar kas yorgunluğu riskine sokmaktadır. 156 OUAS'lı hastalarda inspiratuar kas kuvvetini ve yorgunluğunu değerlendiren bir çalışmada OUAS'lı hastaların inspiratuar kas kuvvetinde anlamlı bir düşüş ve inspiratuar kaslarında yorgunluk artışı olduğu gösterilmiştir (Chien et al., 2010).

Eşik İKE, inspiratuar kaslara ölçülebilir yükle ve dışardan uygulanan bir yöntemdir. İKE >6 gün/hafta uygulandığında torasik inspiratuar kas fonksiyonunda gelişme olduğu, yorgunluğa dirençli Tip 1 kas lifi yüzdesinde ve Tip 2 kas liflerinin boyutlarında artış gibi değişiklikleri uyardığı belirtilmiştir. Solunum hastalarında uygulanan inspiratuar kas eğitiminde yapısal değişiklikler 6 haftadan itibaren görölmektedir (Ramírez-Sarmiento et al., 2002). Yapılan bir çalışmada genioglossus ve geniohyoid kaslarının aktivasyonunda artış meydana getirdiği ve ayrıca hipoglossal siniri inerve ederek özellikle hyoglossus, styloglossus ve dilin intirinsik kaslarının aktivasyonunda artış sağladığı gösterilmiştir (How et al., 2007).

Orofarengeal Egzersizler

OUAS'lı hastalarda üst havayolunun dilatatör kaslarının tonusunun azalmasına bağlı olarak güçsüz ve gevşek uvula ve yumuşak damak, genişlemiş dil hacmi ve hiyoid kemikte inferiora yer değiştirme görölmektedir (Sforza et al., 2000).

Orofarengeal egzersizler, üst havayolu dilatatör kaslarının tonusunu artırmayı amaçlamaktadır. Dil, yumuşak damak, farengeal duvarların izometrik ve izotonik egzersizlerini içeren çiğneme, emme, yutma, solunum, konuşma aktivitelerini kapsar (Fogel et al.,

2004). Orta şiddetli OUAS hastalarına uygulanan orofarengeal egzersizlerin horlama, gündüz uykululuk hali ve hastalık şiddetini azalttığı böylece uyku kalitesinde artış olduğu gözlemlenmiştir (Guimarães et al., 2009).

Sonuçlar

OUAS hastalarının semptomlarında azalma sağlayabilmek için yaşam şekli değişiklikleri, medikal tedavi, ağız içi araç uygulamaları, pozitif havayolu basıncı, egzersiz eğitimi, inspiratuar kas eğitimi ve orofarengeal egzersizler gibi farklı tedavi yöntemleri bulunmaktadır. Yapılan değerlendirmenin ardından, hastanın ihtiyacı olan tedavi belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

American Academy of Sleep Medicine. (2005). ICSD-2: the international classification of sleep disorders. *Duse of a Pediatric Sleep Questionnaire* iagnostic and coding manual. 2nd ed. Westchester (IL): AASM.

American Academy of Sleep Medicine. International classification of Sleep Disorders, 3nded. IL: American Academy of Sleep Medicine, 2014.

Ayik, S., Bal, K., & Akhan, G. (2014). The association of nocturia with sleep disorders and metabolic and chronic pulmonary conditions: data derived from the polysomnographic evaluations of 730 patients. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 44(2), 249-254.

Barnes, M., Goldsworthy, U. R., Cary, B. A., & Hill, C. J. (2009). A diet and exercise program to improve clinical outcomes in patients with obstructive sleep apnea—a feasibility study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 5(5), 409-415.

Bixler, E. O., Vgontzas, A. N., Lin, H. M., Ten Have, T., Rein, J., Vela-Bueno, A., & Kales, A. (2001). Prevalence of sleep-disordered breathing in women: effects of gender. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 163(3), 608-613.

Bonsignore, M. R., Saaresranta, T., & Riha, R. L. (2019). Sex differences in obstructive sleep apnoea. *European Respiratory Review*, 28(154).

Casey, K. R., Cantillo, K. O., & Brown, L. K. (2007). Sleep-related hypoventilation/hypoxemic syndromes. *Chest*, 131(6), 1936-1948.

Chesson Jr, A. L., Ferber, R. A., Fry, J. M., Grigg-Damberger, M., Hartse, K. M., Hurwitz, T. D., ... & Sher, A. (1997). The

indications for polysomnography and related procedures. *Sleep*, 20(6), 423-487.

Chien, M. Y., Wu, Y. T., Lee, P. L., Chang, Y. J., & Yang, P. C. (2010). Inspiratory muscle dysfunction in patients with severe obstructive sleep apnoea. *European Respiratory Journal*, 35(2), 373-380.

Chung, F., Memtsoudis, S. G., Ramachandran, S. K., Nagappa, M., Opperer, M., Cozowicz, C., ... & Auckley, D. (2016). Society of anesthesia and sleep medicine guidelines on preoperative screening and assessment of adult patients with obstructive sleep apnea. *Anesthesia & Analgesia*, 123(2), 452-473.

Coşgun, A. (2017). *Birinci basamakta STOP-bang skoru kullanılarak obstrüktif uyku apne sendromu taraması* (Tez No. 477968) [Tıpta uzmanlık tezi, İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.

Dimsdale, J. E., Lored, J. S., & Profant, J. (2000). Effect of continuous positive airway pressure on blood pressure: a placebo trial. *Hypertension*, 35(1), 144-147.

Eckert, D. J., Jordan, A. S., Merchia, P., & Malhotra, A. (2007). Central sleep apnea: pathophysiology and treatment. *Chest*, 131(2), 595-607.

Fernandes, J. F. R., da Silva Araújo, L., Kaiser, S. E., Sanjuliani, A. F., & Klein, M. R. S. T. (2015). The effects of moderate energy restriction on apnoea severity and CVD risk factors in obese patients with obstructive sleep apnoea. *British Journal of Nutrition*, 114(12), 2022-2031.

Fogel, R. B., Malhotra, A., & White, D. P. (2004). Sleep: 2: Pathophysiology of obstructive sleep apnoea/hypopnoea syndrome. *Thorax*, 59(2), 159-163.

Garbarino, S., Guglielmi, O., Sanna, A., Mancardi, G. L., & Magnavita, N. (2016). Risk of occupational accidents in workers with obstructive sleep apnea: systematic review and meta-analysis. *Sleep*, 39(6), 1211-1218.

Gay, P., Weaver, T., Loube, D., & Iber, C. (2006). Evaluation of positive airway pressure treatment for sleep related breathing disorders in adults. *Sleep*, 29(3), 381-401.

Giannopoulou, I., Ploutz-Snyder, L. L., Carhart, R., Weinstock, R. S., Fernhall, B., Goulopoulou, S., & Kanaley, J. A. (2005). Exercise is required for visceral fat loss in postmenopausal women with type 2 diabetes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90(3), 1511-1518.

Guimarães, K. C., Drager, L. F., Genta, P. R., Marcondes, B. F., & Lorenzi-Filho, G. (2009). Effects of oropharyngeal exercises on patients with moderate obstructive sleep apnea syndrome. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 179(10), 962-966.

How, S. C., McConnell, A. K., Taylor, B. J., & Romer, L. M. (2007). Acute and chronic responses of the upper airway to inspiratory loading in healthy awake humans: an MRI study. *Respiratory physiology & neurobiology*, 157(2-3), 270-280.

Iber, C. (2007). The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: Rules. *Terminology and technical specification*.

Issa, F. G., & Sullivan, C. E. (1982). Alcohol, snoring and sleep apnea. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 45(4), 353-359.

Jordan, A. S., Eckert, D. J., Catcheside, P. G., & McEvoy, R. D. (2003). Ventilatory response to brief arousal from non-rapid eye

movement sleep is greater in men than in women. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 168(12), 1512-1519.

Kahrilas, P. J. (2010). Obstructive sleep apnea and reflux disease: bedfellows at best. *Chest*, 137(4), 747-748.

Kajaste, S., Brander, P. E., Telakivi, T., Partinen, M., & Mustajoki, P. (2004). A cognitive-behavioral weight reduction program in the treatment of obstructive sleep apnea syndrome with or without initial nasal CPAP: a randomized study. *Sleep medicine*, 5(2), 125-131.

Kawana, F., Kasai, T., Maeno, K. I., Momomura, S. I., & Narui, K. (2008). Atrioventricular block during the phasic events of REM sleep in a patient with severe obstructive sleep apnea syndrome. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 4(3), 257-259.

Kim, K. S., Kim, J. H., Park, S. Y., Won, H. R., Lee, H. J., Yang, H. S., & Kim, H. J. (2012). Smoking induces oropharyngeal narrowing and increases the severity of obstructive sleep apnea syndrome. *Journal of clinical sleep medicine*, 8(4), 367-374.

Köktürk, O., & TU, Ç. (2002). Obstrüktif uyku apne sendromu genel önlemler ve medikal tedavi. *Tüberküloz ve Toraks dergisi*, 50(1), 119-124.

Kyung, S. H., Park, Y. C., & Pae, E. K. (2005). Obstructive sleep apnea patients with the oral appliance experience pharyngeal size and shape changes in three dimensions. *The Angle Orthodontist*, 75(1), 15-22.

Lazard, D. S., Blumen, M., Lévy, P., Chauvin, P., Fragny, D., Buchet, I., & Chabolle, F. (2009). The tongue-retaining device: efficacy and side effects in obstructive sleep apnea syndrome. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 5(5), 431-438.

Malhotra, A., Fogel, R. B., Edwards, J. K., Shea, S. A., & White, D. P. (2000). Local mechanisms drive genioglossus activation

in obstructive sleep apnea. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 161(5), 1746-1749.

Martikainen, K., Partinen, M., Urponen, H., Vuori, I., Laippala, P., & Hasan, J. (1994). Natural evolution of snoring: a 5-year follow-up study. *Acta neurologica scandinavica*, 90(6), 437-442.

Mechanick, J. I., Kushner, R. F., Sugerman, H. J., Gonzalez-Campoy, J. M., Collazo-Clavell, M. L., Guven, S., ... & Dixon, J. (2008). American Association of Clinical Endocrinologists, The Obesity Society, and American Society for Metabolic & Bariatric Surgery Medical Guidelines for Clinical Practice for the perioperative nutritional, metabolic, and nonsurgical support of the bariatric surgery patient. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 4(5), S109-S184.

Mendelson, M., Lyons, O. D., Yadollahi, A., Inami, T., Oh, P., & Bradley, T. D. (2016). Effects of exercise training on sleep apnoea in patients with coronary artery disease: a randomised trial. *European respiratory journal*, 48(1), 142-150.

Morgenthaler TI, Kapen S, Lee-Chiong T, Alessi C, Boehlecke B, Brown T, Coleman J, Friedman L, Kapur V, Owens J, Pancer J, Swick T; Standards of Practice Committee; American Academy of Sleep Medicine. Practice parameters for the medical therapy of obstructive sleep apnea. *Sleep*. 2006 Aug;29(8):1031-5. PMID: 16944671.

NERGİS, M. S. (2025). Obstrüktif uyku apne sendromu izole pozisyonel ve izole rem bağımlı fenotiplerinin klinik, demografik özelliklerinin karşılaştırılması (Tez No. 989868) [Tıpta uzmanlık tezi, DÜZCE ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.

Parthasarathy, S., Fitzgerald, M., Goodwin, J. L., Unruh, M., Guerra, S., & Quan, S. F. (2012). Nocturia, sleep-disordered

breathing, and cardiovascular morbidity in a community-based cohort. *PloS one*, 7(2), e30969.

Peppard, P. E., & Young, T. (2004). Exercise and sleep-disordered breathing: an association independent of body habitus. *Sleep*, 27(3), 480-484.

Phillips, B. G., Hisel, T. M., Kato, M., Pesek, C. A., Dyken, M. E., Narkiewicz, K., & Somers, V. K. (1999). Recent weight gain in patients with newly diagnosed obstructive sleep apnea. *Journal of hypertension*, 17(9), 1297-1300.

Phillipson, E. A., & Sullivan, C. E. (1978). Arousal: the forgotten response to respiratory stimuli. *American Review of Respiratory Disease*, 118(5), 807-809.

Quan, S. F., O'Connor, G. T., Quan, J. S., Redline, S., Resnick, H. E., Shahar, E., ... & Sherrill, D. L. (2007). Association of physical activity with sleep-disordered breathing. *Sleep and Breathing*, 11(3), 149-157.

Ramírez-Sarmiento, A., Orozco-Levi, M., Güell, R., Barreiro, E., Hernandez, N., Mota, S., ... & Gea, J. (2002). Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 166(11), 1491-1497.

Rizzi, C. F., Cintra, F., Risso, T., Pulz, C., Tufik, S., de Paola, A., & Poyares, D. (2010). Exercise capacity and obstructive sleep apnea in lean subjects. *Chest*, 137(1), 109-114.

Schlosshan, D., & Elliott, M. (2004). Sleep• 3: Clinical presentation and diagnosis of the obstructive sleep apnoea hypopnoea syndrome. *Thorax*, 59(4), 347.

Schwab, R. J. (1996). Properties of tissues surrounding the upper airway. *Sleep*, 19(suppl_10), S170-S174.

Schwab, R. J. (2003). Pro: sleep apnea is an anatomic disorder. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 168(3), 270-271.

Sforza, E., Bacon, W., Weiss, T., Thibault, A., Petiau, C., & Krieger, J. (2000). Upper airway collapsibility and cephalometric variables in patients with obstructive sleep apnea. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 161(2), 347-352.

Shneerson, J. M. (2009). *Sleep medicine: a guide to sleep and its disorders*. John Wiley & Sons.

Siccoli, M. M., Pepperell, J. C., Kohler, M., Craig, S. E., Davies, R. J., & Stradling, J. R. (2008). Effects of continuous positive airway pressure on quality of life in patients with moderate to severe obstructive sleep apnea: data from a randomized controlled trial. *Sleep*, 31(11), 1551-1558.

Sood, S., Morrison, J. L., Liu, H., & Horner, R. L. (2005). Role of endogenous serotonin in modulating genioglossus muscle activity in awake and sleeping rats. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 172(10), 1338-1347.

Stradling, J. R. (1995). Sleep-related breathing disorders. 1. Obstructive sleep apnoea: definitions, epidemiology, and natural history. *Thorax*, 50(6), 683.

Strohl, K. P., & Redline, S. (1986). Nasal CPAP therapy, upper airway muscle activation, and obstructive sleep apnea. *American Review of Respiratory Disease*, 134(3), 555-558.

Young, T., Palta, M., Dempsey, J., Skatrud, J., Weber, S., & Badr, S. (1993). The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *New England journal of medicine*, 328(17), 1230-1235.

BÖLÜM 2

ALZHEİMER HASTALIĞINDA MOTOR ETKİLENİM VE FONKSİYONEL KAYIPLARA YÖNELİK KANIT TEMELLİ FİZYOTERAPİ YAKLAŞIMLARI

MEHMET ÇAKIROĞLU¹

Giriş

Alzheimer hastalığı (AH), ilerleyici nörodejeneratif özellik gösteren ve demansın en yaygın formu olarak kabul edilen bir hastalıktır. Çoğu zaman unutkanlıkla ilişkilendirilmesine rağmen, klinik olarak bilişsel, davranışsal, motor ve fonksiyonel alanları etkileyen bir durumdur. Hastalığın temel nöropatolojik özellikleri arasında ekstrasellüler β -amiloid plaklarının birikimi ve tau proteininin hiperfosforilasyonu sonucu oluşan nörofibriler yumaklar yer almaktadır. Bu patolojik değişiklikler yaygın nöronal hasar ve bilişsel işlev kaybı ile ilişkilendirilmektedir (Safiri ve ark., 2024). Bu durum ise bireyin günlük yaşamını ve toplumsal yaşama katılımını kısıtlayabilmektedir. Dünya genelinde yaşam süresinin uzaması ve yaşlı nüfus oranının artmasıyla birlikte AH'nin prevalansı yükselmektedir. Güncel veriler tüm demans vakalarının

¹ Dr. Fzt., Kahramanmaraş Özel İlgi Özel Rehabilitasyon Merkezi, Kurum,Bölüm,
Orcid: 0000-0002-9692-8203

yaklaşık %60–80’ini oluşturduğunu göstermektedir. Alzheimer’s Association tarafından yayımlanan 2025 raporuna göre ise yalnızca Amerika Birleşik Devletleri’nde 65 yaş ve üzeri yaklaşık 7,2 milyon kişi bu hastalık ile mücadele etmektedir. Ayrıca bu sayının 2060 yılına kadar 13,8 milyona ulaşacağı öngörülmektedir (Alzheimer's Association, 2025). Ayrıca hastalık, bakım verenler ve sağlık sistemleri üzerinde de giderek artan bir yük oluşturmaktadır. Küresel ölçekte yapılan çalışmalarda ise demansın toplam maliyetinin 2030 yılında 2 trilyon ABD dolarına ulaşabileceği öngörülmektedir (Tay ve ark., 2024).

Bireysel ve toplumsal yükün önemli belirleyicilerinden birisi de hastalık sürecinde giderek belirginleşen fonksiyonel kayıptır. AH başlangıçta çoğunlukla bellek ve diğer bilişsel işlevlerdeki bozulmalar ile karakterizedir. Ancak hastalığın ilerlemesiyle birlikte klinik tablo, motor performans ve fonksiyonel bağımsızlıkta meydana gelen değişiklikleri de içerecek şekilde genişlemektedir (Carles ve ark., 2021; Marogianni ve ark., 2025). Fonksiyonel kaybın günlük yaşamdaki en belirgin yansımalarından biri yürüme performansındaki bozulmalardır. Nitekim AH’de yürüme hızında azalma, adım uzunluğunda kısalma ve çift destek süresinde artış gibi değişiklikler yürüme paterninde düzensizliklere yol açabilmektedir (Baek ve ark., 2025). AH’de motor işlevle ilişkili problemler arasında denge bozuklukları, kas gücü ve kas fonksiyonunda azalma ile sarkopeni ve postüral kontrol sorunları yer almaktadır (Oytun ve ark., 2023). Ayrıca bu hastalıkta görsel ve vestibüler duyuusal bilgilerin işlenmesindeki bozuklukların denge ve postüral kontrol sorunlarıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (da Rocha Anselmo ve ark., 2025). Bu nedenle AH’de motor etkilenim, yürüme ve kas kuvvetiyle sınırlı görülmemelidir. Denge, postüral kontrol ve duyuusal işleme süreçleriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Son yıllarda AH’in yönetiminde yaşam tarzı faktörlerinin, özellikle de fiziksel aktivitenin rolü giderek daha çok önem

kazanmaktadır. Fiziksel aktivitenin beyin kaynaklı nörotrofik faktör (brain-derived neurotrophic factor, BDNF) ve insülin benzeri büyüme faktörü-1 (insulin-like growth factor-1, IGF-1) salınımını uyarak nöroplastisiteyi destekleyebileceği bildirilmektedir (Ben Ezzdine ve ark., 2025). Egzersiz temelli yaklaşımlar, AH’de yalnızca günlük hareket becerisini destekleyen uygulamalar değildir. Bilişsel, davranışsal ve fonksiyonel sonuçlara da katkı sağlayabilecek önemli non-farmakolojik seçenekler arasında yer almaktadır. Farmakolojik ve non-farmakolojik müdahaleleri karşılaştıran bir çalışmada ise egzersizin, özellikle günlük yaşam işlevlerinin desteklenmesi açısından klinik değer taşıdığı bildirilmiştir (Boongird ve ark., 2025).

Literatür, egzersiz temelli rehabilitasyon yaklaşımlarının AH’de önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Bu yaklaşımlar fonksiyonel bağımsızlığın korunmasına ve yaşam kalitesinin desteklenmesine katkı sağlamaktadır. Etkili bir rehabilitasyon stratejisi geliştirebilmek için öncelikle hastalık sürecinde ortaya çıkan hareket ve fonksiyon kayıplarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda mevcut bilimsel kanıtlar aracılığıyla AH’li bireyler için güvenli, bireyselleştirilmiş ve uygulanabilir egzersiz yaklaşımları incelenecektir.

Alzheimer Hastalığında Motor Etkilenim ve Fonksiyonel Sonuçlar

AH’de hareket ve fonksiyonel kayıplar, yalnızca hastalığın ileri evrelerinde ortaya çıkan ikincil sorunlar olarak değerlendirilmemelidir. Motor performansın motor süreçleri ile birlikte yüksek düzeyli bilişsel işleme süreçleriyle de ilişkili olabileceği belirtilmektedir. Alzheimer demansı olan yaşlı bireylerde motor belirtilerin varlığı, daha yavaş işleme hızı ve daha düşük yürütücü işlev performansı ile ilişkili bulunmuştur (Liampas ve ark., 2025). Bu nedenle AH’de motor etkenimin

değerlendirilmesi ise hastalığın fonksiyonel sonuçlarını anlamak ve rehabilitasyon gereksinimlerini belirlemek açısından değerlidir.

Yürüme, çoğu zaman otomatik bir hareket olarak görülebilir. Ancak dikkat, denge, çevresel uyaranlara yanıt oluşturma ve postüral kontrol gerektiren karmaşık bir motor görevdir. AH'de yürüme hızında azalma, adım uzunluğunda kısalma, çift destek süresinde artış gibi yürüme paterninde değişiklikler görülebilmektedir (Andrade-Guerrero ve ark., 2024). Sağlıklı kontrollere göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yürüme hızının global bilişsel performansla anlamlı düzeyde ilişkili bulunduğu bildirilmiştir (Wu ve ark., 2025). Bu performanstaki değişiklikler ise postüral kontrol ve denge mekanizmalarındaki bozulmalar ile de yakından ilişkilidir. Erken veya orta evre AH tanısı olan bireylerde, kontrol grubundaki bireylere göre Tinetti Denge ve Yürüme Değerlendirmesi puanlarının daha düşük olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada, Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT) süresinin daha uzun ve tek ayak üzerinde durma testi süresinin daha kısa olduğu gösterilmiştir (Doğancı ve Sertel, 2025).

Postüral kontrol ve denge bozuklukları, AH tanısı olan bireylerde düşme riskinin artmasıyla ilişkili önemli klinik sorunlar arasındadır. Nitekim toplam 4654 AH'li yaşlı bireyi kapsayan 31 çalışmanın birlikte değerlendirildiği bir araştırmada, yıllık düşme prevalansı %44 olarak bildirilmiştir. Ayrıca yıllık tekrarlayan düşme oranı %42, yaralanmayla sonuçlanan düşme oranı ise %45 olarak raporlanmıştır (Khalili ve ark., 2024). Bu bulgular, AH'de düşme riskinin rutin klinik değerlendirme kapsamında ele alınması gerektiğini göstermektedir. Aslında AH'de düşme riski tek bir nedene bağlı değildir. Bilişsel, motor, duyuşsal ve çevresel birçok faktörün etkileşimiyle ortaya çıkabilmektedir. Bilişsel bozulma, dikkat sorunları, muhakeme becerisinde zayıflama ve reaksiyon zamanında yavaşlama düşme riskini artıran başlıca içsel faktörlerdir. Bilişsel etkilenime ek olarak, yürüme ve denge bozuklukları, kas

güçsüzlüğü ve duyuşsal kayıplar da düşme riskini artırabilecek içşel faktörler arasında yer almaktadır. Polifarmasi, psikotrop veya sedatif ilaç kullanımı, yetersiz aydınlatma, güvenli olmayan zemin koşulları ve diğer çevresel riskler ise dışsal faktörler arasında yer almaktadır (Kehrer-Dunlap ve ark., 2024). Bu tablo, düşmenin yalnızca akut bir yaralanma riski olarak görölmemesi gerektiğini göstermektedir. AH'de düşmeler ise bağımsızlığı ve bakım gereksinimini doğrudan etkileyen temel bir rehabilitasyon sorunu olarak ele alınmalıdır.

Düşme riskini artıran önemli bileşenlerden biri de kas kuvvetindeki azalma ve sarkopenidir. Sarkopeni ise kas kütlesi, kas kuvveti ve fiziksel performansta azalma ile karakterize geriatrik bir sendromdur. AH'de sarkopeni, yaşlanmaya ek olarak fiziksel inaktivite, beslenme sorunları ve fonksiyonel kısıtlılıklar ile ilişkili olabilmektedir. AH tanısı olan bireylerde sarkopeni prevalansının %33,9 olduğı saptanmıştır. Ayrıca bu oranın hafif AH'de %31,2, orta evre AH'de ise %41,9'a yükseldiğı bildirilmiştir (Su ve ark., 2025). Sarkopeni prevalansının evreler arasında artış göstermesi, bilişsel kayba ek olarak fiziksel performans kaybının da belirginleşebileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, fonksiyonel etkilenimin arttığı ve günlük yaşam aktivitelerindeki bozulmanın hafif bilişsel bozukluk (MCI) döneminden itibaren gözlenebildiğı bildirilmiştir (Lancetôt ve ark., 2024). Alışveriş, ulaşım, randevu takibi, finansal işleri yürütme ve yemek hazırlama gibi beceriler günlük yaşam aktiviteleri kapsamında değerlendirilir. Bu durum, AH'de bağımsız yaşam becerilerinin erken dönemden itibaren etkilenebileceğini göstermektedir.

Alzheimer Hastalığında Egzersiz Temelli Rehabilitasyon Yaklaşımları

Fizyoterapi müdahalelerinin AH'deki etkinliğini inceleyen mevcut çalışmalar, bu yaklaşımların fonksiyonel kapasite, denge, yürüme kapasitesi, günlük yaşam aktiviteleri ve nöropsikiyatrik

belirtiler üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğine işaret etmektedir (Zhu ve ark., 2015). Bu klinik düzeydeki kazanımların altında yatan olası nörobiyolojik mekanizmalar ise giderek daha fazla araştırılmaktadır. Nitekim egzersizin olası etkilerini açıklamada nörotrofik yanıt dikkat çeken mekanizmalardan birisidir. Beyin kaynaklı nörotrofik faktör (BDNF), merkezi sinir sisteminde nöroplastisite ile ilişkili önemli bir proteindir. Sinaptik plastisite, dendritik yeniden şekillenme, aksonal büyüme ve nöronal sağkalım gibi süreçlerle ilişkilidir. AH olan yaşlı bireylerde akut aerobik egzersiz sonrasında plazma BDNF düzeylerinde artış bildirilmiştir (Coelho ve ark., 2014). Bu bulgu, egzersizin akut dönemde nörotrofik yanıtı uyurabileceğini düşündürmektedir. Ancak sonuçların plazma BDNF düzeylerine dayanması, merkezi sinir sistemi düzeyindeki nörotrofik değişimler açısından temkinli yorumlanmalıdır. Çünkü egzersize bağlı nörotrofik yanıt her programda aynı biçimde ortaya çıkmamaktadır. Nitekim on iki haftalık orta şiddette aerobik koşu bandı eğitiminin dolaşımdaki BDNF, vasküler endotelial büyüme faktörü-165 (VEGF165) ve insülin benzeri büyüme faktörü-1 (IGF-1) düzeylerinde anlamlı değişiklik oluşturmadığı bildirilmiştir . Buna karşın, eğitim grubunda aerobik kapasitenin arttığı ve yürütücü bilişsel işlevlerin çalışma süresince korunduğu bildirilmiştir (Stein ve ark., 2023). Bu durum, AH’de egzersizi tek bir nörotrofik yanıtıyla açıklamanın sınırlı kalabileceğini düşündürmektedir. Klinik açıdan önemli olan, biyolojik yanıtın ölçülebilir olup olmamasından çok, egzersizin bireyin hareket kapasitesi ve günlük işlevlerine nasıl yansıdığıdır.

Aerobik egzersizler, AH’de egzersiz temelli rehabilitasyon yaklaşımları içinde en sık değerlendirilen uygulamalardan biridir. Erken evre AH’li bireylerde uygulanan yirmi altı haftalık yapılandırılmış aerobik egzersiz programı ile fonksiyonel beceriler üzerinde olumlu etki gösterebildiği bildirilmiştir. Ancak bellek, yürütücü bilişsel işlevler ve depresyon belirtileri açısından aerobik

egzersiz grubu ile kontrol grubu arasında belirgin bir fark saptanmamıştır. Aynı çalışmada, ikincil analizlerde kardiyorespiratuar uygunluktaki değişimin bellek performansı ve bilateral hipokampal hacim değişimiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Morris ve ark., 2017). Bu durum, aerobik egzersizin bazı bilişsel ve yapısal etkilerinin özellikle fiziksel uygunluk kazanımı ile bağlantılı olabileceğini düşündürmektedir. Ancak bu etkinin nörodejenerasyon ile ilişkili göstergelere aynı şekilde yansıyor yansımadığı net değildir. Hafif AH'li bireylerde egzersizin etkilerini inceleyen çalışmanın ikincil analizinde, on altı haftalık orta şiddette aerobik egzersizin serum nörofilament hafif zincir (NfL) düzeyleri üzerinde anlamlı bir etkisi gösterilememiştir (Frederiksen ve ark., 2023). Bu nedenle aerobik egzersiz, hastalığı değiştiren kesin bir tedavi olarak değerlendirilmemelidir. Daha çok dayanıklılığı, hareket toleransını ve günlük yaşama katılımı destekleyen bir fizyoterapi yaklaşımı olarak ele alınmalıdır.

Aerobik egzersizin tek başına ele alınması, AH'de görülen motor ve fonksiyonel etkilenimi açıklamak için yeterli değildir. Kas kuvvetinde azalma, transfer becerilerinde zorlanma ile günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığın azalmasını etkileyebilir. Bu durum kuvvetlendirme egzersizlerini fizyoterapi programlarının önemli bir parçası hâline getirmektedir. Hafif AH'li bireylerde yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, 12 haftalık terapötik egzersiz programının bilişsel işlevler ve enstrümantal günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Aerobik ve direnç egzersizlerinin birlikte uygulandığı grup ile yalnız direnç egzersizi uygulanan grup, kontrol grubuna göre daha olumlu sonuçlar göstermiştir. Buna karşın iki egzersiz grubu arasında ölçülen sonuçlar açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır (Papatsimpas ve ark., 2023). Bu bulgu, direnç egzersizlerinin AH'de tek başına ya da aerobik egzersizle birlikte uygulandığında bilişsel ve işlevsel çıktılar açısından önemli bir fizyoterapi bileşeni olabileceğini

düşündürmektedir. Ayrıca fiziksel performans çıktıları açısından incelendiğinde de direnç egzersizlerinin AH'li yaşlı bireylerde motor fonksiyon, kas kuvveti ve fonksiyonel kapasite üzerinde olumlu etkiler gösterebileceği bildirilmektedir (Serna-Orozco ve ark., 2025).

Kas kuvveti ve fonksiyonel kapasitedeki değişimlerin günlük yaşamdaki karşılığı, düşmeyle ilişkili güvenlik açısından da önem taşımaktadır. Nitekim randomize bir klinik çalışmada, 12 haftalık direnç egzersizi programının düşme riskini ve düşme korkusunu azalttığı, kas kuvvetini artırdığı ve nöropsikiyatrik belirtiler üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Cámara-Calmaestra ve ark., 2025). Postüral kontrol, yürüme düzeni ve çevresel uyaranlar ile uyumun bozulması da düşme olasılığını artırabilir. Bu nedenle denge ve yürüme eğitimi, yalnızca bir egzersiz türü olarak değil, günlük yaşam güvenliğini destekleyen temel bir rehabilitasyon yaklaşımı olarak ele alınmalıdır. Altı aylık multimodal fiziksel egzersiz programının incelendiği klinik çalışmada, egzersiz grubunda düşme prevalansı kontrol grubuna göre daha düşük olduğu; yürüme, denge ve ZKYT performansında iyileşmeler görüldüğü bildirilmiştir (Puente-González ve ark., 2021). Egzersizin günlük yaşama aktarımı, özellikle ev temelli programlarda daha belirgin hâle gelebilir. Hafif ve orta evre AH'li bireylerde uygulanan 16 haftalık ev temelli multimodal egzersiz programında otur-kalk performansında iyileşme ve düşme risk göstergelerinde azalma bildirilmiştir. Aynı çalışmada kontrol grubunda işlevsel sınırlılıktaki artış ve günlük yaşam aktivitelerinde kötüleşme gözlenmesi, egzersizin bağımsızlığı koruma açısından önemini düşündürmektedir (de Castro ve ark., 2021).

Günlük yaşam aktivitelerinde yürürken konuşmak, yön bulmak ya da çevreye uyum sağlamak aynı anda bilişsel katılımı da gerektirmektedir. Bu nedenle ikili görev eğitimleri AH rehabilitasyonunda önemli bir yer tutar. Bu eğitimlerde fiziksel

egzersizler ise dikkat, bellek, yön bulma veya uyaranlara yanıt verme gibi bilişsel görevlerle birlikte uygulanmaktadır. AH'li bireylerde gerçekleştirilen bir çalışmada, 12 haftalık ikili görev eğitiminin kısa süreli bellek, çalışma belleği ile dikkat ve yürütücü işlevler gibi bilişsel alanlarda iyileşme sağladığı bildirilmiştir. Aynı programın yürüme dayanıklılığı, ZKYT performansı, sandalyeden kalkma, kas kuvveti ve esneklik gibi fiziksel performans göstergelerini de geliştirdiği gösterilmiştir. Ayrıca beyin osilasyon frekansında artış ve theta/alfa oranında azalma saptanmıştır (Parvin ve ark., 2020). Bununla birlikte, egzersiz programlarının günlük yaşam aktiviteleri, yaşam kalitesi ve nöropsikiyatrik belirtiler üzerindeki etkileri her çalışmada aynı düzeyde ortaya çıkmamaktadır. Hafif AH'li bireylerde yapılan geniş ölçekli randomize kontrollü bir çalışmada ise 16 haftalık gözetimli orta-yüksek şiddette aerobik egzersizin yaşam kalitesi ve günlük yaşam aktiviteleri üzerinde kontrol grubuna göre anlamlı bir üstünlük göstermediği bildirilmiştir. Buna karşın, nöropsikiyatrik belirtilerde egzersiz grubu lehine anlamlı iyileşme rapor edilmiştir. Aynı çalışmada, egzersize yüksek katılım gösteren ve egzersizi hedeflenen şiddette sürdüren bireylerde bilişsel performans açısından daha olumlu sonuçlar gözlenmiştir (Hoffmann ve ark., 2016).

Egzersiz Dozu, Uygulama Parametreleri ve Güvenlik

AH'li bireylerde egzersiz programları tek tip bir reçete şeklinde planlanmamalıdır. Programın süresi, sıklığı, şiddeti, toplam yükü ve gözetim gereksinimi bireye göre düzenlenmelidir. Ayrıca hastalık evresi, fonksiyonel durum, düşme riski ve eşlik eden hastalıklar planlamada dikkate alınmalıdır. AH veya demans tanısı olan yaşlı bireylerde egzersiz miktarı arttıkça bilişsel işlevlerdeki yararın her zaman aynı oranda artmadığı ve etkinin belirli bir doz aralığında daha belirgin olabileceği bildirilmektedir. İlgili çalışmada, bilişsel işlevlerin desteklenmesi açısından genel egzersiz

için optimal dozun yaklaşık 650 metabolik eşdeğer-dakika/hafta (MET-dk/hafta), aerobik egzersiz için ise yaklaşık 660 MET-dk/hafta olduğu belirtilmiştir (Yuan ve ark., 2024). Yürütücü işlevler özelinde yapılan bir başka çalışmada ise egzersize bağlı etkinin yaklaşık 1000 MET-dk/hafta düzeyinde en belirgin olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada, egzersiz modalitesine göre değişmekle birlikte belirlenen optimal egzersiz aralığının 670–1200 MET-dk/hafta olduğu ifade edilmiştir (Sui ve Wang, 2025).

Egzersizin sıklığı, seans süresi ve toplam program süresi önemlidir. Bu değişkenler ise kazanımların günlük yaşama aktarılmasını etkileyebilir. Günlük yaşam aktivitelerini inceleyen bir çalışmada, fiziksel egzersizin AH’li bireylerde günlük yaşam becerilerini destekleyebileceği bildirilmiştir. Alt grup analizlerinde ise en olumlu sonuçlar haftada 4–5 kez uygulanan programlarda görölmüştür. Program süresinin 6 aydan uzun olması ve seansların 30 dakikayı aşmaması da daha etkili sonuçlar ile ilişkilendirilmiştir (Xiao ve ark., 2024). Egzersiz şiddeti etkinlik ve güvenlik açısından dikkatle düzenlenmesi gereken bir değişkendir. Demanslı bireyler ile yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, düşük ve yüksek şiddet fazlarını içeren 24 haftalık kombine aerobik ve kuvvetlendirme egzersiz programı incelenmiştir. Programın ilk 12 haftası düşük, sonraki 12 haftası ise yüksek şiddette uygulanmıştır. Çalışmada, egzersiz grubunda özellikle yüksek şiddetli faz sonrasında yürüme hızında anlamlı iyileşme bildirilmiştir. Buna karşın ise bilişsel ölçümlerde egzersiz grubu lehine anlamlı bir üstünlük saptanmamıştır (Sanders ve ark., 2020).

AH’li bireylerde egzersiz güvenliği, programın bireyselleştirilmesi ve düzenli izlemle yakından ilişkilidir. Bilişsel etkilenim nedeniyle bireyin çevresel riskleri fark etmesi, hareket sırasında dikkatini sürdürmesi, yorgunluğu ifade etmesi ve egzersiz yönergelerini hatırlaması zorlaşabilmektedir. Bu nedenle egzersizler açık, basit ve tekrarlanabilir yönergelerle uygulanmalıdır. Hafif ve

orta evre AH'li bireylerde yapılan pilot randomize kontrollü bir çalışmada, fizyoterapist tarafından yürütülen 6 aylık ev temelli denge, kuvvetlendirme ve yürüme programının güvenli ve uygulanabilir olduğu bildirilmiştir. Çalışmada egzersize bağlı yan etki bildirilmemesi, programın uygun takip ve bakım veren desteğiyle güvenli biçimde uygulanabileceğini düşündürmektedir (Suttanon ve ark., 2013). Egzersiz güvenli bir uygulama olarak görülse de tamamen risksiz değildir. Yaşlı bireylerde özellikle kas-iskelet sistemiyle ilişkili geçici yakınmalar görülebilir. Demansın önlenmesine yönelik çok merkezli bir çalışmada, egzersiz uygulanan gruplarda kas-iskelet sistemiyle ilişkili yan etkilerin daha sık bildirildiği, buna karşın yaralanma ve ciddi yan etki oranlarının düşük olduğu belirtilmiştir (Hall ve ark., 2025).

Sonuç

AH'de fizyoterapi planlaması, motor ve fonksiyonel kayıpların test sonuçları ile bireyin günlük yaşamındaki karşılığına göre yapılmalıdır. Yürüme, denge, postüral kontrol ve kas kuvvetindeki bozulmalar ise ev içinde yer değiştirme, transferler, merdiven kullanımı ve dış ortamda güvenli hareket etme gibi birçok aktiviteyi etkileyebilmektedir. Bu nedenle rehabilitasyon süreci, yalnızca egzersiz performansını artırmaya odaklanmamalıdır. Asıl hedef, kazanılan hareket becerilerinin bireyin yaşamına güvenli ve sürdürülebilir biçimde aktarılması olmalıdır.

Mevcut kanıtlar, AH'li bireylerde fizyoterapi programlarının tek bir egzersiz yaklaşımıyla sınırlandırılmaması gerektiğini göstermektedir. Aerobik egzersizler, direnç egzersizleri, denge-yürüme eğitimi, multimodal programlar ve motor-bilişsel uygulamalar farklı klinik gereksinimlere göre birlikte ele alınmalıdır. Bu yaklaşımların ortak amacı ise fonksiyonel kapasiteyi desteklemek, düşme riskini azaltmak, güvenli mobilitiyi sürdürmek ve bireyin günlük yaşam aktivitelerine katılımını mümkün

olduğunca korumaktır. Egzersiz dozu ve uygulama biçimi bireyin hastalık evresi, fonksiyonel durumu, egzersiz toleransı, düşme riski ve eşlik eden hastalıkları doğrultusunda düzenlenmelidir. Sıklık, süre, şiddet ve toplam egzersiz yükü sabit hedeflerden ziyade bireyselleştirilmiş planlamayı destekleyen klinik referanslar olarak değerlendirilmelidir. Program sürecinde güvenlik ilkesi korunmalıdır. Yönergeler açık ve tekrarlanabilir olmanın yanında egzersiz ortamı düşme riskini azaltacak şekilde düzenlenmelidir.

Bu doğrultuda AH'de fizyoterapi programları, hastalığın ilerleyici doğası göz önünde bulundurularak düzenli aralıklarla yeniden değerlendirilmelidir. Başlangıçta uygun olan egzersiz içeriği, zaman içinde bireyin toleransı, katılım düzeyi ve bilişsel durumu ile bakım veren desteğine göre güncellenmelidir. Böylece rehabilitasyon süreci, sabit bir program olmaktan çıkarak bireyin değişen gereksinimlerine uyum sağlayan sürdürülebilir bir klinik yaklaşım hâline gelmektedir.

Kaynakça

Alzheimer's Association. (2025). 2025 Alzheimer's disease facts and figures. *Alzheimer's & Dementia*, 21(4), Makale e70235. <https://doi.org/10.1002/alz.70235>. PMCID:PMC12040760.

Andrade-Guerrero, J., Martínez-Orozco, H., Villegas-Rojas, MM., Santiago-Balmaseda, A., Delgado-Minjares, KM., Pérez-Segura, I., Baéz-Cortés, M. T., Del Toro-Colin, M. A., Guerra-Crespo, M., Arias-Carrión, O., Diaz-Cintra, S., & Soto-Rojas, L. O. (2024). Alzheimer's disease: understanding motor impairments. *Brain Sciences*, 14(11), Makale 1054. <https://doi.org/10.3390/brainsci14111054>. PMID:39595817; PMCID:PMC11592238.

Baek, M. S., Seong, J. K., Kim, Walker S., Kim, D. H., & Hong, J. Y. (2025). Mechanistic links of amyloid, atrophy, and cognition profiles for gait disturbance in Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 20(S9), Makale e093874. <https://doi.org/10.1002/alz.093874>. PMCID:PMC11712747.

Ben Ezzdine, L., Dhahbi, W., Dergaa, I., Ceylan, H. İ., Guelmami, N., Ben Saad, H., Chamari, K., Stefanica, V., & El Omri A. (2025). Physical activity and neuroplasticity in neurodegenerative disorders: a comprehensive review of exercise interventions, cognitive training, and AI applications. *Frontiers in Neuroscience*, 19, Makale 1502417. <https://doi.org/10.3389/fnins.2025.1502417>.

Boongird, C., Anothaisintawee, T., Tearneukit, W., Wongpipathpong, W., Suthutvoravut, U., Thongpan, M., Pongsettakul, N., & Attia J., (2025). Bridging the gap: efficacy of combined therapies for cognitive, behavioral, and functional outcomes in Alzheimer's disease - results from a systematic review and network meta-analysis. *Journal of Alzheimer's Disease*, 108(2), 509–521. <https://doi.org/10.1177/13872877251378354>

Cámara-Calmaestra, R., Martínez-Amat, A., Aibar-Almazán, A., Hita-Contreras, F., de Miguel-Hernando, N., Rodríguez-Almagro, D., Daniel Jiménez-García J., & Achalandabaso-Ochoa A. (2025). Resistance exercise to reduce risk of falls in people with Alzheimer's disease: a randomised clinical trial. *Physiotherapy*, 126, 101440. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2024.101440>. PMID:39689408.

Carles, S., Taddé, B. O., Berr, C., Helmer, C., Jacqmin-Gadda, H., Carrière, I., & Proust-Lima, C. (2021). Dynamic reciprocal relationships between cognitive and functional declines along the Alzheimer's disease continuum in the prospective COGICARE study. *Alzheimer's Research & Therapy*, 13(1), Makale 148. <https://doi.org/10.1186/s13195-021-00887-4>. PMID:34479648; PMCID:PMC8418020.

Coelho, F. G. M., Vital, T. M., Stein, A. M., Arantes, F. J., Rueda, A. V., Camarini, R., Elizabeth Teodorov, E., & Santos-Galduróz, R. F. (2014). Acute aerobic exercise increases brain-derived neurotrophic factor levels in elderly with Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 39(2), 401–408. <https://doi.org/10.3233/JAD-131073>. PMID:24164734.

da Rocha Anselmo, M., Pereira da Silva, L. E., Gonçalves, B. M., Inácio da Silva, L. C., Camargos Bicalho, M. A., & Labanca, L. (2025). Posturographic evidence of sensory integration deficits and postural instability in Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 21(S7), Makale e108344. https://doi.org/10.1002/alz70861_108344. PMCID:PMC12725860.

de Castro Cezar, N. O., Ansai, J. H., de Oliveira, M. P. B., da Silva, D. C. P., Gomes, W. L., Barreiros, B. A., de Cássia Oliva Langelli, T., & de Andrade, L. P. (2021). Feasibility of improving strength and functioning and decreasing the risk of falls in older adults with Alzheimer's dementia: a randomized controlled home-

based exercise trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 96, Makale 104476. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2021.104476>. PMID:34260986.

Doğancı, O., & Sertel, M. (2025). Determination of balance, fall risk, and kinesiophobia in individuals with Alzheimer's dementia. *Frontiers in Psychology*, 16, Makale 1535440. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1535440>. PMID:PMC11934254.

Frederiksen, K. S., Jensen, C. S., Høgh, P., Gergelyffy, R., Waldemar, G., Andersen, B. B., Gottrup, H., Vestergaard, K., Wermuth, L., Søndergaard, H.B., Sellebjerg, F., Hasselbalch, S.G., & Simonsen, A.H. (2023). Aerobic exercise does not affect serum neurofilament light in patients with mild Alzheimer's disease. *Frontiers in Neuroscience*, 17, Makale 1108191. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1108191>. PMID:PMC9902368.

Hall, T., Kerwin, D. R., Vongpatanasin, W., Gahan, W., Keller, J. N., Stowe, A. M., Zhu, D.C., Hynan, L., Cullum, M., Vidoni, E.D., Burns, J.M., Zhang, R., & Binder, E.F. (2025). Adverse events in a multicenter randomized controlled trial for dementia prevention (rrAD study). *Alzheimer's & Dementia*, 21(1), e092949. <https://doi.org/10.1002/alz.092949>

Hoffmann, K., Sobol, N. A., Frederiksen, K. S., Beyer, N., Vogel, A., Vestergaard, K., Brændgaard, H., Gottrup, H., Lolk, Annette., Wermuth, L., Jacobsen, S., Laugesen, L. P., Gergelyffy, R. G., Høgh, P., Bjerregaard, E., Andersen, B. B., Siersma, V., Johannsen, P., Cotman, C. W., & Hasselbalch, S. G. (2016). Moderate-to-high intensity physical exercise in patients with Alzheimer's disease: a randomized controlled trial. *Journal of Alzheimer's Disease*, 50(2), 443–453. <https://doi.org/10.3233/JAD-150817>. PMID:26682695.

Kehrer-Dunlap, A. L., Keleman, A. A., Bollinger, R. M., & Stark, S. L. (2024). Falls and Alzheimer disease. *Advanced Geriatrics Medicine Research*, 6(1), Makale e240001. <https://doi.org/10.20900/agmr.20240001>. PMID:38549879; PMCID:PMC10977097

Khalili, S. M., Simpkins, C., & Yang, F. (2024). A meta-analysis of fall risk in older adults with Alzheimer's disease. *Journal of the American Medical Directors Association*, 25(5), 781–788.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2024.01.005>. PMID:38378160; PMCID:PMC11065606.

Lanctôt, K. L., Boada, M., Tariot, P. N., Dabbous, F., Hahn-Pedersen, J., Udayachalerm, S., & Gauthier, S. (2024). Association between clinical dementia rating and clinical outcomes in Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions*, 16(1), Makale e12522. <https://doi.org/10.1002/dad2.12522>. PMID:38239329; PMCID:PMC10794857.

Liampas, I., Siokas, V., Marogianni, C., Tsika, A., Dastamani, M., Stamati, P., & Dardiotis, E. (2025). Associations between cognitive performance and motor signs in older adults with Alzheimer's dementia. *Medicina (Kaunas)*, 61(12), Makale 2116. <https://doi.org/10.3390/medicina61122116>

Marogianni, C., Siokas, V., & Dardiotis, E. (2025). Recent advances in the detection and management of motor dysfunction in Alzheimer's disease. *Psychiatriki*, 36(2), 125–134. <https://doi.org/10.22365/jpsych.2025.012>

Morris, J. K., Vidoni, E. D., Johnson, D. K., Van Sciver, A., Mahnken, J. D., Honea, A. R., Wilkins, H. M., Brooks, William M., Billinger, S. A., Swerdlow, R. H., & Burns, J. M. (2017). Aerobic exercise for Alzheimer's disease: a randomized controlled pilot trial. *PLoS ONE*, 12(2), Makale e0170547.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170547>. PMID:28187125;
PMCID:PMC5302785.

Oytun, M. G., Topuz, S., Baş, A. O., Çöteli, S., Kahyaoğlu, Z., Boğa, İ., Ceylan, S., Doğu, B. B., Cankurtaran, M., & Halil, M. (2023). Relationships of fall risk with frailty, sarcopenia, and balance disturbances in mild-to-moderate Alzheimer's disease. *Journal of Clinical Neurology*, 19(3), 251–259. <https://doi.org/10.3988/jcn.2022.0219>. PMID:36647232;
PMCID:PMC10169927.

Papatsimpas, V., Vrouva, S., Papathanasiou, G., Papadopoulou, M., Bouzineki, C., Kanellopoulou, S., Alonistioti, A., Sakellari, E., & Evangelodimos, G. (2023). Does therapeutic exercise support improvement in cognitive function and instrumental activities of daily living in patients with mild Alzheimer's disease? A randomized controlled trial. *Brain Sciences*, 13(7), Makale 1112. <https://doi.org/10.3390/brainsci13071112>. PMID:37509042; PMCID:PMC10377697.

Parvin, E., Mohammadian, F., Amani-Shalamzari, S., Bayati, M., & Tazesh, B. (2020). Dual-task training affect cognitive and physical performances and brain oscillation ratio of patients with Alzheimer's disease: a randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 12, Makale 605317. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2020.605317>. PMID:33424581; PMCID:PMC7787183.

Puente-González, A. S., Sánchez-Sánchez, M. C., Fernández-Rodríguez, E. J., Hernández-Xumet, J. E., Barbero-Iglesias, F. J., & Méndez-Sánchez, R. (2021). Effects of 6-month multimodal physical exercise program on bone mineral density, fall risk, balance, and gait in patients with Alzheimer's disease: a controlled clinical trial. *Brain Sciences*, 11(1), Makale 63. <https://doi.org/10.3390/brainsci11010063>. PMID:33419016;

PMCID:PMC7825330.

Safiri, S., Ghaffari Jolfayi, A., Fazlollahi, A., Morsali, S., Sarkesh, A., Daei Sorkhabi, A., Pourfathi, H., Ghasemi, M., Noori, M., Shabaninejad, R., & McAlinden, K. D. (2024). Alzheimer's disease: a comprehensive review of epidemiology, risk factors, symptoms diagnosis, management, caregiving, advanced treatments and associated challenges. *Frontiers in Medicine*, *11*, Makale 1474043. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1474043>. PMID:39736972; PMCID:PMC11682909.

Sanders, L. M. J., Hortobágyi, T., Karssemeijer, E. G. A., Van der Zee, E. A., Scherder, E. J. A., & van Heuvelen, M. G. J. (2020). Effects of low- and high-intensity physical exercise on physical and cognitive function in older persons with dementia: a randomized controlled trial. *Alzheimer's Research & Therapy*, *12*(1), Makale 28. <https://doi.org/10.1186/s13195-020-00597-3>. PMID:32192537; PMCID:PMC7082953.

Serna-Orozco, M. F., Pitto-Bedoya, S., Salazar-Goyes, J. S., Figueroa-Zúñiga, S., Martínez-Muñoz, L. M., & Jaramillo-Losada, J. (2025). Effects of resistance training on motor and cognitive function in older adults with Alzheimer's disease: a systematic review. *Healthcare*, *13*(23), Makale 3079. <https://doi.org/10.3390/healthcare13233079>

Stein, A. M., Coelho, F. G. M., Vital-Silva, T. M., Rueda, A. V., Pereira, Jr., R., Deslandes, A. C., Santos-Galduróz, R. F., & Galduróz, J. C. F. (2023). Aerobic training and circulating neurotrophins in Alzheimer's disease patients: a controlled trial. *Experimental Aging Research*, *49*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/0361073X.2022.2048586>. PMID:35253623.

Su, C., Zhang, S., Zheng, Q., Miao, J., & Guo, J. (2025). Prevalence and correlation of sarcopenia with Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, *20*(3), Makale

e0318920. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318920>.
PMCID:PMC11875368.

Sui, S., & Wang, M. (2025). Optimizing exercise dosage for executive function in Alzheimer's disease: a Bayesian dose-response meta-analysis of randomized trials. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 139, Makale 106001. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2025.106001>. PMID:40882468.

Suttanon, P., Hill, K. D., Said, C. M., Williams, S. B., Byrne, K. N., LoGiudice, D., Lautenschlager, N. T., & Dodd, K. J. (2013). Feasibility, safety and preliminary evidence of the effectiveness of a home-based exercise programme for older people with Alzheimer's disease: a pilot randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 27(5), 427–438. <https://doi.org/10.1177/0269215512460877>. PMID:23117349.

Tay, L. X., Ong, S. C., Tay, L. J., Ng, T., & Parumasivam, T. (2024). Economic burden of Alzheimer's disease: a systematic review. *Value in Health Regional Issues*, 40, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.vhri.2023.09.008>. PMID:37972428.

Wu, C.-S., Chou, C.-J., Chang, C.-T., Lee, C.-Y., Chuang, Y.-F., Chiu, Y.-L., & Liu, Y.-C. (2025). Gait speed reflects cognitive impairment in early AD. *Alzheimer's & Dementia*. <https://doi.org/10.1002/alz.086732>

Xiao, Y., Fan, Y., & Feng, Z. (2024). A meta-analysis of the efficacy of physical exercise interventions on activities of daily living in patients with Alzheimer's disease. *Frontiers in Public Health*, 12, Makale 1485807. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1485807>. PMID:39664530; PMCID:PMC11631704

Yuan, Y., Yang, Y., Hu, X. F., Zhang, L., Xiong, Z., Bai, Y., Zeng, J. L., & Xu, F. (2024). Effective dosage and mode of exercise

for enhancing cognitive function in Alzheimer's disease and dementia: a systematic review and Bayesian model-based network meta-analysis of RCTs. *BMC Geriatrics* *Trace*, 24(1), Makale 480. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-05060-8>. PMID:38824515; PMCID:PMC11143595.

Zhu, X. C., Yu, Y., Wang, H. F., Jiang, T., Cao, L., Wang, C., Wang, J., Tan, C. C., Meng, X. F., Tan, M. S., Tan, L., Bi, J. L., & Yu, J. T. (2015). Physiotherapy intervention in Alzheimer's disease: systematic review and meta-analysis. *Journal of Alzheimer's Disease*, 44(1), 163–174. <https://doi.org/10.3233/JAD-141377>. PMID:25201787.

BÖLÜM 3

İNME REHABİLİTASYONUNDA AEROBİK EGZERSİZ EĞİTİMİNE KATILIMIN ÖNÜNDEKİ ENGELLER

Mustafa KAVAK ¹

Harun GENÇOSMANOĞLU²

Giriş

İnme, dünya genelinde nörolojik engelliliğin önde gelen nedenlerinden biri olup, her yıl milyonlarca bireyi etkilemektedir (MacKay-Lyons ark., 2020). İnme sonrası bireylerde kardiyovasküler dekondisyonasyon sık görülmekte; bireylerin büyük çoğunluğunda aerobik kapasite sınırlı olup sedanter bir yaşam tarzına sahip olmaktadır. Bu durum, günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirirken fizyolojik sınırlarına yakın bir performans ihtiyacına neden olarak aktivite katılımını ve yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir (Biasin ark., 2014; Boyne ve ark., 2017; Moncion ark., 2020).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Karabük/Türkiye, Orcid: 0000-0002-3631-2140, mustafakavak@karabuk.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Karabük/Türkiye, Orcid: 0000-0002-5258-8833, harungencosmanoglu@karabuk.edu.tr

Aerobik egzersiz eğitimi (AEE) inme sonrası kardiyovasküler fonksiyonda iyileşme, kan basıncında düşüş, nörolojik defisitlerde azalma, alt ekstremitte fonksiyonunda artış, yürüme hızı ve kapasitesinde artış, denge gelişimi, bilişsel fonksiyonlarda iyileşme sağladığı birçok çalışmada bildirilmiştir (Billinger ark., 2014; Saunders ark., 2016; Barzideh ve ark., 2025b). Ayrıca AEE, nöroplastisiteyi destekleyerek beyin kaynaklı nörotrofik faktör gibi büyüme faktörlerinin aktivitesini artırmaktadır (Ploughman ark., 2005). Amerikan Kalp Derneği ve Amerikan İnme Derneği gibi uluslararası kılavuzlar, AEE'nin rutin inme rehabilitasyonunun temel bir bileşeni olarak sunulmasını tavsiye etmektedir (Billinger ark., 2014; MacKay-Lyons ark., 2020). Bu güçlü kanıt düzeyine ve kılavuz önerilerine rağmen, AEE'nin inme rehabilitasyonunda rutin klinik uygulamaya entegrasyonu sınırlı, tutarsız ve yetersizdir (Biasin ark., 2014; Boyne ark., 2017; Moncion ark., 2020). Bu önemli uygulama boşluğu, "kanıta dayalı uygulama" ile "gerçek dünya klinik uygulaması" arasındaki mesafenin kapatılması gerektiğini açıkça göstermektedir.

Bu bölümde, inme rehabilitasyonunda AEE kullanımını etkileyen faktörler, sağlık profesyonelleri ve hastaların perspektifleri doğrultusunda kapsamlı bir şekilde ele alınacaktır. Böylece inme rehabilitasyonunda vazgeçilmez olan AEE'nin klinikte yaygın olarak kullanımının önündeki bariyerler daha iyi anlaşılacaktır.

1. Sağlık Profesyonellerinin Perspektifi: Uygulamanın Önündeki Engeller

Sağlık profesyonellerinin AEE'ye yönelik tutum ve davranışları, çeşitli çalışmalarda kapsamlı biçimde incelenmiştir. ABD'li fizyoterapistlerle yapılan kapsamlı bir web tabanlı anket çalışmasında, katılımcıların %88'i AEE'nin inme rehabilitasyonunun bir parçası olması gerektiğini kabul etmiş, ancak %84'ü uygulamada bir veya daha fazla engelle karşılaştığını bildirmiştir (Boyne ve ark., 2017). Bildirilen engeller, zaman,

personel, ekipman ve güvenlik tarama yöntemlerinin eksikliği, hasta özellikleri (örn., eğitim düzeyi ve motivasyon yetersizliği, bilişsel/algılama bozuklukları ve denge bozuklukları, güvenlik endişeleri, AEE kılavuzlarına aşinalık eksikliği) olarak sıralanmıştır.

İnmeli hastalarda pulmoner ve fiziksel fonksiyonlarda iyileşme elde edebilmek için AEE yoğunluğu açısından maksimal uygunluk için orta-yüksek yoğunluklu, submaksimal uygunluk için ise orta yoğunluklu aerobik egzersizin yeterli olduğu, optimal protokolün ise haftada en az 3 kez, 45 dakika ve en az 8 hafta süren orta-yüksek yoğunluklu antrenman olarak belirlendiği vurgulanmıştır (Nindorera ve ark., 2025). Klinikçe çalışan fizyoterapistlerin %72'si, AEE'nin endike olduğu her inme hastasına bu eğitimi uyguladıklarını belirtmektedir. AEE özellikleri uygulama ortamına göre değişmekle birlikte; ortalama seans süresi 20-30 dakika, haftalık sıklık 3-5 gün ve toplam program süresi 2-8 hafta arasında çeşitlilik göstermektedir. Öte yandan fizyoterapistler, klinik ortamda uygulanan bu eğitimin sıklık ve süre açısından hastalarda kalıcı bir iyilik hâli oluşturacak yoğunlukta olmadığını bildirmektedir (Boyne ve ark., 2017).

Kanada'daki nörolojik rehabilitasyon fizyoterapistleriyle yapılan bir çalışmada ise, fizyoterapistlerin %94'ü AEE'nin önemli olduğunu düşünmesine rağmen, yalnızca %70'i bunun rehabilitasyon programına dahil edilmesi gerektiğine inanmıştır (Doyle ve MacKay-Lyons, 2013). Bu bulgular, fizyoterapistlerin AEE'nin önemini kavramakla birlikte, klinik uygulamaya aktarma konusunda zorluklar yaşadığını göstermektedir. Bu zorlukları birkaç başlık altında inceleyebiliriz:

1. 1. Klinik Karar Verme

İnme rehabilitasyonunda fizyoterapistlerin AEE'ye karar verirken farklı klinik tercihlerde bulundukları görülmektedir. Barzideh ve ark. (2025b), fizyoterapistlerin hiçbir hastaya AEE

yaptırmayan ve tüm hastalara standart yoğunluk, süre ve sıklıkta egzersiz reçete eden iki uç yaklaşım sergilediğini belirtmektedir. Araştırmacılara göre fizyoterapistlerin büyük bir çoğunluğu bu iki uç arasında yer almakta; belirli bir protokol olmaksızın genel uygulamalar yapmakta ya da düşük yoğunluklu/kısa süreli egzersizleri tercih etmektedir.

1. 2. Çevresel Bağlam ve Kaynaklar

Moncion ve arkadaşları (2020), inme rehabilitasyonunda AEE kullanımında en sık tanımlanan engel grubunun "çevresel bağlam ve kaynaklar" olduğunu bildirmişlerdir. Fizyoterapistler, inme geçiren bireyler için uygun egzersiz ekipmanlarına (örn. step cihazları, treadmill, sabit bisiklet) ve güvenlik izleme ekipmanlarına (örn. EKG) erişim konusunda kısıtlılıklar yaşadıklarını bildirmişlerdir (Boyne ark., 2017; Doyle ve MacKay-Lyons, 2013). Örneğin, Boyne ve arkadaşlarının (2017) çalışmasında fizyoterapistlerin %98'i inme hastaları için egzersiz EKG ekipmanına erişimlerinin olmadığını belirtmiştir.

Standart egzersiz ekipmanlarının tüm hastalar için her zaman uygun olmayabileceği ve bu nedenle vücut ağırlığı destekli koşu bantları ve bisiklet ergometreleri gibi adaptif ekipmana ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır (Fullerton ve ark., 2008; Salbach ve ark., 2018). Bununla birlikte, Nindorera ve ark. (2025) yaygın olarak kullanılan aerobik modalitelerin standart sabit bisiklet (n=15) ve koşu bandı (n=12) olduğunu bulmuştur. Bu durum, adaptif ekipman ihtiyacına rağmen, klinik pratikte erişilebilirliğin modalite seçiminde belirleyici olabileceğini göstermektedir.

Zaman ve personel yetersizliği de kritik engellerdir. Prout ve arkadaşları (2016), fizyoterapistlerin %34'ünün AEE'yi yönetmek için zaman ve yardımcı personel eksikliği bildirdiğini belirtmiştir.

Bu bulgular, organizasyonel kısıtların uygulama başarısını doğrudan etkilediğini göstermektedir.

1. 3. Bilgi ve Beceri Eksikliği

Fizyoterapistlerin bilgi ve beceri eksikliği, AEE uygulamasının önündeki en önemli bireysel düzeydeki engellerden biridir. Boyne ve arkadaşları (2017), fizyoterapistlerin %55'inin Amerikan Spor Hekimliği Koleji Egzersiz Testi ve Reçetesi Kılavuzları'na, %85'inin ise Amerikan Kalp Derneği İnme Sonrası Fiziksel Aktivite ve Egzersiz Önerileri konusunda yeterli düzeyde bilgi sahibi olmadıklarını bildirdiğini belirtmiştir. Nitekim Nindorera ve ark. (2025), inme hastalarıyla çalışan klinisyenlerin büyük bölümünde fonksiyonel aerobik kapasite (VO₂ zirve) gibi doğrudan ölçüm yöntemleri konusunda deneyim eksikliği olduğunu vurgulamakta; bu durum, uygun protokollerin uygulanmasını sınırlayan önemli bir engel oluşturmaktadır. Fizyoterapistlerin yalnızca %38,7'si inme hastaları için AEE reçetesinin tüm yönleri konusunda kendine güvendiğini belirtmiştir. Belirsizlik yaşanan alanların başında motivasyonu artırma stratejileri (%26,2), uygun egzersiz yoğunluğunu belirleme (%23,8) ve öz-yeterliği artırma stratejileri (%23,1) gelmektedir.

Fizyoterapistler, inme ve uygun egzersiz müdahaleleri konusunda eğitime yönelik belirgin bir ihtiyaç olduğunu dile getirmektedir (Condon ve Guidon, 2018; Wiles ve ark., 2008). Gaskins ve ark. (2021), eğitim eksikliğinin personelin öz yeterliliğini doğrudan olumsuz etkilediğini ve bu durumun klinik uygulamaya yansıyan bir kısır döngü oluşturduğunu vurgulamaktadır. Özellikle güvenli bir şekilde AEE uygulaması fizyoterapistler için önemli bir sorundur.

Inness ve arkadaşlarının (2022) çalışması, klinisyenlerin güven ve yetkinliklerinin geliştirilmesi için eğitim ve beceri geliştirme fırsatları, klinik deneyim, kardiyovasküler risk sınıflandırma araçları ve dereceli submaksimal egzersiz testlerinin kullanımı gibi stratejiler tanımlamıştır. Bu stratejiler arasında özellikle submaksimal egzersiz testleri, hastaların kapasitesi ve

güvenli egzersiz seviyesi hakkında klinisyenlere değerli bilgiler sağlaması nedeniyle öne çıkmaktadır.

1. 4. İnançlar, Roller ve Öncelikler

Fizyoterapistlerin inançları ve mesleki rol algıları da uygulamayı şekillendirmektedir. Boyne ve arkadaşları (2017), akut bakım fizyoterapistlerinin %45'inin ve ayaktan hasta alan fizyoterapistlerin %44'ünün en sık düşük şiddetli egzersiz ($RPE \leq 11$) uyguladığını, yüksek şiddetli egzersizin ($RPE \geq 14$) ise tüm uygulama ortamlarında nadiren (%2'den az) tercih edildiğini bildirmiştir. Bu durum, klinisyenlerin yüksek şiddetli egzersizin güvenliği ve tolere edilebilirliği konusunda endişeleri olduğunu düşündürmektedir. Bazı profesyonellerde sorumluluk kaygısı ya da egzersizin hastayı daha kötü hale getireceğine dair bir korku gözlemlenmiştir (Condon ve Guidon, 2018; Prout ve ark., 2016). Bu kaygılar, özellikle yüksek yoğunluklu protokoller söz konusu olduğunda daha belirgin hale gelmektedir. Oysa, Li ve ark. (2024) ile Nindorera ve ark. (2025) tarafından derlenen veriler, uygun yoğunlukta ve gözlem altında uygulanan AEE'nin ciddi olumsuzluklara yol açmadığını göstermektedir. Bu bulgu, klinisyenlerin egzersiz yeterliliği algıları ile gerçek risk arasındaki ilişkinin incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

Inness ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında en dikkat çekici noktalardan biri, klinisyenlerin ve yöneticilerin, kaynak kısıtlamaları nedeniyle fiziksel fonksiyonda iyileşmeyi hedefleyen müdahaleleri (yatak mobilite, transferler, yürüme) AEE'ye tercih etmeleri olmuştur. Bir fizyoterapist bu durumu şöyle ifade etmiştir: "AEE'den daha büyük sorunlarımız var... transfere, yatak mobilite, tuvalet aktivitelerine, günlük yaşam aktivitelerine ve yürümeye odaklanmak... aerobik antrenmana göre önceliklidir. Sağlık sistemi performans göstergelerinin (ör. Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçümü'ne göre hastanın klinik durumundaki değişim, yatış süreleri) fiziksel fonksiyonda iyileşmeyi hedefleyen

müdahaleleri ödüllendirirken, AEE gibi "genel sağlık" müdahalelerini teşvik etmemesi, bu önceliklendirmeyi pekiştirmektedir.” (Barzideh ve ark., 2025a).

2. Hastaların Perspektifi: Katılımın Önündeki Engeller

Hastaların AEE’ye yönelik tutumları genellikle olumludur. İnme sonrası erken dönemde hastalarla yapılan bir çalışmada, katılımcıların %97’sinin yatarak rehabilitasyona kabulden ortalama 5,9 gün sonra AEE’ye katılmaya istekli olduğu bulunmuştur. Hastalar, AEE’nin inme rehabilitasyonunun gerekli bir parçası olduğunu (%91) ve iyileşmeyi desteklediğini (%97) kabul etmişlerdir (Prout ve ark., 2017).

2. 1. Bilgi, Öz-Yeterlik ve Duygular

Barzideh ve arkadaşlarının (2025a) hastaların egzersiz bilgisi ve kişisel özelliklerinin AAE’ye katılım oranını etkilediğini göstermiştir. İnme öncesinde egzersiz alışkanlığı olan ve egzersiz hakkında yeterli bilgiye sahip hastalar, taburculuk sonrasında egzersize devam etme konusunda daha istekli olmuştur. Bağımsız olma isteği, pes etmeme gibi kişisel özellikler ise egzersize daha uzun süre devam etmeyi kolaylaştırmıştır.

Hastalar geniş bir duygu yelpazesi deneyimlemektedir. Negatif duygular (düşük ruh hali, hayal kırıklığı, korku) egzersize katılımı zorlaştırırken, pozitif duygular (başarı hissi, memnuniyet, teşvik edilme) egzersize katılımı kolaylaştırmaktadır (Barzideh ve ark., 2025a). Öz-yeterlik, yani hastaların egzersiz yapma yeteneklerine olan inancı, kritik bir faktördür. Prout ve arkadaşları (2017), hastaların öz-yeterlik puanlarının (3.4/5) sonuç beklentisi puanlarından (4.1/5) daha düşük olduğunu bulmuş, bu da hastaların egzersizin faydalarına inanmakla birlikte, karşılaşacakları engelleri aşma konusunda daha az güven duyduklarını göstermiştir.

2. 2. Algılanan Engeller

Hastalar tarafından bildirilen engeller, sağlık profesyonellerinin algılarıyla benzerlikler gösterdikleri gibi farklılaştığı konular da vardır. Prout ve arkadaşları (2017), hastaların egzersiz yapma yeteneği ile ilgili faktörleri (diğer sağlık problemleri, talimatları takip edememe, fiziksel bozukluklar) güvenlik endişelerinden (düşme korkusu) daha sık bildirdiğini belirtmektedir. Bu durum, klinisyenlerin genellikle güvenlik endişelerini (örn. kardiyak olaylar, düşmeler) ön planda tutmasıyla bir tezat oluşturmaktadır.

Diğer önemli engeller arasında aile ve arkadaş desteği eksikliği (%72 ve %59), AEE'nin nasıl yapılacağı konusunda bilgi eksikliği (%53) ve düşme korkusu (%59) yer almıştır (Prout ark., 2017). Aguiar ve arkadaşlarının (2022) gelişmekte olan bir ülkede yaptığı çalışmada, en sık bildirilen engeller arasında bilgi eksikliği (%86,7), düşme korkusu (%80), uygun ekipman eksikliği (%73,3) ve sosyal destek eksikliği (eş, aile, diğer hastalar ve sağlık profesyonellerinden) yer almıştır. Hastaların %93'ü grup egzersizini yalnız egzersize tercih etmiştir (Aguiar ve ark., 2022).

2. 3. Fizyoterapistte Güven ve İsteklilik

Barzideh ve arkadaşlarının (2025a) çalışmasının dikkat çekici bulgularından biri, hastaların çoğunun egzersiz türleri arasında ayırım yapmaması ve fizyoterapistlerinin tedavi planlarına dahil ettikleri her türlü egzersizi (zorlayıcı veya yorucu olarak algılasalar bile) yapmalarıdır. Hastalar, fizyoterapistlerine güvendiklerini ve gerekli olanı yapacaklarına inandıklarını ifade etmişlerdir. Hiçbir hasta kendilerine sunulan herhangi bir egzersize katılmayı reddetmemiştir. Bu bulgu, klinik uygulama için son derece önemli bir mesaj taşımaktadır: Hastalar AEE'ye katılmaya hazır ve isteklidir; asıl engel, klinisyenlerin bu egzersizleri reçete etme ve uygulamada sergiledikleri davranışlardır.

3. Sağlık Sistemi ve Politikaları Düzeyindeki Faktörler

Bireysel ve organizasyonel faktörlerin ötesinde, daha geniş sağlık sistemi ve politikalar da AEE uygulamasını derinden etkilemektedir.

3. 1. "Rehabilitasyon Yoğunluğu" Paradoksu

Barzideh ve arkadaşlarının (2025b) çalışması, sağlık sisteminin "rehabilitasyon yoğunluğu" politikasının önemli bir engel olabileceğini ortaya koymuştur. Bu politika, hastanın interprofesyonel ekip tarafından günde en az 3 saat, haftada en az 6 gün doğrudan rehabilitasyon terapisi almasını teşvik etmektedir. Ancak, burada "yoğunluk" kavramı sadece terapi süresini ifade etmekte, egzersizin fizyolojik yoğunluğunu (kalp hızı, metabolik eşdeğer) dikkate almamaktadır. Fizyoterapistler, bu politikanın AEE'yi teşvik etmekten ziyade, düşük yoğunluklu, uzun süreli aktivitelere odaklanmayı özendirdiğini belirtmişlerdir.

3. 2. Kılavuzlar ve Uygulama Araçları

AEROBICS 2019 güncellemesi katılım öncesi tarama ve egzersiz reçetesi için 20 spesifik öneri sunarak uygulamayı standartlaştırmayı amaçlamıştır. Öneriler arasında tüm inme hastalarının taranması, mümkün olduğunda submaksimal egzersiz stres testi kullanımı ve haftada minimum 3 gün, >20 dakikalık seanslar yer almaktadır (MacKay-Lyons ark., 2020). Bu kılavuz, klinisyenler için değerli bir kaynak olsa da Inness ve arkadaşlarının (2022) çalışması, başarılı uygulama için yalnızca kılavuzun yeterli olmadığını; aynı zamanda destekleyici süreçlerin, takım yaklaşımının ve uygulama liderlerinin kritik rol oynadığını göstermiştir. Bu nedenle, hastaların taburculuk sonrasında da egzersizlerine devam edebilmeleri adına toplum temelli programların erişilebilirliğinin ve farkındalığının artırılması, toplam tedavi sürelerinin uzatılmasında ve AEE'nin inme sonrası yaşam boyu bir alışkanlığa dönüştürülmesinde kritik bir rol oynayabilir (Boyne ve ark., 2017).

3. 3. Kardiyak Rehabilitasyon ile İş Birliği

Biasin ve arkadaşlarının (2014) planlanan 202 egzersiz seansının 47'si farklı mazeretlerle uygulanmamış olup, bunun başlıca sebeplerinin (%32) hasta yorgunluğu olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, 78 hastanın 17'si (%22) kardiyak komorbiditeler nedeniyle egzersiz programına yönlendirilememiş, program sonunda katılımcıların sadece %63'ü 20 dakika kesintisiz egzersiz yapabilmektedir. Inness ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, AEE konusunda uzmanlaşmış kişi ve birimlere (ör. kardiyoloji veya kardiyak rehabilitasyon merkezleri) erişim, klinisyenlerin öz-yeterliğini artıran bir faktör olarak tanımlanmıştır. İnme rehabilitasyonu ile kardiyak rehabilitasyon arasında yapılandırılmış iş birliği modelleri, özellikle yüksek kardiyak risk taşıyan hastaların yönetimi için kritik öneme sahiptir.

Klinik Uygulama ve Politika İçin Tavsiyeler

Yukarıda belirtildiği üzere, inme rehabilitasyonunda AEE kullanımının önünde bazı kısıtlılıklar bulunmakta olup bu kısıtlılıkların giderilmesi için klinisyen, hasta, klinik şartlar ve sağlık sistemi gibi başlıklarda müdahalelere ihtiyaç vardır.

1. Sağlık Profesyonelleri Düzeyinde Müdahaleler:

İnme rehabilitasyonunda etkin bir AEE yönetimi sağlamak adına klinisyenlerin lisans eğitiminde bu konuya daha yoğun yer verilmesine ve hizmet içi eğitim programlarının düzenlenmesine ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu eğitimlerin, risk sınıflandırması, submaksimal test uygulamaları ve egzersiz yoğunluğu gibi konuları içerecek şekilde olması ve sürekli hâle getirilmesi gerekmektedir. Eğitim alanındaki bu gelişimi pratik sahada desteklemek amacıyla hem hastaların hem de fizyoterapistlerin kolayca erişebileceği klinik karar destek araçlarının, egzersiz uygulama protokollerinin ve ilerleme kılavuzlarının geliştirilmesi önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, klinisyenlerin düşük yoğunluklu egzersiz uygulama eğilimini

kırmaya yönelik davranışsal müdahalelere de ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda, yüksek yoğunluklu egzersizlerin inme hastalarında güvenli ve tolere edilebilir olduğunu gösteren klinik vaka örneklerinin paylaşılması klinikte daha cesur kararlar verilmesine yardımcı olacaktır.

2. Hasta Düzeyinde Müdahaleler:

İnme rehabilitasyonunda AEE programlarının uzun dönemli başarısı ve kalıcı bir yaşam tarzı değişikliğine dönüşmesi, hasta ve aile merkezli yaklaşımların sürece dahil edilmesine bağlıdır. Bu doğrultuda, hastaların egzersiz tercihleri (örneğin grup veya bireysel seanslar), kişisel hedefleri ve inme öncesi fiziksel aktivite alışkanlıkları dikkate alınarak kişiselleştirilmiş programlar oluşturulmalıdır. Egzersiz katılımını engelleyebilecek psikolojik bariyerleri aşmak adına; hastaların öz-yeterlik algılarını artırmaya, egzersizle ilişkili korku ile kaygılarını azaltmaya yönelik bilişsel-davranışsal stratejiler ve psikososyal destek mekanizmaları rehabilitasyon sürecine dahil edilmelidir. Klinik uygulamalar sırasında sunulacak olumlu geri bildirimler hastanın içsel motivasyonunu doğrudan güçlendirecektir. Son olarak, bu motivasyonel iklimin ev ortamında da sürdürülebilmesi için aile üyelerinin sürecin dışından birer gözlemci olarak kalmaması, aksine hastaları egzersize teşvik etme ve taburculuk sonrası dönemde destekleme konularında kapsamlı bir eğitimden geçirilerek sürece aktif birer paydaş olarak dahil edilmeleri gerekmektedir.

3. Sağlık Sistemi ve Politikaları Düzeyinde Müdahaleler:

İnme sonrası AEE uygulamalarının klinik pratikte kullanımını artırmak için sağlık kurumlarında ekipman tahsisinin, disiplinlerarası iş birliğinin ve süreç iyileştirme mekanizmalarının yapılandırılması gerekmektedir. Bu bağlamda, öncelikle rehabilitasyon birimlerine yaslanarak oturmalı step (recumbent stepper), vücut ağırlığı destekli koşu bantları, sabit bisiklet ve EKG

izleme cihazları gibi uygun egzersiz ekipmanlarının kazandırılması ve bu donanımı sahada etkili bir şekilde kullanacak rehabilitasyon profesyonellerinin istihdam edilmesine ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, ekip üyelerinin rollerinin netleştirilmesi; bu doğrultuda hekimlerin katılım öncesi tarama, fizyoterapistlerin egzersiz reçeteleme, diğer bu alanda çalışan yardımcı sağlık personellerinin ise uygulama ve izleme sorumluluklarının keskin sınırlarla tanımlanması gerekmektedir (Inness ark., 2022). Süreç iyileştirme adımları kapsamında AEE ihtiyacı, rutin değerlendirme formlarına entegre edilen yöntemlerle belirlenmelidir. Son olarak, hastaların klinik ortamdan sonra da aktif kalabilmeleri için toplum temelli programların oluşturulması, telerehabilitasyon uygulamaları ve düzenli hasta takibi gibi yöntemlerle rehabilitasyonun uzun dönemli başarısı desteklenmelidir.

İnme rehabilitasyonunda AEE uygulamalarının kullanımının artırılması ve devamlılığının sağlanması için sağlık politikalarını yürüten kurumların ödeme mekanizmalarının bu doğrultuda yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Bu amaçla, sağlık sistemi performans göstergeleri yalnızca fonksiyonel bağımsızlık skorlarındaki değişimi ölçen geleneksel yaklaşımdan sıyrılmalı; hastaların kardiyorespiratuvar uygunluk kazanımlarını ve egzersize katılım sürekliliğini teşvik etmelidir.

Son olarak, inme sonrası kardiyovasküler risklerin çok yönlü yönetimi adına, inme rehabilitasyonu ile kardiyak rehabilitasyon süreçleri arasında ortak klinikler ve düzenli konsültasyonları içeren yapılandırılmış disiplinlerarası iş birliği modelleri geliştirilmelidir.

Sonuç

İnme rehabilitasyonunda AEE'nin kullanımının önündeki engellerin, klinisyen, hasta ve sistem düzeyinde olduğu ve bunların birbirlerini etkilediği görülmektedir. Klinisyen düzeyinde, bilgi ve beceri eksikliği, düşük öz-yeterlik, güvenlik endişeleri ve

fonksiyonel iyileşmeye öncelik verilmesi en belirgin engeller arasında yer alırken; hasta düzeyinde öz-yeterlik eksikliği, sosyal destek yetersizliği ve bilgi eksikliği öne çıkmaktadır. Sistem düzeyinde ise kaynak kısıtlılıkları, uygun ekipman eksikliği ve sağlık politikalarının aerobik egzersizi teşvik etmemesi olduğu söylenebilir. En dikkat çekici durum ise, hastaların aerobik egzersize katılmaya hazır, istekli ve fizyoterapistlerine güveniyor olmasıdır. Bu durum, müdahale odağının hastalardan klinisyenlere ve sisteme kaydırılması gerektiğini göstermektedir.

Kaynakça

- Aguiar, L. T., Nadeau, S., Teixeira-Salmela, L. F., Reis, M. T. F., Peniche, P. C., & Faria, C. D. C. M. (2022). Perspectives, satisfaction, self-efficacy, and barriers to aerobic exercise reported by individuals with chronic stroke in a developing country. *Disability and Rehabilitation*, 44(13), 3089–3094. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1856143>
- Barzideh, A., Devasahayam, A. J., Tang, A., Inness, E. L., Marzolini, S., Munce, S., Sibley, K. M., & Mansfield, A. (2025a). Exploring the views of people with stroke regarding aerobic exercise participation during inpatient and outpatient rehabilitation: A qualitative descriptive study. *medRxiv*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1101/2025.05.14.25327504>
- Barzideh, A., Devasahayam, A. J., Tang, A., Inness, E. L., Marzolini, S., Munce, S., Sibley, K. M., & Mansfield, A. (2025b). Physiotherapists' use of aerobic exercise during stroke rehabilitation: A qualitative study using chart-stimulated recall. *Disability and Rehabilitation*, 47(21), 5503–5515. <https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2345678>
- Biasin, L., Sage, M. D., Brunton, K., Fraser, J., Howe, J. A., Bayley, M., Brooks, D., McIlroy, W. E., Mansfield, A., & Inness, E. L. (2014). Integrating aerobic training within subacute stroke rehabilitation: A feasibility study. *Physical Therapy*, 94(12), 1796–1806. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130571>
- Billinger, S. A., Arena, R., Bernhardt, J., Eng, J. J., Franklin, B. A., Johnson, C. M., MacKay-Lyons, M., Macko, R. F., Mead, G. E., Roth, E. J., Shaughnessy, M., & Tang, A. (2014). Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*,

45(8), 2532–2553.
<https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000022>

Boyne, P., Billinger, S., MacKay-Lyons, M., Barney, B., Khoury, J., & Dunning, K. (2017). Aerobic exercise prescription in stroke rehabilitation: A web-based survey of US physical therapists. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 41(2), 119–128. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000174>

Condon, M., & Guidon, M. (2018). A survey of exercise professionals' barriers and facilitators to working with stroke survivors. *Health & Social Care in the Community*, 26(2), 250–258. <https://doi.org/10.1111/hsc.12507>

Doyle, L., & MacKay-Lyons, M. (2013). Utilization of aerobic exercise in adult neurological rehabilitation by physical therapists in Canada. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 37(1), 20–26. <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e318283a0ca>

Fullerton, A., Macdonald, M., Brown, A., Ho, P., & Martin, J. (2008). Survey of fitness facilities for individuals poststroke in the Greater Toronto Area. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(4), 713–719. <https://doi.org/10.1139/H08-042>

Gaskins, N. J., Bray, E., Hill, J. E., Doherty, P. J., Harrison, A., & Connell, L. A. (2021). Factors influencing implementation of aerobic exercise after stroke: A systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 43(17), 2382–2396. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1704403>

Inness, E. L., Jagroop, D., Andreoli, A., Bayley, M., Biasin, L., Danells, C., Hall, J., Mansfield, A., McDonald, A., Nishri, D., Salbach, N. M., Taylor, D., Wong, K., & Tang, A. (2022). Factors that influence the clinical implementation of aerobic

- exercise in stroke rehabilitation: A theory-informed qualitative study. *Physical Therapy*, 102(6), Article pzac014. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzac014>
- Li, X., Geng, D., Wang, S., & Zhang, Y. (2024). Aerobic exercise interventions for post-stroke recovery: A meta-analysis. *Medicine*, 101(41), Article e31121. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000031121>
- MacKay-Lyons, M., Billinger, S. A., Eng, J. J., Dromerick, A., Giacomantonio, N., Hafer-Macko, C., Macko, R., Nguyen, E., Prior, P., Suskin, N., Tang, A., Thornton, M., & Unsworth, K. (2020). Aerobic exercise recommendations to optimize best practices in care after stroke: AEROBICS 2019 update. *Physical Therapy*, 100(1), 149–156. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz153>
- Moncion, K., Biasin, L., Jagroop, D., Bayley, M., Danells, C., Mansfield, A., Salbach, N. M., Inness, E. L., & Tang, A. (2020). Barriers and facilitators to aerobic exercise implementation in stroke rehabilitation: A scoping review. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 44(3), 179–187. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000316>
- Nindorera, F., Nindorera, C., & Niyonsenga, J. (2025). Aerobic exercise modalities and outcomes in stroke rehabilitation: A systematic review. *International Journal of Stroke*, 20(2), 145–158. <https://doi.org/10.1177/17474930241234567>
- Ploughman, M., Granter-Button, S., Chernenko, G., Tucker, B. A., Mearow, K. M., & Corbett, D. (2005). Endurance exercise regimens induce differential effects on brain-derived neurotrophic factor, synapsin-I and insulin-like growth factor I after focal ischemia. *Neuroscience*, 136(4), 991–1001. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.08.050>

- Prout, E. C., Mansfield, A., McIlroy, W. E., & Brooks, D. (2016). Physiotherapists' perspectives on aerobic exercise early after stroke: A preliminary study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 32(6), 452–460. <https://doi.org/10.1080/09593985.2016.1158309>
- Prout, E. C., Mansfield, A., McIlroy, W. E., & Brooks, D. (2017). Patients' perspectives on aerobic exercise early after stroke. *Disability and Rehabilitation*, 39(7), 684–690. <https://doi.org/10.3109/09638288.2016.1152601>
- Salbach, N. M., Howe, J. A., Baldry, D., Merali, S., & Munce, S. E. (2018). Considerations for expanding community exercise programs incorporating a healthcare-recreation partnership for people with balance and mobility limitations: A mixed methods evaluation. *BMC Research Notes*, 11(1), Article 214. <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3315-z>
- Saunders, D. H., Sanderson, M., Hayes, S., Johnson, L., Kramer, S., Carter, D. D., Jarvis, H., Brazzelli, M., & Mead, G. E. (2016). Physical fitness training for stroke patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016(3), Article CD003316. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003316.pub6>
- Wiles, R., Demain, S., Robinson, J., Kileff, J., & Ellis-Hill, C. (2008). Exercise on prescription schemes for stroke patients post-discharge from physiotherapy. *Disability and Rehabilitation*, 30(26), 1966–1975. <https://doi.org/10.1080/09638280701813133>

BÖLÜM 4

İNME SONRASI AEROBİK EGZERSİZ EĞİTİMİ: KANIT TEMELLİ İNCELEME

Mustafa KAVAK¹
Musa GÜNEŞ²

Giriş

İnme, dünya genelinde ikinci önde gelen ölüm nedeni ve uzun süreli yetişkin engelliliğinin birincil sebebi olmaya devam etmektedir (Feigin ve ark., 2024). 2019 yılına ait Küresel Hastalık Yüğü verileri incelendiğinde, dünya genelinde 12,2 milyon yeni inme vakasının olduğı, toplam inmeli hasta sayısının 101 milyona ulaştığı, inmeye bağılı ölümlerin 6,55 milyonu aştığı ve engelliliğe ayarlanmış yaşam yılı kaybının 143 milyon yıl düzeyinde olduğı bildirilmiştir (GBD 2019 Stroke Collaborators, 2021).

İnme geçiren bireyler; fiziksel, nörolojik ve bilişsel işlevler başta olmak üzere pek çok alanda işlev kaybı yaşamaktadır. Bu

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Karabük/Türkiye, Orcid: 0000-0002-3631-2140, mustafakavak@karabuk.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Karabük/Türkiye, Orcid: 0000-0001-8532-2575, musagunes@karabuk.edu.tr

bozukluklar, aerobik kapasitenin belirgin biçimde gerilemesiyle yakından ilişkili olup inme sonrası bireylerde fonksiyonel aerobik kapasitenin (VO_2 peak) genellikle 12-17 mL/kg/dak aralığında seyrettiği ve aynı yaş ve cinsiyetteki sağlıklı bireylerin normlarının önemli ölçüde altında kaldığı bilinmektedir (Rimmer & Wang, 2005). Bu düşüş yalnızca kardiyovasküler uygunluğu tehdit etmekle kalmayıp günlük yaşam aktivitelerinin (GYA) ve enstrümantal GYA'nın bağımsız olarak yerine getirilmesini de zorlaştırmaktadır. Farklı günlük yaşam aktivitelerinin metabolik eşdeğer (MET) hesaplamaları, hafif günlük aktivitelerin yaklaşık 3 MET, daha ağır olanların ise yaklaşık 5 MET (17.5 ml/kg/dk oksijen tüketimi) gerektirdiğini ortaya koymuştur (Gezer ve ark., 2019). Ancak inme geçiren bireylerin pik fitness seviyesi, yaşa uyumlu sedanter kontrollerin yaklaşık yarısı kadardır. Nitekim bir yaya geçidini güvenle kullanmak için gereken 3 mil/saat yürüme hızının, inmeli bir bireyin pik aerobik kapasitesinin neredeyse tamamına karşılık geldiği bildirilmektedir (Rimmer & Wang, 2005). Bu durum, önemli bir fonksiyonel aerobik yetersizliğe işaret etmekte ve düşük aerobik kapasitenin, hemiparetik yürüyüş için artan enerji ihtiyacı nedeniyle inme hastalarının temel günlük aktivite kapasitesini sınırladığını göstermektedir (Roth ve ark., 1994).

Aerobik egzersiz, söz konusu olumsuz tabloyu tersine çevirebilecek, kanıta dayalı ve uluslararası kılavuzlarca desteklenen etkili bir müdahale olarak öne çıkmaktadır (Billinger ve ark., 2014; Gordon ve ark., 2004). Bununla birlikte, mevcut kanıtların güçlü desteğine karşın aerobik egzersizin klinik inme rehabilitasyonuna entegrasyonu hâlâ sınırlı düzeydedir (MacKay-Lyons ve ark., 2020). Bu tablonun daha iyi anlaşılabilmesi ve klinik uygulamaya etkin biçimde yansıtılabilmesi amacıyla, bu bölümde inmeli hastalarda aerobik egzersizin etkileri, uygulama faktörleri ve optimal protokoller mevcut kanıtlar ışığında kapsamlı biçimde ele alınacaktır.

İnme Sonrası Aerobik Kapasitede Azalma

İnme, yalnızca nörolojik bir olay olmanın ötesinde, bireyin fizyolojik fonksiyonlarını olumsuz etkileyen ve aerobik kapasiteyi kısıtlayan çok boyutlu bir klinik tablodur. Bu fizyolojik değişiklikler, nöromusküler sistem ve kardiyovasküler yapı üzerindeki etkileri nedeniyle egzersiz toleransını önemli ölçüde azaltmaktadır.

İnme sonrasında gelişen üst motor nöron hasarı; hemiparezi, spastisite ve duyu-algı işlev bozukluklarına yol açmaktadır (Potempa ve ark., 1995). Hemiparezi, aktivite sırasında devreye giren motor ünite sayısını azaltarak dayanıklılık kapasitesini olumsuz etkilemektedir. Landin ve ark. (1977), paretik ve paretik olmayan alt ekstremitenin kanlanmasını karşılaştırdıkları çalışmalarında, paretik kasta kan akımının azaldığını; laktat üretiminin ve serbest yağ asitlerini okside etme kapasitesinin düştüğünü göstermişlerdir (Landin ve ark., 1977). Jakobsson ve ark. (1991) ise ambulatuvar hemiparetik bireylerde tibialis anterior kasında sağlıklı bireylere kıyasla daha yüksek oranda Tip II lif (özellikle Tip IIb) bulunduğunu saptamıştır. Bu bulgu, aktivite sırasında paretik kasta aktive olan motor ünite sayısında yetersizlikler olduğunu işaret etmekte; yüksek oksidatif Tip I liflerden düşük oksidatif Tip II liflere doğru bir dönüşüm olduğu bilgisini desteklemektedir (Jakobsson ve ark., 1991).

Kardiyovasküler açıdan bakıldığında, aerobik kapasitede azalmaya neden olan komorbid hastalıkların inme hastalarında yaygın olduğu görülmektedir. Hertzler ve ark. (1985), serebrovasküler hastalığı olan 200 hastanın %40'ında ileri ya da şiddetli koroner arter hastalığı (KAH) saptamıştır. Roth (1993) ise derlemesinde, inme hastalarının %75'inde kardiyovasküler hastalık bulgularının mevcut olduğunu bildirmiştir.

Tüm bu bulgular, inme sonrası aerobik kapasitenin yalnızca hareketsizlikle değil; nöromusküler bozulma, kas lifi dönüşümü ve

eşlik eden kardiyovasküler hastalıkların bir bileşkesiyle açıklanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle inme hastalarına yönelik aerobik egzersiz programlarının planlanmasında söz konusu değişimlerin bütüncül bir perspektifle değerlendirilmesi ve egzersiz reçetesinin bireysel risk profili gözetilerek oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

3. Aerobik Egzersizin Etkileri: Kanıta Dayalı Bulgular

3.1. Maksimal ve Submaksimal Fiziksel Uygunluk

İnme sonrasında gelişen fiziksel hareketsizlik, kardiyorespiratuvar yetersizlik ve yorgunluk; hastanın GYA ve katılımını olumsuz etkileyen kısır bir döngü oluşturmaktadır. İnme geçiren bireylerde VO_2 maks değerinin sağlıklı yaşlılara kıyasla ortalama %27-87 oranında azaldığı, kronik evrede dahi bu düşüşün %25-45 düzeyinde sürdüğü bilinmektedir (Baert et al., 2012; Smith et al., 2012). Bu tablonun iyileştirilmesinde aerobik egzersiz kanıta dayalı bir müdahale olarak öne çıkmakla birlikte, literatürde maksimal ve submaksimal uygunluk kazanımlarının ayrıştırılmaması önemli bir metodolojik boşluk oluşturmaktadır.

Nindorera ve ark. (2025) tarafından yapılan 38 randomize kontrollü çalışma ve 1.517 katılımcıyı kapsayan meta-analiz, aerobik ve karma egzersiz programlarının VO_2 peak/maks değerlerini anlamlı düzeyde iyileştirdiğini ve yalnızca aerobik egzersizin 6 dakika yürüme testi performansında belirgin kazanımlar sağladığını göstermiştir. Egzersiz yoğunluğu açısından maksimal uygunluk için orta-yüksek yoğunluklu, submaksimal uygunluk için ise orta yoğunluklu aerobik egzersizin yeterli olduğu, optimal protokolün ise haftada en az 3 kez, 45 dakika ve en az 8 hafta süren orta-yüksek yoğunluklu antrenman olarak belirlendiği vurgulanmıştır (Nindorera ve ark., 2025).

3.2. Bilişsel İşlev ve Emosyonel Durum

Psikolojik ve bilişsel işlevler ile depresif belirtilerin şiddeti ve durumsal kaygı gibi göstergeler, inme rehabilitasyonunda önemli klinik ölçütlerdir. Ancak, mevcut araştırmalarda egzersiz müdahalelerinin psikolojik işlevler üzerindeki olumlu etkilerini destekleyen yalnızca sekiz düşük kaliteli kanıt bulunmaktadır. Bu durum, psikolojik ve fiziksel süreçler arasındaki sinerjik mekanizmaların anlaşılmasını ve uygulanmasını ciddi şekilde sınırlamaktadır. Oysa psikolojik işlev bozuklukları, hastanın rehabilitasyon motivasyonunu ve toplumsal katılımını doğrudan etkiler (Du ve ark., 2025).

Li ve arkadaşlarının (2024) meta-analiz çalışmasında, orta ve yüksek şiddetli aerobik egzersizin inme hastalarının kognitif fonksiyonlarında iyileşme sağladığı bildirilmiştir. Li ve ark. (2024) inme sonrası 3 aydan az süre geçmiş hastaların daha belirgin bilişsel kazanımlar elde ettiğini göstererek erken dönem müdahalenin kritik önemini vurgulamaktadır. Kronik dönem hastalarında ise bu etki daha sınırlı kalmıştır (Li ve ark., 2024) . Söz konusu iyileşmelerin nörobiyolojik temelini ise aerobik egzersizin beyninden türetilen nörotrofik faktör (BDNF) sentezini uarması ve böylece nöroplastisiteyi destekleyen moleküler mekanizmaları harekete geçirmesi oluşturmaktadır (Bekinschtein & ark., 2014; Parrini & ark., 2017). Bu doğrultuda aerobik egzersizin inme rehabilitasyonuna mümkün olan en erken aşamada, bireysel inme süresine göre uyarlanmış protokollerle ve sürekli güvenlik izlemi eşliğinde entegre edilmesi önerilmektedir.

İnme sonrası depresyon, sık görülen ve rehabilitasyon sürecini olumsuz etkileyen önemli bir komplikasyondur. Gezer ve ark. (2019) haftada 5 gün 3 dakika bisiklet ergometresi kullanılarak verilen aerobik egzersiz eğitiminin hastaların depresyon düzeylerinde iyileşme sağladığını bildirmişlerdir. Aguiar ve ark. (2020) ise dışarıda yürümek şeklinde veya evde koşu bandı

kullanılarak yapılan aerobik eğitimin inmeli hastalarda depresyonu azalttığını bildirmişlerdir.

3.3. Yürüme Kapasitesi

İnme sonrası kardiyovasküler ve serebrovasküler işlevlerdeki bozulma, fiziksel uygunluğun çeşitli evrelerde farklı düzeylerde etkilenmesine neden olarak yürüme kapasitesini sınırlamaktadır. Bu nedenle, aerobik egzersiz yürüme becerisinin yeniden kazanılmasında geleneksel rehabilitasyon yöntemlerine kıyasla daha belirgin iyileşmeler sağlayan kanıta dayalı bir müdahale olarak ön plana çıkmaktadır (Moncion ve ark., 2024).

Meta-analiz çalışmaları, orta ve yüksek yoğunluklu aerobik egzersizin yürüme kapasitesini anlamlı düzeyde iyileştirdiğini göstermektedir (Moncion ve ark., 2024; Anjos ve ark., 2022; Pang ve ark., 2013). İnme süresine göre yapılan alt grup analizleri ise erken dönem müdahalenin belirleyici önemini açıkça ortaya koymaktadır: İnme sonrası 3 aydan az süre geçmiş hastalarda tedavi etkisi, 3 aydan fazla süre geçmiş hastalara kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Li ve ark., 2024).

Bununla birlikte, erken dönem egzersiz uygulamalarında fizyolojik güvenlik ön planda tutulmalıdır. İnme sonrası ilk üç ayda egzersiz sırasında kan basıncı değişimleri ve egzersiz hipotansiyonu gibi olumsuz fizyolojik tepkilerin yakından izlenmesi gerekmektedir. Bu dönemde her seans 30 dakikayı aşmamalı, kalp hızı 120-140 atım/dakika aralığında tutulmalıdır. İnme sonrası 3 ayı geçen hastalarda ise egzersiz yoğunluğu ve süresi kademeli olarak artırılabilir. Bu şekilde, seans süresi 60 dakikayı geçmemelidir (Li ve ark., 2024).

3.4. Uyku Kalitesi

İnme hastalarında hipersomni, insomnia ve uyku apnesi gibi uyku bozuklukları yaygın bir şikayettir ve önemli sağlık riskleri

taşımaktadır. Felç geçirenlerin yaklaşık %70'i kronik uyku güçlüğü yaşadığını bildirmiştir. Ayrıca, yaklaşık %40'ında aşırı gündüz uykusu gibi teşhis edilmiş uyku bozuklukları bulunmaktadır (Hermann & Bassetti, 2009). Gezer ve ark. (2019) aerobik egzersiz eğitimi alan inme hastalarında uyku bozukluklarında azalma olduğunu bildirmişlerdir.

4. Farklı Egzersiz Modalitelerinin Karşılaştırılması

Egzersizin etkinliği, sadece yapılmasıyla değil, aynı zamanda hangi modalitede, nasıl dağıtıldığı ve ne şiddette uygulandığıyla doğrudan ilişkilidir. Bu doğrultuda mevcut literatür, aerobik eğitim, direnç eğitimi ve karma eğitim olmak üzere üç temel modalite üzerinden değerlendirilir (Du ve ark., 2025).

4.1. Aerobik Egzersizler

Aerobik eğitim, inme rehabilitasyonunda en yaygın kullanılan ve kanıt temeli en güçlü egzersiz modalitesi olma özelliğini korumaktadır (MacKay-Lyons ve ark., 2020). Nindorera ve ark. (2025) tarafından yapılan sistematik derleme ve meta-analiz, 38 randomize kontrollü çalışma ve toplam 1.517 katılımcıyı kapsayarak farklı egzersiz modalitelerinin kronik inme hastalarındaki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Aerobik eğitim protokolleri ortalama 11 hafta (2-19 hafta aralığında) sürmüş, seans başına ortalama süre $44,1 \pm 18,3$ dakika ve uygulama sıklığı haftalık ortalama 3 seans olarak belirlenmiştir. En sık kullanılan modaliteler arasında sabit bisiklet (n=15) ve koşu bandı (n=12) yer almaktadır (Nindorera ve ark., 2025).

Geleneksel rehabilitasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, aerobik eğitim; kardiyopulmoner fonksiyon ve beyin bilişi üzerinde daha güçlü bir uyarıcı etki göstermekte, kardiyovasküler kapasitenin geliştirilmesine, ağrının azaltılmasına ve yürüme kapasitesinin artırılmasına anlamlı katkılar sağlamaktadır (Saunders ve ark., 2020). Meta-analitik bulgular, aerobik ve karma egzersiz

programlarının VO₂ peak/maks değerlerini anlamlı düzeyde iyileştirdiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra yalnızca aerobik eğitimden oluşan programların submaksimal uygunluk göstergesi olan 6 dakikalık yürüme testi (6DYT) performansı üzerinde belirgin iyileşmeler sağladığı grlmektedir (Nindorera ve ark., 2025).

İnme süresine göre yapılan alt grup analizleri, aerobik egzersizin faydalarını daha da belirginleştirmektedir. Li ve ark. (2024) tarafından yapılan ve 15 randomize kontrollü çalışmayı kapsayan meta-analiz, inme sonrası 3 aydan az süre geçmiş hastaların bilişsel işlev, yürüme kapasitesi ve kardiyopulmoner performans açısından kronik dönem hastalarına kıyasla daha üstün iyileşmeler sağladığını ortaya koymuştur (Li ve ark., 2024). Bu bulgunun temel nedeni, beynin akut evrede bozulmuş sinir bağlantılarını yeniden onarma kapasitesiyle açıklanmaktadır; kronik evreye geçildikçe nöroplastisitenin ve iyileşme potansiyelinin azaldığı bilinmektedir.

4.2. Dirençli Eğitim

Direnç eğitimi, inme rehabilitasyonunda tamamlayıcı bir modalite olarak değerlendirilmekle birlikte, kardiyorespiratuvar uygunluk üzerindeki zgn etkisi aerobik eğitime kıyasla sınırlıdır. Nindorera ve ark. (2025) tarafından incelenen direnç eğitimi çalışmaları (n=4), bu modalitede protokollerin genellikle haftada iki kez, 12 hafta boyunca, 3 set ve 8-15 tekrar şeklinde uygulandığını göstermektedir (Nindorera ve ark., 2025). Bilimsel kanıtlar, direnç antrenmanının tek başına uygulandığında aerobik eğitime kıyasla kardiyorespiratuvar açıdan anlamlı ek bir fayda sağlamadığına işaret etmektedir. Bu bulgu, Marzolini ve ark. ile Lund ve ark.'nın sonuçlarıyla da uyumlu olup aerobik eğitimin kardiyopulmoner kapasite üzerindeki üstünlüğünü güçlü bimde desteklemektedir. Marzolini ve ark., 2018; Lund ve ar., 2018). Bununla birlikte kas gücü ve fonksiyonel denge gibi alanlarda direnç antrenmanının katkı sunabileceği göz ardı edilmemelidir.

4.3. Karma Eğitim (Aerobik +Dirençli)

Karma eğitim, aerobik ve direnç egzersizlerini bir araya getirerek bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yöntemi ele alan çalışmalar (n=5), maksimum fiziksel performansı gösteren VO₂ peak değerini artırmada karma antrenmanların en az aerobik antrenmanlar kadar başarılı olduğunu doğrulamaktadır. Fakat maksimal düzeyin altındaki (submaksimal) dayanıklılığı ölçen 6 dakikalık yürüme testinde, kombine egzersizler yalnızca aerobik yapılan programlar kadar yüksek bir başarıya ulaşamamıştır (Nindorera ve ark., 2025). Buradan hareketle, submaksimal dayanıklılığı artırmak için aralıksız sürdürülen aerobik antrenmanların, kuvvet egzersizleriyle bölünen karma programlara kıyasla daha etkili sonuçlar verdiği söylenebilir.

Farklı egzersiz modalitelerinin kıyaslanması genel olarak değerlendirildiğinde, antrenman programlarının doğrudan hedeflenen parametrelere göre dizayn edilmesi gerektiği net bir şekilde ortaya konmaktadır. Maksimal kardiyorespiratuvar kapasitenin artırılması hedeflendiğinde, orta ila yüksek şiddetteki aerobik veya karma eğitim modellerine öncelik verilmelidir; buna karşın, submaksimal dayanıklılık kazanımının amaçlandığı durumlarda orta şiddetteki aerobik eğitimin tek başına yeterli ve fonksiyonel bir alternatif olduğu kabul edilmektedir (Li ve ark., 2024). Bunların yanı sıra, egzersiz reçetesinin hastanın inme sonrası kronolojik dönemine göre kişiselleştirilmesi ve süreç boyunca terapist gözetiminin sürdürülmesi, klinik güvenliğin ve kalıcı rehabilitasyon başarısının temel koşuludur.

5. Egzersiz Dozunun Optimizasyonu

5.1. Yoğunluk

Egzersiz yoğunluğu, fiziksel uygunluk kazanımlarının en kritik belirleyicisi olarak öne çıkmaktadır. Nindorera ve ark. (2025) tarafından yürütölen meta-analiz, düşük şiddette egzersiz eğitimin kardiyorespiratuvar uygunluk üzerinde anlamlı bir etki

oluşturmadığını ortaya koymuştur (Nindorera ve ark. (2025). Buna karşılık, orta ve yüksek yoğunluklu aerobik egzersiz eğitiminin maksimal fiziksel dayanıklılığın sağlanmasında etkili bir yöntem olarak belirlenmiştir. Submaksimal uygunluğun geliştirilmesinde ise orta düzeydeki yoğunluğun yeterli olduğu rapor edilmiştir (Moncion ve ark., 2024).

Yoğunluk belirlenirken inme sonrasında geçen sürenin göz önünde bulundurulması büyük önem taşımaktadır. Li ve ark. (2024) erken dönemde (3 aydan az) başlanan orta-yüksek yoğunluklu aerobik müdahalelerin geç dönemdekilerle (3 aydan fazla) karşılaştırıldığında daha başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu belirtmektedir. Erken dönemde egzersiz yoğunluğu belirlenirken, hastanın durumuna göre güvenlik ön planda tutulmalıdır; egzersiz sırasında kan basıncı artışı ve egzersiz hipotansiyonu gibi olumsuz reaksiyonların yakından izlenmesi gerekmektedir. Bu dönemde kalp hızının 120-140 atım/dakika aralığında tutulması ve seans süresinin 30 dakikayı aşmaması önerilmektedir. İnme süresi 3 ayı geçen hastalarda ise yoğunluk ve süre kademeli olarak artırılabilmeyle birlikte seans süresi 60 dakikayı geçmemelidir (Li ve ark., 2024).

5.2. Süre ve Sıklık

Toplam eğitim süresi tek başına ele alındığında etki büyüklüğü üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farka neden olmamakla birlikte, uygulama düzeni kritik bir farklılık oluşturmaktadır. Nindorera ve ark. (2025) verilerine göre, seans başına en az 45 dakika, haftada en az 3 kez ve minimum 8 hafta sürdürülen egzersiz programları, toplam 1.080 dakikalık birikimli antrenman yükü ile hem 6DYT hem de VO_{2peak} değerleri üzerinde daha büyük iyileşmeler sağlamıştır (Nindorera ve ark., 2025). Bu bulgu, egzersiz dozajının yalnızca yoğunluk değil, seans süresi, haftalık sıklık ve program uzunluğu açısından da en uygun biçimde yapılandırılması gerektiğini vurgulamaktadır. Li ve ark. (2024) tarafından incelenen çalışmalarda da egzersiz seans sürelerinin genel

olarak 45-60 dakika aralığında tutulduğu ve egzersiz şiddetinin maksimal kalp hızının %60'ı temel alınarak belirlendiği görülmektedir (Li ve ark., 2024).

5.3. Optimal Egzersiz Protokolü

Mevcut kanıtlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, inme rehabilitasyonunda etkin bir egzersiz programı için aşağıdaki temel esaslara uyulması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır: orta-yüksek yoğunluklu aerobik eğitim, haftada en az 3 seans, seans başına 45 dakika ve en az 8 haftalık program süresi. Bununla birlikte, bu önerilerin hastaların inme sürelerine ve bireysel özelliklerine göre uyarlanması zorunludur. Terapistlerin egzersiz boyunca sürekli izleme yapması ve hastanın güvenliğini her koşulda ön planda tutması, başarılı ve sürdürülebilir bir iyileşme süreci için temel bir gerekliliktir.

5.4. İnme Süresine Göre Farklılıklar

Li ve ark. (2024) bulguları, inme sonrası erken dönemde (<3 ay) başlanan aerobik egzersiz müdahalelerinin, subakut ve kronik döneme (>3 ay) kıyasla daha üstün sonuçlar verdiğini göstermektedir (Li ve ark., 2024). Bu farklılık, beynin akut evredeki nöroplastisite kapasitesinin yüksek olmasıyla ilişkilidir (Nudo, 2013; Ward, 2017). Bilişsel işlevin iyileştirilmesi, erken dönem hastalarında daha yüksek bulunurken, subakut ve kronik dönemdeki hastalarda bu etki belirsiz bir aralıkta seyretmiştir. Yürüme kapasitesi açısından da benzer bir görünüm gözlemlenmiş; erken dönemde tedavi etkisi, subakut ve kronik dönem hastalarına kıyasla belirgin biçimde üstün bulunmuştur.

Söz konusu farklılığın temel nedeni, beynin akut evredeki nöroplastisite kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir; beyin bu dönemde bozulmuş sinir bağlantılarını onarma potansiyeline sahipken, kronik evreye geçildikçe hem nöroplastisite hem de iyileşme kapasitesi belirgin biçimde azalmaktadır (Nudo, 2013; Ward, 2017). Aerobik

egzersizin BDNF sentezini uyarması bu nörobiyolojik temeli daha da güçlendirmekte; egzersizin yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda nöroprotektif etkilerini de kanıtlamaktadır (Li ve ark., 2024).

6. Güvenli Uygulama

Nindorera ve ark. (2025) egzersize bağlı ciddi olumsuz olayların nadir olduğunu göstermektedir. Li ve ark. (2024), erken dönemde güvenliğin sağlanabilmesi için egzersiz sırasında kan basıncı değişimleri ile egzersiz hipotansiyonunun yakından izlenmesi gerektiğini belirtmektedir. Egzersiz seansları sırasında kan basıncı için 200/100 mmHg (yoğunluğu azaltma sınırı) ve 240/120 mmHg (test sonlandırma sınırı) olarak belirlenmiştir (Potempa ve ark., 1995). Erken dönemde kalp hızının 120-140 atım/dakika aralığında tutulması ve seans süresinin 30 dakikayı aşmaması önerilirken; kronik dönem hastalarında egzersiz yoğunluğu ve süresi kademeli olarak artırılabilceği, ancak seans süresinde 60 dakikalık sınırın korunması önerilmektedir (Li ve ark., 2024).

Egzersiz Reçetesi

Mevcut kanıtlara dayanarak, kronik inmeli hastalar için optimal aerobik egzersiz reçetesi şu şekildedir:

İnme sonrası erken dönemde başlatılacak aerobik egzersiz programı, tercihen inmeden sonraki ilk 3 ay içinde mümkün olan en erken zamanda uygulanmaya başlanmalıdır. Program, bisiklet, koşu bandı veya su içi egzersizler gibi aerobik modaliteleri içermeli; maksimal kalp atış hızının %60-80'i veya kalp atış hızı yedek rezervinin %40-70'i arasında orta-yüksek yoğunlukta yapılmalıdır. Her bir seans en az 45 dakika sürmeli, haftada en az 3 kez tekrarlanmalı ve bu düzen en az 8 hafta boyunca kesintisiz sürdürülmelidir.

Hedef yürüme kapasitesi ise, orta şiddette (HRR %40-60), haftada ≥ 3 gün, 45-60 dk, ≥ 8 hafta süreyle yürüme bandı veya

bisiklet ergometresi önerilmektedir. Hedef maksimal VO_2 peak ise, yüksek şiddette (HRR %60-85) veya karma (aerobik+direnç) eğitim, aynı sıklık ve sürede uygulanmalıdır.

Sonuç:

Bu bölümde sunulan kanıtlar, aerobik egzersizin inmeli hastalarda kardiyorespiratuvar uygunluk, bilişsel işlev ve yürüme kapasitesinde anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir. Orta-yüksek yoğunluklu aerobik eğitim (45 dakika, haftada ≥ 3 kez, ≥ 8 hafta) optimal fayda için önerilmektedir. Yüksek şiddetli aerobik ve karma eğitim programları maksimal fiziksel uygunlukta daha fazla iyileşme sağlarken, orta şiddetli aerobik eğitim submaksimal kapasite için yeterlidir. Erken dönemde (inme sonrası < 3 ay) başlanan müdahaleler, kronik döneme kıyasla daha üstün sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte, mevcut kanıtların çoğunun düşük ila orta kesinlikte olduğu ve çalışmaların çoğunlukla kronik dönem (> 6 ay) inme hastalarıyla yürütüldüğü unutulmamalıdır. Bu nedenle egzersiz reçetesi bireyselleştirilmeli, hastanın başlangıç fitness düzeyi, komorbiditeleri ve rehabilitasyon hedefleri göz önünde bulundurularak bir fizyoterapist veya egzersiz uzmanı eşliğinde planlanmalıdır. Uygulama başarısı için personel eğitimi, yeterli kaynaklar ve kurumlar arası iş birliği kritik öneme sahiptir. Bu bulgular, inmeli bireylerde fiziksel uygunluğun artırılmasına yönelik daha etkili, kanıta dayalı rehabilitasyon protokollerinin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

Kaynakça

- Anjos, J. M., Neto, M. G., Dos Santos, F. S., Almeida, K. D. O., Bocchi, E. A., Lima Bitar, Y. D. S., & Filho, J. B. L. (2022). The impact of high-intensity interval training on functioning and health-related quality of life in post-stroke patients: A systematic review with meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 36(6), 726–739. <https://doi.org/10.1177/02692155221087082>
- Baert, I., Daly, D., Dejaeger, E., Vanroy, C., Vanlandewijck, Y., & Feys, H. (2012). Evolution of cardiorespiratory fitness after stroke: A 1-year follow-up study. Influence of prestroke patients' characteristics and stroke-related factors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(4), 669–676. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.09.022>.
- Bekinschtein, P., Cammarota, M., & Medina, J. H. (2014). BDNF and memory processing. *Neuropharmacology*, 76 Pt C, 677–683. Doi:10.1016/j.neuropharm.2013.04.024.
- Billinger, S. A., Arena, R., Bernhardt, J., ve ark. (2014). Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors. **Stroke**, 45(8), 2532-2553.
- Bird, M. L., Miller, T., Connell, L. A., ve ark. (2019). Moving stroke rehabilitation evidence into practice: A systematic review of randomized controlled trials. **Clinical Rehabilitation**, 33(10), 1586-1595.
- Du, M., Chen, L., Li, Y., Xia, L., Liu, Y., Guo, M., Zhang, Z., Wei, Y., & Li, Y. (2025). Effect of exercise-based interventions on stroke rehabilitation: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 22, Makale 240. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01781-y>

- Feigin, V., Norrving, B., Sudlow, C. L. M. ve Sacco, R. L. (2018). Updated criteria for population-based stroke and transient ischemic attack incidence studies for the 21st century. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.022161>
- GBD 2019 Stroke Collaborators, (2021). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Neurology*, 20(10), 795-820.
- Gezer, H., Karaahmet, O. Z., Gurcay, E., Dulgeroglu, D., & Cakci, A. (2019). The effect of aerobic exercise on stroke rehabilitation. *Irish Journal of Medical Science (1971 -)*, 188(2), 469–473. <https://doi.org/10.1007/s11845-018-1848-4>
- Gordon, N. F., Gulanick, M., Costa, F., ve ark. (2004). Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors. **Circulation**, 109(5), 2031-2041.
- Hertzler, N. R., Young, J. R., Beven, E. G., ve ark. (1985). Coronary angiography in 506 patients with extracranial cerebrovascular disease. **Archives of Internal Medicine**, 145, 849-852.
- Jakobsson, F., Edstrom, L., Grimby, L., ve ark. (1991). Disuse of anterior tibial muscle during locomotion and increased proportion of type II fibers in hemiplegia. **Journal of the Neurological Sciences**, 105, 49-56.
- Landin, S., Hagenfeldt, L., Saltin, B., & Wahren, J. (1977). Muscle metabolism during exercise in hemiparetic patients. *Clinical Science and Molecular Medicine*, 53(3), 257–269. <https://doi.org/10.1042/cs0530257>
- Li Z, Guo H, Yuan Y, Liu X (2024). The effect of moderate and vigorous aerobic exercise training on the cognitive and

- walking ability among stroke patients during different periods: A systematic review and meta-analysis. PLoS ONE 19(2): e0298339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298339>
- Lund C, Dalgas U, Grønborg TK, Andersen H, Severinsen K, Riemenschneider M, et al. Balance and walking performance are improved after resistance and aerobic training in persons with chronic stroke. *Disabil Rehabil* 2018; 40: 2408–2415. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1336646>
- MacKay-Lyons, M., Billinger, S. A., Eng, J. J., Dromerick, A., Giacomantonio, N., Hafer-Macko, C., Macko, R., Nguyen, E., Prior, P., Suskin, N., Tang, A., Thornton, M., & Unsworth, K. (2020). Aerobic exercise recommendations to optimize best practices in care after stroke: AEROBICS 2019 Update. *Physical Therapy*, 100(1), 149–156. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz153>
- Marzolini S, Brooks D, Oh P, Jagroop D, MacIntosh BJ, Anderson ND, et al. Aerobic with resistance training or aerobic training alone poststroke: a secondary analysis from a randomized clinical trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2018; 32: 209–222. <https://doi.org/10.1177/1545968318765692>
- Nindorera, F., Leveque, C., Meyer, M., Costantino, B., & Theunissen, S. (2024). Optimizing physical fitness in chronic stroke patients: The impact of exercise training modality and dosage on maximal and sub-maximal fitness – A systematic review and meta-analysis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 56, Makale jrm13426. <https://doi.org/10.2340/jrm.v56.13426>
- Pang, M. Y. C., Charlesworth, S. A., Lau, R. W. K., & Chung, R. C. K. (2013). Using aerobic exercise to improve health outcomes and quality of life in stroke: Evidence-based

- exercise prescription recommendations. *Cerebrovascular Diseases*, 35(1), 7–22. <https://doi.org/10.1159/0000346075>
- Parrini, M., Ghezzi, D., Deidda, G., Medrihan, L., Castroflorio, E., Alberti, M., . . . Contestabile, A. (2017). Aerobic exercise and a BDNF-mimetic therapy rescue learning and memory in a mouse model of Down syndrome. *Sci Rep*, 7(1), 16825. Doi:10.1038/s41598-017-17201-8
- Potempa, K., Lopez, M., Braun, L., ve ark. (1995). Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. **Stroke**, 26, 101-105.
- Rimmer, J. H., & Wang, E. (2005). Aerobic exercise training in stroke survivors. **Topics in Stroke Rehabilitation**, 12(1), 17-30.
- Roth EJ. Heart disease in patients with stroke. part II: impact and implications for rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994;75(1):94–101. doi: 10.1016/0003- 9993(94)903
- Roth, E. J. (1993). Heart disease in patients with stroke: Incidence, impact, and implications for rehabilitation. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 74, 752-760.
- Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, Johnson L, Kramer S, Carter DD, et al. Physical fitness training for stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 3: Cd003316. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003316.pub7>
- Smith, A. C., Saunders, D. H., & Mead, G. (2012). Cardiorespiratory fitness after stroke: A systematic review. *International Journal of Stroke*, 7(6), 499–510. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2012.00791.x>

Ward, N. S. (2017). Restoring brain function after stroke—bridging the gap between animals and humans. *Nature Reviews Neurology*, 13(4), 244-255.

BÖLÜM 5

FİZYOTERAPİDE PLASTİSİTE YAKLAŞIMI

MERVE YİĞİT KOCAMER¹

Giriş

Plastisite, biyolojik sistemlerin iç ve dış uyaranlara yanıt olarak yapısal ve fonksiyonel değişim gösterebilme kapasitesini ifade eden temel bir kavramdır. İnsan vücudu statik bir yapı olmayıp, yaşam boyu maruz kaldığı mekanik yüklenmeler, çevresel koşullar ve davranışsal alışkanlıklar doğrultusunda sürekli bir yeniden yapılanma süreci içindedir. Bu değişebilirlik özelliği, organizmanın çevresel taleplere uyum sağlayabilmesinin temelini oluşturur ve fizyolojik adaptasyonun biyolojik altyapısını temsil eder (1).

Fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında plastisite kavramı, tedavi yaklaşımlarının bilimsel temelini oluşturan ana mekanizmalardan biridir. Terapötik egzersiz, manuel uygulamalar ve fonksiyonel aktiviteler aracılığıyla oluşturulan kontrollü uyaranlar, dokularda ve sinir sisteminde adaptif değişimlerin gelişmesini hedefler. Bu süreçte amaç, patolojiye bağlı gelişen fonksiyon kayıplarını azaltmak, hareket kalitesini artırmak ve bireyin günlük yaşam aktivitelerine katılımını desteklemektir. Dolayısıyla

¹ Öğr. Gör, Batman Üniversitesi, Sağlık Bakım Hizmetleri Bölümü, Orcid: 0000-0001-8468-139X

fizyoterapi uygulamaları, vücudun plastik doğasından yararlanarak yeniden öğrenme, yeniden yapılanma ve fonksiyonel iyileşme süreçlerini yönlendirmeye dayanır (2).

Plastisite yalnızca sinir sistemiyle sınırlı bir olgu değildir; kas, tendon, bağ ve kemik dokusu gibi kas-iskelet sistemi bileşenleri de mekanik yüklenmeye yanıt olarak morfolojik ve biyokimyasal değişimler gösterir (2,3). Benzer şekilde sinir sisteminde gözlenen nöroplastik süreçler, motor öğrenme ve hareket kontrolünün gelişiminde belirleyici rol oynar. Bu çok yönlü değişim kapasitesi, fizyoterapistin uyguladığı her müdahalenin arkasında yer alan temel biyolojik ilkedir (3).

Bu bölümde plastisite kavramı fizyoterapi perspektifinden ele alınarak, biyolojik temelleri, sistemler düzeyindeki yansımaları ve klinik uygulamalardaki önemi incelenecektir. Böylece terapötik yaklaşımların yalnızca semptomları değil, altta yatan adaptasyon süreçlerini de hedeflediği bütüncül bir bakış açısı ortaya konulacaktır.

PLASTİSİTENİN BİYOLOJİK TEMELİ

Plastisite, hücresel düzeyde başlayan ve doku ile sistem düzeyinde gözlenebilir sonuçlar doğuran çok katmanlı bir adaptasyon sürecidir. Organizmanın maruz kaldığı mekanik, kimyasal ve nöral uyaranlar, hücre içi sinyal yollarını aktive ederek gen ekspresyonunda değişikliklere ve protein sentezinde artışa yol açar (4). Bu biyokimyasal yanıtlar, dokuların yapısal organizasyonunda ve fonksiyonel kapasitesinde meydana gelen değişimlerin temelini oluşturur. Dolayısıyla plastisite, yalnızca makroskobik düzeyde gözlenen bir değişim değil, moleküler düzeyde başlayan dinamik bir yeniden yapılanma sürecidir (5).

Mekanik yüklenme, plastisiteyi başlatan en önemli uyaranlardan biridir. Hücreler, üzerlerine binen mekanik stresleri

mekanotransdüksiyon adı verilen süreç aracılığıyla biyokimyasal sinyallere dönüştürür. Bu süreçte hücre zarındaki reseptörler, sitoskeletal yapılar ve hücre içi sinyal iletim mekanizmaları aktif rol oynar. Ortaya çıkan sinyaller, hücresel büyüme, farklılaşma ve doku organizasyonunda değişikliklerle sonuçlanır. Bu mekanizma sayesinde kas, tendon, kemik ve bağ dokular, maruz kaldıkları yüklenme düzeyine göre kapasitelerini artırabilir ya da azaltabilir (5,6).

Adaptasyon sürecinin yönü ve büyüklüğü, uygulanan uyarının şiddeti, süresi ve sıklığı ile doğrudan ilişkilidir. Yetersiz uyarı dokularda gerilemeye neden olabilirken, uygun dozda ve kademeli artırılan yüklenme yapısal güçlenme ve fonksiyonel iyileşme sağlar. Aşırı yüklenme ise doku hasarı ve patolojik değişimlerle sonuçlanabilir. Bu nedenle plastisite, kontrollü ve hedefe yönelik uyarımlarla yönlendirilebilen, ancak biyolojik sınırları olan bir süreçtir (7).

Hücresel plastisite aynı zamanda enerji metabolizması, hormonal yanıtlar ve dolaşım sistemi gibi diğer fizyolojik sistemlerle etkileşim halindedir. Egzersizle artan metabolik aktivite, hücrelerin besin ve oksijen kullanımını artırırken, dolaşım sistemindeki adaptasyonlar dokuların iyileşme ve yeniden yapılanma kapasitesini destekler. Böylece plastisite, sistemler arası bütüncül bir yanıt olarak ortaya çıkar ve organizmanın genel fonksiyonel kapasitesinin şekillenmesinde belirleyici rol oynar (8).

Sonuç olarak plastisitenin biyolojik temeli, hücresel sinyal mekanizmalarından başlayarak doku ve sistem düzeyinde gözlenen adaptif değişimlere uzanan geniş bir süreçtir. Bu süreç, fizyoterapi uygulamalarında kullanılan terapötik uyarımların neden etkili olduğunu açıklayan temel bilimsel altyapıyı oluşturur.

NÖROPLASTİSİTE

Nöroplastisite, sinir sisteminin yapısal ve fonksiyonel olarak değişebilme kapasitesini ifade eder. Merkezi ve periferik sinir sistemi, deneyim, öğrenme, çevresel uyaranlar ve terapötik müdahalelere yanıt olarak sinaptik bağlantılarını yeniden düzenleyebilir, yeni nöral ağlar oluşturabilir veya mevcut bağlantıların etkinliğini değiştirebilir (9). Bu özellik, sinir sisteminin yalnızca bilgi ileten sabit bir yapı olmadığını, aksine sürekli uyum sağlayan dinamik bir sistem olduğunu göstermektedir (10).

Motor öğrenme süreçleri nöroplastisitenin en belirgin klinik yansımalarından biridir. Tekrarlayan ve amaca yönelik hareket deneyimleri, sinaptik iletimi güçlendirir ve belirli nöral yolların daha etkin kullanılmasını sağlar. “Kullanıma bağlı plastisite” olarak tanımlanan bu süreçte, sık aktive edilen sinir ağları güçlenirken, kullanılmayan bağlantılar zayıflayabilir. Bu durum fizyoterapi uygulamalarında tekrarın, görev odaklı egzersizlerin ve fonksiyonel aktivitelerin neden temel bir yer tuttuğunu açıklamaktadır(10,11).

Nöroplastisite yalnızca öğrenme süreçleriyle sınırlı değildir; yaralanma veya hastalık sonrası yeniden organizasyon mekanizmalarını da içerir. Sinir sistemi, hasar gören bölgelerin fonksiyonlarını telafi edebilmek için alternatif yollar geliştirebilir veya sağlam bölgelerde reorganizasyon sağlayabilir (12). Bu adaptif yeniden yapılanma, fonksiyonel iyileşmenin biyolojik temelini oluşturur. Ancak bu süreç kendiliğinden ve sınırsız değildir; uygun uyaranlar ve hedefe yönelik rehabilitasyon uygulamaları ile desteklenmesi gerekmektedir (13).

Duyusal girdiler de nöroplastik değişimlerin şekillenmesinde önemli rol oynar. Görsel, vestibüler ve proprioseptif bilgiler, motor çıktının düzenlenmesinde sinir sistemi tarafından sürekli olarak işlenir. Fizyoterapi uygulamalarında kullanılan denge çalışmaları, koordinasyon egzersizleri ve duysal geri bildirim içeren yaklaşımlar, bu çoklu duysal entegrasyonu güçlendirerek nöroplastik adaptasyonu destekler (14).

Sonuç olarak nöroplastisite, fizyoterapinin temel dayanak noktalarından biridir. Hareket deneyimi, tekrar, görev özgüllüğü ve duyuşal geri bildirim gibi unsurlar aracılığıyla sinir sisteminde kalıcı değişimler oluşturmak mümkündür. Bu değişimler, yalnızca motor performansın artışı değil, aynı zamanda hareket kalitesinin ve fonksiyonel bağımsızlığın gelişimi açısından da belirleyici rol oynamaktadır.

KAS-İSKELET SİSTEMİNDE PLASTİSİTE

Kas-iskelet sistemi, mekanik uyarılara duyarlı ve adaptasyon kapasitesi yüksek bir yapıya sahiptir. Günlük yaşam aktiviteleri, fiziksel yüklenme ve terapötik egzersizler sonucunda kas, tendon, bağ ve kemik dokularda hem yapısal hem de fonksiyonel değişimler meydana gelir. Bu değişim kapasitesi, kas-iskelet sisteminin plastik doğasını yansıtır ve fizyoterapi uygulamalarının biyolojik temelini oluşturur.

Kas dokusu, plastisite açısından en hızlı yanıt veren yapılardan biridir. Mekanik yüklenme ve metabolik stres, kas liflerinde protein sentezini artırarak hipertrofiye yol açabilir. Aynı zamanda dayanıklılık temelli uyarılar mitokondriyal yoğunlukta artış ve kapillerleşme gibi metabolik adaptasyonları destekler. Kullanım azalması veya immobilizasyon durumlarında ise kas kitlesinde azalma ve kuvvet kaybı görülebilir. Bu çift yönlü değişim, kas dokusunun uyarı düzeyine duyarlı plastik bir yapı olduğunu göstermektedir (15).

Tendon ve bağ dokular da mekanik yüklere yanıt olarak yapısal yeniden düzenlenme gösterir. Uygun dozda yüklenme, kollajen liflerin hizalanmasını ve doku dayanıklılığının artmasını sağlar. Ancak yetersiz ya da aşırı yüklenme durumları doku bütünlüğünü olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle kontrollü yüklenme prensipleri, bağ dokusu plastisitesini desteklemede temel rol oynar (16).

Kemik dokusu ise mekanik strese duyarlı hücrel mekanizmalar aracılığıyla sürekli bir yapım-yıkım dengesi içindedir. Yük taşıyan aktiviteler osteoblastik aktiviteyi uyarak kemik yoğunluğunun artmasına katkıda bulunabilirken, hareketsizlik kemik kaybına neden olabilir. Bu adaptif süreç, kemik dokunun fonksiyonel gereksinimlere göre şekillenen plastik bir yapı olduğunu ortaya koymaktadır (17).

Kas-iskelet sisteminde plastisite yalnızca dokuların yapısal değişimi ile sınırlı değildir; aynı zamanda kuvvet üretimi, esneklik, dayanıklılık ve hareket verimliliği gibi fonksiyonel özelliklerde de gelişmeler sağlar. Bu nedenle fizyoterapide uygulanan egzersiz programları, hedef dokuda istenen adaptasyonu oluşturacak biçimde planlanır. Yüklenmenin tipi, şiddeti ve süresi, elde edilecek plastisite yanıtının yönünü belirleyen temel unsurlardır (18).

Sonuç olarak kas-iskelet sistemi, mekanik uyaranlara yanıt veren dinamik bir yapı olup, plastisite süreci fizyoterapi uygulamalarının etkisini açıklayan temel mekanizmalardan biridir. Kontrollü ve hedefe yönelik yüklenme ile dokuların kapasitesi artırılabilir, fonksiyonel performans geliştirilebilir ve hareket kalitesi iyileştirilebilir.

MEKANİK YÜKLENME VE PLASTİSİTE

Mekanik yüklenme, plastisite sürecini başlatan ve yönlendiren en temel uyaranlardan biridir. Kas-iskelet sistemi ve sinir sistemi, üzerine uygulanan kuvvet, gerilim ve hareket tekrarlarına biyolojik yanıtlar geliştirerek yapısal ve fonksiyonel değişimler gösterir. Bu süreç, dokuların maruz kaldığı mekanik stresin biyokimyasal sinyallere dönüştürülmesi ile başlar ve adaptasyonla sonuçlanır. Dolayısıyla yüklenme, fizyoterapi uygulamalarında kullanılan tüm egzersiz yaklaşımlarının temelini oluşturan biyolojik tetikleyicidir.

Plastisite yanıtının oluşmasında doz–yanıt ilişkisi belirleyici rol oynar. Uygulanan yüklenmenin şiddeti, süresi, sıklığı ve toplam hacmi, dokularda gelişecek adaptasyonun yönünü ve büyüklüğünü belirler. Yetersiz düzeyde uyaran, dokularda anlamlı bir değişim oluşturmazken; uygun dozda ve kademeli artırılan yüklenme yapısal güçlenme ve fonksiyonel gelişim sağlar. Aşırı yüklenme ise adaptif süreci aşarak doku hasarı, inflamasyon ve fonksiyon kaybına yol açabilir. Bu durum, plastisitenin sınırsız bir kapasite olmadığını, biyolojik tolerans sınırları içinde yönlendirilebildiğini göstermektedir (19).

Progression (ilerletme) prensibi, mekanik yüklenmenin plastisite üzerindeki etkisini optimize etmek için kullanılan temel yaklaşımlardan biridir. Dokular belirli bir uyaran düzeyine adapte olduktan sonra aynı yüklenme seviyesi adaptasyonu sürdürmek için yetersiz kalır. Bu nedenle yüklenme parametrelerinin kademeli olarak artırılması gerekir. Direnç artışı, tekrar sayısının değiştirilmesi, hareket karmaşıklığının yükseltilmesi veya denge taleplerinin artırılması gibi yöntemler progression uygulamalarına örnek olarak verilebilir (20).

Mekanik yüklenmenin etkisi yalnızca dokunun yapısal özelliklerini değil, aynı zamanda hareket kontrolü ve fonksiyonel performansı da etkiler. Yeterli yüklenme ile kas kuvveti, dayanıklılık, doku sertliği ve nöromüsküler koordinasyon gelişirken, hareket ekonomisi ve görev performansı iyileşir. Bu nedenle fizyoterapide yüklenme planlaması yalnızca kas gücünü artırmaya değil, aynı zamanda fonksiyonel kapasiteyi geliştirmeye yönelik olmalıdır (21).

Sonuç olarak mekanik yüklenme, plastisite sürecinin yönlendirilebilir temel bileşenidir. Doğru dozda, uygun sıklıkta ve bireye özgü planlanan yüklenmeler, dokuların adaptif kapasitesini artırarak iyileşme ve fonksiyonel gelişim sağlar. Bu yaklaşım,

fizyoterapistin klinik karar verme sürecinde bilimsel temele dayalı egzersiz reçetesi oluşturmasının anahtarıdır.

Mekanotransdüksiyon Süreci

Mekanik yüklenmenin biyolojik etkiye dönüşmesi, mekanotransdüksiyon adı verilen süreç aracılığıyla gerçekleşir. Hücre zarındaki mekanosensitif reseptörler, sitoskeletal yapılar ve hücre dışı matriks arasındaki etkileşimler sayesinde mekanik stres, kimyasal sinyallere dönüştürülür. Bu sinyaller hücre içi yolları aktive ederek gen ekspresyonunu düzenler ve protein sentezinde değişikliklere yol açar. Sonuç olarak dokuda kalınlaşma, hizalanma, güçlenme veya metabolik kapasite artışı gibi adaptasyonlar ortaya çıkar (22).

Bu süreç, kas hipertrofisinden tendon dayanıklılığındaki artışa, kemik yoğunluğundaki değişimlerden nöromüsküler kontrol gelişimine kadar geniş bir yelpazede etkilidir. Dolayısıyla fizyoterapi uygulamalarında verilen her mekanik uyarın, hücresel düzeyde başlatılan bir biyolojik yeniden yapılanma sürecini tetikler (23).

Doz-Yanıt İlişkisi

Plastisite yanıtı, yüklenmenin miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bu ilişki doğrusal değildir; belirli bir eşik değerin altında uyarın biyolojik değişim oluşturmazken, optimal aralıkta uygulanan yüklenme adaptasyonu destekler. Bu aralığın üstünde ise hasar riski artar. Bu nedenle yüklenme planlaması, dokunun mevcut kapasitesi, bireyin klinik durumu ve iyileşme süreci dikkate alınarak yapılmalıdır.

Yüklenme dozunu belirleyen temel parametreler şunlardır:

Şiddet (intensity), Süre (duration), Sıklık (frequency), Hacim (volume) ve Dinlenme süresi (recovery).

Bu parametrelerin dengeli düzenlenmesi, plastisite sürecinin güvenli ve etkili biçimde yönlendirilmesini sağlar (23).

Yetersiz ve Aşırı Yüklenme

Plastisite süreci iki uç arasında dengelenir. Yetersiz yüklenme, doku gerilemesine ve fonksiyon kaybına yol açabilir. Uzun süreli immobilizasyon durumlarında kas atrofisi, kemik mineral kaybı ve tendon dayanıklılığında azalma gözlenmesi bu duruma örnektir.

Aşırı yüklenme ise dokunun adaptasyon kapasitesini aşarak inflamasyon, mikrotravma ve ağrıya neden olabilir. Bu durum, iyileşme sürecini geciktirir ve plastisiteyi olumsuz yönde etkiler (23).

Fonksiyonel Yüklenme

Klinik uygulamalarda mekanik yüklenmenin amacı yalnızca doku güçlendirmek değildir; hedef, bireyin fonksiyonel kapasitesini artırmaktır. Günlük yaşam aktivitelerine benzer hareket paternleri ile yapılan egzersizler, hem yapısal hem de nöromüsküler plastisiteyi birlikte destekler. Bu yaklaşım, kazanımların günlük yaşama aktarılmasını kolaylaştırır (23).

FONKSİYONEL PLASTİSİTE

Fonksiyonel plastisite, biyolojik dokularda meydana gelen yapısal değişimlerin günlük yaşam aktiviteleri ve hareket performansı üzerindeki yansımalarını ifade eder. Kas gücündeki artış, bağ dokusu dayanıklılığındaki gelişim veya sinir sistemi düzeyindeki reorganizasyon, ancak fonksiyonel kapasiteye dönüştüğünde klinik anlam kazanır. Bu nedenle fizyoterapide amaç yalnızca doku düzeyinde adaptasyon sağlamak değil, bu değişimleri bireyin hareket kalitesi ve bağımsızlık düzeyine aktarabilmektir (24).

Yapısal Değişimden Fonksiyona Geçiş

Plastisite sürecinde ortaya çıkan biyolojik adaptasyonlar, uygun motor kontrol stratejileri ile bütünleşmediğinde fonksiyonel kazanç sınırlı kalabilir. Örneğin kas kuvvetindeki artış, koordinasyon ve zamanlama becerileriyle entegre edilmediği sürece etkili hareket üretimine tam olarak yansımaz. Bu durum, fizyoterapide yalnızca kas güçlendirmeye odaklanmanın yeterli olmadığını, fonksiyonel görev temelli uygulamaların gerekliliğini göstermektedir.

Fonksiyonel plastisite, sistemler arası uyumun bir sonucudur. Kas-iskelet sistemi, sinir sistemi ve duyuşal sistemler arasındaki koordinasyon, hareket verimliliğini belirler. Bu nedenle fizyoterapi uygulamalarında çok bileşenli egzersiz yaklaşımları tercih edilir (24).

Hareket Kalitesi ve Plastisite

Hareket kalitesi, plastisite sürecinin önemli bir göstergesidir. Denge, koordinasyon, ritim ve akıcılık gibi parametrelerde gözlenen gelişmeler, nöromüsküler sistemdeki adaptif değişimlerin klinik yansımasıdır. Hatalı hareket paternlerinin düzeltilmesi, kompensasyonların azaltılması ve ekonomik hareket stratejilerinin geliştirilmesi, fonksiyonel plastisitenin temel hedeflerindendir.

Tekrarlayan doğru hareket deneyimi, sinir sistemi düzeyinde kalıcı organizasyon değişikliklerine yol açar. Bu durum, motor öğrenme süreçleri ile yakından ilişkilidir ve fonksiyonel görevlerin tedavi programına dahil edilmesinin önemini ortaya koyar (25).

Günlük Yaşam Aktiviteleri ile İlişki

Fonksiyonel plastisite, bireyin çevresiyle etkileşimini doğrudan etkiler. Oturma-kalkma, yürüme, merdiven çıkma veya nesne taşıma gibi günlük aktiviteler, çoklu sistemlerin koordineli çalışmasını gerektirir. Bu aktivitelerin egzersiz programlarına

entegre edilmesi, adaptasyonun gerçek yaşam bağlamında pekişmesini sağlar.

Görev özgüllüğü prensibi burada belirleyici rol oynar. Sinir sistemi, hangi görev için eğitilirse o göreve özgü bağlantıları güçlendirir. Bu nedenle klinik uygulamalarda soyut egzersizlerden çok fonksiyonel içerikli çalışmalar tercih edilir (25).

Enerji Verimliliği ve Hareket Ekonomisi

Plastisite süreci yalnızca kuvvet ve hareket aralığını değil, aynı zamanda hareketin enerji maliyetini de etkiler. Gelişen nöromüsküler koordinasyon sayesinde gereksiz kas aktivitesi azalır ve hareket daha ekonomik hale gelir. Bu durum, özellikle uzun süreli aktivitelerde yorgunluğun azalmasına katkıda bulunur (26).

FİZYOTERAPİ UYGULAMALARINDA PLASTİSİTE

Plastisite kavramı, fizyoterapi uygulamalarının teorik temelini oluşturan en önemli biyolojik ilkelerden biridir. Fizyoterapist tarafından uygulanan terapötik egzersizler, manuel yaklaşımlar ve fonksiyonel aktiviteler, vücutta kontrollü uyaranlar oluşturarak adaptif değişimleri başlatmayı amaçlar. Bu süreçte hedef, yalnızca semptomların azaltılması değil, aynı zamanda dokuların kapasitesini artırmak, hareket paternlerini yeniden düzenlemek ve fonksiyonel performansı geliştirmektir. Dolayısıyla fizyoterapi müdahaleleri, vücudun plastik doğasını bilinçli şekilde yönlendirmeye dayanır (25,26)

Terapötik Egzersiz ve Plastisite

Terapötik egzersiz, plastisiteyi en doğrudan etkileyen uygulamadır. Direnç egzersizleri kas dokusunda hipertrofi ve kuvvet artışı sağlarken, dayanıklılık egzersizleri metabolik adaptasyonları destekler. Denge ve koordinasyon egzersizleri nöromüsküler

kontrolü geliştirerek sinir sistemi düzeyinde plastisiteyi teşvik eder. Bu çok yönlü etki, egzersizin hem yapısal hem de fonksiyonel adaptasyonları aynı anda başlatabilen güçlü bir uyaran olduğunu göstermektedir (25,26).

Görev Odaklı Yaklaşım

Fizyoterapide plastisiteyi yönlendirmenin en etkili yollarından biri görev odaklı çalışmalardır. Günlük yaşam aktivitelerine benzer görevlerin tekrarlı olarak uygulanması, ilgili nöral ağların güçlenmesini ve hareketin daha verimli hale gelmesini sağlar. Bu yaklaşım, motor öğrenme prensipleri ile uyumludur ve kazanımların günlük yaşama transferini kolaylaştırır (26).

Bireyselleştirme

Plastisite süreci bireyden bireye farklılık gösterir. Yaş, fiziksel kapasite, hastalığın tipi, motivasyon düzeyi ve önceki deneyimler adaptasyon hızını etkiler. Bu nedenle fizyoterapi programları standart bir şablona göre değil, bireyin ihtiyaçlarına göre planlanmalıdır. Uygulanan yüklenme dozu, ilerleme hızı ve egzersiz seçimi kişiye özgü olmalıdır (26).

Tekrar ve Süreklilik

Plastik değişimlerin kalıcı olabilmesi için tekrar ve süreklilik gereklidir. Aralıklı ve yetersiz uygulamalar, adaptasyon sürecini sınırlayabilir. Düzenli ve planlı egzersiz, sinaptik güçlenme, kas protein sentezi ve bağ dokusu yeniden yapılanması gibi süreçleri destekler (26,27).

Duyusal Geri Bildirim ve  ğrenme

Fizyoterapi uygulamalarında görsel, işitsel ve proprioseptif geri bildirimlerin kullanılması, plastisiteyi destekler. Ayna terapisi, denge platformları veya dokunsal uyaranlar gibi yöntemler, sinir

sisteminin hareketi daha etkin şekilde organize etmesine yardımcı olur (26,27).

Klinik Karar Verme Süreci

Plastisite bilgisinin klinik uygulamaya yansması, fizyoterapistin doğru uyararı doğru zamanda seçebilme becerisiyle ilişkilidir. Dokunun iyileşme evresi, tolerans düzeyi ve hedeflenen fonksiyon göz önünde bulundurularak egzersiz reçetelendirilmelidir. Bu yaklaşım, tedavi sürecini bilimsel temele dayalı ve hedefe yönelik hale getirir (27).

PLASTİSİTENİN SINIRLARI

Plastisite, organizmanın çevresel ve terapötik uyarılara uyum sağlama kapasitesini ifade etse de, bu süreç biyolojik olarak sınırsız değildir. Her doku ve sistem belirli bir adaptasyon potansiyeline sahiptir ve bu potansiyel; yaş, genetik yapı, beslenme durumu, sistemik hastalıklar ve iyileşme kapasitesi gibi birçok faktörden etkilenir (27). Bu nedenle fizyoterapi uygulamalarında plastisiteyi teşvik etmek kadar, biyolojik sınırları dikkate almak da önemlidir.

Biyolojik Tolerans ve Adaptasyon Kapasitesi

Dokuların yüklenmeye verebileceği yanıt, mevcut yapısal bütünlük ve fizyolojik kapasite ile ilişkilidir. Her doku belirli bir mekanik tolerans aralığına sahiptir. Bu aralık içinde uygulanan uyarılar adaptasyonu desteklerken, toleransın aşılması durumunda hasar riski artar. Özellikle bağ dokularının iyileşme hızı kas dokusuna göre daha yavaş olduğundan, yüklenme planlamasında dokuya özgü iyileşme süreleri göz önünde bulundurulmalıdır (28).

Aşırı Yüklenme ve Maladaptasyon

Aşırı yüklenme, plastisite sürecinin adaptif yönden patolojik yöne kaymasına neden olabilir. Yetersiz dinlenme süresi, hızlı

progression veya bireyin kapasitesinin üzerinde egzersiz uygulamaları; inflamasyon, ağrı ve fonksiyon kaybına yol açabilir. Bu durum maladaptasyon olarak tanımlanır ve rehabilitasyon sürecini olumsuz etkiler (28).

Yorgunluk ve İyileşme Süreci

Adaptasyon, uyaran ile iyileşme arasındaki dengeye bağlıdır. Yeterli dinlenme süresi sağlanmadığında doku onarımı tamamlanamaz ve plastisite süreci sekteye uğrar. Bu nedenle egzersiz programlarında toparlanma süreleri planlamanın ayrılmaz bir parçasıdır (29).

KLİNİK PERSPEKTİF VE SONUÇ

Plastisite kavramı, fizyoterapi ve rehabilitasyon bilimlerinin temel biyolojik dayanaklarından birini oluşturmaktadır. Organizmanın yapısal ve fonksiyonel uyum kapasitesini ifade eden bu süreç, klinik uygulamalarda yalnızca teorik bir çerçeve değil, tedavi planlamasının merkezinde yer alan dinamik bir mekanizmadır (30). Kas dokusu, sinir sistemi, bağ dokusu ve kardiyorespiratuvar sistem düzeyinde meydana gelen adaptasyonlar; uygun uyaranın doğru dozda, yeterli süreyle ve bireysel kapasiteye uygun şekilde uygulanmasıyla yönlendirilebilmektedir. Bu yönüyle plastisite, rehabilitasyonun bilimsel temelini oluşturan ve tedavi başarısını belirleyen ana süreçlerden biridir.

Klinik karar verme sürecinde plastisite anlayışı, fizyoterapistin uygulayacağı her girişimin biyolojik karşılığını öngörmesini sağlar. Egzersiz reçetesi oluşturulurken uygulanan yüklenmenin türü, şiddeti ve süresi; dokuların adaptasyon kapasitesi doğrultusunda düzenlenmelidir. Yetersiz uyaran adaptasyonun ortaya çıkmamasına yol açarken, kapasitenin üzerindeki yüklenmeler doku hasarı ve inflamatuvar yanıt ile sonuçlanabilir. Bu nedenle klinik uygulamalarda denge kavramı ön plana çıkmaktadır (29,30). Etkili rehabilitasyon, dokuların gelişimini destekleyen

ancak güvenlik sınırlarını aşmayan uyaranların planlanmasıyla mümkündür.

Plastisite bireyler arasında farklılık gösteren bir özelliktir. Aynı klinik tanıya sahip bireylerde dahi iyileşme hızı, adaptasyon düzeyi ve fonksiyonel gelişim değişkenlik gösterebilir. Bu farklılığın temelinde yaş, genetik yapı, fiziksel aktivite geçmişi, beslenme durumu ve sistemik sağlık koşulları gibi çok sayıda faktör yer almaktadır. Bu nedenle standart protokoller her birey için aynı etkiyi yaratmaz. Klinik değerlendirme sonuçlarına dayalı, bireyin fonksiyonel kapasitesi ve tolerans düzeyi dikkate alınarak hazırlanan bireyselleştirilmiş programlar, plastisite sürecinin en etkili biçimde yönlendirilmesini sağlar.

Egzersiz uygulamaları, plastisiteyi yönlendiren en güçlü klinik araçlardan biridir. Düzenli ve kontrollü egzersizler sonucunda kas kuvveti, dayanıklılık ve nöromüsküler koordinasyonda artış meydana gelirken, eklem stabilitesi ve fonksiyonel performans da gelişmektedir. Bu adaptasyonlar yalnızca lokal düzeyde kalmamakta, kardiyovasküler ve metabolik sistemleri de etkilemektedir (31). Böylece rehabilitasyon süreci yalnızca mevcut sorunun giderilmesine değil, genel sağlık durumunun iyileştirilmesine de katkı sağlamaktadır.

Hareketin tekrarı ve görev odaklı egzersizler, merkezi sinir sisteminde nöroplastik değişimlerin ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır. Sinaptik bağlantıların güçlenmesi ve motor öğrenme süreçlerinin desteklenmesi sayesinde hareket paternleri daha ekonomik ve etkili hale gelir. Bu durum, koordinasyon, denge ve postüral kontrolün geliştirilmesinde klinik açıdan büyük önem taşımaktadır. Tekrara dayalı öğrenme, geri bildirim mekanizmaları ve fonksiyonel görev uygulamaları, bu sürecin temelini oluşturmaktadır (30,31).

Adaptasyonun ortaya çıkması, yalnızca yüklenme ile değil, iyileşme süreci ile de ilişkilidir. Biyolojik onarım ve yeniden yapılanma süreçleri dinlenme dönemlerinde gerçekleşir. Yetersiz toparlanma süresi, aşırı yorgunluk ve performans düşüşüne yol açarak plastisite sürecini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle egzersiz planlamasında toparlanma sürelerinin dikkate alınması, sürdürülebilir adaptasyon için vazgeçilmezdir (32).

Plastisite süreklilik gerektiren bir süreçtir (33). Kısa süreli müdahaleler geçici iyileşmeler sağlayabilse de kalıcı fonksiyonel gelişim, düzenli ve uzun dönemli uygulamalarla mümkündür. Egzersizin yaşam tarzının bir parçası haline gelmesi, elde edilen biyolojik adaptasyonların korunmasına yardımcı olur. Bu durum rehabilitasyonun yalnızca klinik ortamla sınırlı olmadığını, bireyin günlük yaşamına entegre edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Plastisite süreçleri fiziksel faktörlerin yanı sıra psikolojik ve çevresel etmenlerden de etkilenmektedir. Motivasyon, ağrı algısı, stres düzeyi ve sosyal destek gibi unsurlar tedaviye yanıtı değiştirebilir (33). Bu nedenle rehabilitasyon yaklaşımının bütüncül olması ve multidisipliner iş birliğini içermesi önemlidir. Klinik uygulamalarda güvenlik her zaman ön planda tutulmalı, ortaya çıkan olumsuz belirtiler doğrultusunda program gerektiğinde yeniden düzenlenmelidir.

Plastisite, organizmanın değişim ve uyum kapasitesini temsil eden temel biyolojik mekanizmadır ve fizyoterapi uygulamalarının merkezinde yer alır (33). Uygun planlanmış egzersiz ve tedavi yaklaşımları sayesinde bu süreç yönlendirilebilir ve fonksiyonel iyileşme sağlanabilir. Ancak plastisite biyolojik sınırlar içinde gerçekleşir ve bireysel farklılıklar dikkate alınmadan uygulanan müdahaleler istenilen sonucu vermeyebilir. Bu nedenle bilimsel prensiplere dayalı, güvenli ve bireyselleştirilmiş yaklaşımlar rehabilitasyonun temelini oluşturur (34). Böylece tedavi süreci yalnızca semptomların azaltılmasıyla sınırlı kalmaz, bireyin

fonksiyonel kapasitesini artırarak yaşam kalitesinin geliştirilmesine katkıda bulunur.

GELECEK ÇALIŞMALAR VE ARAŞTIRMA ALANLARI

Plastisite kavramı üzerine mevcut bilgiler, organizmanın uyum kapasitesini anlamada güçlü bir temel sunmakla birlikte, süreçlerin tüm boyutları henüz tam olarak aydınlatılmış değildir. Hüresel, nörofizyolojik ve biyomekanik düzeyde gerçekleşen adaptasyonların birbiriyle etkileşimi, rehabilitasyon bilimleri açısından önemli bir araştırma alanı olmaya devam etmektedir. Özellikle moleküler düzeyde kas ve bağ dokusu adaptasyonlarının egzersiz türüne göre nasıl farklılaştığı, gelecekteki çalışmaların odak noktalarından biri olarak görülmektedir. Nöroplastisiteye ilişkin araştırmalar da giderek artmaktadır. Motor öğrenme süreçleri, sinaptik yeniden yapılanma ve kortikal organizasyondaki değişimlerin klinik sonuçlarla ilişkisini ortaya koyan çalışmalar, rehabilitasyon yaklaşımlarının daha hedefe yönelik planlanmasına katkı sağlayacaktır. Görüntüleme yöntemleri ve nörofizyolojik ölçüm tekniklerindeki gelişmeler, bu değişimlerin daha ayrıntılı incelenmesine olanak tanımaktadır (35).

Ayrıca bireysel farklılıkların plastisite üzerindeki etkisi, gelecekte daha fazla önem kazanacaktır. Genetik faktörler, epigenetik mekanizmalar ve bireyin yaşam tarzı özellikleri ile adaptasyon kapasitesi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, kişiselleştirilmiş rehabilitasyon yaklaşımlarının geliştirilmesine zemin hazırlayabilir. Böylece tedavi planları yalnızca klinik tanıya değil, bireyin biyolojik yanıt potansiyeline göre de şekillendirilebilecektir.

Teknolojik gelişmeler de plastisite araştırmalarına yeni boyutlar kazandırmaktadır. Sanal gerçeklik uygulamaları, robotik rehabilitasyon sistemleri ve sensör tabanlı geri bildirim teknolojileri, tekrara dayalı öğrenme süreçlerini destekleyerek nöromüsküler

adaptasyonları güçlendirebilmektedir. Bu teknolojilerin klinik etkinliğini değerlendiren uzun dönemli çalışmalar, rehabilitasyon uygulamalarının gelecekteki yönünü belirleyecektir. Uzun süreli takip çalışmaları ise plastisiteye bağlı kazanımların sürdürülebilirliğini anlamak açısından önemlidir. Rehabilitasyon sonrasında elde edilen fonksiyonel gelişmelerin hangi koşullarda korunabildiği, egzersiz sürekliliğinin biyolojik adaptasyon üzerindeki rolü ve gerileme süreçlerinin mekanizmaları, ilerleyen araştırmalarda ele alınması gereken konular arasındadır.

Sonuç olarak plastisite, rehabilitasyon bilimlerinin dinamik ve gelişmeye açık araştırma alanlarından biridir. Klinik uygulamalardan elde edilen deneyimler ile temel bilim araştırmalarının birleştirilmesi, bu süreçlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak ve gelecekte daha etkili, güvenli ve bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

Kaynakça

Innocenti, G. M. (2022). Defining neuroplasticity. *Handbook of Clinical Neurology*, 184, 3–18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819410-2.00001-1>

Popescu, B. O., Batzu, L., Ruiz, P. J. G., Tulbă, D., Moro, E., & Santens, P. (2024). Neuroplasticity in Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission*, 131(11), 1329–1339. <https://doi.org/10.1007/s00702-024-02813-y>

Boa Sorte Silva, N. C., Barha, C. K., Erickson, K. I., Kramer, A. F., & Liu-Ambrose, T. (2024). Physical exercise, cognition, and brain health in aging. *Trends in Neurosciences*, 47(6), 402–417. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2024.04.004>

Johnson, B. P., & Cohen, L. G. (2023). Applied strategies of neuroplasticity. *Handbook of Clinical Neurology*, 196, 599–609. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98817-9.00011-9>

Tartt, A. N., Mariani, M. B., Hen, R., Mann, J. J., & Boldrini, M. (2022). Dysregulation of adult hippocampal neuroplasticity in major depression: Pathogenesis and therapeutic implications. *Molecular Psychiatry*, 27(6), 2689–2699. <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01520-y>

Koch, G., & Spampinato, D. (2022). Alzheimer disease and neuroplasticity. *Handbook of Clinical Neurology*, 184, 473–479. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819410-2.00027-8>

Song, Q., E, S., Zhang, Z., & Liang, Y. (2024). Neuroplasticity in the transition from acute to chronic pain. *Neurotherapeutics*, 21(6), e00464. <https://doi.org/10.1016/j.neurot.2024.e00464>

Penna, L. G., Pinheiro, J. P., Ramalho, S. H. R., & Ribeiro, C. F. (2021). Effects of aerobic physical exercise on neuroplasticity after stroke: Systematic review. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 79(9), 832–843. <https://doi.org/10.1590/0004-282X-ANP-2020-0551>

Sasegbon, A., Cheng, I., & Hamdy, S. (2025). The neurorehabilitation of post-stroke dysphagia: Physiology and pathophysiology. *The Journal of Physiology*, 603(3), 617–634. <https://doi.org/10.1113/JP285564>

Gooijers, J., Pauwels, L., Hehl, M., Seer, C., Cuypers, K., & Swinnen, S. P. (2024). Aging, brain plasticity, and motor learning. *Ageing Research Reviews*, 102, 102569. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2024.102569>

Luciana, M., & Collins, P. F. (2022). Neuroplasticity, the prefrontal cortex, and psychopathology-related deviations in cognitive control. *Annual Review of Clinical Psychology*, 18, 443–469. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-081219-111203>

Delcamp, C., Srinivasan, R., & Cramer, S. C. (2024). EEG provides insights into motor control and neuroplasticity during stroke recovery. *Stroke*, 55(10), 2579–2583. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.124.048458>

Hortobágyi, T., Granacher, U., Fernandez-Del-Olmo, M., Howatson, G., Manca, A., Deriu, F., ... Colomer-Poveda, D. (2021). Functional relevance of resistance training-induced neuroplasticity in health and disease. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 122, 79–91. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.12.019>

Vints, W. A. J., Levin, O., Fujiyama, H., Verbunt, J., & Masiulis, N. (2022). Exerkines and long-term synaptic potentiation: Mechanisms of exercise-induced neuroplasticity. *Frontiers in*

Neuroendocrinology, 66, 100993.
<https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2022.100993>

Kiritoshi, T., Yakhnitsa, V., Singh, S., Wilson, T. D., Chaudhry, S., Neugebauer, B., ... Neugebauer, V. (2024). Cells and circuits for amygdala neuroplasticity in the transition to chronic pain. *Cell Reports*, 43(9), 114669.
<https://doi.org/10.1016/j.celrep.2024.114669>

Vinogradov, S. (2023). Harnessing neuroplasticity. *Psychiatry Research*, 330, 115607.
<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2023.115607>

Winterbottom, L., & Nilsen, D. M. (2024). Motor learning following stroke: Mechanisms of learning and techniques to augment neuroplasticity. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 35(2), 277–291.
<https://doi.org/10.1016/j.pmr.2023.06.004>

Hugues, N., Pellegrino, C., Rivera, C., Berton, E., Pin-Barre, C., & Laurin, J. (2021). Is high-intensity interval training suitable to promote neuroplasticity and cognitive functions after stroke? *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 3003.
<https://doi.org/10.3390/ijms22063003>

Gazerani, P. (2025). The neuroplastic brain: Current breakthroughs and emerging frontiers. *Brain Research*, 1858, 149643. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2025.149643>

Blasi, V., Rapisarda, L., Cacciatore, D. M., Palumbo, E., Di Tella, S., Borgnis, F., & Baglio, F. (2025). Structural and functional neuroplasticity in music and dance-based rehabilitation: A systematic review. *Journal of Neurology*, 272(5), 329.
<https://doi.org/10.1007/s00415-025-13048-6>

Jayathilake, N. J., Phan, T. T., Kim, J., Lee, K. P., & Park, J. M. (2025). Modulating neuroplasticity for chronic pain relief: Noninvasive neuromodulation as a promising approach. *Experimental & Molecular Medicine*, 57(3), 501–514. <https://doi.org/10.1038/s12276-025-01409-0>

Dar, S. A., Ramakrishna, K., & Shekhawat, Y. S. (2025). Impact of positive thinking on synapses. *Progress in Brain Research*, 293, 17–40. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2025.03.005>

Bharmauria, V., Ouelhazi, A., Lussiez, R., & Molotchnikoff, S. (2022). Adaptation-induced plasticity in the sensory cortex. *Journal of Neurophysiology*, 128(4), 946–962. <https://doi.org/10.1152/jn.00114.2022>

Mukhtar, I., & Iftikhar, K. (2025). Enhancing cognition: The power of neuroplasticity. *Ageing Research Reviews*, 112, 102882. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2025.102882>

Marei, H. E. (2025). Neural circuit mapping and neurotherapy-based strategies. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 45(1), 75. <https://doi.org/10.1007/s10571-025-01595-5>

Axelrod, C. J., Gordon, S. P., & Carlson, B. A. (2023). Integrating neuroplasticity and evolution. *Current Biology*, 33(8), R288–R293. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.03.002>

Kunnath, A. J., Gifford, R. H., & Wallace, M. T. (2023). Cholinergic modulation of sensory perception and plasticity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 152, 105323. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105323>

Esmailzadeh, M., & Moradikar, N. (2025). Nutrition & exercise for brain health: Enhancing cognitive function and

neuroplasticity. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 34(9), 1419–1423. <https://doi.org/10.17219/acem/208533>

Ren, B., Yuan, Q., Cha, S., Liu, S., Zhang, J., & Guo, G. (2025). Maladaptive neuroplasticity under stress: Insights into neuronal and synaptic changes in the prefrontal cortex. *Molecular Neurobiology*, 62(11), 15227–15249. <https://doi.org/10.1007/s12035-025-05152-5>

Been, L. E., Sheppard, P. A. S., Galea, L. A. M., & Glasper, E. R. (2022). Hormones and neuroplasticity: A lifetime of adaptive responses. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 132, 679–690. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.11.029>

Wallace, R., Olson, D. E., & Hooker, J. M. (2023). Neuroplasticity: The continuum of change. *ACS Chemical Neuroscience*, 14(18), 3288–3290. <https://doi.org/10.1021/acscchemneuro.3c00526>

Pronk, N. P. (2021). Neuroplasticity and the role of exercise and diet on cognition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 113(6), 1392–1393. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab083>

Saleki, K., Banazadeh, M., Saghazadeh, A., & Rezaei, N. (2022). Aging, testosterone, and neuroplasticity: Friend or foe? *Reviews in the Neurosciences*, 34(3), 247–273. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2022-0033>

Tregub, P. P., Komleva, Y. K., Kukla, M. V., Averchuk, A. S., Vetchinova, A. S., Rozanova, N. A., Illarioshkin, S. N., & Salmina, A. B. (2025). Brain plasticity and cell competition: Immediate early genes are the focus. *Cells*, 14(2), 143. <https://doi.org/10.3390/cells14020143>

Abuleil, D., Thompson, B., & Dalton, K. (2022). Aerobic exercise and human visual cortex neuroplasticity: A narrative review.

Neural Plasticity, 2022, 6771999.
<https://doi.org/10.1155/2022/6771999>

BÖLÜM 6

CURRENT PHYSIOTHERAPY AND REHABILITATION APPROACHES IN THE MANAGEMENT OF SLEEP DISORDERS

1. FATMA TAŞKIN¹

2. NADİR TAYFUN ÖZCAN²

Introduction

Sleep is one of the fundamental physiological requirements for maintaining an individual's physical, cognitive, and psychological health. During sleep, several essential processes take place in the body, including tissue repair, energy restoration, hormone secretion, immune system regulation, and neurological recovery. Insufficient or poor-quality sleep may negatively affect individuals' activities of daily living, attention level, emotional state, and physical performance. In contemporary life, modern living conditions, increased use of technological devices, a sedentary lifestyle, and psychosocial stress factors are among the

¹ Dr. Fzt, Aydın Şehir Hastanesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ünitesi, ORCID: 0000-0003-2333-7207

² Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, ORCID: 0000-0003-2239-2562

major contributors to the increasing prevalence of sleep disorders (Buysse, 2013; Chennaoui et al., 2015; Medic et al., 2017).

Sleep disorders encompass a broad clinical spectrum, including insomnia, obstructive sleep apnea, restless legs syndrome, circadian rhythm disorders, and parasomnias. These disorders not only affect sleep duration and quality but may also lead to significant consequences such as reduced quality of life, chronic fatigue, impaired attention, depression, anxiety, and decreased physical performance. In addition, sleep problems are considered important risk factors for cardiovascular diseases, metabolic disorders, and musculoskeletal problems (Sateia, 2014; Hirotsu et al., 2015; Medic et al., 2017).

In the management of sleep disorders, the importance of non-pharmacological approaches has been increasingly emphasized alongside pharmacological treatments. In this context, physiotherapy and rehabilitation practices provide important contributions to improving sleep quality, reducing pain, enhancing respiratory function, and increasing physical activity levels. Physiotherapy interventions such as aerobic exercises, relaxation techniques, breathing exercises, posture education, and physical activity counseling have been reported to have positive effects on sleep quality. Growing scientific evidence in recent years indicates that physiotherapy and rehabilitation practices are effective and safe supportive approaches in the management of sleep disorders (Kline, 2014; Kredlow et al., 2015; Banno et al., 2018; Xie et al., 2021).

Sleep Physiology

Sleep is a complex biological process required for the physical and mental restoration of the organism. Approximately one-third of human life is spent asleep, and neurological, metabolic, and hormonal regulations occur during sleep (Medic et

al., 2017). Sleep is not merely a passive state of rest; rather, it is an active physiological process that plays an important role in learning, memory consolidation, energy balance, and immune system function (Ramar & Olson, 2020).

Sleep is mainly composed of two major stages: REM and non-REM sleep. Non-REM sleep includes the N1, N2, and N3 stages, while the N3 stage is considered the period during which physical restoration occurs most intensely. REM sleep, on the other hand, is associated with learning, memory, and cognitive processes (Carskadon & Dement, 2017; Rasch & Born, 2013).

Circadian rhythm and melatonin play important roles in the regulation of the sleep–wake cycle. Circadian rhythm is an approximately 24-hour biological cycle regulated by light, darkness, and environmental stimuli (Potter et al., 2016). In particular, increased melatonin secretion in the evening facilitates the transition to sleep, whereas exposure to blue light may negatively affect this process (Cajochen, 2007; Touitou et al., 2017). In addition, stress, physical inactivity, and irregular lifestyle habits may also disrupt circadian rhythm (Kline, 2014).

Classification of Sleep Disorders

Sleep disorders constitute a broad group of conditions involving problems related to falling asleep, maintaining sleep, sleep duration, and sleep quality. These disorders may negatively affect individuals' physical, cognitive, and psychosocial functions (National Center for Biotechnology Information, 2023). According to the International Classification of Sleep Disorders, sleep disorders are classified as insomnia, sleep-related breathing disorders, central disorders of hypersomnolence, circadian rhythm sleep–wake disorders, parasomnias, and sleep-related movement disorders (Sateia, 2014).

Insomnia

Insomnia is one of the most common sleep disorders and is characterized by difficulty initiating sleep, frequent awakenings during the night, or early morning awakening. Individuals with insomnia may experience daytime fatigue, impaired attention, irritability, and reduced quality of life (Riemann et al., 2017). In particular, chronic insomnia has been reported to increase the risk of depression, anxiety, and cardiovascular disease (Buysse, 2013).

Sleep Apnea

Sleep apnea is a sleep disorder characterized by temporary cessation or reduction of breathing during sleep. Obstructive sleep apnea is the most common form and occurs as a result of recurrent narrowing of the airway (Malhotra & White, 2002). Patients with sleep apnea may experience snoring, excessive daytime sleepiness, morning headache, and decreased cognitive performance. The condition has been reported to be associated with hypertension, diabetes, and cardiovascular disease (Jordan et al., 2014).

Restless Legs Syndrome

Restless legs syndrome is a neurological movement disorder characterized by an urge to move the legs, particularly occurring during periods of rest. Symptoms usually increase in the evening and at night (Gossard et al., 2021). Patients commonly experience difficulty falling asleep, sleep fragmentation, and daytime fatigue. In addition, restless legs syndrome has been reported to negatively affect quality of life and psychological well-being (Silber et al., 2021).

Narcolepsy

Narcolepsy is a chronic neurological disorder characterized by excessive daytime sleepiness. Sudden sleep attacks, cataplexy,

sleep paralysis, and hallucinations may be observed in affected individuals (Thorpy, 2015). Narcolepsy is thought to be associated with dysfunction of the hypocretin system. The disease may significantly affect an individual's academic, social, and occupational life.

Parasomnias

Parasomnias are disorders characterized by abnormal behaviors and involuntary movements occurring during sleep. Sleepwalking, sleep terrors, and REM sleep behavior disorder are included within this group (American Academy of Sleep Medicine, 2014). Parasomnias may pose risks to an individual's safety and negatively affect sleep quality.

Circadian Rhythm Sleep Disorders

Circadian rhythm sleep disorders occur as a result of a mismatch between an individual's biological clock and the environmental sleep–wake cycle. Shift work, irregular sleep schedules, and intense screen exposure may contribute to the development of these disorders (Potter et al., 2016). This condition may lead to chronic fatigue, reduced attention, and decreased performance in affected individuals.

Effects of Sleep Disorders on the Musculoskeletal System and Daily Life

Sleep disorders are not merely problems that affect nighttime sleep; they also have significant consequences for an individual's physical, psychological, and social life. Reduced sleep duration or impaired sleep quality may have negative effects on musculoskeletal functions, pain perception, posture, balance, and activities of daily living (Medic et al., 2017). In particular, chronic sleep disorders have been reported to reduce quality of life and

negatively affect functional independence in the long term (Ramar & Olson, 2020).

During sleep, muscle tissue regeneration, regulation of energy stores, and restoration of the neuromuscular system occur. Therefore, in cases of insufficient sleep, muscle fatigue, loss of physical performance, and impairments in movement coordination may be observed (Krause et al., 2017). Studies have shown that sleep deprivation is particularly associated with decreased muscle strength, prolonged reaction time, and reduced motor performance (Fullagar et al., 2015).

Relationship Between Chronic Pain and Sleep

There is a bidirectional relationship between sleep disorders and chronic pain. While insufficient sleep reduces the pain threshold, chronic pain also leads to deterioration in sleep quality (Finan et al., 2013). Neck pain, low back pain, and widespread muscle pain have been reported to be more common, particularly in patients with insomnia. It has been suggested that impaired sleep quality may increase sensitivity within the central nervous system and thereby intensify pain perception (Haack et al., 2020).

Due to musculoskeletal pain, individuals' physical activity levels may decrease, which in turn may reinforce a sedentary lifestyle cycle. In particular, poor sleep quality has been shown to be associated with functional disability and depression levels in individuals with chronic low back pain (Kelly et al., 2011).

Effects on Posture and Balance

Sleep disorders may also have significant effects on postural control and balance mechanisms. Sleep deprivation has been reported to reduce proprioceptive sense and negatively affect balance performance (Fabbri et al., 2006). Sleep problems may increase the risk of falls, particularly in older adults.

In conditions such as sleep apnea and restless legs syndrome, postural stability may be impaired due to daytime fatigue and reduced attention (Gossard et al., 2021). As a result, individuals may experience difficulties in activities of daily living, fear of movement, and decreased physical performance (Medic et al., 2017; Kelly et al., 2011).

Sleep deprivation may also affect gait patterns by causing impairments in muscle coordination. Sleep problems have been reported to increase the risk of injury, particularly in athletes and occupational groups that require intense physical activity (Milewski et al., 2014).

Psychological and Cognitive Effects

Sleep disorders have significant effects not only on physical functions but also on psychological and cognitive processes. Chronic sleep problems may lead to attention deficits, impaired concentration, forgetfulness, and decreased cognitive performance (Killgore, 2010). In addition, long-term sleep problems have been reported to show a strong association with depression and anxiety (Baglioni et al., 2011).

Individuals with sleep disorders may experience reduced participation in social activities due to daytime fatigue and lack of energy. This condition decreases quality of life and may lead to psychosocial isolation. In particular, patients with chronic insomnia have been reported to experience irritability, loss of motivation, and increased levels of emotional stress (Riemann et al., 2017).

Role of Physiotherapy in Sleep Disorders

In recent years, the importance of non-pharmacological approaches in the management of sleep disorders has been increasingly emphasized. Although pharmacological treatments may provide symptom control in the short term, long-term

medication use has been reported to cause various side effects such as dependence, tolerance development, and daytime sedation. Therefore, particularly in chronic sleep disorders, physiotherapy and rehabilitation practices are considered important supportive treatment methods (Riemann et al., 2017).

Exercise Therapy and Physical Activity

Exercise therapy is one of the most commonly used physiotherapy approaches in sleep disorders. Aerobic exercises, walking programs, resistance exercises, yoga, Tai Chi, and Pilates practices have been reported to improve sleep quality (Chennaoui et al., 2015; Wang et al., 2020). The positive effects of physical activity on sleep are explained by mechanisms such as supporting melatonin secretion, regulating cortisol, promoting psychological relaxation, and regulating circadian rhythm (De Nys et al., 2022). In particular, moderate-intensity aerobic exercise has been reported to facilitate sleep onset, increase sleep duration, and improve sleep efficiency (Desai et al., 2024; Korkutata et al., 2025).

Physical activity plays an important role in maintaining sleep patterns and improving sleep quality. Conversely, a sedentary lifestyle and reduced levels of physical activity may increase the prevalence of sleep disorders. Physically active individuals have been reported to have better sleep quality compared with sedentary individuals (Altunalan et al., 2024).

There is a strong relationship between sleep disorders and anxiety and depression. Physical activity has been reported to support psychological well-being and improve sleep quality by increasing the release of neurotransmitters such as endorphins, serotonin, and dopamine (Hossain et al., 2024). Regular aerobic exercise programs have been shown to reduce anxiety levels, alleviate daytime fatigue, and improve quality of life (Alnawwar et al., 2023).

In patients with insomnia, moderate-intensity aerobic exercise has been shown to improve sleep quality, reduce insomnia symptoms, and support psychological well-being (Banno et al., 2018; Passos et al., 2012). Systematic reviews and meta-analyses also support the positive effects of regular exercise on sleep (Alnawwar et al., 2023). In older adults, regular exercise programs have been reported to improve both sleep quality and physical function (Li et al., 2025).

Breathing Exercises and Rehabilitation in Sleep Apnea

In obstructive sleep apnea, physiotherapy practices are particularly important in terms of respiratory rehabilitation. Diaphragmatic breathing exercises, inspiratory muscle training, and oropharyngeal exercises have been reported to increase airway patency (Camacho et al., 2015). The aim of breathing exercises is to increase respiratory muscle strength, support ventilation, and improve airway stability (de Azeredo et al., 2022).

Oropharyngeal exercises targeting the upper airway muscles have been shown to reduce the apnea–hypopnea index and decrease snoring severity (Hsu et al., 2021). In addition, inspiratory muscle training has been reported to have positive effects on quality of life and daytime sleepiness (de Azeredo et al., 2022). Physical activity programs aimed at weight control may also contribute to reducing sleep apnea symptoms (Kline, 2014). Furthermore, positional therapy practices and the lateral sleeping position have been reported to reduce apnea severity in some patients (Joosten et al., 2014).

Rehabilitation Approaches in Restless Legs Syndrome

In restless legs syndrome, physiotherapy practices are among the important supportive methods for symptom control. In particular, stretching exercises, low- to moderate-intensity aerobic

exercises, and rehabilitation programs targeting the lower extremity muscles have been reported to reduce symptom severity (Aukerman et al., 2006; Gossard et al., 2021).

Moderate-intensity aerobic activities such as walking, cycling, and swimming are suggested to have regulatory effects on the dopaminergic system and to improve sleep quality (Giannaki et al., 2013; Silber et al., 2021). Aerobic exercise programs performed at least three days per week have been reported to reduce symptom frequency and sleep problems (Çoban et al., 2023). In addition, massage applications, relaxation techniques, and hot–cold applications may be used as supportive methods in symptom management (Liu et al., 2022).

Relaxation Techniques and Sleep Hygiene Education

Relaxation exercises and sleep hygiene education are among the important components of physiotherapy. Progressive muscle relaxation techniques, breathing exercises, and meditation practices have been reported to facilitate sleep onset by reducing sympathetic nervous system activity (Riemann et al., 2017).

Within the scope of sleep hygiene education, individuals are provided with behavioral recommendations such as establishing regular sleep schedules, reducing screen exposure, limiting caffeine consumption, and creating an appropriate sleep environment. In particular, blue light emitted from technological devices has been reported to suppress melatonin secretion and disrupt sleep patterns (Touitou et al., 2017).

Multidisciplinary Approach

A multidisciplinary approach is of great importance in the management of sleep disorders. Physiotherapists work together with physicians, psychologists, dietitians, and sleep specialists to plan individualized rehabilitation programs. Particularly in patients

with chronic insomnia, the combined use of cognitive behavioral therapy and exercise interventions has been reported to produce more effective outcomes (Riemann et al., 2017).

Current Studies and Evidence-Based Approaches

Current Evidence on Exercise and Sleep Quality

Recent systematic reviews examining the effects of physical activity on sleep indicate that regular exercise produces positive outcomes on sleep quality. In the systematic review published by Alnawwar et al. in 2023, it was stated that physical activity may improve sleep quality, reduce sleep latency, and enhance overall sleep patterns (Alnawwar et al., 2023).

A recent review published in 2025 emphasized that the effects of exercise on sleep quality and sleep disorders may vary depending on the type, intensity, duration, and timing of exercise, as well as individual characteristics such as age, sex, and physical fitness level. This indicates that exercise prescription in sleep disorders should not be standardized but should instead be planned individually (Korkutata et al., 2025).

Recent meta-analyses have also compared the effects of different types of exercise on sleep quality. In a network meta-analysis published in 2025, aerobic exercise, resistance exercise, yoga, Pilates, and traditional Chinese exercises were reported to significantly improve sleep quality; however, no clear superiority was found among the exercise types (Wang et al., 2025). This finding is important because it suggests that physiotherapists may utilize different exercise models according to the individual's age, clinical condition, motivation, and physical capacity.

Exercise-Based Approaches in Patients with Insomnia

Although cognitive behavioral therapy is considered one of the main approaches in the treatment of insomnia, exercise-based interventions have also emerged in recent years as supportive treatment options. In a systematic review evaluating the effects of physical activity on insomnia using objective sleep measurements, it was reported that exercise may increase total sleep time and sleep efficiency, while reducing sleep onset latency and wake time after sleep onset (Riedel et al., 2024).

Studies published in 2026 have also shown that exercise interventions may reduce insomnia symptoms (Bu et al., 2026). In particular, low- to moderate-intensity exercises such as yoga, Tai Chi, walking, and jogging have been reported to be beneficial in the management of insomnia. These findings indicate that not only conventional aerobic exercises but also exercises involving relaxation and body awareness may be used in physiotherapy programs.

Current Rehabilitation Evidence in Obstructive Sleep Apnea

Physiotherapy approaches in obstructive sleep apnea mainly focus on breathing exercises, aerobic exercise, respiratory muscle training, and oropharyngeal exercises. In a systematic review and network meta-analysis published in 2024, aerobic exercise, combined exercise, respiratory muscle training, and oropharyngeal exercises were reported to have varying degrees of beneficial effects on obstructive sleep apnea (Tang et al., 2024).

A systematic review and meta-analysis published in 2026 indicated that aerobic exercise training may have supportive effects in reducing the severity of obstructive sleep apnea and may provide positive effects on maximal oxygen consumption (Pawar et al., 2026). These findings suggest that exercise may contribute to the management of sleep apnea not only through weight control but also by improving cardiorespiratory capacity.

Oropharyngeal exercises are also among the applications that have attracted attention in the current literature. These exercises are suggested to reduce upper airway collapse by increasing the tone of the tongue, soft palate, and pharyngeal muscles (Camacho et al., 2015). Current reviews have reported that oropharyngeal exercises may reduce the apnea–hypopnea index and snoring severity and may serve as a supportive option, particularly in mild to moderate sleep apnea (Hsu et al., 2021).

Current Evidence in Restless Legs Syndrome

Evidence regarding exercise and rehabilitation practices in restless legs syndrome is more limited compared with insomnia and sleep apnea. Nevertheless, in recent years, several studies have suggested that aerobic exercise, stretching exercises, and lower extremity-focused exercise programs may be beneficial for symptom control.

In a study published in 2023, aerobic exercise and stretching exercises were reported to be effective in reducing symptoms of restless legs syndrome and improving sleep quality (Çoban et al., 2023). In a case-based study published in 2024, it was stated that an individualized aerobic exercise program may have positive effects on restless legs syndrome symptoms (Aktar et al., 2024).

Since the number of studies in this field is limited, individualization of exercise prescription is important in restless legs syndrome. As excessively intense exercise may increase symptoms in some individuals, low- to moderate-intensity, regular, and monitorable exercise programs may be considered a safer approach.

Telerehabilitation and Digital Approaches

In recent years, digital health applications have also come to the forefront in the assessment and management of sleep disorders.

Particularly in obstructive sleep apnea, telerehabilitation programs have begun to be used for monitoring home-based exercises, supporting adherence to CPAP therapy, and tracking lifestyle modifications.

In a study protocol published in 2023, it was stated that the effects of a comprehensive telerehabilitation program on disease severity, quality of life, body composition, exercise tolerance, respiratory muscle function, and pulmonary function were investigated in men with moderate to severe obstructive sleep apnea (Hnatiak et al., 2023). Although this field is still developing, telerehabilitation is considered to offer important advantages, particularly in terms of long-term follow-up and treatment adherence.

General Evaluation from an Evidence-Based Perspective

When the current literature is evaluated as a whole, physiotherapy and rehabilitation approaches in sleep disorders appear to be supportive, safe, and feasible methods. The strongest evidence is concentrated on physical activity, aerobic exercise, yoga, Tai Chi, resistance exercise, and respiratory/oropharyngeal exercises in obstructive sleep apnea.

However, there are also some limitations in the literature. Differences across studies in terms of exercise type, duration, frequency, and intensity make it difficult to generalize the results. In addition, in some studies, sleep quality has been assessed only using subjective scales, while objective measurement methods such as polysomnography or actigraphy have been used to a limited extent.

Therefore, future studies should include larger sample sizes, long-term follow-up, objective sleep measurements, and standardized exercise protocols. Based on the current evidence,

physiotherapy and rehabilitation practices should be considered not as a stand-alone primary treatment for sleep disorders, but as an important component of an individualized and multidisciplinary approach.

Future Perspectives and Emerging Rehabilitation Technologies

Technological developments have led to significant transformations in the assessment and rehabilitation of sleep disorders, as in many other areas of healthcare. In recent years, artificial intelligence-supported analysis systems, wearable technologies, digital health applications, and telerehabilitation approaches have been increasingly used in the management of sleep disorders. These technologies offer important opportunities for the objective assessment of sleep patterns, monitoring of physical activity levels, and planning of rehabilitation processes according to individual needs (Pépin et al., 2022).

In traditional rehabilitation practices, regular access to clinical services may not always be possible for individuals. In particular, chronic diseases, geographical distance, time constraints, and economic factors may negatively affect the rehabilitation process. Therefore, home-based rehabilitation practices and digital monitoring systems have gained increasing importance in recent years (Pépin et al., 2022).

In the future, the integration of biosensor technologies, real-time data analysis, and artificial intelligence-supported systems may enable the development of more personalized rehabilitation approaches. Through these technologies, an individual's sleep pattern, physical activity level, stress level, and cardiorespiratory responses may be monitored simultaneously; based on the data obtained, rehabilitation programs may be planned in a more effective and sustainable manner. However, issues such as data

security, ethical use, and patient privacy are expected to remain important as these technologies become more widespread.

Artificial Intelligence-Supported Sleep Analysis Systems

Artificial intelligence applications have become one of the prominent areas in the assessment of sleep disorders in recent years. In particular, the use of machine learning algorithms has made it possible to automatically analyze sleep stages, detect respiratory irregularities, and evaluate sleep quality (Wara et al., 2024).

Although polysomnography is still considered the gold standard method for the assessment of sleep disorders, interest in alternative technologies is increasing because it is costly and time-consuming. Artificial intelligence-supported systems are thought to provide faster analysis and reduce the clinical workload (Mencar et al., 2024).

With the deep learning-based models developed in recent years, sleep stage classification, detection of apnea episodes, snoring analysis, and evaluation of movement disorders can be performed more accurately. Particularly in patients with sleep apnea, artificial intelligence-supported systems are suggested to contribute to early diagnosis.

Wearable Technologies

Wearable technologies are becoming increasingly widespread in the monitoring of sleep disorders. Smartwatches, motion sensors, and biometric monitoring devices allow the tracking of individuals' sleep duration, heart rate, physical activity level, and sleep patterns (de Zambotti et al., 2019).

These technologies are considered to provide important advantages, particularly for long-term follow-up. While traditional

clinical assessments provide short-term data, wearable devices offer the opportunity to evaluate sleep behaviors in individuals' daily lives.

Recent studies have indicated that smart devices can be used for sleep tracking; however, they are still not as reliable as polysomnography for clinical diagnosis (Chinoy et al., 2021). Nevertheless, wearable technologies are reported to increase motivation during rehabilitation processes and help individuals regularly monitor their physical activity levels.

Telerehabilitation Applications

Telerehabilitation refers to the remote delivery of rehabilitation services through digital platforms. The use of telehealth applications has increased significantly, particularly after the COVID-19 pandemic (Pépin et al., 2022).

In sleep disorders, telerehabilitation applications can be used in areas such as remote monitoring of exercise programs, sleep hygiene education, breathing exercise counseling, and physical activity planning.

Home-based rehabilitation programs have been reported to increase treatment adherence, particularly in patients with chronic insomnia and sleep apnea. In addition, digital rehabilitation platforms are suggested to support individuals' exercise continuity (Pépin et al., 2022).

The main advantages of telerehabilitation include time saving, reduced costs, easier access to rehabilitation, and the possibility of long-term follow-up. However, factors such as lack of technological infrastructure and digital health literacy may also affect the implementation process.

Mobile Health Applications and Digital Exercise Monitoring

Mobile health applications have become widely used in the management of sleep disorders in recent years. Through these applications, individuals' sleep schedules, physical activity levels, and exercise habits can be monitored.

Some applications include features such as sleep diary creation, relaxation exercises, breathing exercises, meditation programs, and sleep hygiene recommendations.

In particular, physical activity monitoring is suggested to increase individuals' motivation and contribute to exercise adherence (Chinoy et al., 2021). In addition, mobile applications make it possible for physiotherapists to provide individualized exercise recommendations to individuals.

Virtual Reality and Relaxation Technologies

Virtual reality applications are among the emerging technologies in the field of rehabilitation. In recent years, virtual reality-supported relaxation applications have been suggested to reduce stress levels and improve sleep quality (Freeman et al., 2017).

Particularly in sleep problems associated with anxiety, virtual reality-based meditation and relaxation applications are suggested to provide relaxation by reducing sympathetic nervous system activity. In addition, virtual reality applications may make the rehabilitation process more enjoyable and motivating.

Conclusion

Sleep disorders are common health problems that affect physical, cognitive, and psychosocial functions and may significantly reduce quality of life. Common sleep disorders such as insomnia, obstructive sleep apnea, and restless legs syndrome are associated with fatigue, pain, reduced attention, loss of physical

performance, and limitations in activities of daily living (Medic et al., 2017).

In recent years, interest in non-pharmacological approaches for the management of sleep disorders has increased. Current evidence shows that exercise therapy, breathing exercises, sleep hygiene education, relaxation techniques, and physical activity programs may improve sleep quality, reduce daytime symptoms, and enhance quality of life (Banno et al., 2018; Korkutata et al., 2025). In particular, respiratory and oropharyngeal exercises in obstructive sleep apnea, and regular aerobic and stretching exercises in restless legs syndrome, have been reported to provide supportive benefits.

In conclusion, physiotherapists are playing an increasingly important role in the assessment and management of sleep disorders. Individually planned rehabilitation programs are considered to have positive effects on sleep quality, physical functions, and quality of life. Furthermore, digital health solutions such as artificial intelligence-supported systems, wearable technologies, and telerehabilitation applications may increase the effectiveness and accessibility of sleep rehabilitation in the future.

Kaynakça/References

- Aktar, B., Balcı, B., Buran, S., Aslantaş, B. N., Mermi Dibek, D., Öztura, İ., & Baklan, B. (2024). Aerobic exercise in individuals with restless legs syndrome: A case series study. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*, 8(3), 511–515.
- American Academy of Sleep Medicine. (2014). *International classification of sleep disorders* (3rd ed.). American Academy of Sleep Medicine.
- Alnawwar, M., Alhalabi, M., Alhasan, M., & Hamdan, M. (2023). Physical activity and sleep quality: A systematic review of current evidence. *Healthcare*, 11(18), 2505.
- Altunalan, T., Yıldırım, M., & Kırmızıgil, B. (2024). Association between physical activity and sleep quality in adults: A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 24(1), 2078.
- Aukerman, M. M., Aukerman, D., Bayard, M., Tudiver, F., Thorp, L., & Bailey, B. (2006). Exercise and restless legs syndrome: A randomized controlled trial. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, 19(5), 487–493.
- Baglioni, C., Battagliese, G., Feige, B., Spiegelhalder, K., Nissen, C., Voderholzer, U., Lombardo, C., & Riemann, D. (2011). Insomnia as a predictor of depression: A meta-analytic evaluation of longitudinal epidemiological studies. *Journal of Affective Disorders*, 135(1–3), 10–19.
- Banno, M., Harada, Y., Taniguchi, M., Tobita, R., Tsujimoto, H., Tsujimoto, Y., Kataoka, Y., & Noda, A. (2018). Exercise can improve sleep quality: A systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 6, e5172.
- Bu, Z. J., Liu, F. S., Shahjalal, M., Song, Y. K., Li, M. C., Zhuo, R. E., Zhong, Q. H., Du, Y. W., Lu, C. G., Yang, Z. H., Yang, H.

- Y., Zhong, P., Liu, J. P., & Liu, Z. L. (2026). Effects of various exercise interventions in insomnia patients: A systematic review and network meta-analysis. *BMJ Evidence-Based Medicine*, 31(2), 102–113.
- Buyse, D. J. (2013). Insomnia. *JAMA*, 309(7), 706–716.
- Cajochen, C. (2007). Alerting effects of light. *Sleep Medicine Reviews*, 11(6), 453–464.
- Carskadon, M. A., & Dement, W. C. (2017). Normal human sleep: An overview. In M. H. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and practice of sleep medicine* (6th ed., pp. 15–24). Elsevier.
- Chennaoui, M., Arnal, P. J., Sauvet, F., & Léger, D. (2015). Sleep and exercise: A reciprocal issue? *Sleep Medicine Reviews*, 20, 59–72.
- Chinoy, E. D., Cuellar, J. A., Huwa, K. E., Jameson, J. T., Watson, C. H., Bessman, S. C., Johnson, M. W., & Markwald, R. R. (2021). Performance of seven consumer sleep-tracking devices compared with polysomnography. *Sleep*, 44(5), zsa291.
- Camacho, M., Certal, V., Abdullatif, J., Zaghi, S., Ruoff, C. M., Capasso, R., Kushida, C. A., & Guilleminault, C. (2015). Myofunctional therapy to treat obstructive sleep apnea: A systematic review and meta-analysis. *Sleep*, 38(5), 669–675.
- Çoban, Ö., Ün Yıldırım, N., Yaşa, M. E., & Sonkaya, A. R. (2023). Effects of different exercise programs on symptoms, sleep, and quality of life in patients with primary restless legs syndrome. *Movement Disorders Clinical Practice*, 10(9), 1349–1359.
- de Azeredo, L. M., de Souza, L. C., Guimarães, B. L. S., Puga, F. P., Behrens, N. S. C. S., & Lugon, J. R. (2022). Inspiratory muscle training as adjuvant therapy in obstructive sleep apnea: A

- randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 55.
- De Nys, S., Philippaerts, R., & Verhagen, E. (2022). Physical activity and sleep: Physiological mechanisms and public health implications. *Sports Medicine*, 52(12), 3029–3046.
- de Zambotti, M., Cellini, N., Goldstone, A., Colrain, I. M., & Baker, F. C. (2019). Wearable sleep technology in clinical and research settings. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(7), 1538–1557.
- Desai, R., Patel, K., & Sharma, S. (2024). Exercise, melatonin, and sleep regulation: Current evidence and future perspectives. *Sleep Science and Practice*, 8(1), 15–27.
- Fabbri, M., Martoni, M., Esposito, M. J., Brighetti, G., & Natale, V. (2006). Postural control after a night without sleep. *Neuropsychologia*, 44(12), 2520–2525.
- Finan, P. H., Goodin, B. R., & Smith, M. T. (2013). The association of sleep and pain: An update and a path forward. *The Journal of Pain*, 14(12), 1539–1552.
- Freeman, D., Haselton, P., Freeman, J., Spanlang, B., Kishore, S., Albery, E., Denne, M., Brown, P., Slater, M., & Nickless, A. (2017). Automated psychological therapy using immersive virtual reality for treatment of fear of heights: A single-blind, parallel-group, randomised controlled trial. *The Lancet Psychiatry*, 5(8), 625–632.
- Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., & Meyer, T. (2015). Sleep and athletic performance: The effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Medicine*, 45(2), 161–186.

- Giannaki, C. D., Hadjigeorgiou, G. M., Karatzaferi, C., Maridaki, M. D., Koutedakis, Y., Founta, P., Tsianas, N., Stefanidis, I., & Sakkas, G. K. (2013). A single-blind randomized controlled trial to evaluate the effect of 6 months of progressive aerobic exercise training in patients with restless legs syndrome. *Sleep Medicine*, 14(4), 362–368.
- Gossard, T. R., Trotti, L. M., Videnovic, A., St. Louis, E. K., & Boeve, B. F. (2021). Restless legs syndrome, rapid eye movement sleep behavior disorder, and gait impairment: A review of the literature. *Tremor and Other Hyperkinetic Movements*, 11, 1–11.
- Haack, M., Simpson, N., Sethna, N., Kaur, S., & Mullington, J. (2020). Sleep deficiency and chronic pain: Potential underlying mechanisms and clinical implications. *Neuropsychopharmacology*, 45(1), 205–216.
- Hirotsu, C., Tufik, S., & Andersen, M. L. (2015). Interactions between sleep, stress, and metabolism: From physiological to pathological conditions. *Sleep Science*, 8(3), 143–152.
- Hnatiak, J., Galkova, L. Z., Winnige, P., Krejci, J., Neumannova, K., & Novotna, B. (2023). Obstructive sleep apnea and a comprehensive remotely supervised rehabilitation program: Study protocol of a randomized controlled trial. *JMIR Research Protocols*, 12, e47460.
- Hossain, M. F., Rahman, M. A., & Islam, M. S. (2024). Exercise and mental health outcomes in sleep disorders: A review of recent evidence. *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1387214.
- Hsu, Y. C., Chen, N. H., Chuang, L. P., & Wang, P. C. (2021). Effectiveness of oropharyngeal exercises in obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 57, 101469.

- Joosten, S. A., O'Driscoll, D. M., Berger, P. J., & Hamilton, G. S. (2014). Supine position related obstructive sleep apnea in adults: Pathogenesis and treatment. *Sleep Medicine Reviews*, 18(1), 7–17.
- Jordan, A. S., McSharry, D. G., & Malhotra, A. (2014). Adult obstructive sleep apnoea. *The Lancet*, 383(9918), 736–747.
- Kelly, G. A., Blake, C., Power, C. K., O'Keeffe, D., & Fullen, B. M. (2011). The association between chronic low back pain and sleep: A systematic review. *The Clinical Journal of Pain*, 27(2), 169–181.
- Killgore, W. D. S. (2010). Effects of sleep deprivation on cognition. *Progress in Brain Research*, 185, 105–129.
- Kline, C. E. (2014). The bidirectional relationship between exercise and sleep: Implications for exercise adherence and sleep improvement. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 8(6), 375–379.
- Korkutata, A., Arslantaş, H., & Demir, G. (2025). The role of physical activity in circadian rhythm and sleep quality: Current perspectives. *npj Biological Timing and Sleep*, 2(1), 18.
- Krause, A. J., Simon, E. B., Mander, B. A., Greer, S. M., Saletin, J. M., Goldstein-Piekarski, A. N., & Walker, M. P. (2017). The sleep-deprived human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(7), 404–418.
- Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: A meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, 38(3), 427–449.
- Li, Y., Quan, W., Gao, Z., Wang, X., Wang, Y., Meng, H., & Kang, J. (2025). Effects of exercise interventions on subjective sleep

- quality in older adults: A systematic review and meta-analysis of studies using the Pittsburgh sleep quality index. *Frontiers in Medicine*, 12, 1664567.
- Liu, Z., Guan, R., & Pan, L. (2022). Exploration of restless legs syndrome under the new concept: A review. *Medicine*, 101(50), e32324.
- Malhotra, A., & White, D. P. (2002). Obstructive sleep apnoea. *The Lancet*, 360(9328), 237–245.
- Medic, G., Wille, M., & Hemels, M. E. H. (2017). Short- and long-term health consequences of sleep disruption. *Nature and Science of Sleep*, 9, 151–161.
- Mencar, C., Gallo, C., Mantero, M., & Tribastone, M. (2024). Artificial intelligence and sleep medicine: Current applications and future directions. *Sleep Medicine Reviews*, 75, 101910.
- Milewski, M. D., Skaggs, D. L., Bishop, G. A., Pace, J. L., Ibrahim, D. A., Wren, T. A. L., & Barzdukas, A. (2014). Chronic lack of sleep is associated with increased sports injuries in adolescent athletes. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 34(2), 129–133.
- National Center for Biotechnology Information. (2023). Sleep disorders. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Passos, G. S., Poyares, D., Santana, M. G., D'Aurea, C. V. R., Youngstedt, S. D., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2012(10), 1018–1027.
- Pawar, M., Venkatesan, P., Mysore, S., & Bhat, G. (2026). Effectiveness of aerobic exercise training in patients with obstructive sleep apnea: A systematic review and meta-analysis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 283(2), 1201–1213.

- Pépin, J. L., Bruno, R. M., Yang, R. Y., Vercamer, V., Jouhaud, P., Escourrou, P., & Boutouyrie, P. (2022). Wearable technologies, telemedicine, and artificial intelligence in obstructive sleep apnea management. *Sleep Medicine Reviews*, 64, 101644.
- Potter, G. D. M., Skene, D. J., Arendt, J., Cade, J. E., Grant, P. J., & Hardie, L. J. (2016). Circadian rhythm and sleep disruption: Causes, metabolic consequences, and countermeasures. *Endocrine Reviews*, 37(6), 584–608.
- Ramar, K., & Olson, E. J. (2020). Management of common sleep disorders. *American Family Physician*, 101(1), 17–24.
- Rasch, B., & Born, J. (2013). About sleep's role in memory. *Physiological Reviews*, 93(2), 681–766.
- Riedel, A., Benz, F., Deibert, P., Barsch, F., Frase, L., Johann, A. F., Riemann, D., & Feige, B. (2024). The effect of physical exercise interventions on insomnia: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 76, 101948. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2024.101948>
- Riemann, D., Baglioni, C., Bassetti, C., Bjorvatn, B., Dolenc Groselj, L., Ellis, J. G., Espie, C. A., Garcia-Borreguero, D., Gjerstad, M., Gonçalves, M., Hertenstein, E., Jansson-Fröjmark, M., Jennum, P. J., Leger, D., Nissen, C., Parrino, L., Paunio, T., Pevernagie, D., Verbraecken, J., ... Spiegelhalder, K. (2017). European guideline for the diagnosis and treatment of insomnia. *Journal of Sleep Research*, 26(6), 675–700. <https://doi.org/10.1111/jsr.12594>
- Sateia, M. J. (2014). International classification of sleep disorders-third edition: Highlights and modifications. *Chest*, 146(5), 1387–1394.
- Silber, M. H., Buchfuhrer, M. J., Earley, C. J., Koo, B. B., Manconi, M., & Winkelman, J. W. (2021). The management of restless

legs syndrome: An updated algorithm. *Mayo Clinic Proceedings*, 96(7), 1921–1937.

Tang, R., Pan, J., Huang, Y., & Ren, X. (2024). Efficacy comparison of aerobic exercise, combined exercise, oropharyngeal exercise and respiratory muscle training for obstructive sleep apnea: A systematic review and network meta-analysis. *Sleep Medicine*, 124, 582–590.

Thorpy, M. J. (2015). Recently approved and upcoming treatments for narcolepsy. *CNS Drugs*, 29(9), 741–751.

Touitou, Y., Touitou, D., & Reinberg, A. (2017). Disruption of adolescents' circadian clock: The vicious circle of media use, exposure to light at night, sleep loss and risk behaviors. *Journal of Physiology-Paris*, 111(4), 467–479.

Wang, F., Eun-Kyoung Lee, O., Feng, F., Vitiello, M. V., Wang, W., Benson, H., Fricchione, G. L., & Denninger, J. W. (2020). The effect of meditative movement on sleep quality: A systematic review. *Sleep Medicine Reviews*, 30, 43–52.

Wang, H., Xin, X., & Pan, Y. (2025). The best approaches and doses of exercise for improving sleep quality: A network meta-analysis and dose-response relationship study. *BMC Public Health*, 25, 1371.

Wara, M., Patel, K., Singh, A., & Rao, P. (2024). Artificial intelligence applications in sleep stage classification and sleep disorder diagnostics: A review. *IEEE Access*, 12, 55412–55429.

Xie, Y., Liu, S., Chen, X. J., Yu, H. H., Yang, Y., & Wang, W. (2021). Effects of exercise on sleep quality and insomnia in adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 664499.

