

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON

ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE DEĞERLENDİRMELER



EDİTÖR

Doç. Dr. Çağatay MADEN

ARALIK 2025

YAYLIK 3032

gece
kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı

Birinci Basım / Aralık 2025 - Ankara
ISBN / 978-625-8570-27-4

© copyright

Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

ARALIK 2025

EDİTÖR

Doç. Dr. Çağatay MADEN

gece
kitaplığı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

HİPERTANSİYON TEDAVİSİNDE GÜNCEL EGZERSİZ YAKLAŞIMLARI

Emine TUNÇ SÜYGÜN, Gizem MERMERKAYA 7

BÖLÜM 2

BRUKSİZMDE FİZYOTERAPİ: KLİNİK ETKİNLİĞİ VE KANITA DAYALI YAKLAŞIMLAR

Miraç SEZER BAYHAN 17

BÖLÜM 3

SPORCULARDA KOGNİTİF PERFORMANS

Hazal YAKUT ÖZDEMİR, Helin ÖNCEL, Ezgi ÜNÜVAR YÜKSEL 37

BÖLÜM 4

METABOLİK SENDROM VE FİZİKSEL AKTİVİTE

Gizem MERMERKAYA, Emine TUNÇ SÜYGÜN 51

BÖLÜM 5

AKTİF YAŞLANMA PARADİGMASI: SARKOPENİ VE KIRILGANLIKLARLA MÜCADELEDE EGZERSİZ STRATEJİLERİ

Miraç SEZER BAYHAN, Hanifi DÜLGER 59

BÖLÜM 6

ERGENLERDE FİZİKSEL AKTİVİTE

Betül ERBAY 81

BÖLÜM 7

SANAL GERÇEKLİK EĞİTİMİNİN NÖROLOJİK REHABİLİTASYONDA KULLANIMI

Rabia ÇELİKEL, Sonay GÜRÜHAN 93

BÖLÜM 8

ERKEKLERDE İNFERTİLİTE VE EGZERSİZ

Betül ERBAY 105

BÖLÜM 9

YAYGIN GÖRÜLEN ROMATOLOJİK HASTALIKLARDA KAPLICA TEDAVİSİNİN (BALNEOTERAPİ) ROLÜ

Sonay GÜRÜHAN, Rabia ÇELİKEL 123

BÖLÜM 10

SARKOPENİK OBEZİTEDE EGZERSİZİN ROLÜ

Ezgi ÜNÜVAR YÜKSEL, Sibel BOZGEYİK BAĞDATLI 137

BÖLÜM 11

FİZİYOTERAPİDE MİNDFULNESS UYGULAMALARI

Mert USTA, Ferdi BAŞKURT 153

BÖLÜM 12

ASTIMDA PULMONER REHABİLİTASYON

Ahmet UTUŞ 165

BÖLÜM 1

HİPERTANSİYON TEDAVİSİNDE GÜNCEL EGZERSİZ YAKLAŞIMLARI

Emine TUNÇ SÜYGÜN¹, Gizem MERMERKAYA²

¹ Öğr. Gör. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu 0000-0002-6932-7541

² Öğr. Gör. Dr., Bartın Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu 0000-0003-1893-4867

Giriş

Hipertansiyon (HT), sistemik arteriyel kan basıncının (KB) kalıcı olarak yükselmesi ile karakterize, nedeni çoğu olguda tam olarak açıklanamayan, kronik bir kardiyovasküler hastalıktır (Kjeldsen, 2018; Messerli, Williams, & Ritz, 2007). HT'nin erken dönemlerinde sol ventrikül hipertrofisi, mikroalbüminüri ve bilişsel işlev bozuklukları gibi subklinik organ hasarları ortaya çıkarken, KB'nin uzun süreli ve kontrolsüz seyri sonucunda inme, miyokard enfarktüsü, böbrek yetmezliği ve demans gibi geri dönüşsüz komplikasyonlar gelişebilir (Messerli et al., 2007; Mills, Stefanescu, & He, 2020). Dünya genelinde HT, kardiyovasküler mortalitenin önde gelen nedenlerinden biri olmaya devam etmektedir (Mills et al., 2020).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, HT dünya genelinde yetişkin nüfusun yaklaşık üçte birini etkilemekte olup her yıl 10 milyondan fazla ölüme katkıda bulunmaktadır (WH, 2023). Türkiye'de yapılan çalışmalara göre de Dünya Sağlık Örgütü sonuçlarına benzer şekilde HT prevalansı %30'un üzerinde seyretmektedir (KAYA; Sengul et al., 2016). Kardiyovasküler ölüm yükü içinde en önemli önlenebilir risk faktörlerinden biri olarak işaret edilen HT prevalansının yüksek oranlarda seyretmesi farkındalık, tedaviye erişim ve kontrol oranlarının istenilen düzeye ulaşmadığını göstermektedir (Sengul et al., 2016).

HT tedavisi farmakolojik ve/veya farmakolojik olmayan yöntemlerden oluşmaktadır. European Society of Hypertension (ESH) 2023 Kılavuzu ve ESC 2024 kılavuzu, HT tanısı alan tüm bireylerde, KB düzeyi ve toplam kardiyovasküler risk durumundan bağımsız olarak farmakolojik olmayan tedavi yöntemleri olan yaşam tarzı modifikasyonlarının başlatılmasını önermektedir (Mancia et al., 2023; McEvoy et al., 2024).

Uluslararası bu kılavuzlara göre: (Mancia et al., 2023; McEvoy et al., 2024; Whelton, Carey, & Aronow, 2018):

- Fiziksel aktivite ve egzersiz, HT'de hem primer koruma hem de sekonder koruma için temel bir müdahaledir.
- Hafif-orta riskli evre 1 HT olan bazı bireylerde, kısa vadeli izlemlerle yalnızca yaşam tarzı düzenlemeleriyle KB'de anlamlı düşüşler sağlanabileceği, ilaç başlanması ertelenebileceği belirtilmektedir.
- Evre 2 ve 3 HT'de, yaşam tarzı değişiklikleri farmakolojik tedaviyle birlikte uygulanmalı ve egzersiz tedavinin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmektedir.

Literatürde yaşam tarzı değişiklikleri hem bağımsız bir antihipertansif tedavi yaklaşımı hem de farmakolojik tedaviye ek bir destek olarak kabul edilmektedir. Güncel kılavuzlar, antihipertansif ilaç tedavisine ek olarak egzersiz, diyet ve kilo kontrolünü birinci basamak yaşam tarzı müdahaleleri arasında önermektedir (Mancia et al., 2013; McEvoy et al., 2024).

Hipertansiyonun Patofizyolojisi ve Yaşam Tarzı Faktörleri

HT'nin etiyolojisi multifaktöriyeldir. Genetik yatkınlık, çevresel etkiler, endotel disfonksiyonu, otonom sinir sistemi aktivasyonu, renin-anjiyotensin-aldosteron sistemi (RAAS) aşırı aktivitesi, sodyum tutulumunun artışı ve kronik inflamasyon başlıca mekanizmalar arasında yer almaktadır (Harrison, Coffman, & Wilcox, 2021; Mancia et al., 2023; Oparil et al., 2018). Ayrıca oksidatif stres ve düşük dereceli inflamasyonun damar yapısında ve fonksiyonunda bozulmaya neden olarak kronik hipertansiyonun patofizyolojisinde rol oynadığı gösterilmiştir (Ashcheulova, Gerasimchuk, Kovalyova, Kompaniets, & Honchar,

2020; Krzemińska, Wronka, Młynarska, Franczyk, & Rysz, 2022). HT'nin ortaya çıkışında yüksek sodyum alımı, düşük potasyum alımı, obezite, fiziksel inaktivite, aşırı alkol tüketimi, sigara kullanımı ve yetersiz uyku gibi yaşam tarzı faktörleri de etkilidir (Jordan, Kurschat, & Reuter, 2018; Oparil et al., 2018). HT'nin her evresinde bu yaşam tarzı faktörlerinin değiştirilmesi KB yönetiminde etkilidir (McEvoy et al., 2024).

Egzersizin Fizyolojik Etkileri

Güncel kılavuzlarda HT yönetiminde egzersiz önerisi kanıt 1A düzeyindedir (Mancia et al., 2023). Uzunlamasına çalışmaların incelendiği bir meta-analizde, uluslararası kılavuzların önerdiği asgari fiziksel aktivite düzeyine ulaşan bireylerin, fiziksel olarak hareketsiz kişilere kıyasla HT gelişme riskinin yaklaşık %6 daha düşük olduğu gösterilmiştir (Liu et al., 2017). Aktif bir yaşam biçimin benimsenmesi HT'nin yönetimindeki rolünün yanında KVH gelişimini önlediğine dair kanıtlar da bulunmaktadır (Mancia et al., 2023).

Egzersizin kan basıncı üzerindeki etkisi hem kısa vadeli hemodinamik değişiklikler hem de uzun vadeli kardiyovasküler adaptasyonlarla açıklanabilir. Düzenli fiziksel aktivite, periferik vasküler direnci azaltır, endotel fonksiyonunu iyileştirir ve arteriyel sertliği azaltır (Valenzuela et al., 2021). Egzersiz sırasında artan nitrik oksit (NO) biyoyararlanımı ve azalan sempatik aktivite, kan basıncında düşüşe katkı sağlar (Cornelissen & Fagard, 2005; Valenzuela et al., 2021). Egzersiz aynı zamanda insülin duyarlılığını artırır, inflamatuvar belirteçleri düşürür ve vücut ağırlığının kontrolüne yardımcı olur. Bu mekanizmalar sayesinde egzersiz hem HT'nin önlenmesinde hem de tedavisinde temel bir araçtır ((Liu et al., 2017; Valenzuela et al., 2021). Bu nedenle HT yönetiminde “egzersiz reçetesi” kavramı giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Aerobik Egzersiz Eğitimi

Aerobik egzersiz, HT'nin hem önlenmesi hem de tedavisinde en güçlü bilimsel desteğe sahip yaşam tarzı müdahalelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Çalışmalarda, HT yönetiminde yüksek KB'yi düşürmek için dinamik direnç egzersizleri gibi alternatif egzersiz eğitimlerine kıyasla öncelikli olarak aerobik egzersiz eğitimi önerilmektedir.

Egzersizin KB kontrolündeki etkisi çeşitli popülasyonları kapsayan geniş ölçekli randomize kontrollü çalışmalar ve meta-analizlerle açıkça ortaya konmuştur. Güncel literatür, aerobik egzersizin hem sistolik hem diyastolik kan basıncı üzerinde anlamlı derecede düşüş sağladığını ve bu etkinin ilaç tedavisine benzer klinik faydalar oluşturabildiğini göstermektedir. Aerobik egzersizin antihipertansif etkisini kuvvetle doğrulayan en kapsamlı analizlerden biri Edwards ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği büyük ölçekli ağ meta-analizidir (Edwards et al., 2023). Bu çalışmada 270 randomize kontrollü araştırmanın verileri incelenmiş ve aerobik egzersizin sistolik KB'de ortalama 4,5 mmHg, diyastolik KB'de ise 2,5 mmHg düzeyinde azalma sağladığı belirlenmiştir. Bu analiz, aerobik egzersizin farklı egzersiz türleri arasında KB kontrolü açısından en etkili yöntemlerden biri olduğunu vurgulamaktadır (Edwards et al., 2023). Aerobik egzersizin doza bağlı bir yanıt oluşturduğunu gösteren en önemli çalışmalarından biri Jabbarzadeh Ganjeh ve arkadaşları tarafından yürütülmüş olup, haftalık 150 dakikalık aerobik egzersizin hipertansif bireylerde KB'yi 7,23 mmHg ve diyastolik KB'yi 5,58 mmHg azalttığı saptanmıştır. Ayrıca her ek 30 dakikalık aerobik egzersiz süresi, sistolik KB'de 1,78 mmHg ve diyastolik KB'de 1,23 mmHg ek düşüş sağlamış, bu bulgular aerobik egzersizin süre ve sıklığının klinik yanıt açısından kritik öneme sahip olduğunu desteklemiştir (Jabbarzadeh Ganjeh et al., 2024). Aerobik egzersizin kan basıncını düşürücü etkilerinin

belirlemek için yapılan, 72 klinik çalışmanın analiz edildiği bu meta-analizde aerobik egzersizin sistolik KB ortalama 8 mmHg, diyastolik KB ise 5 mmHg azalttığı bildirilmiştir (Cornelissen & Fagard, 2005). Literatürdeki bu sonuçlar, düzenli aerobik egzersizin farmakolojik tedaviye benzer büyüklükte bir antihipertansif etki üretebildiğini göstermesi açısından önem taşımaktadır.

Aerobik egzersiz türlerine yönelik çalışmalar incelendiğinde, özellikle yürüyüşün düşük maliyetli, uygulanabilir ve yaygın olarak tercih edilebilir bir müdahale olduğu görülmektedir. Nitekim yürüyüş temelli programlara odaklanan Cochrane analizinde yürüyüşün sistolik KB’de 5–8 mmHg, diyastolik kan basıncında ise 3–5 mmHg azalma sağladığı gösterilmiştir (Lee et al., 2021). Bu bulgular, hafif-orta şiddette dahi olsa düzenli yürüyüşün HT yönetimine anlamlı katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Dimeo ve arkadaşlarının çalışmasında ise tedaviye dirençli HT’si olan bireylerde yalnızca 12 haftalık düzenli yürüyüş eğitiminin sistolik KB’de 6–12 mmHg, diyastolik KB’de 3–7 mmHg düşüş meydana getirdiği kaydedilmiştir (Dimeo et al., 2012).

Aerobik egzersizin farklı şiddetlerinin karşılaştırıldığı çalışmalar, özellikle yüksek şiddetli interval antrenmanın (HIIT) son yıllarda dikkat çeken bir seçenek olduğunu göstermektedir. Leal ve arkadaşlarının sistematik derlemesi, HIIT’in orta şiddetli aerobik egzersizle benzer düzeyde kan basıncı düşüşleri (sistolik 5–8 mmHg, diyastolik 3–4 mmHg) sağladığını, bununla birlikte kardiyorespiratuvar kapasitede daha yüksek iyileşmeler oluşturduğunu bildirmiştir (Leal, Galliano, & Del Vecchio, 2020). Bu veriler, hipertansif bireylerde egzersiz programlarının bireysel kapasiteye göre çeşitlendirilebileceğini göstermektedir.

Aerobik egzersizin sadece kronik değil, tek seanslık uygulamalar sonrasında bile KB’yi düşürdüğü, post-egzersiz hipotansiyon olarak bilinen fenomenle ortaya konmuştur. Pelliccia ve arkadaşlarının 37 randomize kontrollü çalışmayı içeren meta-analizi, tek seans aerobik egzersiz sonrası 24 saat boyunca sistolik KB’de 4–9 mmHg, diyastolik KB’de ise 3–5 mmHg azalma meydana geldiğini göstermiştir (Pelliccia et al., 2021). Bu bulgular, aerobik egzersizin günlük pratiğe dahil edilmesinin HT kontrolüne sürekli katkı sağladığını göstermektedir.

Tüm bu bulgular ışığında, aerobik egzersiz hipertansiyon yönetiminde hem güçlü bilimsel kanıtlara sahip hem de uygulanabilirliği yüksek bir müdahale olarak öne çıkmaktadır. Egzersizin hem akut hem de kronik etkilerinin tutarlı biçimde KB’yi azalttığı, hatta dirençli ;HT gibi zorlu klinik tablolarda bile fayda sağladığı görülmektedir. Bu nedenle aerobik egzersiz, güncel tüm HT kılavuzlarında yüksek kanıt düzeyiyle ilk sırada yaşam tarzı önerileri arasında yer almaktadır.

Dirençli Egzersiz Eğitimi

Dirençli egzersiz, kas gücü ve dayanıklılığını artırarak vasküler ve metabolik iyileşmeler sağlar. Uzun yıllar boyunca hipertansif hastalarda direnç egzersizinin önerilmesi tartışmalı olmakla birlikte, güncel meta-analizlere dayanan kılavuzlar, direnç egzersizlerinin güvenli ve KB’yi düşürmede etkili olduğunu göstermektedir (McEvoy et al., 2024).

Güncel kanıtlar, dinamik dirençli egzersiz eğitiminin sistolik kan basıncında yaklaşık 4–5 mmHg, diyastolik kan basıncında ise 3 mmHg düzeyinde düşüş sağladığını ortaya koymuştur (Edwards et al., 2023). MacDonald ve arkadaşlarının meta-analizinde, dirençli egzersizlerin tek başına dahi antihipertansif bir etki oluşturabildiği ve hipertansiyon

yönetiminde bağımsız bir yaşam tarzı müdahalesi olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir (MacDonald et al., 2016). Bu etkinin yaşlı ve KB ortalaması daha yüksek olan bireylerde daha belirgin olabildiği, ileri yaştaki hipertansiflerde hem sistolik hem diyastolik KB’de daha büyük düşüşler gözleendiği bildirilmiştir (Henkin, Pinto, Machado, & Wilhelm, 2023).

Dirençli egzersizlerin KB üzerindeki olumlu etkilerinin; periferik vasküler dirençte azalma, endotel fonksiyonunda iyileşme, sempatik sinir sistemi aktivitesinin baskılanması ve kas kütlesindeki artışa bağlı metabolik düzenlenmelerle ilişkili olduğu düşünölmektedir (MacDonald et al., 2016; Valenzuela et al., 2021). Güncel ESC 2024 hipertansiyon kılavuzu, dirençli egzersizleri aerobik egzersize ek olarak HT yönetiminde güvenli ve etkili bir yaklaşım olarak önermektedir (McEvoy et al., 2024). Benzer şekilde ACSM kılavuzlarında da, haftada 2–3 gün orta şiddette, büyük kas gruplarını içeren dirençli egzersizlerin hipertansif bireylerde uygulanması tavsiye edilmektedir (Medicine, 2013).

Aerobik ve dirençli egzersizlerin birlikte uygulandığı kombine programların ise kan basıncı düşürme etkisinin tek başına aerobik veya dirençli egzersizlere kıyasla daha güçlü olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle dirençli egzersiz eğitimi, HT’nin uzun dönemli yönetiminde aerobik egzersizi tamamlayıcı temel bir egzersiz bileşeni olarak değerlendirilmelidir (Edwards et al., 2023).

İzometrik Egzersiz Eğitimi

Son yıllarda HT tedavisinde düşük yoğunluklu izometrik egzersizlerin etkinliği dikkat çekmektedir. El kavrama (handgrip) veya bacak izometrik egzersizleri, kısa süreli kas kasılmaları ile sempatik aktiviteyi azaltarak barorefleks duyarlılığını artırır (Brook et al., 2013; Inder et al., 2016).

Lopez-Valenciano ve ark. (2019) sistematik derlemesinde, 4–8 haftalık izometrik egzersiz programlarının istirahat sistolik KB’de ortalama 7 mmHg azalma sağladığını belirtmiştir (Lopez-Valenciano, Ruiz-Perez, Ayala, Sanchez-Meca, & Vera-Garcia, 2019) (141). Güncel meta-analizler, izometrik el sıkma egzersizlerinin özellikle yaşlı bireylerde etkili olduğunu, ancak egzersiz yoğunluğu ve süresinin kişiselleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Loaiza-Betancur & Chulvi-Medrano, 2020). Amerikan Kalp Derneği (AHA), izometrik egzersizi yaşam tarzı temelli kan basıncı yönetim stratejilerine destekleyici bir unsur olarak önermektedir (Brook et al., 2013).

Solunum Egzersizleri

Yavaş ve kontrollü solunum egzersizleri, HT yönetiminde otonom sinir sistemi üzerinden etki gösteren tamamlayıcı yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Solunum hızının azaltılması ve ekshalasyon süresinin uzatılması, barorefleks duyarlılığını artırarak vagal aktiviteyi güçlendirmekte ve sempatik sinir sistemi aktivitesini baskılamaktadır. Bu mekanizmalar sonucunda periferik vasküler direnç azalmakta ve istirahat KB’de düşüş ortaya çıkmaktadır (Brook et al., 2013; Modesti et al., 2010).

Literatürde yoga temelli solunum teknikleri, cihaz destekli yavaş solunum ve rehberli nefes egzersizlerini içeren müdahale çalışmaları, bu yaklaşımların 4–12 hafta süreyle düzenli uygulanmasıyla sistolik ve diyastolik kan basıncında anlamlı azalmalar sağlandığı bildirilmektedir (Rodrigues et al., 2022). Rodrigues ve arkadaşlarının sistematik derlemesi, ev temelli solunum egzersizi programlarının hipertansif bireylerde güvenli ve etkili olduğunu ve

yaşam tarzı müdahalelerini destekleyici bir rol üstlenebileceğini göstermektedir (Modesti et al., 2010; Rodrigues et al., 2022).

Düşük fiziksel yük gerektirmesi ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle solunum egzersizleri, özellikle geleneksel egzersiz programlarına katılımı sınırlı olan hipertansif bireyler için uygun tamamlayıcı bir müdahale olarak değerlendirilmektedir (Brook et al., 2013).

Yoga ve Tai Chi

Zihin-beden etkileşimli egzersizler olan yoga ve tai chi, hem fizyolojik hem de psikolojik düzeyde fayda sağlamaktadır. Bu egzersizler, solunum kontrolü, esneklik ve gevşeme tekniklerini içererek sempatik aktiviteyi azaltır, parasempatik tonusu artırır (Li et al., 2024; Pan et al., 2021).

Li ve ark. (2024), tai chi egzersizinin prehipertansif bireylerde aerobik egzersiz kadar etkili olduğunu, sistolik basınçta ortalama 7 mmHg azalma sağladığını bildirmiştir (Li et al., 2024)(143). Yoga temelli yaklaşımlar da benzer şekilde kan basıncı, kalp hızı değişkenliği ve stres düzeyi üzerinde olumlu etkiler göstermektedir.

Bu egzersiz türleri özellikle ileri yaşta veya komorbid hastalığı olan bireylerde, düşük yaralanma riski nedeniyle tercih edilmektedir (Pan et al., 2021).

Spinal Stabilizasyon ve Pilates Temelli Egzersizler

Spinal stabilizasyon egzersizleri, gövdeyi çevreleyen core kas gruplarının (abdominal kaslar, paraspinal kaslar, diyafram ve pelvik taban) koordineli aktivasyonunu hedefleyen, düşük–orta şiddette izometrik ve izotonik kasılmaları içeren egzersiz yaklaşımlarıdır. Bu egzersizlerin temel amacı postüral kontrolün, kas dayanıklılığının ve nöromüsküler stabilitenin geliştirilmesidir ve uzun süredir rehabilitasyon ve fiziksel uygunluk programlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. (Mustafaoglu, Demir, Demirci, & Yigit, 2019).

Pilates temelli egzersizler, spinal stabilizasyon prensiplerini kontrollü hareket ve yapılandırılmış solunumla birleştiren bir yöntem olup, genel fiziksel performans, denge ve yaşam kalitesi üzerinde olumlu etkiler göstermektedir (de Siqueira Rodrigues, Cader, Torres, de Oliveira, & Dantas, 2010; Fernández-Rodríguez et al., 2019). Hipertansif bireylerde yapılan çalışmalarda ise spinal stabilizasyon ve pilates temelli egzersizlerin dinlenim sistolik ve diyastolik kan basıncını azaltabildiği bildirilmiştir. Malavia ve arkadaşları, spinal stabilizasyon egzersizlerinin hipertansif bireylerde kan basıncı üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermiştir (Malavia & Shah). Benzer şekilde, pilates topu ile yapılan egzersizlerin kan basıncı kontrolünü desteklediği ve fonksiyonel performansı artırdığı rapor edilmiştir (Janmoon, Donpunha, Nakmareong, Sawanyawisuth, & Jancharoen, 2020).

Yakın tarihli bir çalışmada, pilates temelli spinal stabilizasyon programlarının hipertansif yaşlı bireylerde kan basıncının yanı sıra inflamatuvar ve oksidatif stres belirteçlerini azalttığı ve kardiyovasküler fonksiyon göstergelerini iyileştirdiği bildirilmiştir (147). Bu etkilerin; kontrollü solunumla desteklenen otonom sinir sistemi düzenlenmesi, düşük şiddetli izometrik kasılmaların vasküler fonksiyonlar üzerindeki olumlu etkileri ve direnç egzersizine benzer fizyolojik adaptasyonlarla ilişkili olabileceği belirtilmektedir (Tarnas et al., 2024).

Mevcut bulgular doğrultusunda spinal stabilizasyon ve pilates temelli egzersizler, HT yönetiminde temel aerobik ve dirençli egzersiz programlarını destekleyici, güvenli ve uygulanabilir bir tamamlayıcı yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu egzersizlerin antihipertansif etkilerinin uzun dönem sonuçlarını netleştirmek için daha yüksek kaliteli kontrollü çalışmalara gereksinim vardır.

Sonuç

HT, global ölçekte kardiyovasküler mortalitenin önde gelen nedenlerinden biri olup, yönetiminde yaşam tarzı değişiklikleri temel rol oynamaktadır. Egzersiz, farmakolojik tedaviye ek olarak kan basıncını düşüren, kardiyovasküler riski azaltan ve yaşam kalitesini artıran güçlü bir müdahaledir. Aerobik, dirençli, izometrik, solunum, yoga ve core stabilizasyon egzersizlerinin tümü, doğru dozda ve düzenli uygulandığında kan basıncı kontrolüne katkı sağlar. Güncel kılavuzlar, hipertansif bireylerde kişiselleştirilmiş egzersiz reçetelerinin önemini vurgulamaktadır (128, 132, 135).

Sonuç olarak, egzersiz HT'nin sadece önlenmesi değil, aynı zamanda tedavisinde de klinik etkinliği kanıtlanmış, yan etkisiz ve sürdürülebilir bir yaklaşımdır. Gelecekteki çalışmaların, bireyselleştirilmiş egzersiz reçetelerinin uzun dönem kardiyovasküler sonuçlar üzerindeki etkilerini değerlendirmesi önerilmektedir.

Kaynakça

- Ashcheulova, T. V., Gerasimchuk, N. N., Kovalyova, O. N., Kompaniets, K. N., & Honchar, O. V. (2020). Effects of antihypertensive treatment on systemic inflammation, oxidative stress and proinflammatory cytokine levels. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(4). doi:10.15421/022082
- Brook, R. D., Appel, L. J., Rubenfire, M., Ogedegbe, G., Bisognano, J. D., Elliott, W. J., . . . Staffileno, B. A. (2013). Beyond medications and diet: alternative approaches to lowering blood pressure: a scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension*, 61(6), 1360-1383.
- Cornelissen, V. A., & Fagard, R. H. (2005). Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension*, 46(4), 667-675.
- de Siqueira Rodrigues, B. G., Cader, S. A., Torres, N. V. O. B., de Oliveira, E. M., & Dantas, E. H. M. (2010). Pilates method in personal autonomy, static balance and quality of life of elderly females. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 14(2), 195-202.
- Dimeo, F., Pagonas, N., Seibert, F., Arndt, R., Zidek, W., & Westhoff, T. H. (2012). Aerobic exercise reduces blood pressure in resistant hypertension. *Hypertension*, 60(3), 653-658.
- Edwards, J. J., Deenmamode, A. H., Griffiths, M., Arnold, O., Cooper, N. J., Wiles, J. D., & O'Driscoll, J. M. (2023). Exercise training and resting blood pressure: a large-scale pairwise and network meta-analysis of randomised controlled trials. *British journal of sports medicine*, 57(20), 1317-1326.
- Fernández-Rodríguez, R., Álvarez-Bueno, C., Ferri-Morales, A., Torres-Costoso, A. I., Cavero-Redondo, I., & Martínez-Vizcaíno, V. (2019). Pilates Method Improves Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 8(11), 1761. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2077-0383/8/11/1761>
- Harrison, D. G., Coffman, T. M., & Wilcox, C. S. (2021). Pathophysiology of hypertension: the mosaic theory and beyond. *Circulation research*, 128(7), 847-863.
- Henkin, J. S., Pinto, R. S., Machado, C. L., & Wilhelm, E. N. (2023). Chronic effect of resistance training on blood pressure in older adults with prehypertension and hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, 177, 112193.
- Inder, J. D., Carlson, D. J., Dieberg, G., McFarlane, J. R., Hess, N. C., & Smart, N. A. (2016). Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis to optimize benefit. *Hypertension Research*, 39(2), 88-94.
- Jabbarzadeh Ganjeh, B., Zeraattalab-Motlagh, S., Jayedi, A., Daneshvar, M., Gohari, Z., Norouziasl, R., . . . Kordi, R. (2024). Effects of aerobic exercise on blood pressure in patients with hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized trials. *Hypertension Research*, 47(2), 385-398.
- Janmoon, S., Donpunha, W., Nakmareong, S., Sawanyawisuth, K., & Jancharoen, T. (2020). Effect of exercise with the ball on blood pressure and functional performance in female hypertensive patients. *Chulalongkorn Medical Journal*, 64(4), 395-402.
- Jordan, J., Kurschat, C., & Reuter, H. (2018). Arterial hypertension: diagnosis and treatment. *Deutsches Ärzteblatt International*, 115(33-34), 557.
- KAYA, A. TEKHARF 2017 TIP DÜNYASININ KRONİK HASTALIKLARA YAKLAŞIMINA ÖNCÜLÜK.
- Kjeldsen, S. E. (2018). Hypertension and cardiovascular risk: General aspects. *Pharmacological research*, 129, 95-99.

- Krzemińska, J., Wronka, M., Młynarska, E., Franczyk, B., & Rysz, J. (2022). Arterial hypertension—Oxidative stress and inflammation. *Antioxidants*, 11(1), 172.
- Leal, J. M., Galliano, L. M., & Del Vecchio, F. B. (2020). Effectiveness of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Hypertensive Patients: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Current hypertension reports*, 22(3), 26. doi:10.1007/s11906-020-1030-z
- Lee, L. L., Mulvaney, C. A., Wong, Y. K. Y., Chan, E. S., Watson, M. C., & Lin, H. H. (2021). Walking for hypertension. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(2).
- Li, X., Chang, P., Wu, M., Jiang, Y., Gao, Y., Chen, H., . . . Xing, Y. (2024). Effect of Tai Chi vs Aerobic Exercise on Blood Pressure in Patients With Prehypertension: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, 7(2), e2354937-e2354937. doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.54937
- Liu, X., Zhang, D., Liu, Y., Sun, X., Han, C., Wang, B., . . . Shi, Y. (2017). Dose–response association between physical activity and incident hypertension: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Hypertension*, 69(5), 813-820.
- Loaiza-Betancur, A. F., & Chulvi-Medrano, I. (2020). Is low-intensity isometric handgrip exercise an efficient alternative in lifestyle blood pressure management? A systematic review. *Sports Health*, 12(5), 470-477.
- Lopez-Valenciano, A., Ruiz-Perez, I., Ayala, F., Sanchez-Meca, J., & Vera-Garcia, F. J. (2019). Updated systematic review and meta-analysis on the role of isometric resistance training for resting blood pressure management in adults. *Journal of hypertension*, 37(7), 1320-1333.
- MacDonald, H. V., Johnson, B. T., Huedo-Medina, T. B., Livingston, J., Forsyth, K. C., Kraemer, W. J., . . . Pescatello, L. S. (2016). Dynamic resistance training as stand-alone antihypertensive lifestyle therapy: a meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 5(10), e003231.
- Malavia, B., & Shah, S. Cardiovascular Response to Core Stability Exercises on Swiss Ball and Floor in Hypertensive Individuals.
- Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., Redon, J., Zanchetti, A., Bohm, M., . . . Dominiczak, A. (2013). The task force for the management of arterial hypertension of the European society of hypertension (esh) and of the European society of cardiology (esc). *Journal of hypertension*, 31(7), 1281-1357.
- Mancia, G., Kreutz, R., Brunström, M., Burnier, M., Grassi, G., Januszewicz, A., . . . Kjeldsen, S. E. (2023). 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *Journal of hypertension*, 41(12), 1874-2071. doi:10.1097/hjh.0000000000003480
- McEvoy, J. W., McCarthy, C. P., Bruno, R. M., Brouwers, S., Canavan, M. D., Ceconi, C., . . . Gerds, E. (2024). 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension: Developed by the task force on the management of elevated blood pressure and hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and endorsed by the European Society of Endocrinology (ESE) and the European Stroke Organisation (ESO). *European heart journal*, 45(38), 3912-4018.
- Medicine, A. C. o. S. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*: Lippincott williams & wilkins.
- Messerli, F. H., Williams, B., & Ritz, E. (2007). Essential hypertension. *The Lancet*, 370(9587), 591-603.
- Mills, K. T., Stefanescu, A., & He, J. (2020). The global epidemiology of hypertension. *Nature Reviews Nephrology*, 16(4), 223-237.

- Modesti, P. A., Ferrari, A., Bazzini, C., Costanzo, G., Simonetti, I., Taddei, S., . . . Sirigatti, S. (2010). Psychological predictors of the antihypertensive effects of music-guided slow breathing. *Journal of hypertension*, 28(5), 1097-1103.
- Mustafaoglu, R., Demir, R., Demirci, A. C., & Yigit, Z. (2019). Effects of core stabilization exercises on pulmonary function, respiratory muscle strength, and functional capacity in adolescents with substance use disorder: Randomized controlled trial. *Pediatric pulmonology*, 54(7), 1002-1011.
- Oparil, S., Acelajado, M. C., Bakris, G. L., Berlowitz, D. R., Cifková, R., Dominiczak, A. F., . . . Rodgers, A. (2018). Hypertension. *Nature reviews. Disease primers*, 4, 18014.
- Pan, X., Tian, L., Yang, F., Sun, J., Li, X., An, N., . . . Liu, C. (2021). Tai chi as a therapy of traditional Chinese medicine on reducing blood pressure: a systematic review of randomized controlled trials. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021(1), 4094325.
- Pelliccia, A., Sharma, S., Gati, S., Bäck, M., Börjesson, M., Caselli, S., . . . Halle, M. (2021). 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease: The Task Force on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease of the European Society of Cardiology (ESC). *European heart journal*, 42(1), 17-96.
- Rodrigues, G. D., Lima, L. S., da Silva, N. C. S., Telles, P. G. L., da Mota Silva Rocha, T. M., de Aragão Porto, V. Q., . . . da Silva Soares, P. P. (2022). Are home-based exercises effective to reduce blood pressure in hypertensive adults? A systematic review. *Clinical Hypertension*, 28(1), 28.
- Sengul, S., Akpolat, T., Erdem, Y., Derici, U., Arici, M., Sindel, S., . . . Caglar, S. (2016). Changes in hypertension prevalence, awareness, treatment, and control rates in Turkey from 2003 to 2012. *Journal of hypertension*, 34(6), 1208-1217.
- Tarnas, M., Marszałek, A., Kufel-Grabowska, J., Marszałek, S., Wieliński, D., & Zieliński, J. (2024). Effects of Pilates Training on Cardiorespiratory Functions in Medical Conditions-Comprehensive Approach: A Narrative Review. *Aging and Disease*, 15(4), 1771.
- Valenzuela, P. L., Carrera-Bastos, P., Gálvez, B. G., Ruiz-Hurtado, G., Ordovas, J. M., Ruilope, L. M., & Lucia, A. (2021). Lifestyle interventions for the prevention and treatment of hypertension. *Nature Reviews Cardiology*, 18(4), 251-275.
- WH, O. (2023). Hypertension. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
- Whelton, P. K., Carey, R. M., & Aronow, W. S. (2018). Acc/aha/aapa/abc/acpm/ags/APhA/ASH/ASPC/nma/pena guideline for the prevention, Detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a Report of the American College of Cardiology/American heart Association. Task force on clinical practice guidelines//J. Am. Coll. Cardiol.-2017.-Nov 13. *Почки*, 7(1), 68-74.

BÖLÜM 2

BRUKSİZMDE FİZYOTERAPİ: KLİNİK ETKİNLİĞİ VE KANITA DAYALI YAKLAŞIMLAR

Miraç SEZER BAYHAN¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bartın Üniversitesi, 0000-0001-8435-599X

Giriş

Bruksizm, çiğneme kaslarının istemsiz ve tekrarlayıcı kasılmaları ile kendini gösteren, dişle-rinkenetlenmesi veya gıcırdatılması şeklinde ortaya çıkan bir davranış biçimi olarak tanımlanmaktadır (Manfredini vd., 2022). Bu durum, stomatognatik sisteme binen aşırı yük nedeniyle baş, boyun, çene, diş ve temporomandibular eklem (TME) üzerinde ağrı, hassasiyet, diş aşınması ve kaybı ile birlikte estetik bozukluklara neden olabilir (Asutay vd., 2017). Uzun süreli kas aktivitesi, TME üzerinde yük artışına yol açarken hareket kısıtlılıkları, ağrı ve kas dengesizliği gibi klinik sonuçları beraberinde getirir. Bruksizm, ortaya çıktığı döneme göre uyku (nokturnal), uyanıklık (diurnal) ve kombine tipler olarak sınıflandırılır (G. J. Lavigne vd., 2008).

Etiyolojisi net olarak belirlenmemiştir; parafonksiyonel alışkanlıklar, stres, merkezi sinir sistemi hastalıkları, genetik yatkınlık, kullanılan ilaçlar ve uygun olmayan diş tedavileri bruksizmin ortaya çıkmasında rol oynayabilir (Georgieva, 2021). Bu nedenle tedavi süreci multidisipliner bir yaklaşım ile planlanmalı ve temel etkenin ortadan kaldırılması hedeflenmelidir. Güncel çalışmalarda etkinliği kesin kanıtlanmış tek bir tedavi üzerinde fikir birliği bulunmamaktadır; hasta eğitimi, oklüzal müdahaleler, farmakolojik yöntemler, psikodavranışsal yaklaşımlar ve fizyoterapi yöntemleri yaygın olarak uygulanmaktadır.

Fizyoterapi, bruksizm semptomlarını azaltma ve kas-iskelet sisteminin fonksiyonelliğini artırma açısından merkezi bir role sahiptir. Fizyoterapi yöntemleri kas spazmını ve tonusunu azaltma, dolaşım, doku elastikiyeti ve eklem hareket açıklığını artırma, motor nöron aktivitesini düzenleme ve ağrı modülasyonunu destekleme amacıyla uygulanmaktadır. Bu yaklaşımlar, mekanik yüklemeyi azaltmanın yanında bireyin çene farkındalığını artırarak parafonksiyonel alışkanlıkların kontrolünü de kolaylaştırır. Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu (TENS), düşük yoğunluklu lazer terapi, termal ajanlar, masaj, tetik nokta tedavisi, yumuşak doku mobilizasyonu, miyofasyal gevşetme, osteopati, Rocabado'nun 6x6 egzersiz programı, koordinasyon egzersizleri, postür egzersizleri, dirençli egzersizler, mobilizasyon, relaksasyon egzersizleri, kuru iğneleme, akupunktur, kinezyobant teknikleri bruksizm tedavisi için kullanılan fizyoterapi yöntemlerindendir (Sezer, 2024). Fizyoterapist, hastanın mevcut durumunu, psiko-sosyal ve kültürel özelliklerini, semptomlarını ve şiddetini, kas ve eklem yapısını değerlendirerek en uygun tedavi planını kişiye özgü olarak belirler. Bu bütüncül yaklaşım, bruksizmin kısa ve uzun vadeli etkin ve sürdürülebilir sonuçlar elde edilmesinde önem taşır (Amorim vd., 2018; Örenler vd., 2022).

Epidemioloji

Bruksizmin epidemiyolojik özellikleri kesin olarak netleşmemiştir; bunun nedeni farklı tanı stratejileri ve değişik popülasyonlarda yürütülen araştırmalardır. Uluslararası Uyku Bozuklukları Sınıflaması (ICSD), toplumun %85-90'ının yaşamlarının bir döneminde dişlerini sıkıldığını veya gıcırdatıldığını, ancak yalnızca yaklaşık %5'inin bruksizm nedeniyle patolojik bir durum geliştirdiğini belirtmiştir (Medicine, E. A. o. S., 2005). Raporlanan çalışmalara göre, uyanıklık bruksizmi kadınlarda daha sık görülmekte ve genellikle stres ile anksiyete durumlarında ortaya çıkmaktadır, toplumun yaklaşık %20'sini etkilemektedir (G. Lavigne & Kato, 2005). Buna karşın, uyku bruksizminde erkek ve kadınlar eşit oranda etkilenmektedir (Medicine, E. A. o. S., 2005). Erişkin nüfusun yaklaşık %8'inde (%5-10) bruksizm görülmekte olup, bruksizm farkındalığının oluşmaması nedeniyle gerçek prevalansı tahmin etmek oldukça güçtür (Bader & Lavigne, 2000).

Bruksizmin çoğunlukla 20-50 yaş arasında ortaya çıktığı, yaş ilerledikçe görülme sıklığının azaldığı, kadınlarda ve yüksek eğitim düzeyine sahip bireylerde daha yaygındır. Bruksizmin gelişmeside sosyoekonomik düzey de etkilidir (KOÇ vd., 2012; Wetselaar vd., 2021). Prevalansların araştırılmasında çoğunlukla anket yöntemi kullanılması ve bireylerin bruksizme sahip olduklarının farkında olmaması, gerçek sayıları belirlemeyi zorlaştırmaktadır. Ayrıca, özellikle uyku bruksizm raporları çoğunlukla aile üyelerinin gözlemlerine dayandığından, yalnız uyuyan veya beraber uyuduğu kişi tarafından izlenmeyen hastalarda yanlış sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (Bader & Lavigne, 2000).

Etiyolojisi, Patofizyolojisi ve Kas-İskelet Sistemi ile İlişkisi

Bruksizmin etiyolojisine ilişkin kesin bir görüş birliği bulunmamakla birlikte, stres, alerjik ve endokrinolojik hastalıklar, merkezi sinir sistemi bozuklukları, genetik yatkınlık, ilaç kullanımı, sigara ve kafein tüketimi, maloklüzyon ile hatalı yapılan dental uygulamaların bu davranışın ortaya çıkışında etkili olduğu bildirilmektedir (Georgieva, 2021). nceki dönemlerde oklüzal faktörlerin bruksizmin başlıca nedeni olduğu düşünülürken, güncel çalışmalar bu yaklaşımın sınırlı geçerliliğe sahip olduğunu göstermektedir. Bulgular, morfolojik etkenlerin yaklaşık %10, patofizyolojik süreçlerin %70 ve psikososyal değişkenlerin %20 oranında rol oynadığını ortaya koymaktadır (Lobbezoo vd., 2006).

Uyanık ve uyku bruksizminin farklı mekanizmalarla ortaya çıktığı kabul edilmekte, psikososyal etkenlerin özellikle uyanık bruksizmi üzerinde daha belirgin bir etkisi olduğu belirtilmektedir. Buna karşın, uyku bruksizmi için öne çıkan güncel hipotez, uyku sırasında ortaya çıkan oromandibular aktivitenin merkezi ve otonom sinir sistemi dinamikleri tarafından şekillendiğini göstermektedir (Klasser vd., 2015; Manfredini & Lobbezoo, 2009). Psikometrik değerlendirmeler, bruksizimli bireylerde anksiyete, yetersiz başa çıkma, öz eleştiri eğilimi, sosyal geri çekilme ve nevrotik kişilik özelliklerinin daha sık görüldüğünü desteklemektedir (Cruz Fierro, 2016). Bu bulgular, bruksizmin psikolojik stres karşısında ortaya çıkan bir motor tepki olabileceği yönündeki görüşü güçlendirmektedir.

Uyku bruksizminin altında yatan temel mekanizmalardan biri, merkezi motor kontrol sistemindeki düzensizliklerdir. Özellikle NREM döneminde ortaya çıkan mikro-uyarılmaların beyin sapındaki retiküler formasyonu aktive ederek çiğneme kas tonusunu artırdığı gösterilmiştir (Kato vd., 2001). Bu süreç, otonom sinir sistemi aktivasyonunun eşlik ettiği kısa süreli kardiyorespiratuvar ve kas yanıtlarıyla karakterize edilir (G. J. Lavigne vd., 2008). Ayrıca, uyku bruksizmi uyku bozukluklarının ortaya çıkmasına yol açabilir veya var olan uyku bozuklukları, bruksizmin gelişimini tetikleyebilir (Yıldız şahin & zel, 2025). Bu nedenle hastaların ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

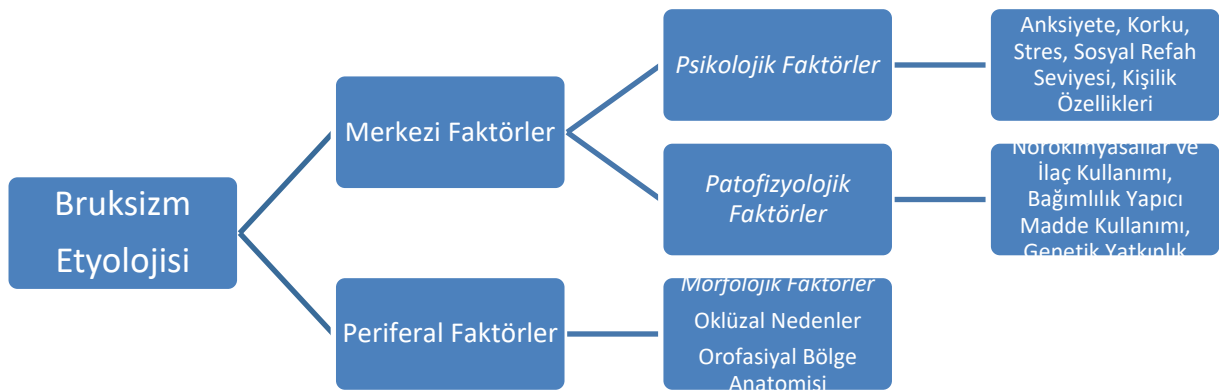
Bruksizmin fizyopatolojisinde rol oynayan önemli bileşenlerden biri dopaminerjik ve serotoninerjik sistemlerdeki değişikliklerdir. Dopamin düzeylerindeki dalgalanmaların çiğneme kaslarını kontrol eden sinir yollarını etkileyerek parafonksiyonel çene aktivitelerini tetikleyebildiği bildirilmiştir (Oei vd., 2007). Serotonin (5-HT) ise hem kas aktivitesinin düzenlenmesinde hem de kronik orofasiyal ağrının sürdürülmesinde kritik bir rol oynar. Periferik sinir sisteminde yer alan serotonin, proinflamatuvar medyatrlerle birlikte etki ederek ağrıya yol açan süreçleri kolaylaştırır. Ayrıca derin kraniyofasiyal dokularda periferik duyarlılığı artırarak hiperaljezik yanıtların gelişmesine katkıda bulunur ve kronik ağrı tablosunun devamlılığı-

nı destekler. Serotonin düzeyleri aynı zamanda anksiyete, depresyon ve nevrotik kişilik özellikleriyle ilişkili bulunmuştur (Campello vd., 2021). Ayrıca artan sempatik aktivite kas tonusunu yükseltir ve parafonksiyonel çene hareketlerinin oluşmasına neden olur. Bu durum, bruksizmin yalnızca motor kaynaklı bir durum olmadığını, aynı zamanda stresle ilişkili *nörofizyolojik bir yanıt* olarak ele alınması gerektiğini ortaya koyar. (Manfredini & Lobbezoo, 2009).

Uyanıklık bruksizmi çoğunlukla stres ve anksiyete gibi psikososyal faktörlerle ilişkilidir. Kronik stres yaşayan ya da kaygı bozukluğu bulunan bireylerde çene sıkma davranışının duygusal baskılanmaya karşı bir dışavurum olarak ortaya çıktığı ve sempatik aktivitedeki artışın kas aktivitesini güçlendirdiği bildirilmektedir (Oei vd., 2007). Çalışma yaşamına ilişkin araştırmalar, olumsuz iş koşullarının bruksizm için bir risk faktörü olabileceğini ve bu bireylerde stres düzeylerinin anlamlı biçimde arttığını göstermektedir (Nakata vd., 2008; Taşşöker & Zirek, 2023).

Genetik bakış açısıyla değerlendirildiğinde, yakın dönem çalışmaları uyku ve uyanıklık bruksizmi ile ilişkili olabilecek yaklaşık 30 gen ve 56 polimorfizm varyasyonu tanımlamıştır. Uyku bruksizminin serotonerjik (5HTR2A) ve dopaminerjik (DRD2, DRD3, ANKK1) yollarla, bazı enzimleri (COMT, MMP9) ve proteinleri (ACTN3, ANKK1) kodlayan genlerle bağlantılı olduğu; uyanıklık bruksizminin ise özellikle protein kodlayan genlerle ilişkili bulunduğu belirtilmektedir (Jmd vd., 2024). Bu sonuçlar, bruksizmin yalnızca davranışsal değil aynı zamanda nörojenetik bileşenler içeren bir durum olduğunu düşündürmektedir. Ancak genetik belirteçlerin kesin rolünü doğrulamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Genel olarak bruksizm, nörofizyolojik süreçler, nörotransmitter sistemlerindeki dengesizlikler, genetik yatkınlık ve psikososyal stres faktörlerinin etkileşimiyle ortaya çıkan çok boyutlu bir olgu olarak değerlendirilmelidir. Bruksizmin çok boyutlu yapısı, bu durumun tek bir nedene indirgenemeyeceğini vurgular.



Şekil 1. Bruksizmin Etiyolojisinde Rol Oynayan Faktörler

Bruksizm, nöromüsküler bir bozukluk olmakla birlikte çiğneme kaslarındaki istemsiz kasılmalarıdır. Patofizyolojik olarak, bu davranış merkezi sinir sistemi düzeyindeki motor kontrol mekanizmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Uyku sırasında görülen bruksizmde, kortikal mikro-uyarımlar ve dopaminerjik sistemin düzensizlikleri, çiğneme kaslarının artmış aktivitesini tetikleyerek sadece bu kaslarda değil TME ve servikal bölgedeki fonksiyonel bütünlükte de değişikliklere yol açmaktadır.

Çiğneme kaslarını aşırı kullanma durumu ve yorgunluk özellikle masseter ve temporalis kaslarında kas tonusunun artmasına, miyofasyal tetik noktaların oluşumuna, lokal metabolik faktörler ile lokal iskemiye neden olur ve sonuç olarak ağrı meydana gelir (Castroflorio vd., 2018). Bir diğer taraftan postüral bozukluklar ve servikal bölge kaslarındaki dengesizlikler mandibulanın pozisyonunu etkileyerek hem çiğneme kaslarının koordiasyonunu etkiler hem de TME yük binmesine sebep olur.

Elektromiyografik çalışmalar, bruksizmi olan bireylerde masseter kasında istirahat tonusunun arttığını ve gevşeme süresinin uzadığını göstermektedir. Bu artış, kasın metabolik yükünü artırarak lokal yorgunluk ve ağrı eşiğinde düşmeye yol açar (Castroflorio vd., 2018). Aynı zamanda TME ve servikal kaslar arasındaki koordinasyon bozukluğu, proprioseptif geri bildirim mekanizmasının bozulmasına neden olarak nöromüsküler yapıların yeniden eğitilmesini gerektirir. Bu nedenle bruksizimli bireylerde tedavi, yalnızca kas gevşetme ve ağrı azaltmayı değil, aynı zamanda postüral dengeyi ve motor kontrolü yeniden sağlamayı da hedeflemelidir. Tedavi edilmeyen bruksizm, temporomandibular eklem diskinde dejeneratif değişiklikler oluşmasına ve mandibulanın deviasyon göstermesine yol açarak kas-iskelet sisteminde sekonder problemlere neden olur.

Fizyoterapide uygulanan teknikler ve kullanılan ajanlar bu patofizyolojik çerçevenin içinde önemli bir yer tutar. Fizyoterapi uygulamaları ile kas spazmının azaltılması, doku elastikiyetinin artırılması, dokulardaki metabolik ativitenin desteklenmesi, ağrının azaltılarak fonksiyonel kapasitenin artırılması hedeflenir. Bu yöntemler, kas-iskelet sisteminde meydana gelen nöromüsküler adaptasyonu tersine çevirmek ve fonksiyonel bütünlüğü yeniden kazandırmak amacıyla fizyoterapist tarafından planlanır.

Değerlendirme

Bruksizimli bireylerin multidisipliner bir yaklaşımla değerlendirilmesi tedavinin etkinliğinde kritik bir öneme sahiptir. The American Academy of Sleep Medicine'e göre bruksizm, uyku sırasında diş sıkma ya da gıcırdatma bildirimine ek olarak anormal diş aşınması, çene kaslarında rahatsızlık, ağrı, yorgunluk, uyanınca çene kilitlenmesi ve istemli diş sıkma sırasında masseter hipertrofinin görülmesi durumlarında tanımlanır (Medicine, E. A. o. S., 2005). 2018 yılında yayımlanan Uluslararası Bruksizm Değerlendirmesi Konsensusu, tanıyı üç düzeyde ele alır. Olası bruksizm hastanın öz bildirimine dayanır. Muhtemel bruksizm öz bildirim ile klinik bulguların birlikte değerlendirilmesini içerir. Kesin bruksizm ise öz bildirim, klinik muayene ve polisomnografi bulgularının birlikte bulunmasıyla tanımlanır (Lobbezoo vd., 2018).



Şekil 2. Bruksizmde tanı

Uyku bruksizmi çiğneme kaslarında ve servikal bölgede ağrı, temporal bölgede baş ağrısı, sabahları omuz, sırt veya göğüs bölgesinde ağrı ve sertlik, temporomandibular eklemden hassasiyet, masseter hipertrofisi, polisomnografi ile doğrulanan kas aktivitesinde artış, sabah görülen çene kilitlenmesi veya yorgunluk, düşük uyku kalitesi ve genel yorgunluk gibi belirtilerle kendini gösterir (Shetty vd., 2010). Anamnezde dil kenarında çentikli görünüm, dudaklarda insizyon izleri, yanak mukozasında diş izleri ve uyku sırasında diş sıkma ya da gıcırdatma bildirimleri sık görülür (Güleç vd., 2019).

Bruksizmin tanısında çeşitli değerlendirme yöntemleri kullanılır ve bu yöntemler hem klinik bulguların hem de hastanın öz bildirimlerinin bütüncül biçimde ele alınmasını sağlar.

1. Öz bildirimle dayalı anketler, geniş örneklemelere kolayca uygulanabildiği için araştırmalarda sık tercih edilir. Ancak elde edilen veriler subjektiftir ve klinik gözlemlerle desteklenmesi gerekmektedir (Koyano vd., 2008). Pintado ve çalışma arkadaşlarının geliştirdiği anketler ile Fonseca Anamnestik İndeksinden elde edilen yanıtlar, olası bruksizm tanısında önemli bilgiler sunmaktadır (Fonseca vd., 1994; Pintado vd., 1997).
2. Klinik muayenede diş gıcırdatma, temporomandibular eklemden ağrı, çiğneme ve servikal kaslarda hassasiyet, dişlerde aşırı duyarlılık, artmış diş mobilitesi, mine dokusunda anormal aşınmalar, dil ve yanaklarda diş izleri, torus maxillaris veya mandibularis varlığı, diş eti çekilmesi, tükürük azalması, masseter hipertrofisi, restorasyon kırıkları ve ağız açmada kısıtlılık değerlendirilir. Bu bulguların bir arada bulunması muhtemel bruksizm tanısına katkı sağlar (Murali vd., 2015).
3. Ağız içi cihazlarla yapılan değerlendirmelerde, oklüzal apareyler kullanılarak cihaz üzerindeki aşınma bölgeleri incelenir ya da aparey üzerindeki ısırma kuvveti ölçülerek bruksizm aktivitesi hakkında bilgi elde edilir (Shetty vd., 2010).
4. Elektromiyografi (EMG), kas kasılması sırasında oluşan elektriksel aktiviteyi yüzey ya da iğne elektrotları aracılığıyla kaydeder. Yüzey elektrotlarının kullanımı, uygulama kolaylığı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda hastalar için daha toleranslı ve kabul edilebilir bir yöntem sunar. Portatif cihazların kullanılması, bu yöntemi hem uyku hem uyanıklık bruksizminin değerlendirilmesi için uygun hale getirir. EMG kayıtları kas aktivitesinin şiddeti, süresi ve paterni hakkında ayrıntılı veri sağlar (G. J. Lavigne vd., 1996).
5. Polisomnografi (PSG), uyku sırasında EKG (elektrokardiyografi), EEG (elektroensefalografi), EMG (elektromiyografi), elektrookülografi (EOG) ses ve görüntü kayıtları ile yüz ve çene hareketlerinin birlikte değerlendirilmesine olanak tanır. Laboratuvar koşullarında yapılan bu inceleme, uyku bruksizmini yutkunma, öksürme, homurdanma gibi diğer hareketlerden ve uyku bozukluklarından ayırt etmede yüksek doğruluk su-

nar. Bununla beraber, ölçümlerin doğal ev ortamı yerine laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi, hastaların stres, alışılmış günlük rutinlerinden sapma ve yapay çevresel faktörlere maruz kalması nedeniyle kas aktivitesinin doğal düzeyini yansıtmayabilir ve ölçümlerin doğruluğunu sınırlayabilir (G. J. Lavigne vd., 2001; Manfredini & Lobbezoo, 2010).

6. Radyolojik değerlendirme, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT) ve ultrasonografi (USG) gibi çeşitli yöntemleri içerir. BT ve MRG kas hacmi ve enine kesit alanlarının ölçülmesinde kullanılırken, USG çiğneme kaslarının kalınlığının, elastikiyetinin ve fonksiyonel özelliklerinin değerlendirilmesi için kullanılan pratik, ekonomik, invaziv olmayan ve tekrarlanabilir bir yöntemdir (Kiliaridis & Kálebo, 1991; Raadsheer vd., 1994). USG ile istirahat ve maksimum izometrik kontraksiyon sırasında kas uzunluğu, kalınlığı, kesit alanı ve hacmi ölçülebilir (Bulut vd., 2018; Reis Durão vd., 2017). Ultrasonografik elastografi (EUS) ise dokuların viskoelastik özelliklerini değerlendirmek amacıyla kullanılan non-invaziv bir görüntüleme yöntemidir. Klinik uygulamada en yaygın kullanılan tekniklerden biri olan gerilim elastografisi, dokunun manuel olarak uygulanan düşük frekanslı kompresyona verdiği deformasyonun ölçülmesini sağlar. Bu yöntemde prob aracılığıyla dokuya kompresyon uygulanır ve aksiyel yönde meydana gelen yer değiştirme kaydedilir. Kompresyon öncesi ve sonrası oluşan ekolar karşılaştırılarak gerilim değerleri hesaplanır. Elde edilen veriler, elastogram adı verilen grafiklerde mavi, yeşil, sarı ve kırmızı renklerle görselleştirilir (Yakut, 2013).
7. Fizyoterapiye yönelik değerlendirme yöntemleri, stomatognatik sistemin yapısal ve fonksiyonel özelliklerini, postüral değişiklikleri ve işlevsel durumlarını detaylı biçimde incelemeyi hedefler. Çiğneme kasları, suprahyoid ve infrahyoid kaslar, sternokleidomastoideus ve trapezius kasları başta olmak üzere baş, boyun ve çene bölgesindeki tetik noktalar, hassasiyet, doku sertliği ve elastikiyet palpasyon yoluyla saptanır. TME'nin işlevselliği, mandibular açma, kapama, protrüzyon ve lateral hareketler ölçülerek değerlendirilir. Eklem hareket açıklığı sırasında ağrı, klik sesi veya krepitasyon varlığı kaydedilir. Çene, baş ve boyun eklem hareket açıklığı, kas kuvveti, basınç ağrı eşiği ölçülerek, postür analizi yapılarak bruksizmin yol açtığı kompensasyon mekanizmaları ve postüral adaptasyonlar belirlenir.
8. Değerlendirme sürecine hastanın hikayesi de dahil edilir. Oral hijyen, günlük çene kullanımı düzeyi, parafonksiyonel alışkanlıklar, yaşam kalitesi, depresyon, anksiyete ve stres düzeyi ile uyku alışkanlıkları anketlerle değerlendirilir. Bu bilgilerin psikiyatri ve psikoloji uzmanlarıyla birlikte yorumlanması multidisipliner yaklaşımın önemli bir bileşenidir.

Tablo 1. Bruksizmde Değerlendirme Yöntemleri		
Değerlendirme Alanı	Kullanılan Yöntemler	Amaç
Kas ve TME fonksiyonu	Palpasyon, izometrik test, Hareket açıklığı ölçümü	Kas tonusu, tetik noktalar, hareket kısıtlılığı
Kas yapısı ve sertlik	Ultrasonografi, elastografi	Masseter ve temporalis kas sertliği ve morfolojisi
Kas aktivitesi	EMG	İstirahat ve fonksiyonel kas aktivitesi
Uyku bruksizmi	Polisomnografi, EMG	Gece aktivite sıklığı ve şiddeti
Ağrı şiddeti	VAS, Basınç Ağrı Eşiği	Ağrı,
Psikolojik durum	Anksiyete, stres ölçekleri	Psikososyal faktörlerin belirlenmesi
Postüral analiz	Duruş gözlemi, Fonksiyonel testler	Kas dengesizlikleri, postüral etkiler

Tüm bu objektif ve subjektif değerlendirme yöntemlerinin entegrasyonu, bruksizmin biyopsikososyal doğasını anlamayı ve kişiye özgü tedavi planı geliştirmeyi sağlar. Ultrasonografi, elastografi, EMG, polisomnografi, postüral ve fonksiyonel testler ile klinik ve psikolojik değerlendirmeler bir araya getirilerek, kişiye özgü tedavi planı uygulanır. Bu bütüncül yaklaşım hem kısa hem de uzun dönemde tedavi etkinliğinin izlenmesini mümkün kılar.

Tedavi

Bruksizmin tedavisinde güncel yaklaşım, esas etkenin ortadan kaldırılması, semptomların kontrol altına alınması ve oluşabilecek komplikasyonların önlenmesi şeklinde özetlenebilir (Lobbezoo vd., 2008). Etiyolojinin multifaktöriyel olduğu göz önünde tutulursa, tedavisinde multidisipliner bakış açısıyla planlaması gerektiği unutulmamalıdır.

Diş Hekimliği Uygulamaları

Bruksizmin tedavisinde kullanılan oklüzal yaklaşımlar, esas olarak dişlerin uygun temasını sağlamayı hedefler. Bu amaçla ortodontik tedaviler uygulanabilir veya ağız içi apareyler tercih edilebilir (Güleç vd., 2019). Klinik uygulamada en sık kullanılan apareyler oklüzal splintler ve gece plaklarıdır. Splint tedavisinde başlıca hedefler, dişlerin düzenli temasını sağlamak, çiğneme kaslarının gevşemesini ve koordinasyonunu desteklemek, oklüzal uyumsuzluğun yol açtığı semptomları azaltmak, kondili ve diski uygun fizyolojik pozisyonda konumlandırmak, bruksizm ve diğer parafonksiyonel aktiviteleri sınırlamak, plasebo etkisi oluşturmak ve dişlerin sıkma veya gıcırdatmaya bağlı hasarlardan korunmasını sağlamaktır (Pertes vd., 1989). Buna karşın, splintlerin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Çabuk deforme olmaları, gündüz kullanımda konuşmayı zorlaştırmaları, kullanım pratikliğinin düşük olması ve hijyenle ilgili sorunlar, splint kullanımını kısıtlayan temel faktörler arasında yer alır.

Farmakolojik Tedavi

Bruksizm ile ilişkili yürütülen nörolojik araştırmalar, esas olarak serotonerjik ve dopaminerjik ilaçlar ile botulinum toksin gibi asetilkolin inhibitörlerinin kullanımına odaklanmaktadır (Ka-

to vd., 2001). Botulinum toksin enjeksiyonu kaslarda kimyasal denervasyon sağlayarak işlevi geçici olarak azaltır, etkisi genellikle 2-3 ay içinde pik yapar ve yaklaşık 6 aya kadar devam eder. Yaklaşık üç ay sonra, sinir uçlarında yeniden dallanma ve yeni nöromüsküler bağlantıların oluşmasıyla kas fonksiyonunda iyileşme gözlenir (Jankovic, 2004).

Botulinum toksin uygulamalarının, bruksizm aktivitesini azaltmak, çiğneme kaslarındaki ağrıyı hafifletmek ve yaşam kalitesini artırmak gibi olumlu etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, bu yöntem diğer tedavilere yanıt vermeyen hastalarda alternatif bir seçenek olarak kullanılabilir (Moore & Naumann, 2003). Öte yandan, yüksek maliyeti ve invaziv doğası, uygulama bölgesinde ağrı, geçici hipoestezi, ekimoz, ödem ve eritem gibi yan etkiler bu yöntemin sınırlılıkları arasında yer almaktadır (Niamtu III, 2003).

Bruksizm tedavisinde sıklıkla reçete edilen bir diğer farmakolojik yaklaşım kas gevşeticiler (özellikle benzodiazepin grubu)dir. Bu ilaçlar kısa dönemde etkili olmakla birlikte terapötik etkileri uzun süreli değildir ve bağımlılık riski taşıdıkları için dikkatli kullanılması gerekir (Saletu vd., 2005). Antidepresanlar ise bruksizm üzerinde değişken etkiler gösterebilir; bazıları durumu şiddetlendirebilirken bazıları aktiviteyi azaltabilir. Özellikle, seçici serotonin geri alım inhibitörleri (SSRI) bruksizmi artırabilir, buna karşın amitriptilin grubu antidepresanlar bruksizm aktivitesini azaltabilir; tedaviye verilen yanıt ise uygulanan doza bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Mohamed vd., 1997; Raigrodski vd., 2001).

Psikodavranışsal Tedavi Yaklaşımları

Psikodavranışsal tedavi yaklaşımlarının temel amacı, bruksizm konusunda hastada bilinç ve farkındalık oluşturmaktır. Bu yaklaşımlar arasında hasta eğitimi, parafonksiyonel alışkanlıkların önlenmesi, uyku kalitesinin artırılması, biofeedback, hipnoz ve meditasyon gibi yöntemler yer almaktadır (Turan, 2017). Bu tedavi stratejilerinin amaçları; hastaya güven sağlamak, bruksizmin doğasını, etiyolojisini ve prognozunu açıklamak, çiğneme sisteminin tekrar eden zorlanmasını azaltmak, gevşemeyi teşvik etmek ve çiğneme aktivitelerini kontrol etmektir (Glaros vd., 2000). Hastalara uygulanan davranış modifikasyonları arasında; küçük lokmalar halinde yemek yemek, sert yiyeceklerden kaçınmak, yumuşak besinleri tercih etmek, tek taraflı çiğnememek, parafonksiyonel aktivitelerden uzak durmak, ağız solunumu ve yüzüstü yatmaktan kaçınmak, baş ve omuzları dik tutmak ve TME'yi istirahat pozisyonunda bulundurmak yer alır (Sönmez & Hocaoglu, 2019). Uyku kalitesinin artırılmasına yönelik önlemler arasında ise uykuya geçmeden önce sigara, kahve ve alkol tüketiminin durdurulması, fiziksel ve zihinsel aktivitelerin sınırlandırılması, yatak odasının karanlık ve sessiz olması sayılabilir (Valiente López vd., 2015). Biofeedback (biyolojik geri bildirim) teknikleri ile bireylere kendi davranışları hakkında bilgi verilir ve bu davranışların kontrol edilmesi hedeflenir. Bu teknikler, uyku ve uyanık bruksizimli hastalarda titreşim, işitsel veya elektriksel EMG cihazları, sıkma ve gıcırdatma durumunda rahatsız edici tat veren oklüzal splintler ve bruksizm atağı sırasında hastayı uyandıran cihazlar aracılığıyla uygulanabilir (Lobbezoo vd., 2008).

Tablo 2. Bruksizmde Tedavi Uygulamaları ve Amaçları

Tedavi Alanı	Örnek Uygulamalar	Amaç
Diş hekimliği	Gece Plakları, Restoratif Uygulamalar,	Diş, kas ve eklem koruması
Farmakolojik	Kas Gevşeticiler, Benzodiazepinler, Antidepresanlar, Botulinum Toksini	Ağrı ve kas aktivitesini kontrol altına alma
Psikolojik/Davranışsal	Bilişsel Davranışçı Terapi, Gevşeme Egzersizleri, Uyku Hijyeni	Psikososyal faktörlerin yönetimi, parafonksiyon kontrolü
Fizyoterapi	Elektroterapi, Termal Ajanlar, Manuel Terapi, Egzersiz,	Kas dengesizliği, hareket kısıtlılığı, ağrı kontrolü

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Yöntemleri

Fizyoterapi; ağrıyı azaltmak, eklem hareket açıklığını artırmak ve fonksiyonelliği sağlamak için uygulanan etkili tedavi yöntemlerinden biridir. Elektroterapi ajanları, sıcak ve soğuk uygulamayı içeren termal ajanlar, egzersiz tedavisi, manuel terapi, kuru iğneleme, osteopatik yaklaşımlar fizik tedavide kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Fizik tedavi yönteminin etkinliğine dair kısıtlı sayıda çalışma bulunsada, var olan çalışmalar kaslarda meydana gelen ağrının azalarak, eklem hareket açıklığının artarak, kas iyileşmesini kolaylaştırarak bireyin fonksiyonelliğini ve yaşam kalitesini artırdığını belirtmektedir (Aksu vd., 2019; Amorim vd., 2018; Calixtre vd., 2016; Tuncer vd., 2013, 2023; Vance vd., 2014).

Elektroterapi

Elektroterapi, vücudun doğal iyileşme sürecini desteklemek, ağrıyı azaltmak, kasları güçlendirmek ve iyileşmeyi kolaylaştırmak amacıyla kullanılan bir fizik tedavi ajanıdır. Bruksizm tedavisinde en sık kullanılan elektroterapi ajanları ultrason, Transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS) ve lazerdir.

Ultrasonun kas, eklem ve disk semptomlarını azaltmada etkili bir tedavi yöntemi olduğu bildirilmiştir (Esenyel vd., 2000; Esposito vd., 1984; Majlesi & Ünal, 2004). Ultrason uygulama sonrası maksimum ağız açıklığında artış, masseter kas kalınlığında azalma, kas içi sonografik görünümde iyileşme ve kas ağrısında azalma görülmektedir. Bunların yanısıra masaj yoluyla uygulandığı için diğer elektroterapi yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha tolere edilebilir bir yöntemdir (El Fatih I vd., 2004; Rai vd., 2016). TENS, kapı kontrol teorisini kullanarak hiperaljeziyi azaltmak için kullanılan farmakolojik olmayan bir elektroterapi yöntemidir. Kanser, fantom, diyabetik periferik nöropati, fibromyalji, osteoartrit, romatoid artrit, bruksizm ya da temporomandibular eklem disfonksiyonu (TMD) gibi kas iskelet sistemi kaynaklı kronik ağrıların tedavisinde kullanılan etkili bir yöntemdir (El Fatih I vd., 2004; McNeely vd., 2006). TENS uygulaması ile kas ağrısı, EMG aktivitesi azalırken maksimum istemli kontraksiyon sırasında masseter kas aktivitesi artmaktadır (Rodrigues vd., 2004). Düşük doz lazer uygulamaları fizik tedavide kullanılan bir elektroterapi yöntemidir. Subsellüler ve sellüler düzeyde doku stimülasyonu ile analjezik ve antiinflamatuvar etki gösterir. Dokulara uygulandığında direkt, akupunktur noktalarına uygulandığında ise sistemik etkiler göstermektedir (Boyras & Yıldız, 2016). Lazer uygulaması ile TMD hastalarında ağrı şiddetinde azalma ve maksimum ağız açıklığında artış görülmektedir (Batra vd., 2023). Ayrıca akupunktur noktalarına

uygulanen laser ile de lokal ve sistemik etkiler görülmekte, ısırma kuvveti azalmakta, baş ağrısı koşulları iyileşmektedir (Salgueiro vd., 2021).

Termal Ajanlar

Termal ajanlar ile kasların ve kollajen yapılı dokuların viskoelastik özellikleri değiştirilerek fizyolojik iyileşmenin stimüle edilmesi amaçlanır. Klinik uygulamalarda, özellikle yaralanma veya immobilizasyon sonrası gelişen hareket kısıtlılıklarını azaltmak amacıyla dokuların esneme kapasitesini artırmak için kullanılmaktadır. Sıcak uygulama, lokal dolaşımı artırırken, doku beslenmesini destekler ve metabolit uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. Doku sıcaklığının yükselmesiyle birlikte hücresel metabolik aktivitede artış ortaya çıkar. Bu fizyolojik değişiklikler, iyileşme sürecinin hızlanmasına ve kas tonusunun azalmasına katkıda bulunur. Soğuk uygulama ise sinir iletim hızını yavaşlatır ve kapı kontrol teorisine göre medulla spinalis düzeyinde T hücrelerinin inhibisyonu yoluyla ağrı iletimini azaltır (Bleakley & Costello, 2013).

Tablo 3. Bruksizmde Uygulanan Fizyoterapi Yöntemleri ve Amaçları

Yöntem	Uygulama / Teknik	Hedef / Amaç
Elektroterapi	TENS, Terapötik Ultrason, Düşük Doz Lazer	Kas aktivitesini normalize etmek, ağrıyı azaltmak, metabolizmayı hızlandırmak
Termal Ajanlar	Sıcak uygulama, Soğuk uygulama	Kas gevşemesini sağlamak, kan akışını artırmak, inflamasyonu ve ağrıyı azaltmak
Manuel Terapi	Eklem ve Yumuşak Doku Mobilizasyonları, Miyofasyal Gevşetme, Trigger Nokta Uygulamaları, Masaj, Kas İçi Germe Yöntemleri	Kas spazmlarını azaltmak, tetik noktaları çözmek, eklem hareket açıklığını artırmak
Egzersiz	Kuvvetlendirme, Germe, Koordinasyon, Postür, Gevşeme Egzersizleri	Motor kontrolü geliştirmek, kas kuvveti ve esnekliği artırmak, postüral dengeyi sağlamak

Manuel Terapi

Manuel terapi, kas, eklem, kapsül, ligament, fasyal yapılar ve sinir dokusuna elle uygulanan çeşitli teknikleri kapsar. Amaç eklemlere ve kaslara binen aşırı yükü ortadan kaldırmak, meydana gelen mekanik irritasyonu azaltmaktır. Eklem ve yumuşak doku mobilizasyonları, miyofasyal gevşetme, trigger nokta uygulamaları, masaj ve kas içi germe yöntemleri bu manuel terapi tekniklerinden bazılarıdır. Bu yaklaşımlar ile ağrı modülasyonu ve fonksiyonel iyileşme hedeflenir. Bruksizmde manuel terapinin temel amacı ise çiğneme sistemi ile servikal bölge arasındaki biyomekanik ilişkiyi düzenlemektir. Çiğneme kaslarının tonusunu azaltır, TME çevresindeki mobilitiyi artırır, ağrı eşiğini yükseltir, kas içi dolaşımı artırır ve nöromüsküler kontrolü daha dengeli bir hale getirir. Bu etkiler, TME daha stabil hale getirerek bruksizmin oluşturduğu kas gerginliğini azaltır (Calixtre vd., 2016; La Touche vd., 2013). Osteopati, Andrew Taylor Still tarafından geliştirilen bir manuel terapi yaklaşımıdır. Bu tedavi yönteminin felsefesi ruh, beden, zihin birlikteliği ile yapı ve fonksiyon arasındaki ilişkiyi kendi kendini iyileştirebilme yetisine dayanır (Seffinger vd., 2003). TMD'li hastalarda uygulanan osteo-

patik manipülatif tedaviler ve kranial osteopatiler ile ağrı şiddeti azalır, yaşam kalitesi artar (Gesslbauer vd., 2018). Klasik masaj uygulamaları manuel tekniklerin vazgeçilmez bir parçasıdır. Lokal dolaşımı artırarak oksijenlenmeyi ve metabolik atıkların uzaklaşmasını sağlar. Bu sayede kas sertliğini ve ağrıyı azaltarak hareket açıklığını artırmayı hedefler. Mekanoreseptörlerin uyarılması ve parasempatik sistemin aktivasyonu ile de ağrının azaltılmasını sağlar. Kortizol seviyesinde de kısa süreli düşüşe neden olabilir bu da stres seviyesinin düşmesine neden olur. Bruksizmde ise masseter, temporal ve boyun kaslarına yapılan masaj ile kas tonusu azalır, kas içi dolaşım artar, ağrı eşiği yükselir, parasempatik aktivite artar, uyku kalitesi desteklenir ve sabah sertliklerinin önüne geçilir (Ariji vd., 2015; Fernández-Núñez vd., 2019). Manuel terapinin etkinliğini artırmak için egzersiz tedavisi ile de desteklenmesi gerekmektedir. Gevşeme, nefes ve postür egzersizleri ile çene kaslarına yönelik germe ve kuvvetlendirme egzersizleri ile ergonomik öneriler ve hasta eğitimi manuel terapi yaklaşımının bir parçası olmalıdır. Bu sayede ağrı şiddetinde görülen azalma ve ağrısız maksimum ağız açıklığında meydana gelen artış daha etkili olacaktır (Tuncer vd., 2013).

Egzersiz Tedavisi

Egzersiz tedavisi, kas-iskelet sistemi yapılarını güçlendirmek, mobilitayı ve motor koordinasyonu geliştirmek için sistematik olarak planlanan hareket programlarını içermekle beraber fizik tedavi ve rehabilitasyonun önemli bir parçasıdır. Bruksizm veya TMD varlığında, bu tür egzersizler hem stomatognatik sistem ve boyun kaslarını hem de TME işlevini iyileştirmeye yöneliktir. TMD’de en sık kullanılan egzersizler çene kaslarına yönelik kuvvetlendirme, germe, gevşeme ve izometrik egzersizler ile boyun hareketlerini içeren programlardır (Michelotti vd., 2005; Randolph vd., 1990).

Egzersizin fizyolojik etkileri ve etki mekanizmalarını şu şekilde özetleyebiliriz;

- Kas liflerinde motor ünite senkronizasyonu iyileşmesi ile nöromusküler kontrol güçlenir. Bu yapıların düzenli yüklenmesi ile kas içi dolaşım artar ve doku metabolizması desteklenir (Shimada vd., 2023).
- Çene eklemi içeren koordinasyon egzersizleri ile proprioseptif geri bildirimi artar; bu da ağrı modülasyonu ve eklem hareket açıklığında iyileşmeye yol açar (Shimada vd., 2023).
- Dirençli egzersizler ile çiğneme kaslarının kuvvetini artırarak ağrı şiddetini düşürebileceğini de rapor etmiştir (sistemetik derleme) (Giacomo vd., 2025).

Mobilizasyon egzersizleri ile özellikle disk patolojilerinin görüldüğü TME hastalarında etkilidir. Mobilizasyon ve koordinasyon egzersizlerinin kombine olarak yapılması yer değiştiren diskin tekrar yakalanmasına yardımcı olabilir, çene hareketlerinin ağrısız ve maksimum aralıkta yapılmasına olanak sağlar (Feine & Lund, 1997). Bruksizm tedavisinde izometrik ve dirençli egzersizlerle çiğneme kaslarının yük toleransının artırılması ve kas yorgunluğunun azaltılması ile çiğneme kaslarının aşırı aktivitesi azaltılması amaçlanır (Shimada vd., 2023). Ayna karşısında yapılan koordinasyon egzersizleri ile duyusal ve motor belleğin oluşturulması, normal hareket paternlerinin sürdürülmesi amaçlanır (Michelotti vd., 2005). Stomatognatik sistemde çene ve boyun kasları arasındaki yakın ilişki nedeniyle TMD ya da bruksizm hastalarında postür egzersizleri tedavi programının zorunlu bir parçası olmalıdır. Bu egzersizler, baş ve boyun biyomekaniğinin dengelenmesini ve kas yükünün azaltılmasını sağlar (Seyhan, 1999; Tuncer vd., 2013). Ev egzersiz programı ile hastanın tedavi sürecine aktif katılımı, günlük yaşam aktivitelerine katılımı ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesi hedeflenir (Kadioğlu vd., 2024).

Sonuç

Bruksizmin yönetiminde disiplinler arası yaklaşım, semptomların ve fonksiyonel sorunların daha etkili kontrol edilmesini sağlar. Fizyoterapi, diş hekimliği, farmakolojik tedaviler ve psikolojik yaklaşımlar birbirini tamamlayan bir yapı oluşturur. Bu yapı kas tonusunun düzenlenmesine, mandibular hareketlerin iyileştirilmesine, oklüzal yükün dengelenmesine ve stres kaynaklı parafonksiyonların azaltılmasına katkı sağlar. Değerlendirme verilerinin profesyoneller arasında paylaşılması tedavi programının bireysel gereksinimlere göre uyarlanmasını kolaylaştırır. Profesyoneller arasındaki bu koordinasyon hem kısa hem uzun vadede klinik sonuçların iyileşmesine ve yaşam kalitesinin artmasına destek olur. Gelecek çalışmalar, bu entegre modellerin etkinliğini karşılaştırarak bruksizm için daha güçlü kanıta dayalı protokollerin oluşturulmasına katkı sunacaktır.

KAYNAKLAR

- Aksu, Ö., Doğan, Y. P., Çağlar, N. S., & Şener, B. M. (2019). Comparison of the efficacy of dry needling and trigger point injections with exercise in temporomandibular myofascial pain treatment. *Turkish journal of physical medicine and rehabilitation*, 65(3), 228.
- Amorim, C. S. M., Espirito Santo, A. S., Sommer, M., & Marques, A. P. (2018). Effect of Physical Therapy in Bruxism Treatment: A Systematic Review. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 41(5), 389-404. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2017.10.014>
- Ariji, Y., Nakayama, M., Nishiyama, W., Ogi, N., Sakuma, S., Katsumata, A., Kurita, K., & Ariji, E. (2015). Potential clinical application of masseter and temporal muscle massage treatment using an oral rehabilitation robot in temporomandibular disorder patients with myofascial pain. *CRANIO®*, 33(4), 256-262. <https://doi.org/10.1179/2151090314Y.00000000030>
- Asutay, F., Atalay, Y., Asutay, H., & Acar, A. H. (2017). The Evaluation of the Clinical Effects of Botulinum Toxin on Nocturnal Bruxism. *Pain Research and Management*, 2017(1), 6264146. <https://doi.org/10.1155/2017/6264146>
- Bader, G., & Lavigne, G. (2000). Sleep bruxism; an overview of an oromandibular sleep movement disorder: REVIEW ARTICLE. *Sleep Medicine Reviews*, 4(1), 27-43. <https://doi.org/10.1053/smr.1999.0070>
- Batra, s, A, S., Gc, S., Mm, M., As, H., M, C., & G, M. (2023). Comparative effectiveness of low-level laser therapy and transcutaneous electrical nerve stimulation in symptomatic Temporomandibular Disorders: A Randomised Control Trial. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37408297/>
- Bleakley, C. M., & Costello, J. T. (2013). Do thermal agents affect range of movement and mechanical properties in soft tissues? A systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(1), 149-163.
- Boyras, İ., & Yıldız, A. (2016). Lazer Çeşitleri ve yüksek yoğunluklu lazer kullanımı Laser Types and using of High Intensity Laser. *Case Reports*.
- Bulut, D. G., Özcan, G., & Avcı, F. (2018). Ultrasonographic evaluation of mandibular elevator muscles to assess effects of attrition-type tooth wear on masticatory function. *Cumhuriyet Dental Journal*, 21(4), 290-297.
- Calixtre, L. B., Grüniger, B. L. da S., Haik, M. N., Albuquerque-Sendín, F., & Oliveira, A. B. (2016). Effects of cervical mobilization and exercise on pain, movement and function in subjects with temporomandibular disorders: A single group pre-post test. *Journal of Applied Oral Science*, 24(3), 188-197.
- Campello, C. P., Moraes, S. L. D., Vasconcelos, B. C. do E., Lima, E. L. S. de, Pellizzer, E. P., Lemos, C. A. A., & Muniz, M. T. C. (2021). *Polymorphisms of the serotonin receptors genes in patients with bruxism: A systematic review*. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2021-0262>

- Castroflorio, T., Bargellini, A., Deregibus, A., & Svensson, P. (2018). Masticatory muscle pain and disorders. İçinde *Contemporary oral medicine* (ss. 1-38). Springer.
- Cruz Fierro, N. (2016). *El bruxismo y su relación con el estrés, afrontamiento, ansiedad, rasgos de personalidad y polimorfismo genético*. [Phd, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/15699/>
- El Fatih I, E. A., Abdullah Ismail, I., & Saeed El Laithi, A. (2004). *Efficacy of physiotherapy and intraoral splint in the management of temporomandibular disorders*. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/emr-69004>
- Esenyel, M., Caglar, N., & Aldemir, T. (2000). Treatment of myofascial pain. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 79(1), 48-52.
- Esposito, C. J., Veal, S. J., & Farman, A. G. (1984). Alleviation of myofascial pain with ultrasonic therapy. *The Journal of prosthetic dentistry*, 51(1), 106-108.
- Feine, J. S., & Lund, J. P. (1997). An assessment of the efficacy of physical therapy and physical modalities for the control of chronic musculoskeletal pain. *Pain*, 71(1), 5-23. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(96\)03287-3](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(96)03287-3)
- Fernández-Núñez, T., Amghar-Maach, S., & Gay-Escoda, C. (2019). Efficacy of botulinum toxin in the treatment of bruxism: Systematic review. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 24(4), e416.
- Fonseca, D. M. da, Bonfante, G., Valle, A. L. do, & Freitas, S. F. T. de. (1994). Diagnóstico pela anamnese da disfunção craniomandibular. *RGO (Porto Alegre)*, 23-28.
- Georgieva, I. (2021). Trauma from occlusion—Types, clinical signs and clinical significance. A review. *Scripta Scientifica Medicinae Dentalis*, 7(1), 7-11.
- Gesslbauer, C., Vavti, N., Keilani, M., Mickel, M., & Crevenna, R. (2018). Effectiveness of osteopathic manipulative treatment versus osteopathy in the cranial field in temporomandibular disorders – a pilot study. *Disability and Rehabilitation*, 40(6), 631-636. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1269368>
- Giacomo, A., G, P., F, M., F, M., P, B., E, B., C, B., A, M., M, P., A, G., & D, F. (2025). Effectiveness of Resistance Training of Masticatory Muscles for Patients With Temporomandibular Disorders: A Systematic Review. *PubMed*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40415263/?utm_source=chatgpt.com
- Glaros, A. G., Forbes, M., Shanker, J., & Glass, E. G. (2000). Effect of Parafunctional Clenching on Temporomandibular Disorder Pain and Proprioceptive Awareness. *CRANIO®*, 18(3), 198-204. <https://doi.org/10.1080/08869634.2000.11746133>
- Güleç, M., Taşşöker, M., & Özcan Şener, S. (2019). Bruksizmin tanı ve tedavisinde güncel yaklaşımlar. *Selcuk Dental Journal*, 6(2), 221-228. <https://doi.org/10.15311/selcukdentj.440702>
- Jankovic, J. (2004). Botulinum toxin in clinical practice. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 75(7), 951-957.

- Jmd, O., Ms, C., Rpl, P., P, P., J, D., Ja, B., J, F.-S., Ens, G., C, M., & G, D. L. C. (2024). Genetic polymorphisms and bruxism: A scoping review. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39490028/>
- Kadioğlu, M. B., Sezer, M., & Elbasan, B. (2024). Effects of Manual Therapy and Home Exercise Treatment on Pain, Stress, Sleep, and Life Quality in Patients with Bruxism: A Randomized Clinical Trial. *Medicina*, 60(12), 2007. <https://doi.org/10.3390/medicina60122007>
- Kato, T., Thie, N. M., Montplaisir, J. Y., & Lavigne, G. J. (2001). Bruxism and orofacial movements during sleep. *Dental Clinics of North America*, 45(4), 657-684.
- Kiliaridis, S., & Kålebo, P. (1991). Masseter Muscle Thickness Measured by Ultrasonography and its Relation to Facial Morphology. *Journal of Dental Research*, 70(9), 1262-1265. <https://doi.org/10.1177/00220345910700090601>
- Klasser, G. D., Rei, N., & Lavigne, G. J. (2015). Sleep bruxism etiology: The evolution of a changing paradigm. *Journal of the Canadian Dental Association*. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=07098936&AN=103326650&h=RbbPWQB9u%2Bt%2BE6WCc9j8JfJZ4C7Zbv7h9uUxeOKDvLiP%2BmJR9YzH4EOUTCezLkp0ywp6q%2BzYwxKnCxG8MC%2FOxQ%3D%3D&crl=c>
- KOÇ, D. D., DOĞAN, A., & Bek, B. (2012). Nokturnal Bruksizmin Etiyolojisi. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 18(1), 70-76.
- Koyano, K., Tsukiyama, Y., Ichiki, R., & Kuwata, T. (2008). Assessment of bruxism in the clinic*. *Journal of Oral Rehabilitation*, 35(7), 495-508. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2008.01880.x>
- La Touche, R., Paris-Alemany, A., Mannheimer, J. S., Angulo-Díaz-Parreño, S., Bishop, M. D., López-Valverde-Centeno, A., von Piekartz, H., & Fernández-Carnero, J. (2013). Does Mobilization of the Upper Cervical Spine Affect Pain Sensitivity and Autonomic Nervous System Function in Patients With Cervico-craniofacial Pain?: A Randomized-controlled Trial. *The Clinical Journal of Pain*, 29(3), 205. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e318250f3cd>
- Lavigne, G. J., Guitard, F., Rompré, P. H., & Montplaisir, J. Y. (2001). Variability in sleep bruxism activity over time. *Journal of Sleep Research*, 10(3), 237-244. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2001.00261.x>
- Lavigne, G. J., Khoury, S., Abe, S., Yamaguchi, T., & Raphael, K. (2008). Bruxism physiology and pathology: An overview for clinicians*. *Journal of Oral Rehabilitation*, 35(7), 476-494. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2008.01881.x>
- Lavigne, G. J., Rompre, P. H., & Montplaisir, J. Y. (1996). Sleep Bruxism: Validity of Clinical Research Diagnostic Criteria in a Controlled Polysomnographic Study. *Journal of Dental Research*, 75(1), 546-552. <https://doi.org/10.1177/00220345960750010601>
- Lavigne, G., & Kato, T. (2005). Usual and Unusual Orofacial Motor Activities Associated with Tooth Wear. *International Journal of Prosthodontics*, 18(4). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=07098936&AN=103326650&h=RbbPWQB9u%2Bt%2BE6WCc9j8JfJZ4C7Zbv7h9uUxeOKDvLiP%2BmJR9YzH4EOUTCezLkp0ywp6q%2BzYwxKnCxG8MC%2FOxQ%3D%3D&crl=c>

ype=crawler&jrnl=08932174&asa=N&AN=36852147&h=BfxMyVbj2WESEGBRkA3RUsl0W9yL0yt0aqKJ8tlQHQBgaugkjSZLZ0ut2AJEh5jIPzWliLQL3peqn2%2BoGYEGA%3D%3D&crf=c

- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Raphael, K. G., Wetselaar, P., Glaros, A. G., Kato, T., Santiago, V., Winocur, E., De Laat, A., De Leeuw, R., Koyano, K., Lavigne, G. J., Svensson, P., & Manfredini, D. (2018). International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(11), 837-844. <https://doi.org/10.1111/joor.12663>
- Lobbezoo, F., Van Der Zaag, J., & Naeije, M. (2006). Bruxism: Its multiple causes and its effects on dental implants – an updated review*. *Journal of Oral Rehabilitation*, 33(4), 293-300. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2006.01609.x>
- Lobbezoo, F., van der Zaag, J., van Selms, M. K. A., Hamburger, H. L., & Naeije, M. (2008). Principles for the management of bruxism. *Journal of Oral Rehabilitation*, 35(7), 509-523. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2008.01853.x>
- Majlesi, J., & Ünal, H. (2004). High-power pain threshold ultrasound technique in the treatment of active myofascial trigger points: A randomized, double-blind, case-control study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(5), 833-836.
- Manfredini, D., Ahlberg, J., & Lobbezoo, F. (2022). Bruxism definition: Past, present, and future – What should a prosthodontist know? *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(5), 905-912. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.01.026>
- Manfredini, D., & Lobbezoo, F. (2009). Role of psychosocial factors in the etiology of bruxism. *Journal of Orofacial Pain*, 23(2), 153-166.
- Manfredini, D., & Lobbezoo, F. (2010). Relationship between bruxism and temporomandibular disorders: A systematic review of literature from 1998 to 2008. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(6), e26-e50.
- McNeely, M. L., Armijo Olivo, S., & Magee, D. J. (2006). A systematic review of the effectiveness of physical therapy interventions for temporomandibular disorders. *Physical therapy*, 86(5), 710-725.
- Medicine, E. A. o. S. (2005). *The international classification of sleep disorders*. https://scholar.google.com/scholar?q=The+international+classification+of+sleep+disorders%3A+diagnostic+and+coding+manual.+American+Academy+of+sleep+medicine.&hl=tr&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2005&as_yhi=2005
- Michelotti, A., De Wijer, A., Steenks, M., & Farella, M. (2005). Home-exercise regimes for the management of non-specific temporomandibular disorders. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(11), 779-785. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2005.01513.x>
- Mohamed, S. E., Christensen, L. V., & Penchas, J. (1997). A Randomized Double-blind Clinical Trial of the Effect of Amitriptyline on Nocturnal Masseteric Motor Activity (Sleep Bruxism). *CRANIO®*, 15(4), 326-332. <https://doi.org/10.1080/08869634.1997.11746027>

- Moore, P., & Naumann, M. (2003). *Handbook of botulinum toxin treatment*. Wiley-Blackwell.
- Murali, R. V., Rangarajan, P., & Mounissamy, A. (2015). Bruxism: Conceptual discussion and review. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 7(Suppl 1), S265-S270.
- Nakata, A., Takahashi, M., Ikeda, T., Hojou, M., & Araki, S. (2008). Perceived psychosocial job stress and sleep bruxism among male and female workers. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 36(3), 201-209. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2007.00388.x>
- Niamtu III, J. (2003). Botulinum toxin A: A review of 1,085 oral and maxillofacial patient treatments. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 61(3), 317-324.
- Oei, N. Y. L., Elzinga, B. M., Wolf, O. T., de Ruiter, M. B., Damoiseaux, J. S., Kuijer, J. P. A., Veltman, D. J., Scheltens, P., & Rombouts, S. A. R. B. (2007). Glucocorticoids Decrease Hippocampal and Prefrontal Activation during Declarative Memory Retrieval in Young Men. *Brain Imaging and Behavior*, 1(1), 31-41. <https://doi.org/10.1007/s11682-007-9003-2>
- Örenler, S. D., Tuncer, A., & Najafov, E. (2022). Comparison of Manual Therapy and Splint Therapy in Patients Diagnosed with Myofascial Temporomandibular Dysfunction with Sleep Bruxism. *Turk J Physiother Rehabil.*, 33(2), Article 2. <https://doi.org/10.21653/tjpr.1027272>
- Pertes, R. A., Attanosio, R., Cinotti, W. R., & Balbo, M. (1989). Occlusal splint therapy in MPD and internal derangements of the TMJ. *Clinical Preventive Dentistry*, 11(4), 26-32.
- Pintado, M. R., Anderson, G. C., DeLong, R., & Douglas, W. H. (1997). Variation in tooth wear in young adults over a two-year period. *The Journal of prosthetic dentistry*, 77(3), 313-320.
- Raadsheer, M. C., Van Eijden, T., Van Spronsen, P. H., Van Ginkel, F. C., Kiliaridis, S., & Prahl-Andersen, B. (1994). A comparison of human masseter muscle thickness measured by ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Archives of oral biology*, 39(12), 1079-1084.
- Rai, S., Ranjan, V., Misra, D., & Panjwani, S. (2016). Management of myofascial pain by therapeutic ultrasound and transcutaneous electrical nerve stimulation: A comparative study. *European Journal of Dentistry*, 10, 046-053.
- Raigrodski, A. J., Christensen, L. V., Mohamed, S. E., & Gardiner, D. M. (2001). The Effect of Four-Week Administration of Amitriptyline on Sleep Bruxism. A Double-Blind Crossover Clinical Study. *CRANIO®*, 19(1), 21-25. <https://doi.org/10.1080/08869634.2001.11746147>
- Randolph, C. S., Greene, C. S., Moretti, R., Forbes, D., & Perry, H. T. (1990). Conservative management of temporomandibular disorders: A posttreatment comparison between patients from a university clinic and from private practice. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(1), 77-82.

- Reis Durão, A. P., Morosolli, A., Brown, J., & Jacobs, R. (2017). Masseter muscle measurement performed by ultrasound: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 46(6), 20170052. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20170052>
- Rodrigues, D., Siriani, A. O., & Bérzin, F. (2004). Effect of conventional TENS on pain and electromyographic activity of masticatory muscles in TMD patients. *Brazilian oral research*, 18, 290-295.
- Saletu, A., Parapatics, S., Saletu, B., Anderer, P., Prause, W., Putz, H., Adelbauer, J., & Saletu-Zyhlarz, G. M. (2005). On the pharmacotherapy of sleep bruxism: Placebo-controlled polysomnographic and psychometric studies with clonazepam. *Neuropsychobiology*, 51(4), 214-225.
- Salgueiro, M. D. C. C., Kobayashi, F. Y., Motta, L. J., Gonçalves, M. L. L., Horliana, A. C. R. T., Mesquita-Ferrari, R. A., Fernandes, K. P. S., Gomes, A. O., Junior, A. B., & Bussadori, S. K. (2021). Effect of Photobiomodulation on Salivary Cortisol, Masticatory Muscle Strength, and Clinical Signs in Children with Sleep Bruxism: A Randomized Controlled Trial. *Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery*, 39(1), 23-29. <https://doi.org/10.1089/photob.2019.4778>
- Seffinger, M. A., King, H. H., Ward, R. C., Jones, J. M., Rogers, F. J., & Patterson, M. M. (2003). Osteopathic philosophy. *Foundations for osteopathic medicine*, 2, 3-18.
- Seyhan, T. (1999). TME disfonksiyonunun cerrahi olmayan tedavileri ve klinik sonuclarimiz. *KBB ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi*, 7(3), 175-179.
- Sezer, M. (2024). *Investigation of the effects of physiotherapy and rehabilitation applications in patients with bruxism* [Doktora]. Gazi üniversitesi.
- Shetty, S., Pitti, V., Satish Babu, C. L., Surendra Kumar, G. P., & Deepthi, B. C. (2010). Bruxism: A Literature Review. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 10(3), 141-148. <https://doi.org/10.1007/s13191-011-0041-5>
- Shimada, A., Ogawa, T., Sammour, S. R., Narihara, T., Kinomura, S., Koide, R., Noma, N., & Sasaki, K. (2023). Effectiveness of exercise therapy on pain relief and jaw mobility in patients with pain-related temporomandibular disorders: A systematic review. *Frontiers in Oral Health*, 4, 1170966. <https://doi.org/10.3389/froh.2023.1170966>
- Sönmez, D., & Hocaoglu, Ç. (2019). Temporomandibular bozukluk ve bruksizm: Bir olgu sunumu. *Cukurova Medical Journal*, 44, 581-587. <https://doi.org/10.17826/cumj.567288>
- Taşsöker, M., & Zirek, T. (2023). Farklı Meslek Gruplarında Bruksizm Sıklığı ve Ağrı Şiddetlerinin Araştırılması: Kesitsel Araştırma: Investigation of Bruxism Frequency and Pain Intensity in Different Occupational Groups: A Cross-sectional Study. *Turkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 29(2), 264-269. <https://doi.org/10.5336/dentalsci.2022-94165>
- Tuncer, A., Ergun, N., & Karahan, S. (2013). Temporomandibular disorders treatment: Comparison of home exercise and manual therapy. *Fizyoter Rehabil*, 24(1), 09-16.

- Tuncer, A., Kastal, E., Tuncer, A. H., & Yazıcıoğlu, İ. (2023). The effect of sleep hygiene and physiotherapy on bruxism, sleep, and oral habits in children with sleep bruxism during the COVID-19 pandemic. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 36(5), 1047-1059. <https://doi.org/10.3233/BMR-220235>
- Turan, A. (2017). *Bruksizm tedavisinde botulinum toksin tip a enjeksiyonu, okluzal splint kullanımı ve medikal tedavinin etkinliklerinin karşılaştırılması*. <https://platform.almanhal.com/Details/Thesis/2000369275?ID=4-2000369275>
- Valiente López, M., Van Selms, M. K. A., Van Der Zaag, J., Hamburger, H. L., & Lobbezoo, F. (2015). Do sleep hygiene measures and progressive muscle relaxation influence sleep bruxism? Report of a randomised controlled trial. *Journal of Oral Rehabilitation*, 42(4), 259-265. <https://doi.org/10.1111/joor.12252>
- Vance, C. G., Dailey, D. L., Rakel, B. A., & Sluka, K. A. (2014). Using Tens for Pain Control: The State of the Evidence. *Pain Management*, 4(3), 197-209. <https://doi.org/10.2217/pmt.14.13>
- Wetselaar, P., Vermaire, E. J. H., Lobbezoo, F., & Schuller, A. A. (2021). The prevalence of awake bruxism and sleep bruxism in the Dutch adolescent population. *Journal of Oral Rehabilitation*, 48(2), 143-149. <https://doi.org/10.1111/joor.13117>
- Yakut, Z. İ. (2013). Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. *Selçuk Tıp Dergisi*, 30(2), 88-92.
- Yıldız Şahin, Y., & Özel, Y. (2025). Uyku Fizyolojisi, Değerlendirilmesi ve Güncel Bakım Uygulamaları. İçinde *Evde Hasta Bakımı: Temel Uygulamalı Yaklaşımlar* (s. 58). Eğitim Yayınevi.

BÖLÜM 3

SPORCULARDA KOGNİTİF PERFORMANS

*Hazal YAKUT ÖZDEMİR¹, Helin ÖNCEL²,
Ezgi ÜNÜVAR YÜKSEL³*

¹ Doç.Dr., İzmir Demokrasi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, fzthazalyakut@outlook.com

² Fzt. İzmir Demokrasi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı helinoncel.h@gmail.com

³ Dr. Öğr. Üyesi, İzmir Demokrasi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü 0000-0003-1606-3180

Kognitif fonksiyonlar bireyin seçim yapabilmesi, bir bilgiyi yorumlaması ve bu bilgiyi günlük yaşamda kullanabilecek şekilde işleyip yeniden yorumlamasını içeren bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç içerisinde kişi zihninde var olan bilgi ile dışarıdan edindiği bilgiyi düzenler ve işler. Oryantasyon, hafıza, dil kullanımı gibi temel becerilerin yanı sıra karar verme, planlama problem çözme gibi yeteneklerin tamamı kognitif fonksiyon bileşenlerindendir (İnanlı, 2019). Bilgiyi dış uyaranlardan almak, işlemek depolamak ve aktarmakla görevli olan bu sistem, görevlerini yerine getirirken yapısını sürekli olarak değiştirmekte ve kendini geliştirmektedir. Başka bir deyişle kognitif sistem sadece bilgiyi işleyen bir yapı değil; bilgi işleme olasılığını da geliştiren bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanmaktadır. (Kalyuga, 2025). Kognitif fonksiyonlar dikkat, yönetici fonksiyonlar, bellek, gibi günlük yaşamda kullanılan becerileri de kapsamaktadır. Beyindeki ilgi alanları Parietal lob ve Prefrontal korteks olan dikkat, kognitif değerlendirmede diğer unsurların gerçekleşmesi için önemli bir fonksiyondur. Yönetici fonksiyonlar: bireyin belli bir göreve odaklanmasına, bu hedefi belirlemesine, plan yapıp işe başlayabilmesine öğrenme ve hafızasını kullanabilmesine imkân sağlar. Bellek ise öğrenilen bir bilginin kaydedilip depolanıp saklanması, ihtiyaç halinde ulaşım hatırlanması görevini üstlenir. Bellekten sorumlu yapılar; Hipokampus, Lateral temporal korteks, Frontal lob ve Talamustur (İnanlı, 2019).

İnsan kognitif mimarisi, altı işlevsel ilke ile tanımlanan akıllı bir doğal bilgi işleme sistemi olarak sınıflandırılmaktadır:

- **Bilgi deposu**
- **Randomize köken**
- **Ödünç alma ve reorganizasyon**
- **Değişim sınırlarını daraltmak**
- **Çevresel düzenleme ve ilişkilendirme**
- **Öğrenme prensiplerinin açıklığı ilkeleri**

İnsanlar dışındaki biyolojik sistemler yalnızca ilk beş ilke ile tanımlanmaktadır. İlk iki ilke bilginin edinilmesiyle, sonraki iki ilke bilginin işlenmesi ve depolanmasıyla, sonuncusu ise depolanan bilginin kullanımıyla ilgilidir. İnsanı tanımlamak amacıyla daha sonradan bu modele öğrenme prensiplerinin açıklığı ilkesi eklenmiştir.

- **Bilgi deposu:** Bir bilgi işleme sisteminin ödünç alma veya rastgele arama yoluyla edindiği tüm bilgilerin bir depoda saklandığını gösterir. Bilginin çevreyle etkileşimini ve sistemin işleyiş biçimini yönlendirdiğini belirtir. Biyolojik evrim sistemi için genom ve insan bilişi için uzun süreli bellek örnek verilebilir (Kalyuga, 2023).
- **Randomize köken:** Sistem için yeni olan, diğer kaynaklardan doğrudan ulaşılmayan bir bilginin randomize, üret ve test esasına dayalı arama süreçlerinden kaynaklandığını gösterir. Biyolojik evrim sisteminde rastgele mutasyonlar veya insan zihninde amaç-arac analizi ya da deneme-yanılma gibi genel sezgisel problem çözme teknikleri örnek verilebilir (Kalyuga, 2023).
- **Ödünç alma ve reorganizasyon:** Bilginin çoğunluğunun sistem tarafından doğrudan başka kaynaklardan ödünç alındığını ve birebir kopyalamak yerine yeniden tasarlandığını belirtir. İnsan bilgi tabanının içeriğinin büyük çoğunluğunu farklı kaynaklardan alır; ancak bu bilgi yeniden şekillenir ve önceki bilgiyle bütünleştirilir; biyolojik organizmanın genomundaki genetik bilgi de bu şekilde oluşur (Kalyuga, 2023).

- **Değişim sınırlarını daraltma ilkesi:** Sistemin yeni çevre karşısında işlevselliğine zarar vermemek için mevcut bilgilerde minimum düzeyde değişikliklere izin verilir (Kalyuga, 2023).
- **Çevresel düzenleme ve ilişkilendirme:** Söz konusu bilgi önceden bilgi havuzunda bulunduğu değişimlerin sınırlı çerçeveleri ortadan kalkar. İnsan zihninde önceden edinilmiş bilgilerin aktifleştirilmesi bilgi parçalarının daha büyük gruplar halinde birlikte işlenmesini sağlayarak bellek üstündeki sınırlamaları kaldırır (Kalyuga, S. 2023).

Bu beş ilke diğer sistemlerin işleyiş biçimini açıklayabilse de insan kognitifinin tüm yönlerini, özellikle kontrollü ve bilinçli bilgi işleme ile ilgili aşamaları açıklamak için yetersizdir.

- **Öğrenme prensiplerinin açıklığı ilkesi:** İnsan kognitif düzeyindeki bir sistemi tanımlamak için gereklidir. Zekâ ile yani farklı alanlarda yeni durumlarla başa çıkabilme becerisiyle ilişkilidir (Kalyuga, 2025).

KOGNİTİF FONKSİYON DEĞERLENDİRME

Kognitif fonksiyonları değerlendirmek için sahada kullanılan bazı testler yer almaktadır.

Flanker Task (FKT): Yürütücü işlevler (executive functions), inhibisyon kontrolü ve seçici dikkat becerilerini ölçmek için kullanılan bir testtir. Tepki süresi (ms) ve doğruluk (%) değerleri değerleri üzerinden uyum ve uyumsuzluk durumlarındaki performansı göstermektedir (Yongtawee, A., Park, J., Kim, Y., & Woo, M., 2021).

Mental Rotation Test (MRT): Uzamsal yetenek ve özellikle mental rotasyon becerisini değerlendirmek için kullanılmaktadır. 0 ile 24 arasında puanlama yapılır. Doğru yanıt sayısı ve süre; uzamsal görselleştirme ve zihinsel dönüşüm kapasitesini belirler (Yongtawee, A., Park, J., Kim, Y., & Woo, M., 2021).

Design Fluency Test (DFT): bilişsel esneklik ve inhibisyon kontrolünü ölçmek için kullanılmaktadır. Yürütücü işlevlerin esnekliğini ve üretkenliğini yorumlayabilmek için belirli süre içerisinde oluşturulan doğru desen sayısı kaydedilir (Yongtawee, A., Park, J., Kim, Y., & Woo, M., 2021).

Trail Making Test (TMT): Görsel algı, bilişsel esneklik ve çalışma belleğini değerlendirmek için kullanılır. Kognitif geçiş ve dikkat kontrolünü yorumlamak için tamamlama süresi dikkate alınır. TMT-A ve TMT-B olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır (Yongtawee, A., Park, J., Kim, Y., & Woo, M., 2021).

Simple Reaction Time Test (SRT): Tepki süresini ölçmek için kullanılmaktadır. Tepki süresi (ms) ve doğruluk (%); motor hız ve dikkat düzeyini gösterir (Yongtawee, A., Park, J., Kim, Y., & Woo, M., 2021).

Choice Reaction Time Test (CRT): Bilgi işleme hızı ve seçici tepki becerisini ölçmek için kullanılır. Tepki süresi (ms) ve doğruluk (%); bilişsel hız ve karar verme sürecini gösterir (Yongtawee, A., Park, J., Kim, Y., & Woo, M., 2021).

Stroop Color and Word Test (SCWT): İnhibisyon kontrolü, seçici dikkat, işlem hızı, bilişsel esneklik ve çalışma belleği gibi yürütücü işlev bileşenlerini değerlendirir. uyumsuzluk durumunda daha fazla hata ve gecikme beklenir, bu durum bize inhibisyon kontrolünü gösterir (Sakai, Hosoi, & Tanabe, 2024).

Frontal Assessment Battery (FAB): Frontal lob işlevlerini yani kavramsallaştırma, esneklik, motor programlama, inhibisyon ve dikkat parametrelerini değerlendirir (Sakai, Hosoi, & Tanabe, 2024).

Tower of London Test: Planlama, problem çözme ve çalışma belleği ölçülür (Sakai, Hosoi, & Tanabe, 2024).

Çalışma Belleği (NBN-S1)

Kişinin performansı doğru yanıt sayısı ile doğru yanıtların ortalama tepki süresi üzerinden değerlendirilir. Bu test, n-back paradigmasına dayalıdır ve sözel olmayan uyaranlar kullanır (Delgado, Passos, Tavares, & Ferreira, 2023).

Bilişsel Esneklik (DT-S1)

Bu test, çoklu uyaranlara adaptif yanıt verme becerisini değerlendirir. Katılımcılar, görsel ve işitsel uyaranlara hem elleri (klavye) hem de ayakları (pedallar) kullanarak tepki verir. Doğru yanıt sayısı ve medyan tepki süresi ölçülür (Delgado, Passos, Tavares, & Ferreira, 2023).

İnhibisyon (INHIB-S9)

Yanıt inhibisyonu kapasitesini ölçer (Delgado, Passos, Tavares, & Ferreira, 2023).

Planlama (TOL-f-S11)

Bu test, Londra Kulesi paradigmasına dayanır ve planlama becerilerini ölçer. Performans en az hamlede çözülen problem sayısı ve toplam doğru çözüm sayısı değerlendirilir (Delgado, Passos, Tavares, & Ferreira, 2023).

Seçici Dikkat (MDT-S2)

Bu test, katılımcının hızlı hareket eden görsel uyaranlara odaklanma ve doğru tepki verme becerisini değerlendirir. Performans bilişsel ve motor tepki sürelerinin ortanca değerleri üzerinden analiz edilir (Delgado, Passos, Tavares, & Ferreira, 2023).

Sürekli Dikkat (SIGNAL-S4)

Bu test, katılımcının uzun süreli dikkat sürdürme kapasitesini ölçer. Ortanca algılama süresi,Doğru yanıt sayısı, bu yanıtlar hemen tepki (uyaran ekrandayken) ve gecikmiş tepki (uyaran kaybolduktan kısa süre sonra) parametreleri değerlendirilir (Delgado, Passos, Tavares, & Ferreira, 2023).

Montreal Bilişsel Değerlendirme Ölçeği (MoCA): Bilişsel fonksiyonları geniş bir yelpazede değerlendiren kısa süreli bir tarama testidir. Özellikle hafif bilişsel bozuklukları saptamak için geliştirilmiştir. 8 farklı alt bataryası bulunur.

- **Görsel Mekânsal / Yürütücü İşlevler:** Planlama, görsel algı, motor koordinasyon, yürütücü işlev parametrelerini değerlendirir.
- **Adlandırma:** Sözel akıcılık, semantik bellek değerlendirilir.
- **Bellek (Skorlanmaz, gecikmeli hatırlama için hazırlık)**
- **Dikkat:** Çalışma belleği, dikkat kontrolü, işlem hızı değerlendirilir.
- **Dil:** Sözel akıcılık, dil becerisi değerlendirilir.
- **Soyut Düşünme:** Kavramsal düşünme, kategorileme değerlendirilir.

- **Gecikmeli Hatırlama:** Epizodik bellek değerlendirilir.
- **Yönelim:** Zaman ve mekân farkındalığı değerlendirilir.

Bu testler, reaksiyon süresi ve doğruluk gibi temel ölçütleri kullanarak dikkat süreçlerini kapsamlı şekilde değerlendirir.

DUAL TASK

Birbirinden bağımsız iki farklı görevi eşzamanlı olarak yapabilme yetisidir. Bu iki görevin de farklı hedefleri vardır. Kişinin bu görevleri eş zamanlı yerine getirmesi, kognitif sistemin bilgi işleme kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle performansta kayıp yaratır. bir görevin diğerini nasıl etkilediğini ve bu etkileşimden kaynaklanan bilişsel yükü incelemek için kullanılır (Contemori, Saccani, & Bonato, 2024).

- **Motor-Cognitive Dual Task (MCDT):** Bir motor görev (ör. yürüme) + bir bilişsel görev (ör. sayı sayma).
- **Cognitive-Cognitive Dual Task (CCDT):** İki bilişsel görev (ör. bellek + dikkat) (Contemori, Saccani, & Bonato, 2024)

DUAL TASK VE KOGNİTİF FONKSİYONLAR

Dikkat, bellek, yürütücü işlevler ve bilgi işleme hızını etkilemektedir. Aynı anda iki farklı görevi eş zamanlı sürdürmek bilişsel kaynakların bölünmesine neden olmaktadır. Özellikle yaşlanma, bilişsel rezerv düzeyi veya patolojik süreçler sonucu bilişsel sınırlılıkları ortaya çıkarırDual-task değerlendirmesi yapılırken genelde **Tek görev (single-task) performansı** ile **çift görev (dual-task) performansı** karşılaştırılır. Görevler motor-bilişsel (ör. yürüme + sayı sayma) veya bilişsel-bilişsel (ör. bellek + dikkat) olabilir (Contemori, Saccani, & Bonato, 2024).

EGZERSİZ

Egzersiz kapasitesi daha yüksek olan veya düzenli fiziksel aktivite yapan bireyler, egzersiz kapasitesi düşük veya nadiren egzersiz yapanlara göre daha üstün kognitif fonksiyon göstermektedirler. Uzun vadeli egzersiz eğitimi kognitif fonksiyonu iyileştirdiği gibi aynı zamanda yaşa bağlı kognitif gerilemeyi de önemli ölçüde azaltmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda yüksek kardiyovasküler kondisyon seviyelerine sahip ergenlik öncesi çocuklar, düşük kondisyona sahip olanlara göre daha üstün hafıza performansı sergilemektedirler. Orta düzeyde kardiyovasküler kondisyona sahip yaşlı yetişkinlerin, daha düşük kondisyona sahip olanlara kıyasla genel bilişsel işlevlerde daha iyi performans göstermektedirler. Yüksek seviyede motor kontrole ihtiyaç duyulan jimnastik ve dövüş sanatları gibi aktivite biçimleri hem fiziksel uygunluğu hem de motor uygunluğu iyileştirebilir. Güç çeviklik, denge ve esneklik parametreleri motor uygunluk olarak adlandırılırken, kardiyovasküler kapasite ve kas gücü ise fiziksel uygunluk başlığı altında değerlendirilebilir. Yapılan araştırmalarda sadece kardiyovasküler uygunluğun değil, bununla birlikte kas gücü, çeviklik, denge, motor koordinasyon ve esnekliğin de yaşlı yetişkinlerde ve çocuklarda birden çok bilişsel fonksiyonda iyileşmelerle ilişkili olduğu gösterilmiştir. Aşırı veya yoğun antrenman/egzersiz, reaktif oksijen türleri ile antioksidan savunma sistemleri arasında bir dengesizlik olan oksidatif strese sebep olmaktadır. Bu durum, peroksitler ve serbest radikaller üreterek normal redoks durumunda bozulmalara ve dolayısıyla hücre plazmasındaki protein ve lipidlerde hasara neden olur. Oksidatif stres, kognitif fonksiyonlarda azalma veya gerileme semptomlarında artışla ilişkilendirilmiştir, Yoğun egzersizin beyinde oksidatif strese yol açabileceğini ve bunun da

temel bilgi süreçlerini ve yönetici bilişsel performansları bozabileceği unutulmamalıdır. Ayrıca uzun süreli yüksek yoğunluklu antrenmanlarda sıklıkla tükenmişlik sendromu semptomları ve yüksek düzeyde yorgunlukla sonuçlanabilir (Chang et al., 2017).

EGZERSİZİN AKUT VE KRONİK ETKİSİ

Tek bir egzersiz seansı, birden fazla beyin sistemini etkileyen bir dizi nöromodülatör değişikliğe neden olur. Bu, nörotrofik faktörlerin (örneğin BDNF: Brain-Derived Neurotrophic Factor) ve nörotransmitterlerin (örneğin asetilkolin, dopamin, GABA (Gamma-Aminobutyric Acid), glutamat) sentezinde artışı tetikler. Ancak kısa süreli egzersizin bilişsel görev performansı üzerinde çok az veya hiç etkisi olmadığını gösteren kanıtlar da bulunmaktadır (Mazic et al., 2023).

Egzersiz sırasındaki görev performansının egzersiz modalitesine, bilişsel görevin türüne ve egzersiz başlangıcına göre ne zaman tamamlandığına bağlıdır. Benzer şekilde, egzersiz sonrası performans egzersiz modalitesi ve bilişsel görevin türüne göre düzenlenmektedir. Egzersiz sonrası bilişsel performansın egzersiz yoğunluğu, süresi ve bilişsel testin egzersizi bırakmaya göre zamanına göre etkilenir. Egzersizin etkisi kognitif alana bağlıdır. Yönetici işlev, dikkat, kristalleşmiş zekâ ve bilgi işleme hızı üzerinde etkisi vardır. Akut ve orta düzey egzersizler çalışma belleği görevlerindeki doğruluğu olumsuz etkilerken, tepki sürelerini kolaylaştırır. Buna karşılık olarak, egzersiz bilişsel kontrolün doğruluğunu ve hızını artırır. Egzersiz ve kognitif sistem arasındaki ilişkiyi bütün olarak ele alabilmek için kognitif fonksiyon, katılımcı ve fiziksel aktivite özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi önemlidir (Mazic et al., 2023).

AKUT EGZERSİZİN KOGNİTİF PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Akut egzersiz, Tepki Süresini (RT) iyileştirirken, doğruluk (accuracy) üzerinde güvenilir bir etki yaratmamaktadır. Egzersizin doğruluk ve hız üzerindeki bu farklılaşan etkisini açıklamak için iki temel nöral mekanizma öne çıkmaktadır:

1. **Motor Korteks Uyarılabilirliği:** egzersiz, birincil motor korteks (M1) uyarılabilirliğini modüle eder. M1 içindeki intrakortikal kolaylaştırma ve inhibisyonu artırır. Düşük yoğunluklu bir pedal çevirme egzersizi, sadece egzersiz yapan ekstremiteleri değil, egzersiz yapmayan efektörleri kontrol eden kortikal devreleri de modüle etmektedir. Bu durum, egzersiz yapmayan kortikal alanlardaki uyarıcı/inhibitör devre değişikliklerinin daha hızlı tepki süresini destekleyebileceğini düşündürmektedir.
2. **Katekolamin Artışı:** Egzersiz; norepinefrin, epinefrin ve dopamin gibi katekolaminlerin hem periferik hem de merkezi konsantrasyonlarını artırarak biliş hızını iyileştirebilir (Mazic et al., 2023).

EGZERSİZ YOĞUNLUĞU VE ZAMANLAMANIN KOGNİTİF PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Egzersizin şiddeti önemli bir faktördür. Orta şiddette egzersiz kognitif gelişimde daha etkilidir. Ancak yorucu ve yoğun programlarda egzersiz performanslarında düşüşe sebep olabilir. Egzersiz sonrası dönemde kognitif etkiler artmaktadır ancak egzersiz sırasında etkilenmemektedir. Yani egzersizin faydalarından en üstte yararlanmak için pozitif görevler egzersiz ile eş zamanlı değil egzersiz seansının bir de şimdiden sonra yapılmalıdır (Mazic et al., 2023).

1. **Frontal Alfa Desenkronizasyonu:** HIIT (Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman) sonrası Sternberg görevinde gözlemlenen hızlanmanın (RT azalması), beynin kodlama

ve geri çağırma gibi yüksek yük gerektiren aşamalarında frontal alfa desenkronizasyonundaki artış ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir

2. **Fonksiyonel Bağlantısallık:** Nörogörüntüleme çalışmaları, egzersiz sonrasında frontal bölgelerin aktivasyon seviyelerinde ve bu bölgelerin intraparietal sulkus ile olan bağlantılarında belirgin değişiklikler olduğunu ortaya koymuştur (Mazic et al., 2023).

Tekrarlanan akut egzersiz seansları; temel nörokimyasal seviyeler, kortikal hacim ve yapısal/işlevsel bağlantısallık üzerinde kalıcı değişikliklere neden olmaktadır bunun da bilişsel performansı uzun vadede değiştirdiği bilinmektedir (Mazic et al., 2023).

Genç Yetişkinlerde Sınırlı Etki

Egzersiz gençler üzerindeki etkisinin, çocuklar veya yaşlılara kıyasla daha sınırlı olması şu şekilde açıklanabilir (Mazic et al., 2023).

Tavan Etkisi (Ceiling Effect)

Genç yetişkinlik döneminde kognitif fonksiyonlar maksimum seviyeye yakındır. Tavan değer ile sergiledikleri performans arasındaki fark, çocuk ve yaşlı bireylere göre daha azdır. Bu sebeple performansın iyileşebilmesi için çok az bir alan kalmıştır. Daha az bir efor ile maksimum kapasiteye erişebilmektedirler (Mazic et al., 2023).

Kognitif Direnç (Cognitive Resilience)

İnsan kognisyonunun fizyolojik durumlardaki hafif/orta düzey bozulmalara karşı dirençli (resilient) olmasıdır. Akut stresin yürütücü fonksiyonlar üzerinde etkisi vardır. Çalışma belleğini etkileyebilir ancak inhibisyon üzerinde herhangi bir etkisi yoktur. İnsan kognitif sistemi çeşitli stres faktörlerine karşı seçici bir uyum yeteneğine sahiptir ve bu stres gözlemlenen etkiyi küçültmektedir (Mazic et al., 2023; Shields, Brooks, Koltyn, Kim, & Cook, 2017).

EGZERSİZ KOGNİTİF FONKSİYONLARI NASIL ETKİLER?

Egzersiz, bilişsel fonksiyonların korunması ve iyileştirilmesinde çok yönlü bir biyolojik müdahale olarak öne çıkmaktadır. Bu etki, birbiriyle ilişkili çeşitli mekanizmalar üzerinden gerçekleşir. Öncelikle, egzersiz beyin plastisitesini artırarak hipokampal nörojenezi ve sinaptik yeniden yapılanmayı destekler. Bu süreçte kritik rol oynayan molekül BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor) olup, tropomyosin-related kinase B (TrkB) reseptörüne bağlanarak Phosphatidylinositide 3-kinase/ Protein kinase B (PI3K/Akt), Mitogen-activated protein kinase/ Extracellular signal-regulated protein kinase (MAPK/ERK) ve Phospholipase Cγ / Protein kinase C (PLCγ/PKC) sinyal yollarını aktive eder. Bu yollar nöronal büyüme, farklılaşma ve sinaptik plastisiteyi güçlendirirken, cAMP-response element binding protein (CREB) aracılığıyla öğrenme ve hafıza için gerekli olan uzun süreli potansiyasyonu yani Long-term potentiation (LTP) destekler. Egzersiz ayrıca sinaptik düzeyde yapısal değişiklikler oluşturarak NMDA (NMDA: *N-Methyl-D-Aspartate receptor*. Bu, glutamat için iyonotropik bir reseptördür ve özellikle öğrenme ve hafıza süreçlerinde kritik olan uzun süreli potansiyasyon mekanizmasında rol oynar.) ve AMPA (AMPA: *α-Amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionic acid receptor*. Bu da glutamat için bir iyonotropik reseptördür ve hızlı sinaptik iletimde görev alır.) reseptörlerinin membrana taşınmasını kolaylaştırır, PSD-95 ve synaptotagmin gibi plastisite proteinlerinin ekspresyonunu artırır. Bunun yanında, mitokondri fonksiyonunun korunması egzersizin bilişsel faydalarının temel bileşenlerinden biridir. PGC-1α, SIRT1 ve AMPK yollarının aktivasyonu ile mitokondri biyogenezi artar, oksidatif stres azalır ve PINK1-Parkin aracılı mitofaji ile hasarlı mitokondriler temizlenir. Egzersiz sırasında

kas dokusu endokrin bir organ gibi davranarak irisin (FNDC5 türevi), clusterin ve Gpld1 gibi myokinleri salgılar; bu moleküller kan-beyin bariyerini geçerek BDNF üretimini artırır, inflamasyonu azaltır ve sinaptik fonksiyonları korur. Enerji metabolizması düzeyinde ise egzersiz GLUT1 (**GLUT1: Özellikle kan-beyin bariyerinde (BBB)** ve beyin kapiller endotel hücrelerinde bulunur. Beyne glikoz girişini sağlar.) ve GLUT3(**GLUT3: Daha çok nöronlarda** yoğun olarak bulunur ve yüksek glikoz afinitesi sayesinde nöronların enerji ihtiyacını karşılar.) ekspresyonunu yükselterek glukoz alımını ve ATP üretimini artırır, insülin direncini azaltır ve PI3K/Akt/mTOR yollarını aktive ederek Tau (**Tau proteini: Mikrotübül ile ilişkili bir proteindir. Normalde nöronlarda mikrotübülleri stabilize eder ve hücre içi taşıma için önemlidir.**) ve A β (**Amyloid beta: Amiloid prekürsör proteinin (APP) parçalanmasıyla oluşan bir peptittir. Beyinde ekstrasellüler birikim yaparak amiloid plakları oluşturur. Bu plaklar Alzheimer hastalığının karakteristik patolojik bulgularındandır ve sinaptik fonksiyonları bozarak bilişsel gerilemeye yol açar.**) birikimini sınırlar. Son olarak, bağırsak-beyin aksı üzerinden egzersiz bağırsak mikrobiyotasını düzenler, Akkermansia muciniphila gibi yararlı bakterilerin artışıyla bağırsak bariyerini güçlendirir ve lipopolisakkarit geçişini azaltarak nöroinflamasyonu önler. Bu bütüncül mekanizmalar hem sağlıklı yaşlanmada hem de Alzheimer ve Parkinson gibi nörodejeneratif hastalıklarda bilişsel fonksiyonların korunmasına katkı sağlar (Lu et al., 2023).

Egzersiz Modaliteleri ve Kognitif Performans: Bisiklet ve Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman (HIIT)

Bisiklet egzersizi ve yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman (HIIT), dikkat ve yürütücü işlevler üzerinde olumlu etkiler göstermektedir. Bisiklet ergometresi, egzersiz-kognitif araştırmalarında en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir ve tek bir seans bile bilişsel performansa çok yönlü katkılar sağlayabilir. Yapılan çalışmalar, bisiklet egzersizinin özellikle inhibisyon kontrolünü geliştirdiğini, Stroop ve Eriksen Flanker gibi görevlerde daha iyi sonuçlar elde edildiğini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra, planlama, görev değiştirme (task-switching) ve karar verme hızında da belirgin iyileşmeler rapor edilmiştir. HIIT ise literatürde daha yeni incelenen bir modalite olup hem davranışsal hem de nörofizyolojik düzeyde bilişsel performansı artırdığına dair güçlü kanıtlar sunmaktadır. Alves ve çalışma arkadaşları, %80 kalp atış hızı rezervinde gerçekleştirilen on adet birer dakikalık HIIT seansının ardından Stroop görevinde tepki sürelerinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı şekilde azaldığını bildirmiştir. Bu gelişmeler, yalnızca davranışsal düzeyde değil, aynı zamanda beyin aktivitesindeki değişiklikler ve biyokimyasal faktörlerle de ilişkilidir. Özellikle BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor) ve laktat düzeylerindeki artış, HIIT sonrası gözlenen bilişsel kazanımları destekleyen önemli mekanizmalar olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, HIIT temelli takım sporlarının da bilişsel görev performansını olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir (Mazic et al., 2023).

Farklı Spor Branşları ve Bilişsel Fonksiyonlar

Aerobik egzersizle birlikte fiziksel aktivite düzeyi arttıkça bilişsel performansta da paralel bir gelişim gözlenmektedir. Spor dalları, farklı düzeylerde fiziksel efor gerektirir. Örneğin, futbol veya tenis yüksek dinamik ancak düşük statik aktivite içerirken; halter veya jimnastik daha çok statik, düşük dinamik özellikler taşır. Bilişsel işlevler arasında **çalışma belleği, dikkat, problem çözme** ve **karar verme** spor performansı açısından kritik öneme sahiptir. Çalışma belleği, bilgilerin kısa süreli olarak depolanmasını ve düzenlenmesini sağlayarak sporcuların çevresel uyarıları işleyip davranışlarını yönlendirmelerine olanak tanır. Spor performansı yalnızca fiziksel kapasiteye değil, aynı zamanda bu karmaşık bilişsel süreçlere dayanır. Özellikle değişken ve baskı altında gerçekleşen ortamlarda üst düzey bilişsel beceriler optimal performans için belirleyicidir (Delgado et al., 2023).

Karar Verme

Karar verme, mevcut bilgilerin olası sonuçlar açısından değerlendirilerek en uygun eylemin seçilmesini içeren üst düzey bilişsel bir süreçtir. Sporcuların baskı altında doğru kararlar alabilmesi bu beceriye bağlıdır. Karar verme süreci, frontoparietal bilişsel kontrol ağı ve temporal korteksin dahil olduğu bir sistem tarafından yürütülür. Bu ağ, hızlı bilgi entegrasyonu ve risk değerlendirmesi için kritik rol oynar (Delgado et al., 2023).

Çalışma Belleği ve Beyin Aktivasyonu

Çalışma belleği, bilgiyi kısa süreli tutma ve işleme kapasitesi olarak tanımlanır. Nörogörüntüleme araştırmaları, bu görevlerin duyuşsal ve prefrontal bölgelerde yaygın aktivasyon oluşturduğunu göstermektedir. Güncel bulgular, aktivasyonun görev zorluklarına ve bağlamsal faktörlere göre değiştiğini ortaya koyar. Çalışma belleği, hızlı bilgi güncellemesi ve stratejik karar alma süreçlerinde kilit rol oynar (Delgado et al., 2023).

Problem Çözme

Problem çözme, sporcuların değişen koşullara uygun strateji ve eylemler geliştirmesini ifade eder. Bu süreç frontal ve parietal bölgelerle birlikte oksipital korteksin dahil olduğu bir ağ tarafından desteklenir. Planlama ve uygulama aşamalarında nöral aktivite farklılık gösterir. Spor bağlamında problem çözme, oyun stratejilerinin dinamik olarak değiştirilmesi ve beklenmedik durumlara adaptasyon için hayati öneme sahiptir (Delgado et al., 2023).

Dikkat

Dikkat, özellikle sürdürülen dikkat, sporcuların alakasız uyaranları bastırarak ilgili uyaranlara odaklanmasını sağlar. Bu süreç, prefrontal ve parietal bölgelerdeki aktivasyonla ilişkilidir. Ayrıca bilateral pre-tamamlayıcı motor alan, anterior insula, talamus ve diğer subkortikal yapılar da dikkatin sürdürülmesinde görev alır. Sporcular için dikkat, hızlı oyun dinamiklerinde ve baskı altında performansın korunmasında kritik bir beceridir (Delgado et al., 2023).

FARKLI BRANŞLAR VE KOGNİTİF ETKİLENİM

1. Dikkat Çalışmaları

Sporcular, branş fark etmeksizin dikkat gerektiren görevlerde kontrol gruplarına kıyasla genellikle daha kısa tepki süreleri ve çoğu durumda benzer veya daha yüksek doğruluk oranları göstermektedir. Bu performans farklılıklarını daha iyi anlamak için spor türleri üç alt grupta incelenmektedir:

1. **Boks ve dövüş sanatları** (yüksek statik bileşene sahip bireysel sporlar),
2. **Eskrim ve raket sporları** (daha düşük statik bileşene sahip bireysel sporlar),
3. **Takım sporları**

Boks ve Dövüş Sanatları

Bu sporlar, tepki süresinin kritik öneme sahip olduğu branşlar olarak öne çıkar. Hızın doğruluktan daha önemli olduğu bu spor dallarında, yüksek statik ve dinamik bileşenler dikkat çekmektedir. EEG bulguları, bu sporcuların P1 bileşeninde artış göstererek uyaran algısında avantaj sağladığını, ancak ileri düzey bilişsel süreçlerde sınırlı üstünlük sergilediğini ortaya koymaktadır. Tepki süreleri eskrimciler ve tırmanıcılardan daha hızlıdır; ancak bu hız, doğruluk oranında bir miktar düşüşle elde edilmektedir. Bu durum, boksun doğasında hız ve güç üretiminin öncelikli olmasından kaynaklanmaktadır (Delgado, Passos, Tavares, & Ferreira, 2023).

Eskrim ve Raket Sporları

Eskrim ve raket sporları hem hızlı tepki süreleri hem de yüksek doğruluk oranlarıyla dikkat çekmektedir. EEG verileri, bu sporcuların P2, N2 ve P3 bileşenlerinde daha yüksek genlikler sergileyerek uyaran kategorizasyonu, değerlendirme ve ilgisiz uyaranların engellenmesi gibi

üst düzey bilişsel süreçlerde avantaj sağladığını göstermektedir. Statik bileşenlerin düşük, dinamik bileşenlerin yüksek olması, kognitif performansta belirgin farklılıklar yaratmaktadır. Bu sporcular hız avantajını doğruluk kaybı olmadan, hatta çoğu zaman daha yüksek doğruluk oranlarıyla birlikte elde etmektedir. Bu durum, hız ve hassasiyetin dengelendiği kontrollü motor stratejilerin geliştiğini göstermektedir. Ayrıca raket sporcularının atletizm sporcularına kıyasla daha hızlı tepki süreleri sergilediği ve benzer doğruluk düzeylerini koruduğu bilinmektedir (Delgado et al., 2023).

Takım Sporları

Takım sporları, içerdiği aktivitelerin çeşitliliği nedeniyle yoğunluk açısından sınıflandırılması zor bir gruptur. Bu sporların ortak özelliği, bireysel becerilerin yanı sıra takım dinamiklerine bağımlı olmalarıdır. Örneğin, voleybol sporcularında daha hızlı tepki süreleri gözlenirken, beyzbol oyuncularında hem daha yüksek doğruluk hem de daha hızlı tepki süreleri rapor edilmiştir. Futbol gibi bazı branşlarda ise bilişsel avantajlar daha sınırlı görünmektedir (Delgado et al., 2023).

2. Karar Verme Çalışmaları

Karar verme görevlerinde sporcuların performansı, sporun doğasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Atletik gruplar, haltercilerle kıyasla daha yüksek doğruluk ve öğrenme oranı sergilemektedir. Bu durum, sporcuların erken aşamada daha avantajlı seçimler yapabildiğini düşündürmektedir. Halterciler ise daha düşük öğrenme oranı göstererek faydalı seçimleri daha geç gerçekleştirebilmektedir. Jimnastikçiler karar verme görevlerinde yüksek doğruluk oranlarıyla öne çıkarken, tenis oyuncuları genel karar verme görevlerinde skor, isabet oranı ve tepki süresi açısından diğer sporcularla benzer performans sergilemektedir. Genel olarak sporcular, özellikle spora özgü görevlerde daha iyi performans göstermekte; bu da sporun yalnızca genel bilişsel süreçleri değil, aynı zamanda sporun kendine özgü kognitif gereksinimlerini karşılamaya yönelik adaptif mekanizmaları geliştirdiğini göstermektedir (Delgado et al., 2023).

Sporcular ile Sporcu Olmayanlar Arasındaki Farklar

Karar verme görevlerinde sporcuların performansı, görev uygunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Spora özgü görevlerde sporcular belirgin üstünlük sergilerken, genel görevlerde fark daha sınırlıdır. Çalışma belleği görevlerinde sporcular genellikle daha iyi veya benzer performans göstermekte; EEG bulguları ise sporcuların daha yüksek görsel-uzamsal işleme kapasitesine ve verimli nöral bağlantılara sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Dikkat görevlerinde sporcular sürekli olarak daha hızlı tepki süreleri ve çoğu durumda benzer veya daha yüksek doğruluk oranları sergilemektedir. Bu durum, sporcuların doğru bilgi algısı, eylem olasılıklarını etkili şekilde kategorize etme ve ilgisiz bilgileri filtreleme becerilerinin gelişmiş olduğunu göstermektedir. Problem çözme görevlerinde ise sporcuların değişen kurallara uyum sağlama konusunda üstünlük sergilediği, ancak bu avantajın spor türleri arasında farklılık gösterdiği belirtilmektedir (Delgado et al., 2023).

Kognitif Antrenmanlar

Kognitif antrenmanlar, zihinsel süreçlerin kapasitesini artırmaya yönelik tekniklerdir. Bu teknikler, dikkat, hafıza, problem çözme, dil ve mantık gibi bilişsel yetenekleri geliştirmeyi amaçlar. Makalede bu yöntemler **geleneksel** ve **geleneksel olmayan** olarak sınıflandırılmıştır (Singh & Narang, 2014).

1. Geleneksel Teknikler

Konvansiyonel yöntemler eğitim, zenginleştirilmiş çevre ve mental antrenmanları kapsar.

1.1 Eğitim

Eğitim, zihinsel yazılım olarak tanımlanır ve bilişsel yükü azaltır. Matematik, dil, problem çözme gibi alanlarda öğrenilen stratejiler zihinsel süreçleri hızlandırır. Örneğin, abaküs eğitimi matematiksel işlem hızını artırır. Çocuklar bu yöntemi öğrendiklerinde, hesaplamaları elektronik hesap makinelerinden daha hızlı yapabilirler (Singh & Narang, 2014). Ayrıca Vedic matematik gibi kısa yol teknikleri, sayı manipülasyonunda hız ve doğruluk sağlar. Matematiksel işlem hızında artış, görsel-uzamsal hafıza gelişimini etkiler

1.2 Zenginleştirilmiş Çevre

Yeni bir dil öğrenmek, müzik aleti çalmak veya seyahat etmek gibi aktiviteler beyin sosyal ve fiziksel uyarımını artırır. Hayvan deneylerinde zenginleştirilmiş çevrenin nöroplastisiteyi artırdığı ve stres direncini geliştirdiği gösterilmiştir. Örneğin, oyuncaklar ve merdivenlerle zenginleştirilmiş kafeslerde yetiştirilen farelerde nörotransmitter aktivitesi artmıştır (Singh & Narang, 2014). Bilişsel yeteneklerin ölçümünde kullanılan bir standart skor olarak kullanılan IQ (Intelligence Quotient) artışı, stres toleransı ve öğrenme kapasitesinde iyileşme sağlar.

1.3 Mental Antrenman

Mental antrenman, beynin “kas” gibi çalıştırılmasıdır. Çeşitli yöntemler şunlardır:

- **Bellek teknikleri:** “Loci yöntemi” ile mekânsal imgeleme kullanılarak bilgi hatırlama kolaylaşır. Bu yöntem, mekânsal navigasyon sistemini kullanarak bilgiyi organize eder (Singh & Narang, 2014).
- **Yoga:** Alternatif burun nefesi (Nadi Shodhan Pranayama) stres azaltır ve bilişsel fonksiyonları destekler.
- **Video oyunları:** Hızlı tempolu oyunlar dikkat ve görsel algıyı geliştirir; birinci şahıs nişancı oyunları çalışma belleğini artırır (Singh & Narang, 2014). Bellek, dikkat, reaksiyon süresi ve problem çözme becerilerinde gelişme sağlanır
- **Meditasyon:** Mindfulness meditasyonu kısa süreli hafızayı ve dikkati artırır, reaksiyon süresini azaltır. Ayrıca stres ve anksiyeteyi azaltır.

2. Geleneksel Olmayan Teknikler

Bu grup ilaçlar, gen terapisi ve nöroimplantları içerir.

2.1 İlaçlar

Nootropikler (ör. Ritalin, Adderall) kısa süreli dikkat ve hafıza artışı sağlar. Ayrıca kafein ve nikotin uyanıklığı ve bilişsel performansı artırır. Kafein yorgunluğu azaltırken, nikotin dikkat ve hafıza üzerinde karmaşık etkileşimler gösterir (Singh & Narang, 2014).

Konsantrasyon, dikkat ve reaksiyon hızında geçici iyileşme sağlanır.

2.2 Gen Terapisi

NR2B gen modifikasyonu ile farelerde öğrenme ve hafıza performansı artırılmıştır. Bu genetik değişiklik, sinaptik plastisiteyi artırarak öğrenme sürecini hızlandırır (Singh & Narang, 2014). Uzun süreli hafıza ve öğrenme kapasitesinde artış sağlanır. Sonuç olarak kognitif antrenmanlar her 2 yöntemle de uygulanabilir geleneksel yöntemler daha uzun vadeli etkiler sağlar.

KAYNAKÇA:

- Chang, E. C.-H., Chu, C.-H., Karageorghis, C., Wang, C.-C., Tsai, J. H.-C., Wang, Y.-S., & Chang, Y.-K. (2017). Relationship between mode of sport training and general cognitive performance. *Journal of Sport and Health Science*, 6(1), 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.07.007>
- Contemori, G., Saccani, M. S., & Bonato, M. (2024). Cognitive-Cognitive Dual-task in aging: A cross-sectional online study. *PLOS ONE*, 19(6), e0302152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302152>
- Delgado, P., Passos, P., Tavares, F., & Ferreira, H. A. (2023). Electroencephalographic and cognitive task analysis of working memory and attention in athletes: A systematic review. *Psychology of Sport & Exercise*, 65, 102309. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2023.102309>
- İnanlı, A. (2019). *Bedensel engelli sporcularda kognitif fonksiyonlar ve görsel algılamının reaksiyon zamanı ile ilişkisinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü). Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=kKV4Kg-Fja3yK2jjQgzCFw&no=H60nDXC0bmtDLs--DZ5gkw>
- Kalyuga, S. (2023). Evolutionary perspective on human cognitive architecture in cognitive load theory: A dynamic, emerging principle approach. *Educational Psychology Review*, 35, 91. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09812-7>
- Kalyuga, S. (2025). Human cognitive architecture as an intelligent natural information processing system. *Behavioral Sciences*, 15(3), 332. <https://doi.org/10.3390/bs15030332>
- Lu, Y., Bu, F.-Q., Wang, F., Zhang, L., Wang, G., & Hu, X.-Y. (2023). Recent advances on the molecular mechanisms of exercise induced improvements of cognitive dysfunction. *Translational Neurodegeneration*, 12(9), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s40035-023-00341-5>
- Manca, V. (2024). On the functional nature of cognitive systems. *Information*, 15(12), 807. <https://doi.org/10.3390/info15120807>
- Mazic, E., Herold, F., Ozbeyaz, F., Demir Basi, M., Bozkurt, C., Gencoglu, U., Göbel, A., Guldalci, Ç., Günay, E., Bejleri, O., Pontifex, M. B., & Müller, N. G. (2023). Determining cognitive performance in athletes: A systematic review focused on methodology of applying cognitive tests. *Journal of Sports Sciences*, 41(5), 523–532. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2185827>
- Sakai, K., Hosoi, Y., & Tanabe, J. (2024). Intervention and assessment of executive dysfunction in patients with stroke: A scoping review. *PLOS ONE*, 19(2), e0298000. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298000>

- Yongtawee, A., Park, J., Kim, Y., & Woo, M. (2021). Athletes have different dominant cognitive functions depending on type of sport. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 20(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/1612197x.2021.1956570>
- Shields, M. R., Brooks, M. A., Koltyn, K. F., Kim, J.-S., & Cook, D. B. (2017). Cognitive resilience and psychological responses across a collegiate rowing season. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(11), 2276–2285. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001363>
- Singh, M., & Narang, M. (2014). Cognitive enhancement techniques. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*, 7(2), 49–61. ISSN: 0973-4414.

BÖLÜM 4

METABOLİK SENDROM VE FİZİKSEL AKTİVİTE

Gizem MERMERKAYA¹, Emine TUNÇ SÜYGÜN²

¹ Öğr. Gör. Dr. Bartın Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu 0000-0003-1893-4867

² Öğr. Gör. Dr. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu 0000-0002-6932-7541

1. Giriş

Metabolik sendrom; abdominal obezite, insülin direnci, bozulmuş glukoz metabolizması, dislipidemi ve hipertansiyon gibi bir dizi kardiyometabolik bozukluğun bir arada görüldüğü, kardiyovasküler hastalıklar ve tip 2 diyabet gelişme riskini belirgin biçimde artıran kompleks bir klinik tablodur. Bileşenlerin her biri tek başına önemli bir risk faktörü olmakla birlikte, birlikte bulunmaları durumunda ortaya çıkan toplam risk, tek tek etkilerinin basit toplamından daha yüksektir. Yaşam biçimindeki değişiklikler, yüksek kalorili beslenme, sedanter yaşam tarzı ve fiziksel aktivite düzeylerindeki azalma, metabolik sendromun görülme sıklığının giderek artmasına zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle metabolik sendrom, günümüzde yalnızca bir metabolik bozukluk değil, aynı zamanda önemli bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir.

Fiziksel aktivite, metabolik sendromun hem ortaya çıkmasında hem de yönetiminde merkezi bir rol oynamaktadır. Düzenli fiziksel aktivite ve egzersiz, vücut kompozisyonunun iyileştirilmesi, insülin duyarlılığının artırılması, kan basıncının düzenlenmesi, lipid profilinin olumlu yönde değiştirilmesi ve düşük düzeyli sistemik inflamasyonun azaltılması yoluyla metabolik sendrom bileşenlerinin birçoğunu doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, fiziksel aktivitenin yalnızca kilo kontrolü aracı değil, metabolik sendromu önleyici ve tedavi edici bir “temel yaşam tarzı müdahalesi” olduğu vurgulanmalıdır.

Bu bölümde metabolik sendromun temel özellikleri ve klinik önemine kısaca değinilecek, ardından fiziksel aktivite ile metabolik sendrom arasındaki ilişki özetlenecektir. Böylece metabolik sendromun önlenmesi ve yönetiminde fiziksel aktivitenin rolü yalın ve anlaşılır bir biçimde ortaya konacaktır.

2. Metabolik Sendrom Tanımı

Metabolik sendrom, Uluslararası Diyabet Federasyonu’nun (IDF) tanımına göre, beş kardiyometabolik risk faktöründen en az üçünün bir arada bulunmasıyla karakterize edilen bir klinik tablodur (Alberti et al., 2009).

Metabolik sendrom risk faktörleri (Saklayen, 2018);

a) Artmış bel çevresi (abdominal obezite):

- Erkeklerde 102 cm’nin, kadınlarda 88 cm’nin üzerinde bel çevresi

b) Hipertrigliseridemi:

- Serum trigliserid düzeyinin ≥ 150 mg/dL olması veya bu bozukluk için tedavi alıyor olmak

c) Düşük HDL kolesterol:

- Erkeklerde < 40 mg/dL, kadınlarda < 50 mg/dL HDL kolesterol düzeyi veya HDL’yi artırmaya yönelik tedavi kullanımı.

d) Bozulmuş açlık glukozu / diyabet:

- Açlık plazma glukozunun ≥ 100 mg/dL olması veya daha önce tanı konmuş tip 2 diyabet varlığı.

e) Arteriyel hipertansiyon:

- Sistolik kan basıncının ≥ 130 mmHg ve/veya diyastolik kan basıncının ≥ 85 mmHg olması ya da antihipertansif tedavi kullanımı.

Belirtilen bu ana bileşenlerin yanı sıra, metabolik sendromlu bireylerde sıklıkla pro-inflamatuar durum ve protrombotik eğilim gözlemlenir (Silveira Rossi et al., 2022). C-reaktif protein (CRP) gibi inflamasyon belirteçleri çoğunlukla yüksek seyreder. Her ne kadar inflamasyon ve pıhtılaşma faktörleri metabolik sendrom tanı kriterleri arasında yer almasa da, abdominal obezite ve insülin direncinin bu düşük dereceli kronik inflammatuar durumu tetiklediği bilinmektedir (Silveira Rossi et al., 2022). Bu sistemik inflamasyon da uzun vadede miyokard enfarktüsü, serebrovasküler olaylar, periferik arter hastalığı ve tip 2 diabetes mellitus gibi kardiyovasküler hastalık riskinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Saklayen, 2018). Metabolik sendromun, kardiyometabolik hastalıkların yanı sıra bazı kanser türleri ve erken mortalite ile de pozitif ilişkili olduğunu gösteren güçlü kanıtlar bulunmaktadır (Mazloomzadeh, Zarandi, Shoghli, & Dinmohammadi, 2019). Bu nedenle, Metabolik Sendrom'un daha etkili biçimde önlenmesi ve uygun şekilde tedavi edilmesi yoluyla özellikle kardiyometabolik hastalık riskinin azaltılması, günümüzde halk sağlığı açısından acil bir öncelik olarak değerlendirilmektedir.

3. Metabolik Sendrom Epidemiyolojisi

Son yıllarda Metabolik Sendrom tanısı alan kişi sayısının, özellikle gelişmiş ülkelerde belirgin biçimde arttığı bildirilmektedir. Kökene ve toplumsal özelliklere bağlı olarak prevalansın bazı popülasyonlarda %30'un üzerine çıkabildiği tahmin edilmektedir (Noubiap et al., 2022). Metabolik Sendrom prevalansı; yaş, cinsiyet, ırk, etnik köken ve kullanılan tanı kriterlerine göre değişkenlik gösterirken, ABD nüfusunun beşte biri ile Avrupa nüfusunun yaklaşık dörtte birini ve daha fazlasını etkileyebildiği ifade edilmektedir (Rochlani, Pothineni, Kovelamudi, & Mehta, 2017; Saklayen, 2018). Metabolik sendrom yaygınlığındaki artış, hızlı ekonomik büyüme ve küreselleşmeyle birlikte yaşam tarzlarının değişmesine bağlanmakta; sağlıksız beslenme ve yetersiz fiziksel aktivite dünya genelinde giderek daha yaygın görülmektedir (Noubiap et al., 2022).

Metabolik Sendrom yalnızca erişkinlerde değil, çocuk ve adolesanlarda da giderek daha sık görülmektedir. Pediatrik örneklemeleri içeren 85 çalışmanın sistematik incelemesinde, farklı popülasyonlarda Metabolik Sendrom'un ortalama yaygınlığı %3,3 olarak bildirilmiştir (Friend, Craig, & Turner, 2013). Bu yaş grubunda Metabolik Sendrom gelişiminde özellikle obezite ve dislipidemi öne çıkar; obez Metabolik Sendrom'lu çocuklarda insülin direnci, olumsuz beslenme alışkanlıkları ve düşük fiziksel performans sık eşlik edebilir. Riskte genetik ve doğum ağırlığı gibi bireysel etkenler rol oynasa da, en güçlü belirleyiciler artan ekran süresi, yetersiz fiziksel aktivite, uzun oturma ve yüksek şeker, yağ içeren fast food, şekerli içecek ağırlıklı beslenmedir (Ishaque, 2021).

Metabolik Sendrom prevalansı yaşla birlikte artma eğilimindedir ve cinsiyetler arasında farklılıklar rapor edilmiştir (Lind, Sundström, Ärnlov, Risérus, & Lampa, 2021). Özellikle genç yaşta Metabolik Sendrom varlığı, kardiyovasküler hastalık riskinde belirgin artışla ilişkilendirilmiştir (Huang et al., 2022). Ülkeler arası karşılaştırmalarda ise Metabolik Sendrom sıklığının değişken olması beklenen bir durumdur; çünkü bir ülkedeki obezite ve abdominal obezite oranları başta olmak üzere yaşam tarzı faktörleri önemli ölçüde belirleyicidir. Buna karşın genetik faktörlerin de Metabolik Sendrom görülme sıklığı üzerinde kayda değer bir rol oynadığı vurgulanmaktadır.

Türkiye verileri de Metabolik Sendrom yükünün dikkate değer boyutlarda olduğunu göstermektedir. Türkiye'de TURDEP-II verileri obezite prevalansını % 31,2 olarak rapor etmiştir. Türkiye istatistik kurumunun 2022 verilerine göre ise kadınların % 23,6'sı, erkeklerin ise % 16,8'inin obez olduğu saptanmıştır (TÜİK, 2022). Türk Erişkinlerde Kalp Hastalığı ve Risk Faktörleri Çalışması verilerine göre 40 yaş üzeri popülasyonda Metabolik sendrom oranlarının erkeklerde % 49,8 ve kadınlarda % 54,5 düzeylerinde olduğu; bu oranlar temelinde 40 yaş üzerinde yaklaşık 12,75 milyon kişide metabolik sendrom bulunabileceği tahmin edilmektedir (Onat et al., 2017).

4. Metabolik Sendrom ve Fiziksel Aktivite

4.1. Metabolik Sendromda Fiziksel Aktivitenin Etkisi

Metabolik Sendrom'un giderek daha sık görülmesi, yaşam tarzı etmenlerinin belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Fiziksel aktivite, iskelet kaslarının kasılmasıyla enerji harcamasını artıran; günlük yaşam (ev içi işler), ulaşım (yürüme/bisiklet), iş/okul ve serbest zaman etkinliklerini kapsayan geniş bir şemsiye kavram olarak ele alınmaktadır (Caspersen, Powell, & Christenson, 1985). Egzersiz ise fiziksel aktivitenin planlı, yapılandırılmış, tekrarlanan ve bir hedefe (örn. kardiyorespiratuar uygunluk, kas kuvveti, kilo yönetimi) yönelik yürütülen alt parametresidir (Caspersen et al., 1985). Bu çerçevede özellikle fiziksel aktivite yetersizliği ve obezite, Metabolik Sendrom gelişimine katkıda bulunan temel modifiye edilebilir risk faktörleri arasında değerlendirilmektedir (Chomiuk, Niezgoda, Mamcarz, & Śliż, 2024). Düzenli, orta yoğunluktaki fiziksel aktivite insülin duyarlılığını, lipid profili, kan basıncını ve vücut kompozisyonunu iyileştirir (Golbidi, Mesdaghinia, & Laher, 2012). Bu nedenle hareketsizlik, Metabolik Sendrom için güçlü bir risk faktörüdür. Bankoski ve arkadaşları oturarak geçirilen zamanın Metabolik Sendrom ile doğrudan ilişkili olduğunu; Metabolik Sendrom'lu bireylerin sağlıklı bireylere göre daha fazla süre oturduğunu göstermiştir (Bankoski et al., 2011).

Fiziksel aktivite tüm Metabolik Sendrom bileşenlerini olumlu yönde etkiler; örneğin yağ oksidasyonunu artırarak vücut yağ kütlelerini azaltır; bu da visseral yağ dokusundan salgılanan pro-inflamatuar adipokinlerin azalmasını sağlar (Allen, Sun, & Woods, 2015). Kilo verme sürecinde egzersiz diyetle kıyaslandığında daha az kas kaybı ile sonuçlanır ve artan kas kütlesi glikoz alımını yükselterek insülin duyarlılığını artırır (Keshel & Coker, 2015). Ayrıca Metabolik Sendrom da sık görülen dislipidemi egzersizle iyileşebilir. Aerobik egzersiz kasların yağ kullanımını artırarak plazma trigliserid ve LDL kolesterol düzeylerini düşürür, HDL kolesterol düzeyini ise yükseltir (Crichton & Alkerwi, 2015).

Fiziksel aktivitenin kan basıncını düşürücü etkisi iyi tanımlanmıştır (Shariful Islam et al., 2023). Özellikle aerobik egzersizle, hipertansiyonu olan bireylerde sistolik kan basıncı ve diyastolik kan basıncında istatistiksel olarak anlamlı azalmalarla ilişkilidir (Shariful Islam et al., 2023). Örneğin düzenli aerobik egzersiz, oto-nörofonksiyon ve endotelial fonksiyon üzerinde olumlu etki yaparak hipertansiflerde sistolik kan basıncını 8–12 mmHg, diyastolik kan basıncını 5–6 mmHg kadar düşürebilmektedir (de Barcelos et al., 2022).

Fiziksel aktivitenin antiinflamatuar etkileri de Metabolik Sendrom da faydalıdır. Fiziksel aktivite visseral yağ kütlelerini azaltarak IL-6, TNF- α gibi pro-inflamatuar sitokinlerin salınımını azaltır, aynı zamanda kas kaynaklı antiinflamatuar miyokinlerin de (örneğin IL-10 gibi) üretimini artırır (Monda et al., 2020). Bu sayede fiziksel aktivite, kronik inflamasyonun azalmasına ve insülin sinyal yollarının iyileşmesine katkıda bulunur. Örneğin Galvan ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, aerobik egzersiz toplam kolesterolü ortalama 23,7 mg/dL ve açlık kan şekerini 0,66 mg/dL düşürürken; kombine aerobik + direnç programlarında HDL-kolesterolde de anlamlı artış gözlemlenmiştir (Galván et al., 2025). Bu sonuçlar, fiziksel aktivitenin Metabolik Sendrom'un tüm bileşenlerini düzeltmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

4.2. Metabolik Sendromda Fiziksel Aktivite Önerileri

Metabolik sendromlu bireyler için fiziksel aktivite önerileri, genel sağlıklı bireyler için geçerli önerilerle benzemekle birlikte, genellikle bireye özel ayarlamalar içerebilir. Dünya Sağlık Örgütü, erişkinler için haftada en az 150 dakika orta yoğunlukta aerobik egzersiz veya 75 dakika yüksek yoğunlukta egzersiz yapılmasını önermektedir; ek sağlık faydası için bu süre 300 dakikaya kadar çıkarılabilir (Organization, 2020). Ayrıca büyük kas gruplarını içeren direnç antrenmanlarının da haftada en az iki gün yapılması tavsiye edilir (Organization, 2020). Bu kapsamda, Metabolik Send-

romlu bireyler için hafif–orta şiddette günlük aerobik aktiviteler (hızlı yürüme, bisiklet, yüzme vb.) haftalık toplam 150–300 dakika hedeflenmelidir (Chomiuk et al., 2024). Aynı zamanda haftada iki veya daha fazla gün dirençli egzersiz eğitimi (serbest ağırlık, direnç bantları veya vücut ağırlığı egzersizleri) yapılarak kas kütlesinin korunması ve insülin duyarlılığının artırılması sağlanmalıdır (Chomiuk et al., 2024). Yapılan çalışmalar, aerobik ve dirençli egzersiz eğitimlerinin birlikte uygulanmasının tek başına herhangi bir tür egzersize göre Metabolik Sendrom parametrelerini daha fazla iyileştirdiğini göstermektedir (Galván et al., 2025; Liang, Pan, Zhong, Zeng, & Cheng, 2021).

Fiziksel aktivitenin şiddeti açısından, çoğu metabolik sendromlu birey için orta yoğunluk genellikle yeterlidir. Yüksek yoğunluklu fiziksel aktivite metabolik açıdan ek yararlar sağlayabilse de, bu düzeye hazır olmayan bireylerde kas-iskelet sistemi zorlanmaları ve sakatlanma riski artabilir (Chomiuk et al., 2024). Fiziksel aktivitenin sağlık üzerindeki yararları, ağırlık kaybı olmadan da görülebileceği için özellikle sedanter bireylerin kk adımlarla bile aktif hale geçmesi önemlidir (Wu et al., 2022). Sedanter geçirilen sürenin azaltılması için; uzun süreli oturma süresi kısıtlanmalı ve gün boyunca hareketi artıracak fırsatlar değerlendirilmelidir. Örneğin iş veya okul yolculuğunda kısa yürüyüşler, asansör yerine merdiven kullanımı gibi fiziksel aktivite stratejileri Metabolik Sendrom oluşumunu azaltmada etkilidir (Chomiuk et al., 2024).

5. Sonuç

Güncel kanıtlar, fiziksel aktivitenin artırılmasının metabolik sendromun önlenmesi ve yönetiminde temel, güvenli ve maliyet-etkin bir yaşam tarzı yaklaşımı olduğunu göstermektedir. Düzenli fiziksel aktivite; abdominal obezite, glukoz metabolizması, kan basıncı ve lipid profili gibi temel bileşenler üzerinde çok yönlü iyileşmeler sağlayarak kardiyometabolik riskin azaltılmasına katkıda bulunur. Bu nedenle metabolik sendromla mücadelede, yalnızca klinik ortamda bireysel danışmanlıkla sınırlı kalmayan; sedanter davranışın azaltılması, günlük hareketliliğin artırılması ve yapılandırılmış egzersiz programlarına erişimin desteklenmesi gibi toplum temelli stratejiler önceliklendirilmelidir.

Özellikle niversite öğrencileri gibi sedanter yaşam biçimine eğilimli gruplarda fiziksel aktivite okuryazarlığının güçlendirilmesi ve sürdürülebilir davranış değişikliğini destekleyen çevresel-davranışsal düzenlemelerin uygulanması, metabolik sendrom ve ilişkili kronik hastalıkların gelecek-teki yükünü azaltma potansiyeli taşır. Sonuç olarak, metabolik sendromun kontrolünde fiziksel aktivite; bireyselleştirilmış, kademeli olarak artırılan ve uzun dönem sürdürülmesi hedeflenen bir yaklaşım olarak, koruyucu sağlık politikaları ve klinik izlem süreçleriyle bütünleşik biçimde ele alınmalıdır.

Kaynaklar

- Alberti, K. G., Eckel, R. H., Grundy, S. M., Zimmet, P. Z., Cleeman, J. I., Donato, K. A., . . . Smith Jr, S. C. (2009). Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; national heart, lung, and blood institute; American heart association; world heart federation; international atherosclerosis society; and international association for the study of obesity. *Circulation*, 120(16), 1640-1645.
- Allen, J., Sun, Y., & Woods, J. A. (2015). Exercise and the regulation of inflammatory responses. *Progress in molecular biology and translational science*, 135, 337-354.
- Bankoski, A., Harris, T. B., McClain, J. J., Brychta, R. J., Caserotti, P., Chen, K. Y., . . . Koster, A. (2011). Sedentary activity associated with metabolic syndrome independent of physical activity. *Diabetes care*, 34(2), 497-503.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126.
- Chomiuk, T., Niezgoda, N., Mamcarz, A., & Śliż, D. (2024). Physical activity in metabolic syndrome. *Frontiers in Physiology*, 15, 1365761.
- Crichton, G. E., & Alkerwi, A. a. (2015). Physical activity, sedentary behavior time and lipid levels in the Observation of Cardiovascular Risk Factors in Luxembourg study. *Lipids in health and disease*, 14(1), 87.
- de Barcelos, G. T., Heberle, I., Coneglian, J. C., Vieira, B. A., Delevatti, R. S., & Gerage, A. M. (2022). Effects of aerobic training progression on blood pressure in individuals with hypertension: a systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Frontiers in sports and active living*, 4, 719063.
- Friend, A., Craig, L., & Turner, S. (2013). The prevalence of metabolic syndrome in children: a systematic review of the literature. *Metabolic syndrome and related disorders*, 11(2), 71-80.
- Galván, B., Enriquez del Castillo, L. A., Flores, L. A., Quintana-Mendias, E., Torres-Rojo, F. I., Villegas-Balderrama, C. V., & Cervantes-Hernández, N. (2025). Effectiveness of Physical Exercise on Indicators of Metabolic Syndrome in Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis of Clinical Trials. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(3), 244.
- Golbidi, S., Mesdaghinia, A., & Laher, I. (2012). Exercise in the metabolic syndrome. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2012(1), 349710.
- Huang, Z., Wang, X., Ding, X., Cai, Z., Li, W., Chen, Z., . . . Chen, G. (2022). Association of age of metabolic syndrome onset with cardiovascular diseases: the kailuan study. *Frontiers in endocrinology*, 13, 857985.
- Ishaque, A. (2021). Metabolic syndrome in Children: An emerging Epidemic. *JPMMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 71(2 (A)), 396-396.
- Keshel, T. E., & Coker, R. H. (2015). Exercise training and insulin resistance: a current review. *Journal of obesity & weight loss therapy*, 5(0 5), S5-003.
- Liang, M., Pan, Y., Zhong, T., Zeng, Y., & Cheng, A. S. (2021). Effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic syndrome parameters and cardiovascular risk factors: a systematic review and network meta-analysis. *Reviews in cardiovascular medicine*, 22(4), 1523-1533.
- Lind, L., Sundström, J., Ärnlov, J., Risérus, U., & Lampa, E. (2021). A longitudinal study over 40 years to study the metabolic syndrome as a risk factor for cardiovascular diseases. *Scientific reports*, 11(1), 2978.
- Mazloomzadeh, S., Zarandi, F. K., Shoghli, A., & Dinmohammadi, H. (2019). Metabolic syndrome, its components and mortality: A population-based study. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*, 33, 11.

- Monda, V., Sessa, F., Ruberto, M., Carotenuto, M., Marsala, G., Monda, M., . . . Messina, G. (2020). Aerobic exercise and metabolic syndrome: the role of sympathetic activity and the redox system. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 2433-2442.
- Noubiap, J. J., Nansseu, J. R., Lontchi-Yimagou, E., Nkeck, J. R., Nyaga, U. F., Ngouo, A. T., . . . Ndoadoumgue, A. L. (2022). Geographic distribution of metabolic syndrome and its components in the general adult population: A meta-analysis of global data from 28 million individuals. *Diabetes research and clinical practice*, 188, 109924.
- Onat, A., Can, G., Yüksel, H., Ademoğlu, E., Erginel-Ünaltuna, N., Kaya, A., & Altay, S. (2017). TEKHARF 2017 Tıp dünyasının kronik hastalıklara yaklaşımına öncülük. *İstanbul: Logos Yayıncılık*, 104-119.
- Organization, W. H. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour.
- Rochlani, Y., Pothineni, N. V., Kovelamudi, S., & Mehta, J. L. (2017). Metabolic syndrome: pathophysiology, management, and modulation by natural compounds. *Therapeutic advances in cardiovascular disease*, 11(8), 215-225.
- Saklayen, M. G. (2018). The global epidemic of the metabolic syndrome. *Current hypertension reports*, 20(2), 1-8.
- Shariful Islam, M., Fardousi, A., Sizar, M. I., Rabbani, M. G., Islam, R., & Saif-Ur-Rahman, K. (2023). Effect of leisure-time physical activity on blood pressure in people with hypertension: a systematic review and meta-analysis. *Scientific reports*, 13(1), 10639.
- Silveira Rossi, J. L., Barbalho, S. M., Reverete de Araujo, R., Bechara, M. D., Sloan, K. P., & Sloan, L. A. (2022). Metabolic syndrome and cardiovascular diseases: Going beyond traditional risk factors. *Diabetes/metabolism research and reviews*, 38(3), e3502.
- TÜİK. (2022). Türkiye Sağlık Araştırması, 2022. Retrieved from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Turkiye-Saglik-Arastirmasi-2022-49747#:~:text=Obez%20bireylerin%20oran%C4%B1%20%20%2C2%20oldu&text=Cinsiyet%20ayr%C4%B1m%C4%B1nda%20bak%C4%B1ld%C4%B1%C4%9F%C4%B1nda%3B%202022%20y%C4%B1%C4%B1nda,%C3%BCn%C3%BCn%20obez%20%C3%B6nce si%20oldu%C4%9Fu%20g%C3%B6r%C3%BCld%C3%BC>.
- Wu, J., Zhang, H., Yang, L., Shao, J., Chen, D., Cui, N., . . . Lai, C. (2022). Sedentary time and the risk of metabolic syndrome: A systematic review and dose–response meta-analysis. *Obesity Reviews*, 23(12), e13510.

BÖLÜM 5

AKTİF YAŞLANMA PARADİGMASI: SARKOPENİ VE KIRILGANLIKLA MÜCADELEDE EGZERSİZ STRATEJİLERİ

Miraç SEZER BAYHAN¹ , Hanifi DÜLGER²

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bartın Üniversitesi, 0000-0001-8435-599X

² Dr. Öğr. Üyesi, Bartın Üniversitesi, 0000-0002-2442-6538

Giriş

Hızla yaşlanan dünya nüfusu, sağlık sistemleri, toplumsal bakım mekanizmaları ve bireysel yaşam kalitesi açısından önemli bir kırılma noktası haline gelmiştir. Bu bağlamda aktif yaşlanma kavramı, yalnızca yaşam süresinin uzamasını değil, yaşlı bireylerin yaşam kalitesini, bağımsızlığını ve toplumsal katılım kapasitesini korumayı ve geliştirmeyi hedefler. Bu yaklaşımın temel bileşenleri arasında düzenli fiziksel aktivite, yeterli beslenme, önleyici sağlık uygulamaları ve sosyal etkileşim yer alır, kas sağlığı ve fonksiyonel kapasitenin korunması ise kritik önem taşır. Kas kütlesi, kas gücü ve fiziksel performanstaki yaşa bağlı azalma olan “sarkopeni” ile ortaya çıkan kırılma sendromu, aktif yaşlanmayı tehdit eden başlıca biyomedikal belirleyiciler arasına girer ve işlevselliği doğrudan etkiler. Bu iki durum, düşme, fonksiyon kaybı, hastaneye yatış ve ölüm riskindeki artış gibi olumsuz sonuçlarla ilişkilidir ve bireylerin bağımsızlık düzeyini azaltma potansiyeline sahiptir.

Yaşlanma sürecinde iskelet kasında meydana gelen yapısal ve fonksiyonel değişiklikler kas kütlesi, kas gücü ve fiziksel performansta ölçülebilir gerilemeye yol açar. Bu klinik tablo modern literatürde sarkopeni olarak tanımlanır. EWGSOP2 konsensüsü (Revised European Consensus on Sarcopenia), sarkopeniyi kas gücündeki düşüşü temel alan bir kas hastalığı olarak konumlandırır. Kas kütlesi ve kas kalite ölçümleri tanının doğrulanmasında, fiziksel performanstaki bozulma ise şiddetin değerlendirilmesinde kullanılır.

Sarkopeninin klinik önemi yalnızca kas kütlesindeki azalma ile sınırlı değildir. Kas gücü ve performans kaybı, yürüme hızında düşüş, düşme riskinde artış, günlük yaşam aktivitelerinde kısıtlılık, bağımsızlık kaybı, hastaneye yatış ve mortalite oranında artış gibi olumsuz sonuçlarla ilişkilidir. Bu nedenle sarkopeni ile mücadele fonksiyonel tıbbın ve halk sağlığının öncelikli hedeflerinden biri haline gelmiştir.

Kırılma, fizyolojik rezervlerin azalması ve strese karşı toleransın düşmesi sonucunda ortaya çıkan çok boyutlu bir sendromdur. En yaygın tanım biçimi Fried ve arkadaşlarının önerdiği fenotip modelidir. Bu modele göre istemsiz kilo kaybı, kronik yorgunluk veya halsizlik, azalmış kavrama gücü, yavaş yürüme hızı ve azalmış fiziksel aktivite düzeyinden oluşan beş bileşenden en az üçünün bir arada bulunması kırılma olarak değerlendirilir. Modelin tanı bileşenleri fiziksel kapasite, enerji düzeyi ve kas fonksiyonundaki bozulmayı bütüncül bir yapı içinde ele alır.

Fiziksel aktivite, sarkopeni ve kırılma ile mücadelede en güçlü müdahaleler arasında yer alır. Dünya Sağlık Örgütü’nün 2020 yönergesi, 65 yaş ve üzeri erişkinlerin haftalık düzenli fiziksel aktivite yapmalarını, orta veya yüksek şiddette aerobik egzersiz ile direnç ve denge egzersizlerini çok bileşenli bir program çerçevesinde birlikte uygulamalarını önermektedir. Bu yaklaşım kardiyovasküler hastalık, tip 2 diyabet, kemik sağlığı sorunları, düşme ve düşmeye bağlı yaralanmalar, fonksiyonel gerileme ve mortalite riskindeki artışı önler ve fonksiyonelliği destekler. Bu nedenle aktif yaşlanma stratejilerinin odağı yalnızca yaşam süresini uzatmak değil, yaşam kalitesi ve işlevselliği korumak olmalıdır. Sarkopeni ve kırılma, bu hedefi tehdit eden en önemli biyomedikal etkenler olarak öne çıkar.

Sistematik derlemeler ve meta analizler, kişiye özel planlanan ve uygulanan çok bileşenli egzersiz programlarının kas gücü, yürüme hızı, denge ve genel fonksiyonelliği anlamlı biçimde iyileştirdiğini göstermektedir.

Fiziksel aktiviteye ek olarak, yeterli ve dengeli beslenme kas metabolizması açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle protein alımının optimal düzeyde olması, egzersizle birlikte uygulandığında kas kütlesi ve vücut kompozisyonu üzerinde olumlu etki yaratır. Meta analizler, direnç egzersizleri ile alınan protein takviyelerinin vücut kompozisyonu üzerinde anlamlı iyileşmeler sağladığını gösterir. Ayrıca D vitamini gibi mikronutrient eksikliklerinin giderilmesi kas fonksiyonu üzerinde tamamlayıcı etki oluşturur.

Bu bölümün amacı, sarkopeni ve kırılabilirlik bağlamında aktif yaşlanma hedeflerine ulaşmayı sağlayan kanıta dayalı egzersiz stratejilerini ve uygulama ilkelerini sistematik ve bütüncül bir çerçevede sunmaktır.

Prevalans ve Toplumsal Etkiler

Sarkopeni ve kırılabilirlik, yaşlanma sürecinde en fazla fonksiyon kaybına yol açan iki temel klinik tablodur. Prevalansları, toplumların yaş yapısındaki değişimle birlikte belirgin biçimde artar ve sağlık sistemleri üzerinde giderek büyüyen bir yük oluşturur. EWGSOP2'nin güncel tanı ölçütleri esas alındığında sarkopeni prevalansı çalışmalar arasında değişiklik göstermekle birlikte toplum temelli örneklemelerde genellikle yüzde 10 ile 27 arasında bildirilir. Bu farklılık ölçüm yöntemleri, örneklem özellikleri ve tanı eşiklerinin değişkenliğinden kaynaklanır.

Sarkopeninin klinik sonuçları toplum düzeyinde geniş bir etki alanı yaratır. Düşme insidansındaki artış, yürüme hızındaki azalma ve günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığın bozulması, bu durumun bireysel bir sağlık sorununu aşarak sağlık harcamalarını ve bakım gereksinimlerini artıran, uzun süreli bakım kuruluşlarına geçiş oranlarını yükselten bir halk sağlığı sorununa dönüştüğünü gösterir. EWGSOP2'ye göre düşük kas gücüne sahip yaşlı bireylerde hastaneye yatış riski ve mortalite oranları daha yüksektir. Kırılabilirlik sendromu da toplumun yaş ortalaması ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

Toplum tabanlı çalışmalar, 65 yaş üzerindeki bireylerin yaklaşık yüzde 10 ila 15'inin kırılabilir, yüzde 40'ının ise kırılabilirlik öncesi durumda olduğunu göstermektedir. Yaş, cinsiyet, sosyoekonomik düzey ve kronik hastalık varlığı kırılabilirlik olasılığını artıran temel belirleyiciler arasında yer alır. Sarkopeni ve kırılabilirlik düşme ile düşmeye bağlı yaralanma riskini, hastanede kalış süresini ve bakım maliyetlerini artırır. Kronik hastalıklarla birlikte görüldüğünde bağımsız yaşam süresini kısaltır ve uzun dönem bakım gereksinimini belirgin biçimde artırır. Bu etkiler, sağlık sistemleri açısından önemli bir yük oluşturmaktadır.

Yürüme hızındaki azalma, hareket kabiliyetindeki düşüş ve günlük aktivitelerde yaşanan zorluklar sosyal izolasyon, yalnızlık ve depresyon riskini artırır. Bu durum, fizyolojik yaşlanma süreçleriyle sağlığın sosyal belirleyicileri arasındaki etkileşimi gözler önüne serer. Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde sarkopeni ve kırılabilirlik doğrudan sağlık harcamalarında, dolaylı olarak ise iş gücü kaybına ve aile bakım yükünde artışa yol açar. Fonksiyonel olarak bağımlı hale gelmek, toplumda sosyal izolasyon riskini artırır ve yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Bu nedenle erken tanı, önleyici müdahaleler ve egzersiz temelli stratejiler sadece bireysel sağlık açısından değil, toplumsal ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından da kritik öneme sahiptir.

Toplum genelinde fiziksel aktivite düzeylerinin düşük olması bu iki klinik tablonun prevalans artışını hızlandıran temel etmenlerden biridir. WHO 2020 verileri, yaşlı bireylerin önemli bir bölümünün kas güçlendirme ve denge egzersizlerine yönelik önerileri yerine getirmediğini göstermektedir. Yetersiz fiziksel aktivite düşme insidansını artırır, kardiyometabolik hastalık riskini yükseltir, bağımsız yaşam süresini kısaltır ve yaşam kalitesini düşürür. Çok bileşenli egzersiz programları kırılabilirlik riskini azaltır, fiziksel fonksiyonu iyileştirir ve toplum temelli bakım yükünü hafifletir (Yang vd., 2024). Direnç egzersizlerinin sarkopeni üzerindeki koruyucu etkileri kas gücünü, fonksiyonel kapasiteyi ve mobilitayı geliştirmesi açısından önem taşır ve toplum düzeyinde uygulanabilir stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlar. ESPEN uzman raporları, beslenme desteği ile beraber uygulanan egzersiz programlarının kas fonksiyonunda daha belirgin ve klinik olarak anlamlı iyileşmeler sağladığını vurgular.

Toplum sağlığı politikaları oluşturulurken bu verilerin dikkate alınması gerekmektedir. Prevalansın ve risk gruplarının belirlenmesi, hedefe yönelik müdahalelerin planlanması ve kaynakların etkin biçimde dağıtılması yaşlı bireylerin yaşam kalitesini korumanın temel koşullarıdır. Bu çerçevede fiziksel aktivite ve egzersiz programlarının yaygınlaştırılması sarkopeni ve kırılabilirliğin önlenmesinde klinik, toplumsal ve maliyet açısından etkili bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Patofizyoloji ve Yaşla İlişkili Değişiklikler

Sarkopeni ve kırılganlık, yaşlanma sürecinde ortaya çıkan çok boyutlu biyolojik değişikliklerin birleşimiyle gelişen kompleks klinik durumlar olarak tanımlanır. Yaşlanmayla meydana gelen moleküler ve fizyolojik süreçler kas kütlesi, kas gücü ve fiziksel performansta ilerleyici bir azalmaya yol açar. Bu değişikliklerin temelinde kas protein sentezinde düşüş, nöromusküler bağlantılarda bozulma, endokrin sistemde dejeneratif değişiklikler ve sistemik inflamasyonun kronikleşmesi yer alır.

Kas dokusunda yaşla birlikte meydana gelen değişiklikler öncelikle kas liflerinin yapısal bütünlüğünü etkiler. Özellikle tip II hızlı kasılan liflerde çap ve sayı azalması, miyofibriller protein kaybı ve kas mimarisinde bozulma gözlenir. Bu değişiklikler kas kuvvetinde azalmaya ve kasın mekanik verimliliğinde düşüşe yol açarak fonksiyonel performansı olumsuz etkiler.

Nöromusküler sistemdeki yaşa bağlı değişiklikler sarkopeninin temel bileşenlerinden biridir. Motor nöron kaybı, sinir iletim hızında azalma ve kas liflerinde reinnervasyon kapasitesinin yetersiz kalması sonucunda motor ünite bütünlüğü bozulur. Denervasyon sonrası yeniden yapılanmanın sınırlı olması kas kontrolü, koordinasyon ve motor doğruluğu azaltır. Bu durum yürüyüş hızı, denge ve çift görevli aktivitelerde performans üzerinde belirgin etkiler oluşturur. Endokrin sistemde yaşlanmayla ortaya çıkan değişiklikler kas metabolizmasını doğrudan etkiler. Testosteron ve östrojen düzeylerindeki azalma, büyüme hormonu ve IGF-1 aktivitesindeki düşüş anabolik süreçleri zayıflatır. Bu hormonal değişim kas protein sentezini yavaşlatır, kas onarım kapasitelerini sınırlar ve katabolik eğilimi artırır. Yaşlı bireylerde anabolik direncin artması, beslenme ve egzersiz gibi uyaranlara karşı kas yapımının daha sınırlı yanıt vermesiyle sonuçlanır.

Yaşlanma ile ilişkili immünolojik değişimler sarkopeninin en kritik bileşenlerinden birini oluşturur. Kronik ve düşük seviyede seyreden inflamasyon yaşlanmanın belirgin biyolojik özelliklerinden biridir ve kas dokusunda katabolik etki ortaya çıkarır. IL-6, TNF- α ve CRP gibi proinflamatuvar sitokinlerin dolaşımdaki düzeylerinin yaşla birlikte artması, protein yıkımını hızlandırır ve anabolik sinyallerin etkinliğini azaltır. Bu inflamatuvar profil kas kütlesinin azalmasını hızlandırır, kas liflerinde oksidatif stres birikimine yol açar ve mitokondriyal fonksiyonun zayıflamasına katkıda bulunur. Bu süreçlerin bir araya gelmesi yaşlı bireylerde hem sarkopeni hem de kırılganlık riskini artırır.

Fiziksel aktivite düzeyindeki azalma bu biyolojik mekanizmaların etkisini güçlendirir. Sedanter yaşam tarzı kas liflerinde atrofiye, oksidatif kapasitede düşüşe ve motor ünite kaybına yol açar. Buna karşılık, direnç ve çok bileşenli egzersiz programlarının kas kütlesini koruduğu, nöromusküler fonksiyonları desteklediği ve inflamatuvar belirteçleri azalttığı yönünde güçlü kanıtlar mevcuttur.

Bu fizyolojik değişimler bir arada değerlendirildiğinde sarkopeni ve kırılganlığın yalnızca kas kütlesindeki azalmadan ibaret olmadığı, nörolojik, endokrin ve immünolojik sistemlerdeki bütüncül bir yaşlanma sürecinin sonucu olarak ortaya çıktığı anlaşılır. Bu çok katmanlı patofizyolojik yapı yaşlı bireylerde gözlenen fonksiyon kaybın temel çerçevesini oluşturur ve müdahale stratejilerinin bilimsel dayanağını belirler.

Tanı ve Değerlendirme Yöntemleri

Sarkopeni ve kırılganlığın erken dönemde tanımlanması, aktif yaşlanmayı destekleyen müdahalelerin zamanında uygulanabilmesi için temel bir basamaktır. Bu nedenle değerlendirme süreci kas gücü, kas kütlesi, fiziksel performans ve genel işlevselliğin ayrıntılı olarak incelendiği çok boyutlu bir yaklaşım gerektirir. EWGSOP2'nin önerdiği güncel tanı modeli sarkopeni değerlendirmesinde uluslararası bir standart niteliği taşıırken Fried Fiziksel Kırılganlık Fenotipi kırılganlık değerlendirmesinde metodolojik tutarlılık sağlar.

Sarkopenide Değerlendirme

1. Kas gücünün ölçülmesi

EWGSOP2, kas gücündeki düşüşü “muhtemel sarkopeni” için temel belirteç olarak kabul eder. El kavrama gücü kas gücünü belirlemede en sık kullanılan yöntem olmakla beraber cinsiyet ile vücut kitle indeksine göre belirlenen eşik değerler üzerinden yorumlanır. Sandalye otur kalk testi alt ekstremitte kuvvetinin değerlendirilmesinde ek bir gösterge sağlar. Bu testlerde düşük performans “olası sarkopeni”yi işaret eder.

2. Kas kütlesi ve kas kalitesinin ölçülmesi

Olası sarkopeni saptandıktan sonra kas kütlesi ya da kas kalitesi ölçülerek tanı doğrulanmalıdır. Klinik uygulamada en sık kullanılan yöntem Dual Energy X Ray Absorptiometry (DXA) ile appendiküler kas kütlesinin ölçülmesidir. Araştırma amaçlı değerlendirmelerde Biyoelektrik Empedans Analizi (BIA), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve bilgisayarlı tomografi (BT) kullanılabilir. Bu görüntüleme teknikleriyle kasın morfolojik özellikleri değerlendirilir ve “kesin sarkopeni” tanısı için gereklidir.

3. Fiziksel performansın değerlendirilmesi

Fiziksel performans günlük yaşam aktivitelerini sürdürebilme kapasitesinin belirlenmesi ve hastalığın şiddetinin sınıflandırılması açısından kritik bir göstergedir. Yürüyüş hızı (4 m veya 6 m), Kısa Fiziksel Performans Bataryası, Zamanlı Kalk ve Yürü testi ve 400 metre yürüme testi en yaygın kullanılan değerlendirme yöntemleridir. Düşük fiziksel performans “şiddetli sarkopeni” tanısı için önemli bir belirleyicidir.

4. Tanı algoritması

EWGSOP2 tanı süreci “Find cases – Assess – Confirm – Severity” (F-A-C-S) algoritmasına dayanır. Bu yapı tarama, kas gücü değerlendirmesi, kas kütlesi ve kalitesinin değerlendirilmesi ile fiziksel performans analizinin sistematik şekilde yürütülmesini sağlar. Ayrıca klinik standardizasyonu güçlendirir ve farklı disiplinler arasında ortak dil oluşturur.

Kırılганlıkta Değerlendirme ve Tanı

Kırılганlığın değerlendirilmesi, fizyolojik rezervlerin azalmasını ve homeostatik kapasite bozulma derecesini ölçmeyi hedefler. Fried Fenotip Modeli bu değerlendirmeyi istemsiz kilo kaybı, yorgunluk, düşük kas gücü, yavaş yürüyüş hızı ve düşük fiziksel aktivite düzeyi olmak üzere beş bileşen üzerinden yapar. Üç veya daha fazla bileşenin varlığı kırılганlığı, bir ya da iki bileşenin varlığı pre-frailty durumunu gösterir. Bu yöntem klinik uygulamada yüksek duyarlılık sağlar.

1. Bileşenlerin Değerlendirilmesi

- Kilo kaybı:* Son bir yıl içinde 4.5 kg ya da toplam vücut ağırlığının yüzde 5’inden fazla istemsiz kilo kaybı..
- Yorgunluk:* Katılımcının efor gerektiren aktivitelerde tükenmiş hissettiğini ifade etmesi. Geçen hafta içinde çoğu ya da bazı günlerde “her şey çaba gerektiriyordu” ya da “kendimi bir şey yapmak için gücüm yoktu” şeklindeki ifadelerin onaylanması.
- Kas gücü düşüklüğü:* El kavrama testinin cinsiyet ve VKİ eşik değerlerinin altında olması.
- Yavaş yürüyüş:* Yaşa ve boya göre belirlenen hız eşiklerinin altında yürüyüş performansı.
- Düşük aktivite:* Haftalık enerji harcamasının veya genel fiziksel aktivite düzeyinin düşük olması.

Bileşenlerin bu şekilde sistematik değerlendirilmesi, kırılabilirliğin yalnızca kas temelli bir sorun olmadığını; enerji metabolizması, kardiyovasküler kapasite ve davranışsal faktörler gibi daha geniş bir fizyolojik çerçevede ele alınması gerektiğini gösterir.

2. Alternatif modeller

Frailty Index (FI), bireyin sağlık durumunu çok boyutlu eksikliklerin toplamı üzerinden değerlendiren nicel bir yaklaşımdır. Kronik hastalıklar, fonksiyonel sınırlılık, bilişsel durum, duyuşsal kapasite ve psikososyal unsurlar bu modele dahil edilir. FI kırılabilirliğin biyolojik yükünü ayrıntılı biçimde açıklasa da uzun değerlendirme süresi ve kapsamlı veri gereksinimi klinik kullanımını sınırlar.

Değerlendirme Sürecinin Klinik Önemi

Bu çok boyutlu değerlendirme yapısı yalnızca hastalık yükünü değil; düşme riski, bağımsızlık düzeyi, hastaneye yatış olasılığı ve yaşam kalitesi gibi farklı sonuçları öngörmeyi mümkün kılar. Kas gücü ve kütlelerinin ölçülmesi, kırılabilirlik bileşenlerinin değerlendirilmesi ve fiziksel performans testlerinin uygulanması bireyin sağlık durumunu bütüncül biçimde tanımlar. Bu nedenle değerlendirme sonuçları müdahale planlamasının temelini oluşturur ve egzersiz temelli yaklaşımların hedefe yönelik şekilde düzenlenmesini sağlar.

Egzersiz Temelli Müdahale Stratejileri

Aktif yaşlanma yaklaşımı, yaşlı bireylerin fiziksel, sosyal ve psikolojik işlevselliğini en üst düzeyde sürdürmeyi hedefler. Sarkopeni ve kırılabilirlik bu işlevselliği doğrudan olumsuz etkiler. Güncel literatür, egzersizin yaşa bağlı kas kaybını yavaşlatan, nöromusküler etkinliği geliştiren ve bağımsız yaşam kapasitesini destekleyen en etkili müdahale olduğunu gösterir. Bu nedenle egzersiz, fizyoterapi uygulamalarının temel bileşeni olarak kabul edilir.

1. Direnç Egzersizleri

Direnç egzersizleri, sarkopeni ve kırılabilirliğin biyomekanik, nöromusküler ve fonksiyonel bileşenlerine doğrudan etki eden, güçlü, kanıta dayalı ve uygulanabilir bir müdahale stratejisidir. Direnç egzersizleri, sarkopeninin temel patofizyolojik süreçlerinden biri olan anabolik direnci hedefleyerek kasın mekanik yüke verdiği yanıtı güçlendirir. Kasın mekanik yüke verdiği yanıt, protein sentezini artırır, motor ünite aktivasyonunu güçlendirir ve tip II liflerin yeniden devreye girmesini sağlayarak kasın yapısal ve fonksiyonel kapasitesini geliştirir. Bu etkiler, yaşlı bireylerde yürüyüş hızı, fonksiyonel performans ve denge üzerinde doğrudan iyileşme sağlar. Kas kuvveti ve fonksiyonel kapasitede sağlanan kazanımlar, yaşlı bireylerin bağımsızlığını ve yaşam kalitesini sürdürmesine katkı sağlar.

Yaşlanma sürecinde kas kütlesi, kas gücü ve fiziksel performansta görülen azalma için en etkili müdahalelerden biri direnç egzersizleridir. Bu tür egzersizler, yaşlı bireylerde kas gücünün, yürüme hızının, alt ekstremitte fonksiyonunun ve genel hareket kapasitesinin artırılması için tercih edilir. Direnç egzersizlerinin sarkopenik yaşlılarda el kavrama gücü, diz ekstansör kuvveti, fizyolojik işlevsellik, yürüme hızı ve fonksiyonel mobilite parametrelerinde anlamlı iyileşme sağladığını, ancak kas kütlelerinde (appendiküler veya total) anlamlı bir artış göstermemektedir. Yetmiş yaş ve üzeri bireylerde uygulanan on haftalık direnç antrenmanı programlarının el kavrama gücü, izometrik kuvvet ve sandalye otur kalk testi performansını artırdığı, ancak yürüyüş hızı, genel performans bataryası ve kemik mineral yoğunluğu üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Bu bulgular, direnç egzersizlerinin sarkopeni tedavisinde özellikle kas kuvveti ve fonksiyonel performansı iyileştirme hedefleri için güçlü bir dayanak oluşturduğunu, kas kütlesi artışı için ise etkilerin değişken olduğuna işaret eder.

Uygulama Prensipleri

- Haftada 2-3 gün, 8-12 tekrarlı, 10-12 hafta yapılan direnç egzersizleri sarkopeni ile mücadelede temel eşiği oluşturur.
- Bir maksimum tekrarın en az %60 düzeyindeki yüklenme, orta ve yüksek yoğunluklu egzersizler kas gücü ve kütlesi kazanımlarında daha etkilidir.
- Tüm kas grupları egzersiz programına dahil edilir. Üst ve alt ekstremitte kasları ile gövde stabilizatörlerinin birlikte çalışması, kazanımların günlük yaşam aktivitelerinde daha etkin biçimde kullanılmasını sağlar.
- Egzersiz programı süresince kas kütlesi, kas kuvveti ve fonksiyonu birlikte takip edilmeli, yağsız doku ölçümleri, el kavrama kuvveti, kas testi, yürüme hızı, sandalye otur kalk testi ya da zamanlı kalk ve yürü testi uygulanan programın etkinliğini değerlendirmek için kullanılır.
- Değerlendirmeler sonrasında progresif yüklenme prensibi ile egzersiz program revize edilir.
- Kemik, eklem ya da kardiyovasküler komorbiditelere sahip bireylerde yükleme düzeyi, egzersiz seçimi dikkatle yapılmalı, her egzersiz program kişiye özgü planlanmalıdır.

Direnç egzersizleri sırasında setler ve seanslar arasında yaşlı bireylerde toparlanma süresinin daha uzun olabileceği göz önünde bulundurulmalı ve yeterli dinlenme aralıkları sağlanmalıdır. Osteoartrit, osteoporoz ve kardiyovasküler hastalıkların yüklenme düzeyini ve egzersiz seçimini etkileyebileceği dikkate alınarak program bireyin sağlık durumuna göre düzenlenmelidir. Ağrı, baş dönmesi veya aşırı yorgunluk geliştiğinde egzersiz sonlandırılmalı ve bireyin durumu yeniden değerlendirilmelidir. Sonuç olarak direnç egzersizleri, sarkopeni ve kırılگانlıkta görülen kas gücü kaybı, motor ünite etkinliğinde azalma ve fonksiyonel kapasite düşüşünü hedefleyerek yaşlı bireylerin fiziksel bütünlüğünü destekleyen, yaşlanmaya bağlı olarak gelişen fiziksel gerilemeyi yavaşlatan, fonksiyonel bağımsızlığı destekleyen ve sağlıklı yaşlanma hedefleriyle uyumlu egzersiz temelli müdahalelerin temel bileşeni kabul edilir.

2. Kuvvet-Güç Odaklı Egzersizler

Kuvveti yüke göre hızla üretebilme yetisine güç denir. Yaşlılıkla birlikte kas kütlesinin ve kuvvetinin yanı sıra kas gücünde de azalma meydana gelir, sonuç olarak günlük yaşam aktivitelerini olumsuz etkiler, düşme riskini artırır. Kuvvet-güç odaklı egzersizler bu gereksinimi karşılamaya yönelik bir müdahale olup yaşlı erişkinlerde sarkopeni ve kırılگانlığa karşı fonksiyonel bağımsızlığın korunmasında önemli bir rol oynar. Yaşlanmayla en erken kaybolan kapasite hızlı kuvvet üretimidir ve bu kayıp yürüme hızındaki düşüş, düşme riski ve fonksiyonel zayıflık için belirleyici bir etmendir. Bu nedenle güç antrenmanları, fizyoterapi uygulamalarında fonksiyonel mobilitayı geliştiren direnç egzersizlerinin tamamlayıcı bir bileşeni olarak öne çıkar. Çömelme, step-up gibi fonksiyonel hareketlerin kontrollü olarak farklı hızlarla uygulanması motor ünitelerin ateşleme hızını artırır ve günlük yaşamda daha etkin güç üretimine katkı sağlar. Güç antrenmanları aynı zamanda metabolik, nöromusküler ve biyomekanik mekanizmaları eş zamanlı etkileyerek günlük yaşam aktiviteleri, düşme riski ve yaşam kalitesi üzerinde anlamlı iyileşmeler sağlar, kırılگان yaşlılarda ise reaksiyon zamanını geliştirerek ani dengesizliklere karşı koruyucu postüral yanıtları güçlendirir.

Yaşlı bireylerde güç kaybı, kuvvete göre daha hızlı ilerler. Bu da sandalyeden kalkma, merdiven inip çıkma, ani dengesizliklerde kendini toparlama gibi reaksiyon gerektiren günlük yaşam aktivitelerinde fonksiyonel kayıplara yol açar. Bu nedenle yalnızca maksimal kuvvete odaklanan direnç antrenmanları fonksiyonel kapasiteyi geliştirmede yeterli olmayabilir ve programın güç antrenmanlarıyla çeşitlendirilmesi gerekir. Yapılan çalışmalar, yaşlılarda güç antrenmanının hızla bağlı aktivite testlerinde belirgin avantaj sağladığını; kas gücü, performansı ve kas hipertrofisini geliştirmede geleneksel kuvvet antrenmanına kıyasla daha yüksek potansiyel sunduğunu bildirmiştir.

Bu sonuçlar, kuvvet-güç odaklı egzersizin yalnızca performans değil, aynı zamanda kas yapısı ve genel fonksiyon üzerinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu gösterir.

Uygulama Prensipleri

- Haftada 2-3 gün, 20-30 dakika, 8-12 hafta arasında planlanması ve tercihen daha uzun sürdürülmesi etkinliği artırır. Bu şekilde hem kas gücü hem güç hem de fonksiyonel kapasite üzerinde tutarlı kazanımlar elde edilir.
- Kasılma ve gevşeme döngülerinin yüksek hızda yapılması, nöromüsküler uyarılabilirliği artırarak yaşlanmayla azalan hızlı kasılan liflerin korunmasına yardımcı olur.
- Orta şiddette dirençle yüksek hızda yapılan egzersizler, sinir-kas adaptasyonunu, motor kontrolü ve hızlı tip II lif fonksiyonunu destekler.
- Diz-kalça ekstansörleri ile plantar-dorsal fleksörlerin güçlendirilmesi, yürüme hızı, merdiven çıkma, oturup kalkma ve transfer gibi fonksiyonel çıktılar üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir.
- Egzersizler yalnızca izole kas aktivasyonunu hedeflememeli, günlük yaşam aktivitelerine benzeyen fonksiyonel hareketleri içermeli, bu yaklaşım motor kontrol, denge ve koordinasyon sistemlerini de geliştirir.
- Müdahalenin başlangıcında ve program ilerledikçe güç, kuvvet, yürüme hızı, düşme riski ve günlük yaşam aktivite kapasitesi gibi parametreler izlenir, gerektiğinde yük, hız ve set/tekrar sayısı yeniden düzenlenir.
- Yaşlı bireylerde kemik ve eklem sorunları, kardiyovasküler riskler ve denge bozukluğu bulunabileceği için yüksek hız ve ballistik kuvvet içeren egzersizlerden uzak durulmalı, başlangıç düzeyi, sağlık durumu ve uyum dikkate alınarak bireyselleştirilmiş programlar uygulanmalıdır.

Güç egzersizleri, yaşlı bireylerde hızla azalan güç üretim kapasitesini hedefleyerek aktif yaşlanma yaklaşımında önemli bir yere sahiptir. Hızlı kuvvet üretiminin korunması, yürüme hızı, denge, reaksiyon süresi ve günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlık için kritik önem taşır. Orta şiddette dirençle yüksek hızda uygulanan egzersizlerin sinir-kas adaptasyonunu ve hızlı tip II liflerin işlevini desteklemesi bu yöntemin fizyoterapi programlarındaki değerini artırır. Fonksiyonel hareketlerin güç odaklı biçimde uygulanması günlük yaşam aktivitelerindeki performansı artırarak düşme riskini azaltır. Tüm bulgular, güç egzersizlerinin sarkopeni ve kırılganlıkla mücadelede etkili bir müdahale olduğunu ve yaşlı bireylerde fonksiyonel bağımsızlığın sürdürülmesine önemli katkı sağladığını göstermektedir.

3. Aerobik Egzersizler

Yaşlanma sürecinde hareket, kardiyorespiratuvar ve metabolik sistemlerde görülen gerilemeler, fizyolojik rezervin azalmasına yol açar. Bu gerilemeler yalnızca kas kütlesi ve gücünü değil, enduransı, oksijen taşıma kapasitesini, günlük yaşam aktivitelerini ve yaşam kalitesini de olumsuz etkiler. Bu nedenle yürüyüş, hafif-orta tempolu koşu, bisiklet ve yüzme gibi aerobik egzersizler, fizyolojik gerilemeyi yavaşlatmak ve fonksiyonel kapasiteyi koruyup artırmak için etkili bir yaklaşım sunar. Aerobik egzersizler, sarkopeni ve kırılganlık riskini artıran inaktiviteyi hedef alarak fonksiyonel kapasiteyi destekler.

Yapılan çalışmalarda tek başına uygulanan aerobik egzersizlerin yerine diğer egzersiz türleriyle kombine edilen programların daha etkili olduğu ifade edilir. Bu kombine programlar yaşlı bireylerde kas gücünü, maksimal oksijen tüketimini, yürüme mesafe ve süresini, fonksiyonel performansı ve kapasiteyi, postür kontrolünü, mobilitayı, esnekliği ve dengeyi anlamlı biçimde artırırken düşme riski ve vücut yağ oranını azaltır. Ayrıca aerobik egzersizin inflamasyon, oksidatif stres, mitokondriyal fonksiyon ve metabolik adaptasyon üzerinde düzenleyici etkileri olduğu, sarkopeni ve kırılganlık gelişimini geciktirdiği ifade edilmektedir. İleri yaşlı bireylerde

yapılan aerobik egzersizlerin de benzer fizyolojik ve fonksiyonel iyileşmeler sağladığı, kardiyovasküler kapasite, metabolik parametreler, fonksiyonel yeterlilik, bilişsel performans ile yaşam kalitesi üzerinde anlamlı iyileşmeler sağladığı bildirilmiştir.

Bu bulgular, aerobik egzersizlerin sarkopeni ve kırılgenlikle mücadelede destekleyici ve tamamlayıcı bir rol oynadığını gösterir. Aerobik egzersiz doğrudan kas hipertrofisini artırmasa da günlük yaşam aktiviteleri, yürüme kapasitesi, kardiyorespiratuvar dayanıklılık, postür ve mobilite üzerinde klinik olarak anlamlı iyileşmeler sağlar.

Uygulama Prensipleri

- Haftada 3-5 gün, en az 30 dakika süreyle ve maksimal kalp atım sayısının %60-70'i şiddetinde devamlı, ritmik ve büyük kas gruplarını içeren yürüyüş, yavaş koşu, dans, yüzme ve bisiklet gibi aktiviteler tercih edilmelidir. Fiziksel uygunluğu düşük yaşlılarda, daha düşük şiddetle başlanmalı ve gerekirse 3x10 dakika gibi aralıklı uygulamalar yapılmalıdır.
- Direnç ve denge egzersizleri ile uygulanan aerobik egzersizler kardiyorespiratuvar kapasiteyi, kas gücünü, postüral kontrolü ve dengeyi eşzamanlı olarak geliştirir ve sarkopeni ile kırılgenlik açısından çok daha güçlü etki oluşturur.
- Her bireyin komorbiditesi, kardiyovasküler riski, kas iskelet sistemi, fizyolojik kapasitesi ve diğer sağlık özellikleri dikkate alınarak egzersiz programı oluşturulmalıdır.
- Başlangıçta hafif tempolu ve kısa süreli egzersizler seçilmeli, yürüme hızı, 6 dakikalık yürüme testi, günlük yaşam aktiviteleri skorları ve düşme sıklığı gibi parametreler takip edilerek egzersiz şiddeti artırılmalıdır.
- Aerobik adaptasyonlar için uzun süreli müdahalelere gereksinim vardır. Program kesintisiz sürdürülmeli, devamlılığı sağlamak ve uyumu artırmak için bireyin yaşam tarzına entegre edilebilir günlük yürüyüş, grup yürüyüşleri, su içi aktiviteler vb tercih edilmelidir.

Aerobik egzersiz, kas kuvveti ve gücünün korunmasından ziyade fizyolojik rezervi destekleyerek, metabolik dengeyi iyileştirir, kardiyovasküler dayanıklılığı artırır, oksijen kullanım kapasitesini geliştirir. Bu etkiler postüral kontrol, denge ve günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığı güçlendirir. Düşme, yaralanma riski ve kronik hastalıkların görülme olasılığının azalması, yaşam kalitesindeki artış aerobik egzersizin temel sonuçları arasında yer alır. Bu nedenle aerobik egzersiz, direnç ve denge egzersizleriyle birlikte aktif yaşlanma paradigmasının temel bileşenlerinden biridir. Egzersiz programı planlanırken bireyin mevcut kapasitesi dikkate alınmalı, egzersiz toleransı arttıkça şiddet, süre ve içerik kademeli olarak artırılmalıdır. En yüksek etkinin elde edilebilmesi için egzersizlerin düzenli ve kesintisiz uygulanmasının gerekliliği bireye açık biçimde belirtilmelidir.

4. Denge ve Postüral Kontrol Egzersizleri

Yaşlanma süreci, propriosepsiyon, vestibüler yanıt, kas kuvveti ve reaksiyon zamanı gibi postüral kontrol bileşenlerinde belirgin gerilemelere yol açar. Bu gerileme, duyusal bütünleşmenin zayıflamasıyla birlikte denge kaybını ve düşme insidansını artırarak fonksiyonel bağımsızlığın daha hızlı azalmasına neden olur. Bu nedenle postür ve denge odaklı egzersizlerin temel amacı proprioseptif geri bildirimin, vestibüler entegrasyonun ve reaksiyon stratejilerinin geliştirilmesini sağlayarak aktif yaşlanma yaklaşımını desteklemektir.

Yaşlanma süreci, propriosepsiyon, vestibüler yanıt, kas kuvveti ve reaksiyon zamanı gibi postüral kontrol bileşenlerinde belirgin gerilemelere yol açar. Bu gerileme, duyusal bütünleşmenin zayıflamasıyla birlikte denge kaybını ve düşme insidansını artırarak fonksiyonel bağımsızlığın daha hızlı azalmasına neden olur. Bu nedenle postür ve denge odaklı egzersizlerin temel amacı proprioseptif geri bildirimin, vestibüler entegrasyonun ve reaksiyon stratejilerinin geliştirilmesini sağlayarak aktif yaşlanma yaklaşımını desteklemektir.

Güncel kanıtlar, düzenli uygulanan denge temelli egzersiz programlarının statik ve dinamik dengeyi, yürüme hızını, fonksiyonel mobilitayı ve düşme riskini anlamlı biçimde iyileştirdiğini göstermektedir. Geleneksel denge egzersizleri, su içi egzersizler ve sanal gerçeklik tabanlı uygulamalar postüral kontrol ve denge becerilerinin geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Son dönemde farklı yaş gruplarında ve çeşitli klinik durumlarda uygulanan klinik pilates programlarının, yaşlı erişkinlerde postüral kontrolü geliştirdiğine yönelik bulgular sistematik derlemeler tarafından da doğrulanmıştır. Çekirdek stabilitesindeki artışın gövde kontrolünü güçlendirerek spinal hizalanmayı iyileştirmesi, pilates uygulamalarının statik ve dinamik denge üzerindeki etkisini açıklayan temel mekanizmalardan biridir.

Bilişsel ve motor bileşenleri eş zamanlı olarak uyaran çift görevli egzersizlerin, denge ve yürüyüş stabilitesini artırdığı ve düşme sıklığını azalttığı yakın tarihli bir meta analizle gösterilmiştir. Haftada üç kez en az 30 dakika uygulanan bu programların fonksiyonel mobilita göstergelerinde daha belirgin kazanımlar sağladığı bildirilmiştir. Bu bulgular, postür ve denge eğitimlerinin yalnızca kas kuvveti kazanımlarıyla değil, aynı zamanda duyuşal entegrasyon ve motor planlamayı geliştiren nöromüsküler süreçlerle açıklanabileceğini göstermektedir.

Uygulama Prensipleri

- Haftada 2-3 kez, 30-45 dakika, en az 12 haftalık programları etkili bir kazanım sunar.
- Güvenli ve kontrollü hareketlerle başlanmalı; değerlendirmelerden sonra hareketler kolaydan zora doğru planlanmalı, daralan destek yüzeyi, göz kapama, tek ayak üzerinde durma, çift görev (dual-task) ve değişken hızlarda denge bozucu uyaranlara geçilmelidir.
- Pertürbasyon eğitimleri programa dahil edilebilir. Kontrollü geri çekilmeler, itme-çekme simülasyonları ve hareketli zeminler bu amaçla kullanılabilir. Güvenliği sağlamak için egzersizlere paralel bar içinde, destekli veya emniyet kemeri ile başlanabilir.
- Statik duruş, tek ayak üzerinde durma, ağırlık aktarımı, yön değiştirme ve yürüyüş stabilitesini birlikte hedefleyen çok bileşenli yaklaşımlar daha etkili sonuç verir.
- Duyusal modülasyon içeren uygulamalar, özellikle proprioseptif zeminler veya görsel kısıtlamalar, postüral kontrol stratejilerini güçlendirir.
- Nöromüsküler ve çekirdek (core) antrenmanları stabiliteyi artırır, postüral kontrolün proaktif bileşenlerini geliştirir ve denge reaksiyonlarını güçlendirir. Tek başına veya çok bileşenli programlarla birlikte uygulandığında fonksiyonel kazanç sağlar.
- Pilates, Tai Chi, su içi egzersizler ve sanal gerçeklik tabanlı uygulamalar farklı sistemleri uyardığı için motivasyonu artırır ve denge performansına farklı yollarla katkı sağlar.
- Merdiven çıkma, engel geçme ve oturup kalkma gibi fonksiyonel görevlerin programa dahil edilmesi, kazanımların günlük yaşam aktivitelerine transferini destekler.

Denge ve postüral kontrol egzersizleri, sarkopeni ve kırılgenlikta bozulan nöromüsküler kontrolü geliştirerek fonksiyonel bağımsızlığı destekleyen temel müdahaleler arasında yer alır. Yaşlanmayla birlikte proprioseptif geri bildirim zayıflar, refleks yanıt süresi uzar ve kas kuvvetindeki azalma belirginleşir. Bu değişiklikler günlük yaşamda dengesizlik, hareketlerde yavaşlama ve düşme riskinde artışla sonuçlanır. Düzenli denge eğitimi alt ekstremita kas aktivasyonunu ve postüral stratejilerin kullanımını güçlendirerek beklenmeyen dengesizliklere karşı daha etkili yanıt verilmesine katkıda bulunur. Tek ayak üzerinde durma, ağırlık aktarma ve çok yönlü adım egzersizleri yürüyüş stabilitesini artırarak beklenmeyen dengesizliklere karşı daha etkili yanıt verilmesine katkı sağlar. Denge eğitiminin güç ve direnç egzersizleriyle bütünleştirilmesi, sarkopeni ve kırılgenlikla ilişkili fonksiyonel kayıpların azaltılmasına yardımcı olur. Bu nedenle denge ve postüral kontrol egzersizleri, yaşlı bireylerde düşme riskini azaltan ve günlük yaşam aktivitelerinde güvenli hareketi destekleyen kritik bir uygulama alanı olarak değerlendirilmektedir.

5. Germe Egzersizleri

Yaşlanma ile kas-tendon ünitesi daha sert hale gelir, eklem kapsülü ve bağ dokusu elastikiyeti azalır, propriosepsiyon ve sinir iletiminde değişiklikler meydana gelir. Bu mekanik ve nöromüsküler değişiklikler sonucu eklem hareket genişliği (ROM) azalır, hareket paterninde kısıtlılıklar ortaya çıkar, yürüme ve günlük yaşam aktiviteleri olumsuz etkilenir. Germe müdahaleleri doku viskoelastikliğini ve nöromüsküler gerilim kontrolünü etkileyebilir; yaşlı popülasyona özgü çalışmalar bu mekanizmaların kısmen geri döndürülebileceğini gösterir. Ancak esnekliğin fonksiyonel kazanıma doğrudan dönüşmesi her zaman mümkün değildir; bu nedenle esneklik çoğunlukla çok bileşenli program içinde değerlendirilir. Yaşlı bireylerde uzun dönem uygulanan esneme egzersizlerinin ROM'u artırdığı, statik postural salınımda düşük-orta düzeyde iyileşme sağladığı, kronik kas-iskelet ağrılarında (ör. bel, kalça) semptomları azaltmada etkili olduğu bununla beraber multimodal yaklaşımların daha güvenli olduğu belirtilir. Bu bulgulara karşın aerobik egzersizin dinamik denge üzerindeki etkilerine ilişkin literatürde kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır.

Uygulama Prensipleri

- Yaşlı bireyin ihtiyacına yönelik statik, dinamik, PNF, yoga ya da fonksiyonel germe egzersizlerinden biri tercih edilebilir. Statik germe ROM artışı sağlar, dinamik germe ısınma amacıyla aktivite öncesi uygulanır, PNF protokolleri kısa sürede ROM artışı sağlar ve dengeyi olumlu etkiler, fonksiyonel germe ya da yoga ROM'u artırır ve postürü iyileştirebilir. Grup egzersizleri uzun dönem katılımı destekler ve psikososyal fayda sağlar.
- Haftada en az 2–3 kez, 6–12 hafta boyunca uygulanan germe egzersizlerinin ROM'u artırdığı gösterilmiştir. Statik germe için her pozisyonda 30–60 saniye, PNF için 3–6 saniye kontraksiyon ve ardından 10–30 saniye pasif germe en sık kullanılan protokoldür.
- Başlangıçta ağrısız ve güvenli pozisyonlarda uygulama yapılmalı, süre, açı ve fonksiyonel hareketlerde kademeli olarak artış yapılmalıdır. Kuvvet ve denge egzersizleri ile paralel bir ilerleme sağlanmalıdır.
- Akut inflamasyon, ileri derecede instabilite veya yakın dönemde cerrahi girişim öyküsü olan bireylerde agresif germe uygulanmamalıdır.
- Denge bozukluğu varsa mutlaka egzersiz sırasında güvenlik önlemleri alınmalıdır. Germe öncesi yapılan kısa süreli düşük yoğunluklu ısınma hareketlerinin programın etkililiğini artırdığı bildirilmektedir.

Germe egzersizleri, sarkopeni ve kırılabilirlik bağlamında eklem hareket açıklığını koruyarak fonksiyonel kapasitenin sürdürülebilmesine katkı sağlar. Yaşlanma ile artan kas-tendon sertliği, postüral uyumun zayıflamasına ve günlük yaşam aktivitelerinde hareketin kısıtlanmasına yol açar. Düzenli yapılan germe egzersizleri bu kısıtlanmayı azaltır ve yürüme, dönme, uzanma gibi temel hareketlerin daha akıcı yapılmasını destekler. Hareket açıklığının korunması, güç ve denge egzersizlerinin etkin uygulanmasını kolaylaştırır ve müdahale programının genel etkisini artırır. Eklem çevresi gerginliğinin azalması denge stratejilerinin daha etkili kullanılmasını kolaylaştırarak düşme riskine dolaylı biçimde katkı sağlar. Bu yönleriyle germe egzersizleri, sarkopeni ve kırılabilirlikle mücadelede fonksiyonel bağımsızlığın sürdürülmesine yardımcı olan tamamlayıcı bir bileşen olarak önemli bir yer tutar.

6. Nöromüsküler ve Duyu Motor Egzersizleri

Yaşlanmayla birlikte motor birim sayısı azalır, kas aktivasyonunun koordinasyonu bozulur ve hareket ekonomisi düşer. Sinir kas iletiminin zayıflaması, proprioseptif duyarlılığın azalması ve postüral kontrol mekanizmalarındaki gerileme, kas iskelet sistemi ile merkezi sinir sistemi arasındaki entegrasyonun bozulmasına yol açar. Bu fizyolojik değişiklikler, denge kaybı, düşme riski, motor kontrol azalması ve fonksiyonel bağımsızlıkta gerileme şeklinde klinik

olarak anlamlı sonuçlar doğurur. Bu fizyolojik değişiklikler denge kaybı, düşme riski, motor kontrol azalması ve fonksiyonel bağımsızlıkta gerileme şeklinde klinik olarak anlamlı sonuçlar doğurur. Nöromusküler ve duyu motor egzersizler, bu çok boyutlu kayıpları hedef alarak nöromusküler kontrolü güçlendirmeyi ve hareket kalitesini artırmayı amaçlayan müdahalelerdir. Güncel çalışmalar, sensorimotor ve proprioseptif egzersizlerin yaşlı erişkinlerde statik denge, tek ayak duruş süresi, yürüme hızı ve zamanlı kalk ve yürü test performansında anlamlı gelişmeler sağladığını göstermektedir. Bu müdahaleler sensörimotor entegrasyonu, duyuusal adaptasyonu ve motor koordinasyonu belirgin biçimde güçlendirir. Sensorimotor eğitimle birlikte uygulanan nörofonsiyonel antrenmanın özellikle dinamik denge üzerinde daha yüksek etki düzeyi yarattığı bildirilmiştir. Direnç egzersizleriyle eş zamanlı kullanılan nöromotor uyarım, kas kütlesindeki artıştan bağımsız olarak kas gücü ve motor performansı daha belirgin bir şekilde desteklemektedir. Bu bulgular, nöromusküler ve duyu motor egzersizlerin sarkopeni ve kırılabilirlik bağlamında yalnızca kas kuvvetini değil, duyuusal entegrasyonu, hareket verimliliğini ve fonksiyonel mobilitayı de güçlendirdiğini göstermektedir.

Uygulama Prensipleri

- Egzersiz programlarında yalnızca kas kuvvetinin geliştirilmesi değil, proprioseptif uyarımın artırılması, postüral stabilitenin yeniden kazanılması ve motor kontrolün iyileştirilmesi hedeflenmelidir. Bu kapsamda tek ayak duruşu, dengesiz yüzeylerde yürüme, gözler kapalı postüral duruş, ağırlık aktarımı ve koordinasyon gerektiren hareketler etkili uygulamalar arasında yer alır.
- Direnç egzersizlerinin sensorimotor eğitim ve fonksiyonel hareketlerle bütünleştirilmesi önerilmektedir. Elastik bantlarla gerçekleştirilen düşük yüklemeli çalışmalar eklem pozisyon duyunu, kas aktivasyon sırasını ve motor yanıt organizasyonunu olumlu yönde etkiler. Bu tür müdahaleler özellikle kırılabilirliğin erken evrelerinde hareket verimliliğinin artırılmasında önemli katkı sağlar.
- Haftada 2–3 seans ve toplam 8–12 haftalık müdahale protokollerinin, nöromusküler fonksiyonlar ve kas kalitesi üzerinde belirgin gelişmeler yarattığı bildirilmektedir. Program süresinin uzatılması, motor kontrol ve postüral stratejilerde elde edilen gelişmelerin daha sürdürülebilir hale gelmesine katkı sunar.
- Egzersiz içeriklerinin günlük yaşam aktivitelerini modellemesi önerilir. Otur kalk, merdiven inip çıkma, ağırlık aktarımına dayalı denge değişiklikleri, yön değiştirme ve yürüme denge kombinasyonları fonksiyonel performansla doğrudan ilişkili oldukları için programın temel bileşenleri arasında yer almalıdır.
- Müdahale planı oluşturulurken yaşlı bireylerin sağlık durumu, komorbiditeleri ve fiziksel kapasitesi dikkate alınmalıdır. Gerektiğinde düşük şiddette başlanması ve yükün kademeli olarak artırılması, güvenli uygulamayı ve müdahale etkinliğini destekler.

Nöromusküler ve duyu motor egzersizleri, sarkopeni ve kırılabilirlikte ortaya çıkan güç kaybı, koordinasyon bozukluğu ve duyuusal geri bildirimdeki azalmayı eş zamanlı olarak hedefleyen kapsamlı bir müdahale alanıdır. Bu egzersizler motor ünite aktivasyonunu artırır, postüral kontrol mekanizmalarını güçlendirir ve denge tepkilerinin daha hızlı ve doğru şekilde verilmesini sağlar. Bu kazanımlar düşme riskinin azalmasına ve denge ile yürüme performansında belirgin iyileşmeye katkıda bulunur. Yaşlı bireylerde fonksiyonel bağımsızlığın korunması ve mobilitenin sürdürülmesi için nöromusküler ve duyu motor eğitimin direnç ve aerobik egzersizlerle bütünleşik şekilde uygulanması önerilmektedir.

7. Ev Temelli ve Teknoloji Destekli Egzersiz Programları

Ev temelli ve teknoloji destekli egzersiz programları, yaşlı erişkinlerde bağımsızlığı sürdürmek ve sarkopeni ile kırılabilirlik riskini azaltmak amacıyla giderek daha yaygın kullanılan bir yaklaşım haline gelmiştir. Bu programlar erişilebilirliği artırır, düzenli egzersiz katılımını destekler ve uzun dönemli izlem süreçlerinde sağlık hizmeti maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlayabilir. Programların etkinliği kullanılan teknolojinin niteliği, egzersiz bileşenlerinin kapsamı ve bireyin dijital yeterliliği gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık gösterebilir. Ev temelli ve dijital destekli müdahalelerle direnç, denge ve aerobik egzersizlerin büyük bölümü uygulanabilir. Teknolojik geri bildirim mekanizmaları görsel ya da işitsel uyarılarla egzersiz uyumunu artırır ve sensör tabanlı değerlendirmeler ilerlemenin objektif biçimde izlenmesine olanak tanır. Buna karşın düşük dijital okuryazarlık, sınırlı cihaz erişimi ve altyapı eksiklikleri bu tür programların uygulanabilirliğini kısıtlayan temel unsurlardır.

Mevcut çalışmalar protokolün içeriği ve yoğunluğu değişse bile ev temelli ve dijital destekli egzersiz programlarının üst ve alt ekstremitelerde kuvveti, yürüyüş hızı, denge ve fonksiyonel performans üzerinde anlamlı iyileşmeler sağladığını ve düşme sıklığını azalttığını ortaya koymaktadır. Ev temelli uygulamalarda cihaz kullanım güçlüğü ve teknik aksaklıklar tedaviye uyumu azaltabilmektedir. Buna karşılık teknoloji destekli hatırlatıcılar, geribildirim mekanizmaları ve oyunlaştırma öğeleri egzersiz devamlılığını artıran önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca grup temelli ya da etkileşimli platformlar üzerinden yürütülen tele-egzersiz ve exergame uygulamalarının fiziksel yararlar yanında sosyal katılımı ve yaşam kalitesini güçlendirdiği bildirilmektedir.

Teknoloji türleri ve yaşlılarda kanıt durumu

1. *Senkron Tele-Rehabilitasyon*

Canlı video üzerinden fizyoterapist eşliğinde yapılan seanslar anlık düzeltme ve kişiye özel uyarılama imkânı sunar. Yaşlı erişkinlerde fiziksel fonksiyon ve hasta memnuniyetini artırdığı bildirilmiştir.

2. *Asenkron Dijital Programlar ve Mobil Uygulamalar*

Önceden kaydedilmiş egzersiz videoları, adım sayar ve hatırlatıcı içeren uygulamalar geniş erişim sağlar. Ancak tek yönlü yapıları nedeniyle bazı bireylerde uyum sorunları görülebilir.

3. *Exergame ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları*

Etkileşimli oyun temelli hareketler motivasyonu artırır, denge, yürüme ve bilişsel işlevlerde gelişme sağlar. Sosyal izolasyonu yüksek yaşlı bireylerde etkileşimli sanal platformlar ek faydalar yaratır.

4. *Giyilebilir Sensörler ve Uzaktan İzleme Sistemleri*

Akselerometre, jiroskop ve diğer algılayıcılar egzersiz performansını ve uyumu objektif olarak takip eder. Yapay zekâ tabanlı analizlerle düşme riski ve hareket kalitesi değerlendirilebilir.

5. *Hibrit Modeller*

Ev temelli egzersizlerin belirli aralıklarla yapılan canlı görüşmeler veya sensör tabanlı uzaktan izleme ile desteklendiği hibrit uygulamalar hem maliyet etkinliği hem de klinik etkinliği açısından güçlü bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Uygulama Prensipleri

- Haftada 2 ile 5 seans ve her biri 20 ile 60 dakika süren, en az 12 hafta devam eden programlar önerilir. Egzersiz yoğunluğu bireyin başlangıç kapasitesine göre yapılandırılmalıdır.
- Programlar alt ekstremité kuvveti, denge, fonksiyonel yürüme ve germe bileşenlerini içeren multikomponent bir yapıya sahip olmalıdır.
- İlk değerlendirme yüz yüze ya da canlı video görüşmesiyle yapılmalıdır. Düşme riski yüksek kişilerde başlangıçta doğrudan gözetim ya da ikinci bir kişinin desteği gerekir. Dijital cihazlara erişim ve kullanım yeterliliği değerlendirme sırasında belirlenmelidir.
- Geri bildirim mekanizmaları, hedef belirleme, hatırlatıcılar ve oyunlaştırılmış içerikler tedaviye uyumu ve motivasyonu artırır.
- Düşme riski yüksek olan, akut kardiyopulmoner sorunları bulunan veya kontrolsüz hipertansiyonu olan bireylerde uzaktan yalnız egzersiz yaklaşımı uygun olmayabilir. Bu kişilerde yüz yüze değerlendirme ve yakın klinik takip gereklidir.
- Bu uygulamalar bazı etik ve güvenlik sorunlarını da beraberinde getirir. Sensör ve uygulama verilerinin korunmasına yönelik uygun güvenlik protokollerinin uygulanması ve dijital okuryazarlığın desteklenmesi kritik önem taşır.

Ev temelli ve teknoloji destekli egzersiz programları, sarkopeni ve kırılabilirliğe bağlı fonksiyonel gerilemenin yönetiminde erişilebilir ve sürdürülebilir bir müdahale seçeneği olarak değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım ulaşım gereksinimi, fiziksel kısıtlılık, düşük motivasyon ve zaman yönetimi gibi yaygın engelleri azaltarak yaşlı bireylerin egzersize düzenli katılımını kolaylaştırır. Ev ortamında uygulanan programlar kas gücü, denge ve mobilitenin günlük yaşam içine entegre edilmesini sağlar ve uzun vadede tedaviye uyumu artırır. Teknoloji destekli uygulamalar video temelli egzersiz yönergeleri, senkron veya asenkron tele-rehabilitasyon modelleri ve sensör tabanlı geribildirim sistemleri aracılığıyla egzersiz tekniğinin doğruluğunu artırır ve ilerlemenin objektif olarak izlenmesine olanak tanır. Bu yapı kişiye özgü yükleme stratejilerinin özellikle kırılabilir yaşlılarda daha güvenli biçimde uygulanmasını destekler. Mevcut literatür ev temelli ve dijital olarak desteklenmiş egzersiz programlarının kas kuvveti, denge ve yürüme hızı üzerinde anlamlı gelişmeler sağladığını ve düşme riskini azalttığını göstermektedir. Bu bulgular doğrultusunda ev temelli ve teknoloji destekli egzersiz programları, sarkopeni ve kırılabilirlik yönetiminde erişilebilirliği, sürekliliği ve fonksiyonel iyileşmeyi destekleyen etkili bir klinik yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır.

8. Yaşam Tarzı Değişikliği

Yaşam tarzı değişiklikleri, sarkopeni ve kırılabilirlik riskini azaltmada egzersiz müdahaleleri kadar önemlidir. Bu değişiklikler kas fonksiyonu, metabolizma ve genel sağlık üzerinde uzun vadeli koruyucu etki sağlar.

1. *Günlük fiziksel aktivitenin artırılması*

Yürüme, merdiven kullanımı, bahçe işi veya ev içi bakım-onarım gibi kas aktivasyonuna yol açan günlük görevler gibi düşük eforlu aktiviteler direnç gereksinimini karşılayarak kas kuvvetinin korunmasını sağlar. Bu aktivitelerin düzenli hale getirilmesi günlük hareket düzeyinin artmasına katkıda bulunur. Sedanter yaşamın sınırlandırılması ve günlük rutinelere fiziksel aktivitenin entegre edilmesi, kas güç ve kuvvet kaybını yavaşlatır.

2. *Duruş, denge ve postüral kontrolü destekleyen davranışlar*

Ayakta durma pozisyonları, tek ayak duruşu, denge odaklı duruş egzersizleri gibi basit uygulamalar sensorimotor kontrolün sürdürülmesine yardım eder. Bu davranışların düzenli uygulanması yaşlı bireylerde postüral stabilitenin artırılmasına ve düşme riskinin

azaltılmasına katkı sağlar. Bu davranışlar yaşlı bireylerde postüral stabiliteyi ve düşme riskini azaltabilir.

3. *Uyku ve toparlanma düzeninin korunması*

Düzenli ve yeterli uyku, kas onarımı ve hormon dengesi için kritik öneme sahiptir. Uyku hijyenine dikkat edilmesi kas protein sentezinin ve genel iyilik halinin desteklenmesine yardımcı olur.

4. *Yeterli ve dengeli beslenme*

Özellikle yeterli kaliteli protein alımı kas kütlesi ve fonksiyonu korumada temel bir bileşendir. Egzersizle kombine edildiğinde bu etki daha belirgindir. Ancak yalnızca beslenme desteği tek başına her zaman yeterli değildir. Makro ve mikro besin öğelerinin dengeli alınması genel metabolik işlevleri ve sağlık durumlarını olumlu etkiler.

5. *Çevresel ve güvenlik odaklı düzenlemeler*

Ev içinde düşmeyi önleyici düzenlemeler, aydınlatma ve yaşlı bireyin güvenliğini sağlayacak fiziksel çevre düzeni yaşam kalitesini korur. Bu düzenlemeler sayesinde yaşlı bireyler günlük aktivitelerini daha güvenli biçimde sürdürebilir.

6. *Psikososyal ve sosyal katılımın teşvik edilmesi*

Sosyal ilişki, grup aktiviteleri, topluluk içi etkileşimler hem bilişsel hem fiziksel olarak bireyleri destekler. Sosyal katılım motivasyonu artırır ve egzersiz sürekliliğini olumlu yönde etkiler.

7. *Teknoloji destekli araç ve yöntemlerin entegrasyonu*

Adım sayaçları, hatırlatıcılar, basit video tabanlı egzersiz içerikleri gibi dijital araçlar günlük aktiviteyi ve egzersiz uyumunu kolaylaştırır. Bu araçların kullanımı özellikle evde yaşayan yaşlı bireylerde erişilebilirliği artırır ve uygulamaların sürdürülebilirliğini destekler. Kemik ve kas sağlığı üzerine yapılan sistematik derlemeler, egzersiz ve yaşam tarzı değişikliklerinin birlikte uygulanmasının sarkopeni ve kırılabilirlik riskini anlamlı biçimde azaltabileceğini destekler.

Bu yaşam tarzı düzenlemelerinin egzersiz temelli müdahalelerle birlikte planlanması kas fonksiyonunun korunmasına, metabolik sağlığın iyileştirilmesine ve denge ile mobilitenin geliştirilmesine önemli katkılar sağlar. Böylece yaşlı bireylerde bağımsızlık, fonksiyonel kapasite ve yaşam kalitesi sürdürülebilir biçimde korunabilir.

Sonuç

Aktif yaşlanma yaklaşımı, yaşlı bireylerde sarkopeni ve kırılabilirlikle ilişkili işlevsel kayıpların önlenmesinde çok boyutlu egzersiz müdahalelerinin merkezi rolünü ortaya koymaktadır. Direnç, denge, nöromusküler, germe ve aerobik bileşenleri içeren yapılandırılmış programlar; kas kuvveti, motor kontrol, postüral stabilite ve metabolik işlevleri destekleyerek günlük yaşam aktivitelerinin daha güvenli ve bağımsız biçimde sürdürülmesine katkı sağlar. Ev temelli ve teknoloji destekli uygulamaların yaygınlaşması ise egzersize erişimi kolaylaştırmakta, müdahale sürekliliğini artırmakta ve yaşlı bireylerde kendi kendine yönetim kapasitesinin güçlenmesini desteklemektedir.

Literatür bulguları, bütüncül egzersiz yaklaşımlarının yalnızca fiziksel performansı değil, bilişsel işlevleri, yaşam kalitesini ve psikososyal iyilik halini de olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle yaşlanan nüfusta önleyici ve rehabilite edici stratejilerin, bireyin fiziksel kapasitesi, sağlık profili ve çevresel koşulları dikkate alınarak kişiselleştirilmesi önem

taşıır. Klinik takip, teknolojik destek araçları ve yaşam tarzı düzenlemeleriyle bütünleştirilen egzersiz programları, aktif yaşlanmanın temel hedefleri arasında yer alan bağımsızlık, fonksiyonellik ve toplumsal katılımın korunmasına anlamlı katkı sağlar.

Bu çerçevede, multidisipliner iş birliğine dayalı, kanıta dayalı ve sürdürülebilir egzersiz müdahalelerinin sağlık sistemlerine entegre edilmesi, yaşlı bireylerin fonksiyonel kapasitesinin korunması ve kırılganlık döngüsünün kırılması açısından kritik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19204579/>
- Andressa Crystine, da S. S., MLA, GSR, & LCF. (2025). (PDF) Effect of Flexibility Training Associated with Multicomponent Training on Posture and Quality of Movement in Physically Inactive Older Women: A Randomized Study. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010709>
- Azimi Sanavi, B., Talebpour, M., Saatchian, V., Oveysi Sani, F., & Mirakhori, F. (2025). Effects of Virtual Reality-Based Exercise Training on Risk of Falling, Walking Capacity, and Quality of Life in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis Research. *Journal of Applied Gerontology*, 07334648251362512. <https://doi.org/10.1177/07334648251362512>
- Cabroler-Molina, J., Martín-Rodríguez, A., Clemente-Suárez, V. J., Cabroler-Molina, J., Martín-Rodríguez, A., & Clemente-Suárez, V. J. (2025). The Effects of Exercise Intervention in Older Adults With and Without Sarcopenia: A Systematic Review. *Sports*, 13(5). <https://www.mdpi.com/2075-4663/13/5/152>
- Chen, N., He, X., Feng, Y., Ainsworth, B. E., & Liu, Y. (2021). Effects of resistance training in healthy older people with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European Review of Aging and Physical Activity*, 18(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s11556-021-00277-7>
- Chen, W., Li, M., Li, H., Lin, Y., & Feng, Z. (2023). Tai Chi for fall prevention and balance improvement in older adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Public Health*, 11, 1236050. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1236050>
- Concha-Cisternas, Y., Castro-Piñero, J., Vázquez-Muñoz, M., Molina-Márquez, I., Vázquez-Gómez, J., Guzmán-Muñoz, E., Concha-Cisternas, Y., Castro-Piñero, J., Vázquez-Muñoz, M., Molina-Márquez, I., Vázquez-Gómez, J., & Guzmán-Muñoz, E. (2024). Effects of Neuromuscular Training on Postural Balance and Physical Performance in Older Women: Randomized Controlled Trial. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(4). <https://www.mdpi.com/2411-5142/9/4/195>
- Corniani, G., Sapienza, S., Vergara-Diaz, G., Valerio, A., Vaziri, A., Bonato, P., & Wayne, P. M. (2025). Remote monitoring of Tai Chi balance training interventions in older adults using wearable sensors and machine learning. *Scientific Reports*, 15(1), 10444. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93979-2>
- Cruz-Jentoft, A. J., gb, jb, ob, tc, cc, & yb. (2019). *Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis | Age and Ageing | Oxford Academic*. https://academic.oup.com/ageing/article/48/1/16/5126243?utm_source=chatgpt.com
- Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for

- EWGSOP2, Bautmans, I., Baeyens, J.-P., ... Schols, J. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 48(1), 16-31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
- Çifçili, S. S. (2020). *Yaşlılarda Egzersiz | Makale | Türkiye Klinikleri*. https://www.turkiyeklinikleri.com/article/tr-yaslilarda-egzersiz-87769.html?utm_source=chatgpt.com
- da Silva Capanema, B., Fank, F., Machado Trento, M. C., Costa, D. L., da Rocha, A. R. A., & Mazo, G. Z. (2024). Home-Based Exercise Programs for the Oldest-Old to Attenuate Physical Frailty: A Scoping Review. *The Journal of Frailty & Aging*, 13(4), 369-383. <https://doi.org/10.14283/jfa.2024.41>
- Deutz, N. E. P., Bauer, J. M., Barazzoni, R., Biolo, G., Boirie, Y., Bosy-Westphal, A., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A., Krznarić, Z., Nair, K. S., Singer, P., Teta, D., Tipton, K., & Calder, P. C. (2014). *Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: Recommendations from the ESPEN Expert Group*. [https://www.clinicalnutritionjournal.com/article/S0261-5614\(14\)00111-3/fulltext](https://www.clinicalnutritionjournal.com/article/S0261-5614(14)00111-3/fulltext)
- Díez-Villanueva, P., Arizá-Solé, A., Vidán, M. T., Bonanad, C., Formiga, F., Sanchis, J., Martín-Sánchez, F. J., Ruiz Ros, V., Sanmartín Fernández, M., Bueno, H., & Martínez-Sellés, M. (2019). Recommendations of the Geriatric Cardiology Section of the Spanish Society of Cardiology for the Assessment of Frailty in Elderly Patients With Heart Disease. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 72(1), 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2018.06.035>
- Doğan, Y., Borman, P., Bilgiç, P., Öteleş, S., Haznedar, N. K., Karahan, S., Kutsal, Y. G., Doğan, Y., Borman, P., Bilgiç, P., Öteleş, S., Haznedar, N. K., Karahan, S., & Kutsal, Y. G. (2025). *Assessment of the Relationship Between Sarcopenia and Body Composition, Nutrition, Physical Performance, and Functional Status in Older Adults*. <https://doi.org/10.4274/tod.galenos.2025.26122>
- Dubbeldam, R., Stemplewski, R., Pavlova, I., Cyma-Wejchenig, M., Lee, S., Esser, P., Bentlage, E., Alcan, V., Çevik, Ö. S., Epiphaniou, E., Gallè, F., Langeard, A., Gafner, S., Ahmed, M., Bandaru, N., Erden Güner, A., Göz, E., Kara, I., Kabuk, A., ... Pelclova, J. (2025). Technology-Assisted Physical Activity Interventions for Older People in Their Home-Based Environment: Scoping Review. *JMIR Aging*, 8, e65746. <https://doi.org/10.2196/65746>
- el Hadouchi, M., Kiers, H., de Vries, R., Veenhof, C., & van Dieën, J. (2022). Effectiveness of power training compared to strength training in older adults: A systematic review and meta-analysis. *European Review of Aging and Physical Activity*, 19, 18. <https://doi.org/10.1186/s11556-022-00297-x>
- Ellen F, B., Kb, S., Aa, E., K, S.-M., M, B., Dr, S., Ke, Y., & Jo, H. (2002). Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: Results of a randomized, controlled trial. *PubMed*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12473001/?utm_source=chatgpt.com

- Fried, L., Cm, T., J, W., Ab, N., C, H., J, G., T, S., R, T., Wj, K., G, B., & Ma, M. (2001). Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11253156/>
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W. J., & Burke, G. (2001). Cardiovascular Health Study Collaborative Research. *Group*.
- Gao, B., Li, L., Shen, P., Zhou, Z., Xu, P., Sun, W., Zhang, C., & Song, Q. (2023). *Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in relieving pain and balancing knee loading during stepping over obstacles among older adults with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280941>
- Hazell, T., Kenno, K., & Jakobi, J. (2007). *Functional Benefit of Power Training for Older Adults*. <https://doi.org/10.1123/japa.15.3.349>
- Hou, L., Lei, Y., Li, X., Huo, C., Jia, X., Yang, J., Xu, R., & Wang, X.-M. (2019). Effect of Protein Supplementation Combined With Resistance Training on Muscle Mass, Strength and Function in the Elderly: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 23(5), 451-458. <https://doi.org/10.1007/s12603-019-1181-2>
- Jorge, S.-B., DGD, ID, & IBL. (2025). Effects of stretching exercise on walking performance and balance in older adults: A systematic review and meta-analysis | Request PDF. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2024.12.018>
- Julia, T., I, B., M, E., & V, S. (2020). Sarcopenia and Liver Cirrhosis-Comparison of the European Working Group on Sarcopenia Criteria 2010 and 2019. *PubMed*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32093198/?utm_source=chatgpt.com
- Kannan, L., Sahu, U., Subramaniam, S., Mehta, N., Kaur, T., Hughes, S., & Bhatt, T. (2024). Gaming-Based Tele-Exercise Program to Improve Physical Function in Frail Older Adults: Feasibility Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res* 2024;26:E56810 <https://www.jmir.org/2024/1/E56810>. <https://doi.org/10.2196/56810>
- Konrad, A., Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Anvar, S. H., Graham, A., Zahiri, A., Goudini, R., Edwards, C., Scharf, C., & Behm, D. G. (2024). Chronic effects of stretching on range of motion with consideration of potential moderating variables: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 13(2), 186-194. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.002>
- Lee, L., Jones, A., Hillier, L. M., Costa, A., Patel, T., & Parikh, R. (2022). Frailty screening in older adults: Is annual screening necessary in primary care? *Family Practice*, 39(1), 12-18. <https://doi.org/10.1093/fampra/cmab055>
- Lohmann, L. H., Zech, A., Plöschberger, G., Oraže, M., Jochum, D., & Warneke, K. (2024). *Frontiers | Acute and chronic effects of stretching on balance: A systematic review with multilevel meta-analysis*. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1451180>
- Marco, H.-L., Mi, M.-G., E, V.-G., & Fj, O.-A. (2023). Exercise Programs Combined with Diet Supplementation Improve Body Composition and Physical Function in Older Adults

with Sarcopenia: A Systematic Review. *PubMed*.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37111217/?utm_source=chatgpt.com

- Mariani, A., t, c, M, B., & P, P. (2025). Long-term effects of static stretching on the musculotendinous stiffness in older adults: A systematic review and meta-analysis | Request PDF. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01283-9>
- McCrum, C., Bhatt, T. S., Gerards, M. H. G., Karamanidis, K., Rogers, M. W., Lord, S. R., & Okubo, Y. (2022). Perturbation-based balance training: Principles, mechanisms and implementation in clinical practice. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 1015394. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.1015394>
- Minjing, L., J, L., J, X., Y, C., C, C., H, Z., Q, Z., & L, W. (2024). Graded Progressive Home-Based Resistance Combined with Aerobic Exercise in Community-Dwelling Older Adults with Sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *PubMed*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39355281/?utm_source=chatgpt.com
- Nakamura, M., Takeuchi, K., Fukaya, T., Nakao, G., Konrad, A., & Mizuno, T. (2024). Acute effects of static stretching on passive stiffness in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 117, 105256. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2023.105256>
- Orssatto, L. B. R., Bezerra, E. S., Shield, A. J., & Trajano, G. S. (2020). Is power training effective to produce muscle hypertrophy in older adults? A systematic review and meta-analysis. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(9), 1031-1040. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0021>
- Peng, D., Zhang, Y., Wang, L., & Zhang, S. (2024). Effects of over 10 weeks of resistance training on muscle and bone mineral density in older people with sarcopenia over 70 years old: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Geriatric Nursing*, 60, 304-315. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2024.09.016>
- Piotrowicz, K., Kujawska-Danecka, H., Jagiełło, K., Hajduk, A., Skalska, A., Mossakowska, M., Zdrojewski, T., Grodzicki, T., & Gąsowski, J. (2023). The national burden of frailty and disproportionate distribution of its components—the predominance of slow gait speed: A 2018–19 face-to-face epidemiologic assessment representative of population of older Poles. *Aging Clinical and Experimental Research*, 35(3), 571-579. <https://doi.org/10.1007/s40520-022-02331-5>
- Prommaban, A., Moonkayaow, S., Phinyo, P., Siviroj, P., Sirikul, W., Lerttrakarnnon, P., Prommaban, A., Moonkayaow, S., Phinyo, P., Siviroj, P., Sirikul, W., & Lerttrakarnnon, P. (2024). The Effect of Exercise Program Interventions on Frailty, Clinical Outcomes, and Biomarkers in Older Adults: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(21). <https://www.mdpi.com/2077-0383/13/21/6570>
- Radaelli, R., Taaffe, D. R., Newton, R. U., Galvão, D. A., & Lopez, P. (2021). Exercise effects on muscle quality in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 11(1), 21085. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00600-3>
- Ran, J., Yang, J., Li, N., Yang, J., Yang, W., Chen, J., Sun, P., & Liao, Y. (2025). Dose-response effects of resistance training in sarcopenic older adults: Systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, 25, 849. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-06559-4>

- Recommendations.* (2020). World Health Organization. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK566046/>
- Rivasi, G., Ceolin, L., Turrin, G., Tortu', V., D'Andria, M. F., Testa, G. D., Montali, S., Tonarelli, F., Brunetti, E., Bo, M., Romero-Ortuno, R., Mossello, E., & Ungar, A. (2024). *Prevalence and correlates of frailty in older hypertensive...: Journal of Hypertension.* https://journals.lww.com/jhypertension/fulltext/2024/01000/prevalence_and_correlates_of_frailty_in_older.10.aspx?utm_source=chatgpt.com
- Sampaio, T., Encarnação, S., Santos, O., Narciso, D., Oliveira, J. P., Teixeira, J. E., Forte, P., Morais, J. E., Vasques, C., Monteiro, A. M., Sampaio, T., Encarnação, S., Santos, O., Narciso, D., Oliveira, J. P., Teixeira, J. E., Forte, P., Morais, J. E., Vasques, C., & Monteiro, A. M. (2023). The Effectiveness of Pilates Training Interventions on Older Adults' Balance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Healthcare, 11*(23). <https://www.mdpi.com/2227-9032/11/23/3083>
- Silvo, P. S., & Ziga, K. (2024). Sensorimotor and proprioceptive exercise programs to improve balance in older adults: A systematic review with meta-analysis. *PubMed.* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38213185/>
- Sirikul, W., Buawangpong, N., Pinyopornpanish, K., & Siviroj, P. (2024). Impact of multicomponent exercise and nutritional supplement interventions for improving physical frailty in community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics, 24*, 958. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-05551-8>
- Solis-Navarro, L., Gismero, A., Fernández-Jané, C., Torres-Castro, R., Solá-Madurell, M., Bergé, C., Pérez, L. M., Ars, J., Martín-Borràs, C., Vilaró, J., & Sitjà-Rabert, M. (2022). Effectiveness of home-based exercise delivered by digital health in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Age and Ageing, 51*(11), afac243. <https://doi.org/10.1093/ageing/afac243>
- T.C. Sağlık Bakanlığı. (2014). *Türkiye Fiziksel Aktivite Rehberi.* https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-ve-hareketli-hayat-db/Dokumanlar/Rehberler/Turkiye_Fiziksel_Aktivite_Rehberi.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Toledano-Shubi, A., Shapira, A. L., Fuchsman, R., Marco, R., Hel-Or, H., & Sarig Bahat, H. (2025). Feasibility and effectiveness of physical exercise for older adults delivered remotely via videoconferencing—Systematic review and meta analysis. *Age and Ageing, 54*(6), afaf171. <https://doi.org/10.1093/ageing/afaf171>
- Velid, B., T, V., E, S., G, K., B, G., & Po, L. (2017). Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: A systematic review. *PubMed.* https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27912156/?utm_source=chatgpt.com
- Visser, D., Wattel, E. M., Gerrits, K. H. L., van der Wouden, J. C., Meiland, F. J. M., de Groot, A. J., Jansma, E. P., Hertogh, C. M. P. M., & Smit, E. B. (2022). Effectiveness and characteristics of physical fitness training on aerobic fitness in vulnerable older adults: An umbrella review of systematic reviews. *BMJ Open, 12*(5), e058056. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-058056>

- WHO. (2020). *Fiziksel aktivite ve hareketsiz yaşam: Yaşlılara destek olmak için kısa bir özet*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240064096?utm_source=chatgpt.com
- Xiaorong, B., Kg, S., Rd, O. D., O, T., W, X., Kl, S., Sl, O., C, Z., O, G., & C, C. (2022). Aerobic Exercise Combination Intervention to Improve Physical Performance Among the Elderly: A Systematic Review. *PubMed*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35058805/?utm_source=chatgpt.com
- Xinyu, Y., S, L., L, X., H, L., Y, L., X, S., J, B., S, L., Y, X., & G, G. (2024). Effects of multicomponent exercise on frailty status and physical function in frail older adults: A meta-analysis and systematic review. *PubMed*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39426607/?utm_source=chatgpt.com
- Yan, R., Chen, Y., Zhang, R., He, J., Lin, W., Sun, J., & Li, D. (2025). Optimal resistance training prescriptions to improve muscle strength, physical function, and muscle mass in older adults diagnosed with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*, 37(1), 320. <https://doi.org/10.1007/s40520-025-03235-w>
- Yang, X., Li, S., Xu, L., Liu, H., Li, Y., Song, X., Bao, J., Liao, S., Xi, Y., & Guo, G. (2024). Effects of multicomponent exercise on frailty status and physical function in frail older adults: A meta-analysis and systematic review. *Experimental Gerontology*, 197, 112604. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2024.112604>
- Yanjiao, S., Q, S., K, N., S, L., J, Y., J, H., B, D., M, B., & Q, H. (2023). Exercise for sarcopenia in older people: A systematic review and network meta-analysis. *PubMed*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37057640/?utm_source=chatgpt.com
- Yong, Y., N, P., J, L., Y, L., & Z, O. (2025). Exercise and Nutrition for Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis with Subgroup Analysis by Population Characteristics. *PubMed*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40732966/?utm_source=chatgpt.com
- Yuanji, Z., P, C., W, G., Y, W., Y, X., P, C., & J, L. (2025). Effects of different neuromuscular training modalities on balance performance in older adults: A systematic review and network meta-analysis. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40861893/>
- Zhang, S., Qian, G., Xu, H., Gu, M., Mao, S., Wang, Y., Zhang, Y., & Zhou, W. (2025). Effects of different exercise modalities on balance performance in healthy older adults: A systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Geriatrics*, 25(1), 570. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-06212-0>
- Zhao, L., Zhao, X., Dong, B., & Li, X. (2024). *Effectiveness of home-based exercise for functional rehabilitation in older adults after hip fracture surgery: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315707>

BÖLÜM 6

ERGENLERDE FİZİKSEL AKTİVİTE

Betül ERBAY¹

¹ Öğr. Gör., Bartın Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu ORCID: 0000-0002-7130-0129 berbay@bartin.edu.tr

1.GİRİŞ

Ergenlik dönemi, bireylerin hızlı büyüme ve gelişme yaşadığı, yaşam boyu sürecek alışkanlıkların temellerinin atıldığı kritik bir evredir (Li, O'Connor, O'Dwyer, & Orr, 2017). Bu dönemde düzenli fiziksel aktivite alışkanlığı kazanmak, hem mevcut sağlık durumunu iyileştirmek hem de ileriki yaşlarda sağlıklı bir yaşam sürdürmek açısından büyük önem taşır. Gerek Türkiye’de gerek dünyada ergenler arasında fiziksel hareketsizlik endişe verici boyutlardadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 5–17 yaş çocuk ve gençlerin günde en az 60 dakika orta-şiddetli fiziksel aktivite yapmasını önermektedir (Organization, 2020a). Ancak Lancet çocuk ve ergen sağlığı verilerine göre dünya genelinde ergenlerin yaklaşık %80’i önerilen düzeyde aktif değildir (Guthold, Stevens, Riley, & Bull, 2020). 105 ülkenin verilerinin incelendiği bir çalışmada ise ergenlerin yalnızca %19.8’inin haftada en az 60 dakika orta-şiddetli aktivite hedefini karşıladığı; bu oranın erkeklerde %22, kızlarda ise sadece %13 olduğu rapor edilmiştir (Marques et al., 2020).

Fiziksel aktivite eksikliği, ergenlerde bir dizi sağlık sorununa zemin hazırlayabilmektedir. Ergenlik çağında fiziksel inaktivite ve sedanter yaşam tarzı, obezite riskinin artmasına, kardiyovasküler uygunluğun azalmasına ve kas-iskelet sistemi problemlerine yol açabilir (Ekelund et al., 2016). Ek olarak son yıllarda düşük sıklıkta fiziksel aktif olmanın ergenler arasında bel ağrısı görülme sıklığını artırabileceği, yetersiz aktivitenin kondisyonsuzluğa ve postür bozukluklarına katkı sağlayarak bel ağrısı riskini yükselttiği bildirilmektedir (Costici et al., 2024). Diğer taraftan düzenli fiziksel aktivite, büyüme çağındaki bireylerde sağlığı çok boyutlu şekilde destekler; kardiyovasküler ve pulmoner sistem kapasitesini geliştirir, sağlıklı kilo kontrolünü sağlar, kemik ve kas gelişimine katkıda bulunur ve psikososyal iyilik halini artırır (Guthold et al., 2020). Ergenlik döneminde kazanılan aktif yaşam alışkanlıklarının, yetişkinlik döneminde de sürdürülme eğilimi gösterdiği bilinmektedir (Guthold et al., 2020). Dolayısıyla ergenlerde fiziksel aktivitenin teşviki, sadece o yaş grubunun sağlığını değil, gelecekteki yetişkin popülasyonun sağlık profilini de etkileyecek uzun vadeli bir yatırımdır.

2. FİZİKSEL AKTİVİTENİN TANIMI ve SINIFLANDIRILMASI

2.1. Fiziksel Aktivite

Fiziksel aktivite, en genel anlamıyla, iskelet kasları tarafından gerçekleştirilen ve enerji harcamasıyla sonuçlanan herhangi bir beden hareketi olarak tanımlanır (Organization, 2020b). DSÖ, fiziksel aktivite kavramının sadece egzersiz ya da spor gibi planlı etkinlikleri değil, günlük yaşamda yapılan tüm hareketleri kapsadığını vurgulamaktadır (Organization, 2020b). Buna göre fiziksel aktivite; kişinin boş zamanlarında yaptığı yürüyüş, koşu, bisiklete binme gibi etkinlikleri, ulaşım amacıyla yürüme ya da pedal çevirme gibi faaliyetleri, ev ve iş ortamındaki bedensel uğraşları da içerir. Önemli olan, vücudun hareket etmesi ve enerji harcamasıdır. Bu yönüyle fiziksel aktivite, sedanter davranışların tersine, vücudun fizyolojik yüklenme yaşadığı dinamik bir durumu ifade eder.

Sedanter davranış fiziksel aktivitenin tersine, uyanıklık hâlinde olunan zamanlarda oturma, yaslanma veya uzanma pozisyonunda, çok düşük enerji harcamasıyla (genellikle $\leq 1,5$ MET) sürdürülen davranışları ifade eder (Tremblay et al., 2017). Televizyon izleme, bilgisayar ve akıllı telefon kullanımı, uzun süreli ders çalışma ya da oyun oynama sırasında hareketsiz

kalma gibi etkinlikler sedanter davranış örnekleri arasında yer alır. Gün içinde önerilen düzeyde fiziksel aktiviteye katılsa bile, uzun süreli sedanter kalıplara sahip bireylerde metabolik risklerin, kardiyovasküler sorunların ve kas-iskelet sistemi şikâyetlerinin artabildiği gösterildiğinden, ergenlerin değerlendirilmesinde yalnızca “ne kadar hareket ettikleri” değil, aynı zamanda “ne kadar süre hareketsiz kaldıkları” da dikkate alınmalıdır (Tremblay et al., 2011).

Fiziksel aktivite terimini egzersiz kavramından ayırmak da yerinde olacaktır. Egzersiz, fiziksel aktivitenin özel bir alt türü olup genellikle belirli bir amaca yönelik, planlı, yapılandırılmış ve tekrarlı vücut hareketlerini içerir (Organization, 2020b). Egzersizin amacı genellikle fiziksel uygunluğu artırmak, performansı geliştirmek veya sağlık kazançları elde etmektir. Buna karşılık fiziksel aktivite kavramı, egzersizi de içine alan daha geniş bir çerçevedir. Bir genç gün içinde merdiven çıkarken, okulda teneffüste bahçede oynarken veya ev işlerinde yardım ederken de fiziksel olarak aktif olmaktadır. Dolayısıyla, her egzersiz bir fiziksel aktivitedir ancak her fiziksel aktivite egzersiz olmak zorunda değildir.

DSÖ halk sağlığını korumak amacıyla farklı yaş grupları için asgari fiziksel aktivite önerileri sunmuştur. 5-17 yaş arası çocuk ve ergenlerin günde en az 60 dakika orta-şiddetli düzeyde fiziksel aktivite yapmaları, bu sürenin büyük bölümünün aerobik aktivitelerden oluşması ve haftada en az 3 gün kas ve kemik güçlendirici aktivitelerin eklenmesi önerilmektedir (Organization, 2020b). Hafif şiddetli fiziksel aktivite, yavaş tempolu yürüyüş ve hafif ev işleri gibi, enerji harcaması düşük günlük hareketleri ifade eder. Orta şiddetli fiziksel aktivite, solunum ve kalp hızını belirgin olarak artıran ancak konuşmayı sürdürebilmeye olanak tanıyan tempolu yürüyüş, bisiklete binme, hafif koşu ve dans etme gibi etkinlikleri kapsar. Yüksek şiddetli fiziksel aktivite ise nefes nefese kalmaya neden olan, kalp hızını belirgin düzeyde yükselten ve kısa sürede yorgunluk oluşturan hızlı koşu, yüzme yarışları ve futbol/basketbol gibi süregelen efor gerektiren sporları içermektedir. Hafif aktiviteler sedanter yaşama göre daha yararlı olmakla birlikte, sağlık kazanımları açısından esas hedef orta ve üzeri şiddette fiziksel aktivitedir. Bu nedenle çocuk ve ergenler için yönergelerde, günde en az 60 dakika “orta-şiddetli fiziksel aktivite”nin sürdürülmesi önerilmektedir (Organization, 2020b).

2.2. Fiziksel Aktivitenin Sınıflandırılması

Fiziksel aktiviteyi farklı kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür. Genel olarak dört temel sınıflandırma ölçütü sayılabilir: şiddet , süre, tür ve yapıma ortamı (bağlam) (Garber et al., 2011).

2.2.1.Şiddetine Göre Fiziksel Aktivite: Hafif, orta ve yüksek şiddetli olarak üçe ayrılır. Bu sınıflama genellikle aktivitenin sırasında harcanan enerjinin düzeyiyle ilişkilidir. Literatürde metabolik eşdeğer terimi (MET) kullanılarak da bir aktivitenin şiddeti tanımlanabilir; örneğin orta şiddetli aktiviteler yaklaşık 3-6 MET arasında enerji harcaması gerektirirken, yüksek şiddetli aktiviteler 6 MET ve üzerinde enerji harcar (Garber et al., 2011). Ergenlik çağındaki bireyler için oyun oynama, beden eğitimi dersinde yapılan egzersizler veya spor antrenmanları aktivitenin şiddetine göre değişkenlik gösterir. Örneğin beden eğitimi dersinde esneme-germe hareketleri hafif düzeyde kalırken, bir basketbol maçı yüksek şiddetli aktivite sayılabilir.

2.2.2. Süresine ve Sıklığına Göre Fiziksel Aktivite: Yapılan aktivitenin tek seferde ne kadar sürdüğüne ve haftada kaç gün yapıldığına göre sınıflandırılabilir. Örneğin, kısa süreli ama sık yapılan aktiviteler (örneğin her gün 10 dakikalık egzersizler) ile daha seyrek fakat uzun

sürekli aktivitelerin (haftada 2 gün birer saat spor yapmak gibi) vücut üzerindeki etkileri farklı olabilir. Genel sağlık için önerilen, aktivitelerin hem yeterli süreye ulaşması hem de haftanın çoğu gününe yayılmasıdır (Organization, 2020b).

2.2.3. Türüne Göre Fiziksel Aktivite: Güncel çocuk ve ergen fiziksel aktivite yönergeleri, fiziksel aktivitenin türünü fizyolojik etkilerine ve hedeflenen adaptasyonlara göre tanımlamaktadır. DSÖ 5–17 yaş aralığındaki bireyler için fiziksel aktiviteyi üç temel kategoride ele almaktadır (Organization, 2020b): aerobik aktiviteler, kas güçlendirici (dirençli) egzersiz eğitimi ve kemik güçlendirici aktiviteler. Bu sınıflandırma, ergenlik döneminin kardiyorespiratuvar, nöromüsküler ve iskelet gelişimini desteklemeyi amaçlamaktadır.

- **Aerobik egzersizler:** Büyük kas gruplarını ritmik, süreklilik gösteren ve orta ile yüksek şiddet aralığında çalıştırarak kalp ve solunum hızında belirgin artış oluşturan dayanıklılık temelli hareketlerdir. Koşu, yüzme, tempolu yürüyüş, bisiklet ve çeşitli takım sporları bu kategoriye örnek olarak verilebilir (Piercy et al., 2018). Kılavuzları, ergenlerin çoğu gün toplam en az 60 dakika orta-şiddetli veya yüksek şiddetli aerobik aktivite gerçekleştirmesini önermektedir; ayrıca haftada en az üç gün yüksek şiddetli aerobik aktivitelerin bulunması gerektiği vurgulanmaktadır (Organization, 2020b; Piercy et al., 2018).
- **Kas güçlendirici (dirençli) egzersizler:** Kasların vücut ağırlığı, serbest ağırlıklar, elastik bantlar veya makine ağırlıkları gibi dış bir dirence karşı kasılarak kuvvet ve dayanıklılık kazanmasını hedefleyen egzersizlerden oluşur. Şınav, çömelme, çekme-itme hareketleri, elastik bantlarla yapılan çalışmalar ve serbest ağırlıklarla yapılan egzersizler bu kapsama dahildir. Yönergelere göre ergenlerin haftada en az üç gün kas güçlendirici aktiviteleri uygulaması önerilmektedir (Organization, 2020b; Piercy et al., 2018).
- **Kemik güçlendirici egzersizler:** İskelet sistemine tekrarlayan mekanik yük bindiren hareketleri içerir. Sıçrama, koşma, basketbol ve voleybol gibi yön değiştirme içeren sporlar bu kapsamda değerlendirilmektedir. Kılavuzlar, bu tür aktivitelerin özellikle büyüme çağındaki kemik mineralizasyonuna katkısı nedeniyle haftada en az üç gün fiziksel aktivite programına dahil edilmesini önermektedir (Organization, 2020b; Piercy et al., 2018).

Bu üçlü sınıflandırma, ergenlerde fiziksel aktivitenin yalnızca enerji harcaması boyutuyla değil, aynı zamanda kas-iskelet gelişimi, kardiyorespiratuvar uygunluk ve nöromüsküler kontrol gibi çok boyutlu sağlık çıktılarıyla ilişkilendirilmesini sağlamaktadır. Esneklik egzersizleri ise literatürde fiziksel uygunluğun tamamlayıcı bileşenleri arasında yer almakla birlikte, çocuk ve ergen kılavuzlarında zorunlu bir ana kategori olarak tanımlanmamaktadır; daha çok genel hareket çeşitliliğini destekleyen yardımcı bir bileşen olarak görülmektedir (Organization, 2020b).

2.2.4. Yapıldığı Ortama veya Amaca Göre Fiziksel Aktivite: Günlük yaşam aktiviteleri, iş/okul kaynaklı aktiviteler, ulaşım amaçlı aktiviteler ve boş zaman/rekreasyonel aktiviteler şeklinde sınıflandırılabilir (Organization, 2020b). Ergenler için boş zamanlarında yaptıkları spor, oyun ve egzersizler önemli bir yer tutarken, okula yürüyerek gidip gelme gibi ulaşım temelli aktiviteler de toplam hareket düzeyine katkıda bulunur. Okul çağı gençlerinde beden eğitimi dersleri ve okul sporları da önemli fiziksel aktivite fırsatlarıdır. Bunun yanı sıra evde yapılan ev işleri, bahçe işleri gibi günlük yaşam uğraşları da hafif-orta düzeyde fiziksel aktivite sağlayabilir.

Sonuç olarak, fiziksel aktivite çok boyutlu bir kavram olup her ergenin günlük yaşamında farklı biçimlerde yer alabilir. Bir fizyoterapist veya sağlık profesyoneli, bir gencin fiziksel aktivite düzeyini değerlendirirken bu farklı boyutları (şiddet, süre, tür, ortam) dikkate alarak kapsamlı bir değerlendirme yapmalıdır. Böylece, gencin ihtiyaçlarına ve yaşam koşullarına uygun, sürdürülebilir bir aktif yaşam planı önerilebilir.

3. ERGENLERDE FİZİKSEL AKTİVİTENİN ETKİLERİ

Fiziksel aktivitenin ergenlik dönemindeki bireyler üzerindeki etkileri çok boyutlu olup fizyolojik, psikolojik ve sosyal boyutlarda ele alınmaktadır (Poitras et al., 2016). Ergenlik, büyüme sürecinin devam ettiği, bedensel ve ruhsal değişimlerin yoğun yaşandığı bir dönem olduğundan, bu çağda gerçekleştirilen düzenli fiziksel aktivitenin etkileri hem anlık hem de ileriki yıllara yansıyan şekilde görülebilir.

3.1. Fizyolojik Etkiler

Fiziksel aktivitenin ergen sağlığına birçok olumlu fizyolojik etkisi vardır. Düzenli aktiviteler kardiyorespiratuar uygunluğu geliştirir; kan basıncı, lipid profili ve insülin duyarlılığı iyileşir (Kumar, Robinson, & Till, 2015). Aerobik aktiviteler miyokardı ve dolaşım sistemini güçlendirir, istirahat kalp atım hızı ve kan basıncı üzerinde olumlu etkileri vardır (van Sluijs et al., 2021). Metabolik sendrom bileşenlerine (bel çevresi, kan şekeri, kan yağları, tansiyon) dair risk faktörleri, aktif bir yaşam süren gençlerde sedanter akranlarına göre daha düşük seyretmektedir (Ekelund et al., 2012). Warburton ve Bredin'in araştırmasına göre çocukluk ve ergenlikte başlayan düzenli fiziksel aktivite, yaşam boyu sürdürüldüğünde kardiyovasküler hastalıklardan kaynaklı ölümleri anlamlı oranda azaltmaktadır (Warburton & Bredin, 2017). Aynı zamanda vücut ağırlığı ve yağ oranı üzerinde de fiziksel aktivitenin etkisi büyüktür. Hareketli bir yaşam süren ergenlerde kilonun boya göre dengeli dağıldığı, beden kitle indeksinin normal sınırlarda kaldığı ve yağ kitlesinin daha düşük olduğu gösterilmiştir (Jiménez-Pavón, Kelly, & Reilly, 2010; Ortega, Ruiz, & Castillo, 2013).

Kemik sağlığı açısından ergenlik kritik bir dönemdir. Kemik mineral yoğunluğu bu dönemde hızla artar ve doruk kemik kütlesi denilen en yüksek seviyesine genellikle geç ergenlik ve genç erişkinlikte ulaşır (Baxter-Jones, Faulkner, Forwood, Mirwald, & Bailey, 2011). Fiziksel aktivitenin, özellikle ağırlık taşıyan aktivitelerin (koşma, zıplama, takım sporları gibi), ergenlerde kemik oluşumunu teşvik ettiği ve kemik mineral yoğunluğunu yükselttiği bilinmektedir (Baxter-Jones et al., 2011). Ergenlik döneminde yönelik egzersiz girişimlerini inceleyen bir meta-analiz, uygulanan programların toplam kemik mineral içeriğini ve kemik mineral yoğunluğunu anlamlı düzeyde artırdığını; özellikle yüklenmeye maruz kalan lomber omurga ve femur boynu bölgelerinde kemik mineral yoğunluğunda belirgin artışlar sağladığını göstermiştir (Zhang et al., 2024). Bu kazanımlar, ilerleyen yaşlarda osteoporoz gelişme riskini azaltabilecek bir "kemik bankası" oluşturma açısından son derece değerlidir.

Ergenlikte hızlı boy uzaması ve vücut proporsiyonlarındaki değişimler, duruş bozukluklarına yatkınlığı artırmaktadır. Bu dönemde düzenli fiziksel aktivite ve özellikle sırt, karın ve core kaslarını güçlendiren egzersizler, omurganın doğru hizalanmasını destekleyerek kifoz, lordoz ve bel ağrısı riskini azaltır (Kdra, Plandowska, Kdra, & Czaprowski, 2021). Buna karşılık sedanter yaşam, uzun süre oturma ve ekran kullanımı; kas zayıflığı, postürel

bozukluklar ve bel ağrısı ile ilişkilidir (Bento et al., 2020). Orta düzeyde, dengeli ve düzenli fiziksel aktivitenin ergenlerin omurga sağlığı için koruyucu olduğu, hem yetersiz hareketliliğin hem de aşırı/tek yönlü spor yüklenmelerinin risk oluşturduğu bildirilmektedir (Costici et al., 2024).

Ergenlik, temel motor becerilerin karmaşık spor becerilerine dönüştüğü, koordinasyon ve denge gibi yetilerin geliştiği bir dönemdir. Çocukluk çağında kazanılan temel motor beceriler (koşma, atlama, yakalama, fırlatma vb.), ergenlikte daha ileri seviye becerilere (sportif teknikler, takım oyunlarında stratejik hareketler) evrilir (Goodway, Ozmun, & Gallahue, 2019). Düzenli fiziksel aktivite, bu motor gelişim sürecini destekler. Aktif ergenler, sedanter yaşlıtlarına göre el-göz koordinasyonu, reaksiyon süresi, denge ve çeviklik gibi alanlarda daha iyi performans gösterebilirler (Lopes, Rodrigues, Maia, & Malina, 2011). Fiziksel olarak aktif olmak, nöromüsküler sisteme sürekli pratik ve uyaran sağladığından, beceri öğrenimi ve motor hafıza süreçlerini de olumlu etkiler. İyi gelişmiş denge-koordinasyon ve kuvvet, ileride oluşabilecek spor yaralanmalarının veya düşmelerin önlenmesine yardımcı olur. Sonuç olarak ergenlikte fiziksel aktivite sadece o anki sağlık için değil, uzun vadede fonksiyonel bağımsızlık ve hareket güvenliği için de yatırımdır.

3.2. Psikolojik ve Bilişsel Etkiler

Fiziksel aktivitenin ergenlerin zihinsel sağlığı ve bilişsel işlevleri üzerindeki olumlu etkileri, son yıllarda giderek artan bilimsel kanıtlarla desteklenmektedir. Düzenli fiziksel aktivitenin, ergenlerde depresyon ve anksiyete belirtilerini azaltmaya yardımcı olduğu, stresle başa çıkmayı kolaylaştırdığı ve genel ruh halini iyileştirdiği birçok çalışma tarafından ortaya konmuştur (Biddle, Ciacconi, Thomas, & Vergeer, 2019; Pascoe & Parker, 2019). Egzersizin beyinde endorfin ve serotonin gibi nörotransmitterlerin salınımını artırarak “iyi olma hali” yarattığı, bunun da gençlerde kendini daha enerjik ve mutlu hissetmeye yol açtığı bilinmektedir (Dishman et al., 2006). Donnelly ve arkadaşlarının 50’den fazla çalışmayı kapsayan derlemesinde, fiziksel aktivitenin çocuk ve ergenlerde depresyon ve anksiyete riskini azaltırken, özsaygı ve genel yaşam memnuniyetini artırdığı vurgulanmıştır (Donnelly et al., 2016).

Bilişsel işlevler açısından bakıldığında, fiziksel aktivitenin ergenlik dönemindeki beyin yapısı ve işlevi üzerinde anlamlı düzeyde olumlu etkiler gösterdiği bildirilmektedir. Ergenlik, beynin özellikle prefrontal korteks gibi bölgelerinde yeniden yapılanmanın sürdüğü, yürütücü işlevlerin (planlama, karar verme, dikkat) geliştiği bir dönemdir (Blakemore & Choudhury, 2006). Araştırmalar, düzenli spor yapan ergenlerin bilişsel testlerde ve akademik görevlerde daha iyi performans gösterebildiğini ortaya koymaktadır (Donnelly et al., 2016). Fiziksel aktivite beyne giden kan akımını artırarak nöroplastisiteyi teşvik eder; nörotrofik faktörlerin (BDNF gibi) salınımını yükselterek sinir hücreleri arası bağlantıları güçlendirir. Bu biyolojik mekanizmalar sayesinde öğrenme ve hafıza süreçleri desteklenir (Donnelly et al., 2016). DSÖ de çocuk ve ergenlerde düzenli hareket etmenin bilişsel gelişimi ve okul başarısını olumlu etkilediğini belirtmektedir (Organization, 2020b).

Ergenlik döneminde bireyin benlik algısı ve özgüveni hassas bir konudur. Fiziksel aktiviteye katılım, ergenlerin kendilerine güvenini ve özsaygısını artırmada önemli bir araç olabilir. Spor yaparken belli beceriler edinmek, fiziksel güç ve görünüm kazanmak, takım içinde kendine bir rol bulmak gibi deneyimler bireylere başarı hissi ve aidiyet duygusu verir. Araştırmalar, düzenli egzersiz yapan ergenlerin beden memnuniyetlerinin ve kendilerine dair pozitif algılarının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Biddle & Asare, 2011; Bowker, 2006). Fiziksel aktivite ayrıca öz-yeterlik duygusunu da pekiştirir (McAuley & Blissmer, 2000). Bir

hedefe yönelik çalışıp başarmak (örneğin ilk kez 5 km koşabilmek, basketbol maçında skor yapmak), bireylere emek vererek bir řeyi başarabileceği mesajını iletir. Bu da hayatın diğer alanlarına genellenebilecek bir psikolojik sermaye oluşturur. Özel olarak tasarlanmış fiziksel aktivite programları gençlerde öz kavram, sosyal davranışlar ve öz-yeterlik gibi psikososyal çıktılarda iyileşme sağlayabilmektedir (Fernández-Bustos, Infantes-Paniagua, Cuevas, & Contreras, 2019). Bu kazanımlar, bireylerin gelecekte de fiziksel olarak aktif kalma olasılığını artırır. Çünkü kişi kendi bedenine ve yapabildiklerine güvendike spor yapmaktan keyif alır hale gelir.

3.3. Sosyal Etkiler

Ergenlik, bireyin sosyal kimliğinin oluştuğu, akran ilişkilerinin ve toplumsal etkileşimlerin belirgin biçimde yoğunlaştığı kritik bir gelişim dönemidir. Bu bağlamda fiziksel aktivite ve spor katılımı, ergenlerin sosyal gelişiminde önemli bir araç olarak değerlendirilmekte; iletişim kurma, iş birliği yapma, takım üyesi olma, kurallara uyma ve liderlik sergileme gibi sosyal becerilerin yapılandırılmış fiziksel aktivite ortamlarında doğal biçimde pekişmesine katkı sağlamaktadır (Bailey, 2006). Bu süreç, hem akranlar arası etkileşimi artırmakta hem de gençlerin sosyal yeterlik ve aidiyet duygusunu desteklemektedir.

Fiziksel aktivite ortamları aynı zamanda liderlik ve sorumluluk becerilerinin gelişmesine katkı sağlar. Takım kaptanlığı ya da organizasyon rolü üstlenen gençler; grup yönetimi, motivasyon sağlama ve çatışma çözme gibi deneyimler kazanır. Bu tür erken dönem liderlik fırsatlarının, bireylerin ileri yaşamlarında özgüven ve inisiyatif alma davranışlarına olumlu yansıdığı bildirilmektedir (Erdilanta & Ma'mun, 2025).

Sporun sosyal bağlantılar kurmayı kolaylaştırdığı, akran ilişkilerini güçlendirdiği ve sosyal izolasyonu azalttığı da gösterilmiştir (Eime, Young, Harvey, Charity, & Payne, 2013). Spor kulüplerine katılan veya grup egzersizleri yapan gençler, ortak ilgi alanları etrafında arkadaşlıklar geliştirir ve aidiyet hissi kazanırlar. Ayrıca fiziksel aktiviteye düzenli katılımın riskli davranışlardan uzak durmaya yardımcı olduğu, yapılandırılmış spor ortamlarının koruyucu bir sosyal çerçeve sunduğu ifade edilmektedir (Donnelly et al., 2016).

Sonuç olarak, ergenlerde fiziksel aktivite sosyal yönden şu kazanımları destekler: iletişim becerileri, takım çalışması, liderlik, disiplin, arkadaşlık ve sosyal aidiyet. Bu nedenle, bir ergene egzersiz veya aktivite önerirken onun bunları sosyal bir çevrede yapmasını teşvik etmek, hem devamlılık açısından motive edici olacak hem de bireyin sosyal gelişimine katkı sağlayacaktır. Fiziksel aktivite, sağlıklı bir bedenin yanı sıra sağlıklı sosyal ilişkiler ve toplumla bütünleşme açısından da bir araçtır.

4. SONUÇ

Ergenlik, hem biyolojik hem psikososyal açıdan hızla değişimin yaşandığı ve yaşam boyu sürecek davranış örüntülerinin yerleştiği bir dönemdir. Bu dönemde fiziksel aktivitenin düzenli olarak sürdürülmesi; büyüme ve gelişmenin sağlıklı ilerlemesi, kronik hastalık risk profiline olumlu yönde şekillenmesi ve yetişkinlikte de sürdürülebilecek aktif yaşam alışkanlıklarının kazanılması bakımından stratejik bir önem taşır. Fiziksel aktivitenin yalnızca spor salonu ya da organize sporla sınırlı olmadığı, günlük yaşamın farklı bağlamlarında (okul, ulaşım, boş zaman, ev içi uğraşlar) yer alan tüm hareketli davranışları kapsadığı unutulmamalıdır.

Ergenlere yönelik fiziksel aktivite programlarının planlanmasında, aktivitenin şiddeti, süresi, türü ve yapıldığı ortamın birlikte değerlendirilmesi gerekir. Aerobik, kas güçlendirici ve kemik sağlığını destekleyici bileşenleri içeren, yaşa uygun ve kademeli olarak ilerleyen programlar; kardiyorespiratuvar kapasiteyi, vücut kompozisyonunu, kemik-mineral kazanımını, postür ve motor performansı aynı anda destekleyebilir. Bunun yanı sıra, fiziksel aktivitenin ruh sağlığı, bilişsel işlevler, benlik algısı ve öz-yeterlik üzerindeki olumlu etkileri, ergenlerin eğitim yaşantısı ve günlük işlevselliğiyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle hareketli yaşam, yalnızca “daha fit olmak” değil, zihinsel ve duygusal dayanıklılığı da güçlendiren temel bir sağlık bileşeni olarak görülmelidir.

Son olarak, fiziksel aktivite ortamlarının güçlü bir sosyal öğrenme sahası sunduğu göz ardı edilmemelidir. Takım sporları ve grup temelli egzersizler, gençlerin iletişim, iş birliği, liderlik, sorumluluk ve kurallara uyum gibi toplumsal yaşam için kritik becerilerini deneyimleyerek geliştirmelerine olanak tanır; akran desteğini artırarak aidiyet hissini güçlendirir ve riskli davranışlara karşı koruyucu bir zemin oluşturur. Bu çerçevede fizyoterapistler, beden eğitimi öğretmenleri ve diğer sağlık profesyonelleri, ergenlerle çalışırken fiziksel aktiviteyi biyolojik, psikolojik ve sosyal boyutları birlikte ele alan bütüncül bir yaklaşımın merkezine yerleştirmeli; gençleri hem bireysel hem de sosyal açıdan zenginleştiren, sürdürülebilir hareket fırsatlarıyla buluşturmalıdır.

KAYNAKLAR

- Bailey, R. (2006). Physical education and sport in schools: A review of benefits and outcomes. *Journal of school health*, 76(8), 397-401.
- Baxter-Jones, A. D., Faulkner, R. A., Forwood, M. R., Mirwald, R. L., & Bailey, D. A. (2011). Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, 26(8), 1729-1739.
- Bento, T. P. F., Cornelio, G. P., de Oliveira Perrucini, P., Simeão, S. F. A. P., de Conti, M. H. S., & de Vitta, A. (2020). Low back pain in adolescents and association with sociodemographic factors, electronic devices, physical activity and mental health. *Jornal De Pediatria (Versão Em Português)*, 96(6), 717-724.
- Biddle, S. J., & Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *British journal of sports medicine*, 45(11), 886-895.
- Biddle, S. J., Ciaccioni, S., Thomas, G., & Vergeer, I. (2019). Physical activity and mental health in children and adolescents: An updated review of reviews and an analysis of causality. *Psychology of sport and exercise*, 42, 146-155.
- Blakemore, S. J., & Choudhury, S. (2006). Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition. *Journal of child psychology and psychiatry*, 47(3-4), 296-312.
- Bowker, A. (2006). The relationship between sports participation and self-esteem during early adolescence. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 38(3), 214.
- Costici, E., De Salvatore, S., Oggiano, L., Sessa, S., Curri, C., Ruzzini, L., & Costici, P. F. (2024). The Impact of Physical Activity on Adolescent Low Back Pain: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(19), 5760.
- Dishman, R. K., Berthoud, H. R., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., . . . Hillman, C. H. (2006). Neurobiology of exercise. *Obesity*, 14(3), 345-356.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etner, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., . . . Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197.
- Eime, R. M., Young, J. A., Harvey, J. T., Charity, M. J., & Payne, W. R. (2013). A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: informing development of a conceptual model of health through sport. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(1), 98.
- Ekelund, U., Luan, J. a., Sherar, L. B., Esliger, D. W., Griew, P., Cooper, A., & Collaborators, I. C. s. A. D. (2012). Moderate to vigorous physical activity and sedentary time and cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *Jama*, 307(7), 704-712.
- Ekelund, U., Steene-Johannessen, J., Brown, W. J., Fagerland, M. W., Owen, N., Powell, K. E., . . . Lee, I.-M. (2016). Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *The Lancet*, 388(10051), 1302-1310.
- Erdilanita, U., & Ma'mun, A. (2025). *The role of sports participation on social skill development in early childhood and adolescence*. Paper presented at the International Seminar of Sport and Exercise Science (ISSES 2024).
- Fernández-Bustos, J. G., Infantes-Paniagua, Á., Cuevas, R., & Contreras, O. R. (2019). Effect of physical activity on self-concept: Theoretical model on the mediation of body image and physical self-concept in adolescents. *Frontiers in psychology*, 10, 1537.

- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., . . . Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.
- Goodway, J. D., Ozmun, J. C., & Gallahue, D. L. (2019). Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults. (No Title).
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1· 6 million participants. *The lancet child & adolescent health*, 4(1), 23-35.
- Jiménez-Pavón, D., Kelly, J., & Reilly, J. J. (2010). Associations between objectively measured habitual physical activity and adiposity in children and adolescents: Systematic review. *International Journal of Pediatric Obesity*, 5(1), 3-18.
- Kędra, A., Plandowska, M., Kędra, P., & Czaprowski, D. (2021). Physical activity and low back pain in children and adolescents: a systematic review. *European Spine Journal*, 30(4), 946-956.
- Kumar, B., Robinson, R., & Till, S. (2015). Physical activity and health in adolescence. *Clinical Medicine*, 15(3), 267-272.
- Li, J. W., O'Connor, H., O'Dwyer, N., & Orr, R. (2017). The effect of acute and chronic exercise on cognitive function and academic performance in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(9), 841-848.
- Lopes, V. P., Rodrigues, L. P., Maia, J. A., & Malina, R. M. (2011). Motor coordination as predictor of physical activity in childhood. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(5), 663-669.
- Marques, A., Henriques-Neto, D., Peralta, M., Martins, J., Demetriou, Y., Schönbach, D. M., & Gaspar de Matos, M. (2020). Prevalence of physical activity among adolescents from 105 low, middle, and high-income countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3145.
- McAuley, E., & Blissmer, B. (2000). Self-efficacy determinants and consequences of physical activity. *Exercise and sport sciences reviews*, 28(2), 85-88.
- Organization, W. H. (2020a). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour.
- Organization, W. H. (2020b). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*: World Health Organization.
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., & Castillo, M. J. (2013). Physical activity, physical fitness, and overweight in children and adolescents: evidence from epidemiologic studies. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*, 60(8), 458-469.
- Pascoe, M. C., & Parker, A. G. (2019). Physical activity and exercise as a universal depression prevention in young people: A narrative review. *Early intervention in psychiatry*, 13(4), 733-739.
- Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., . . . Olson, R. D. (2018). The physical activity guidelines for Americans. *Jama*, 320(19), 2020-2028.
- Poitras, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J.-P., Janssen, I., . . . Kho, M. E. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(6), S197-S239.
- Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., . . . Chinapaw, M. J. (2017). Sedentary behavior research network (SBRN)–terminology consensus project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 75.

- Tremblay, M. S., LeBlanc, A. G., Kho, M. E., Saunders, T. J., Larouche, R., Colley, R. C., . . . Gorber, S. C. (2011). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8(1), 98.
- van Sluijs, E. M., Ekelund, U., Crochemore-Silva, I., Guthold, R., Ha, A., Lubans, D., . . . Katzmarzyk, P. T. (2021). Physical activity behaviours in adolescence: current evidence and opportunities for intervention. *The Lancet*, 398(10298), 429-442.
- Warburton, D. E., & Bredin, S. S. (2017). Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Current opinion in cardiology*, 32(5), 541-556.
- Zhang, W., Wang, X., Liu, Y., He, Q., Ding, Q., Mei, J., & Li, X. (2024). Effects of exercise on bone mass and bone metabolism in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 15, 1512822.

BÖLÜM 7

SANAL GERÇEKLİK EĞİTİMİNİN NÖROLOJİK REHABİLİTASYONDA KULLANIMI

Rabia ÇELİKEL¹ , Sonay GÜRÜHAN²

¹ Dr. Öğr. Üyesi. Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Bitlis, Türkiye rcelikel@beu.edu.tr ORCID: 0000 0002 8498 1293

² Dr. Öğr. Üyesi. Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Bitlis, Türkiye sguruhan@beu.edu.tr ORCID: 0000-0002-1354-9794

Giriş

Son dönemde Sanal Gerçeklik (VR) teknolojileri; bilişsel performansın incelenmesi, ölçülmesi ve iyileştirilmesi amacıyla kullanılan etkili bir dijital araç olarak değer görmektedir. Rehabilitasyonun henüz tam anlamıyla keşfedilmemiş kullanım alanlarından biri olan VR teknolojileri, fiziksel veya zihinsel beceri kaybı yaşayan bireylerin bu kapasitelerini yeniden kazanmalarını desteklemektedir. Bu teknoloji, kişilerin farklı duyuşsal uyarılarla zenginleştirilmiş ortamlarda etkileşim kurmasını sağlayarak, gerçek yaşam riskleriyle karşı karşıya kalmadan performanslarının anlık geri bildirimlerle değerlendirilebilmesine olanak tanımaktadır. Simülasyon tabanlı VR platformları, bireylerin gerçek hayatta maruz kalabilecekleri koşulları taklit eden aktiviteler içerisinde bulunmalarına imkân verirken; aynı zamanda kullanıcı performansını hassas bir biçimde kayıt altına alarak terapötik uyarımı artırmak için de kullanılabilir.

Sağlık alanında VR'nın bazı uygulamaları, bireyi tercih ettiği sanal ortama yerleştirerek ağrı, stres veya dikkatin dağılması gibi durumları azaltmayı amaçlamakta; bu da kişinin yaşam kalitesinin ve psikolojik iyilik hâlinin artmasına katkı sunmaktadır. Bunun yanında, bilişsel eğitim amacıyla geliştirilen VR tabanlı oyunlar, zihinsel işlevlerin çalışmasına imkân sağlarken, gerekli görülen fiziksel egzersiz unsurlarıyla bütünleştirilebilmektedir. Bu alandaki en kapsamlı uygulama ise nörolojik rehabilitasyona yönelik olarak tasarlanan VR çözümleridir. Bu uygulamalarda, işlevsel hedefler etkileşimli sanal oyunlara gömülü şekilde sunulur ve hastalar, motor yolların yeniden organizasyonunu destekleyecek eğlenceli, motive edici ve tekrarlanabilir görevlerle terapötik süreç yaşarlar. Örneğin; beyin hasarı sonrası bireyin sürüş becerisinin yeniden değerlendirilmesi, bilişsel, motor ve duyuşsal fonksiyonların birlikte ele alındığı karmaşık bir VR rehabilitasyon senaryosu oluşturabilir. Bir diğer örnek, sınıf ortamının dijital olarak modellenmesiyle dikkat performansının değerlendirilmesidir; burada öğretmen, sınıf düzeni, dış uyarılar gibi dikkat dağıtıcı unsurlar kontrollü bir şekilde değiştirilerek çocukların performansı analiz edilebilmektedir (Weber, 2019).

Bununla birlikte, VR uygulamalarının kullanım sıklığı artmasına rağmen, nörorehabilitasyonda tüketici odaklı ve tam etkileyici VR sistemlerinin bilişsel işlevler üzerindeki etkilerini detaylı biçimde ele alan güncel sistematik bir incelemeye rastlanmamıştır. Bu nedenle mevcut çalışma, farklı nörolojik bozukluklara sahip bireylerin değerlendirilmesi ve müdahalesi amacıyla geliştirilen yeni nesil VR uygulamalarını ele alarak literatürdeki bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Nitekim literatürde VR ve benzeri etkileşimli teknolojiler; tıp, spor performansı, eğitim ve zihinsel-fiziksel rehabilitasyon gibi birçok alanda artan şekilde kullanılabilen güvenilir veri toplama ve sensör entegrasyonu gibi önemli eğilimlerin parçası olarak değerlendirilmektedir (Anthes ve ark., 2016).

VR tabanlı terapötik yaklaşımlar iki temel prensip üzerine kuruludur. İlk ilke, bireyin gerçek yaşama oldukça benzer dijital bir senaryo içerisinde bulunduğunu hissederek psikolojik olarak “orada olma” algısının yaratıldığı varlık (presence) kavramıdır; ikinci ise sanal ortamın duyuşsal gerçeklik düzeyi ve kullanıcıya sağladığı etkileşim kapasitesi ile ilişkili olan daldırma (immersion) kavramıdır (Straudi ve Basaglia, 2017).

VR’de daldırma düzeyi, bireyin algısal süreçleri ve ortama aktif katılım derecesi temel alınarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma; Non-immersive (etkileşimin sınırlı olduğu), Semi-immersive (kısmi etkileşim sunan) ve Full-immersive (tam etkileşim sağlayan) sistemleri kapsamaktadır. Non-immersive yapılar, günümüze kadar nörorehabilitasyon alanında en yaygın kullanılan VR uygulamalarını oluşturmaktadır. Bu düzeneklerde senaryolar ekran

aracılığıyla kullanıcılara aktarılır ve bireyler fare, joystick gibi araçlar ya da dokunmatik paneller ve basınç platformlarıyla etkileşim kurarlar (Montoro-Cárdenas, 2021). Bilgisayar ve sensör destekli olarak geliştirilen Nintendo® Wii (Wii board) ve Leap Motion® tabanlı oyun platformları, etkileşimin düşük olduğu non-immersive VR sistemlerine örnek teşkil etmektedir. Semi-immersive sistemler ise gerçek çevre ile sanal ortam arasında sınırlı fakat belirgin bir etkileşim sağlayan uygulamalardır. Sony Playstation Kamera® ve Microsoft Xbox Kinect Kamera® bu kategoriye dâhildir (Şekil 1). Bu sistemlerde kullanıcı–sanal çevre etkileşimi non-immersive sistemlere göre daha fazladır; ancak fiziksel çevre ile temas hâlâ kısıtlıdır. Dięer taraftan full-immersive sistemlerde, bireyin dış çevreden gelen uyarılara minimum düzeyde maruz kaldığı ve sanal çevre ile en üst seviyede etkileşim sağladığı bir yapı söz konusudur. VR gözlükleri ile simülasyon tabanlı sistemler bu kategoriye dâhil edilmektedir (Martín-Gutiérrez ve ark.,2017; Stasieńko ve ark., 2020). Özellikle son yıllarda yayımlanan çalışmalar, Xbox 360 Kinect oyunlarının Multiple Skleroz, Parkinson, Serebral Palsi ve İnme gibi çeşitli nörolojik rahatsızlıklara sahip bireylerde rehabilitasyon amacıyla uygulanması sonucunda; denge, yürüyüş ve mobiliteye ilişkin parametrelerde anlamlı iyileşmeler bildirildiğini göstermektedir (Bao ve ark.,2013).



Şekil 1. Xbox 360 Kinect kamera sistemi kullanılarak gerçekteştirilen sanal gerçeklik tabanlı rehabilitasyon uygulamasına örnek.

VR ve Motor Öğrenme Mekanizmaları

VR temelli müdahaleler, motor öğrenme ilkeleriyle büyük oranda örtüşen bir tedavi fırsatı sunmaktadır. Farklı çevrelerin ve görevlerin simülasyonu ile günlük yaşamda karşılaşılan pek çok durum sanal olarak yeniden yapılandırılabilir ve bu durum bireyin aktif öğrenme sürecine katılımını güçlendirir. Görevlerin kendi içinde farklı zorluk seviyelerine sahip olması, bireyin içsel geri bildirim yoluyla kişisel deneyim kazanmasını sağlayan önemli bir bileşendir (Levin ve ark., 2021). Buna ek olarak, VR uygulamaları; yoğun tekrarın sağlanabilmesi, bireyin aktif katılım gereksinimi, motor imgeleme süreçlerine katkı, çeşitli duyuşsal geri bildirim türlerinin sunulması ve görev karmaşıklığının ayarlanabilir olması sayesinde motor öğrenmeyi destekleyen mekanizmaları düzenleme imkânı sunmaktadır (Ona ve ark. 2020).

VR Eğitiminin Avantajları

VR tabanlı uygulamalar, fizyoterapi ve rehabilitasyon açısından çok sayıda potansiyel avantaj sunmaktadır:

- MS gibi kronik seyreden ve uzun süre rehabilitasyon gerektiren hastalıklarda zamanla ortaya çıkan motivasyon düşüklüğü, tedavi başarısını olumsuz etkileyebilmektedir. VR uygulamalarının ilgi uyandıran doğası; hasta motivasyonunu destekleme ve katılımı artırma potansiyeli taşımaktadır.
- Bazı VR sistemleri, kullanıcının seans performansına ilişkin puanlama, tekrar sayısı veya kinematik ölçümler gibi verileri kaydederek tedavi sürecinin izlenmesine olanak tanımaktadır.
- Klinik ortamda uygulanması mümkün olmayan veya koşulları sağlanması güç görev ve materyaller, VR oyunları aracılığıyla güvenli bir biçimde simüle edilebilmektedir (örneğin, enstrüman kullanma). Bu durum rehabilitasyon programlarının çeşitliliğini artırarak tedaviye uyumu desteklemektedir (Dockx ve ark., 2016; Morimoto ve ark., 2022; Kaul. Ve ark., 2020; Threapleton ve ark., 2016; Ong ve ark., 2021).

Sınırlılıkları ve Dezavantajları

VR uygulamaları rehabilitasyon sürecinde önemli fırsatlar sunmasına rağmen, kullanımını sınırlayan bazı dezavantajlar mevcuttur. Öncelikli sorunlardan biri, sistemlerin yüksek maliyeti, teknik donanım gereksinimleri ve sağlık kuruluşlarında uygun alanın sağlanamaması nedeniyle yaygın klinik entegrasyonunun henüz istenilen düzeye ulaşmamış olmasıdır. Öte yandan, kültürel farklılıklar ve klinik amaçlı tasarlanan ciddi oyun (serious game) sayısının yetersizliği de yöntemin uygulanabilirliğini azaltan unsurlar arasında yer almaktadır.

MS hastalarında görülebilen sensörimotor ve denge problemi nedeniyle, VR uygulamalarının düşme riski taşıyabileceği göz ardı edilmemelidir. Buna ek olarak, tam daldırma sağlayan sistemlerin bazı bireylerde literatürde “Cyber Sickness” veya “Motion Sickness” olarak adlandırılan rahatsızlıklara ait belirtileri ortaya çıkarabileceği bildirilmektedir. Bu semptomlar arasında bulantı, baş dönmesi, kusma, dengesizlik hissi ve başta hafiflik gibi etkiler yer alabilir (Gallagher ve ark. 2018; Naghavi 2016; Vos ve ark. 2017).

Ayrıca, VR ortamlarında kullanılan yoğun görsel veya işitsel uyaranların epileptik nöbeti tetikleme olasılığı bulunan bireylerde risk oluşturabileceği unutulmamalı, bu nedenle hastaların nöbet öyküsü uygulama öncesinde mutlaka dikkatle sorgulanmalıdır.

Nörolojik Hastalıklarda VR

Nörolojik hastalıklar; motor, duyuşsal ve bilişşel işlevlerde giderek ilerleyen kayıplara yol açan merkezi ve periferik sinir sistemi patolojilerini kapsamaktadır (Feigin ve ark., 2017; Hisashi ve ark., 2019; Sun ve ark., 2024). Bu hastalıkların yüksek mortalite ve morbidite oranları nedeniyle birey, aile ve sağlık sistemleri üzerinde önemli sosyoekonomik yükler oluşturduğu bilinmektedir. İnme, Parkinson hastalığı ve multipl skleroz gibi klinik tablolar; proprioseptif, vestibüler ve görşel duyuşsal entegrasyon süreçlerini etkileyerek, denge bozukluklarına, düşme riskinin artmasına ve dolayısıyla sağlık bakım maliyetlerinde yükselmeye sebep olmaktadır (Wang ve ark., 2023; Nonnekes ve ark., 2018). Farmakolojik yaklaşımlar denge problemlerinin bir kısmını azaltabilse de ilaç toleransı, yan etkiler ve merkezi baskılayıcı etkiler nedeniyle tedavinin yalnızca bir bölümünü karşılamakta ve non-farmakolojik yöntemlere yönelimi artırmaktadır (Cassani ve ark., 2020).

Egzersiz temelli rehabilitasyon; nöromüsküler kontrolü geliştirerek dengeyi iyileştiren ve farmakolojik olmayan müdahaleler arasında birinci sırada yer alan temel yaklaşımdır (Lee ve ark., 2023). Bununla birlikte transkraniyal doğru akım stimölasyonu (tDCS), ev temelli telerehabilitasyon sistemleri ve giyilebilir sensör teknolojileri gibi yenilikçi yöntemler; sinirsel modölasyon, biyolojik geri bildirim ve uzaktan izleme olanaklarıyla denge fonksiyonunu destekleyen tamamlayıcı araçlar sunmaktadır (Costa-Ribeiro ve ark., 2021; Liu ve ark., 2022; Lemarshall ve ark., 2023; Lv ve ark., 2024).

VR bilgisayar tabanlı simölasyon ve çoklu duyuşsal geri bildirim sayesinde sürükleyici eğitim senaryoları oluşturan ve sensör-motor entegrasyonu geliştirmede çapraz modal görev eğitimini kullanan bir teknolojidir (Liu ve ark., 2022). Literatürde VR müdahalelerinin pediatrik serebral palside kaba motor becerileri ve postural kontrolü artırdığı, Alzheimer hastalarında epizodik bellek ve denge stratejilerini güçlendirdiğı (Moreno ve ark., 2019), innmeli bireylerde ise göreve özgü eğitim yoluyla motor kortikal yeniden organizasyonu tetiklediğı ve Fugl-Meyer skorlarında anlamlı iyileşme sağladığı bildirilmiştir (Sadeghi ve ark., 2021). Bu bilimsel bulgular, VR'nin çoklu duyuşsal bütünleşme ve görev odaklı yeniden öğrenme mekanizmaları üzerinden nöral esnekliği (neuroflexibility) ve yeniden yapılanmayı destekleme potansiyelini doğrulamaktadır.

Mevcut kanıtlar VR'nin nörolojik hastalıklara bağlı denge bozukluklarının rehabilitasyonunda etkili bir yöntem olabileceğini göstermesine rağmen; çalışmaların çoğu tek bir hastalık grubuna odaklanmış olup, farklı nörolojik patolojiler arasında karşılaştırmalı değerlendirmelerin sınırlı olduğu belirtilmektedir (Sarasso ve ark., 2022; Abou ve ark., 2020; Kwok ve ark., 2022).

Ayrıca VR müdahalesinin parametreleri (uygulama süresi, seans sıklığı, uyaran yoğunluğu) ile klinik sonuçlar arasındaki doz-yanıt ilişkisinin netleştirilmesi gereken önemli bir araştırma boşluğu bulunmaktadır. Bu bağlamda, VR'nin farklı nörolojik hastalıklarda denge üzerine etkilerini standardize ölçümlerle incelemek ve teknik parametre heterojenliğinin sonuçlara yansımalarını değerlendirmek önem taşımaktadır.

Son yıllarda yapılan derlemeler, VR'nin geleneksel rehabilitasyona yardımcı bir araç olarak kullanıldığında motor ve bilişşel çıktıları anlamlı düzeyde iyileştirebildiğini, ancak kanıt düzeyinin heterojen olduğunu bildirmektedir (Schiza ve ark., 2019). Schiza ve arkadaşları, VR'nin motor performans, denge, yürüme ve bilişşel fonksiyonlar üzerinde olumlu etkiler

gösterebildiğini, ancak örneklem hacmi ve protokol farklılıkları nedeniyle bulguların genellenebilirliğinin sınırlı olduğunu ifade etmektedir (Schiza ve ark., 2019).

İncelemeden, çoklu inme, Parkinson ve multiple skleroz hastalıklarının da VR'nin fizibilite çalışmalarıyla bağlantılı olduğu bulunmuştur (Standen ve ark., 2017; Kim ve ark., 2017; Peruzzi ve ark., 2016). Sonuçlar demans çalışmaları ile uyumluydu. Önemli olarak, VR'nin etkinliği, inme sonrası kol rehabilitasyonunun uzun vadeli (8 hafta) ev tabanlı VR'sinin fizibilitesini inceleyen ve VR'nin ev tabanlı bağlamlarda kişiselleştirilmiş bir çözüm olarak kullanılabileceğini gösteren bir çalışma ile daha da geliştirilmiştir (Kim ve ark., 2017). VR, inme hastaları için bilişsel bir eğitim programına dayalı nöropsikolojik rehabilitasyon için de kullanılmıştır (Gamito ve ark., 2017). Sonuçlar, VR'nin dikkat ve hafıza işlevlerinde önemli gelişmeleri gösteren bilişsel bir eğitim aracı olarak kullanılabileceğini öne sürdü. VR ayrıca omurilik yaralanması hastaları için tekrar yürüme rehabilitasyon aracı olarak test edildi. Yürüme iyileşmeleri ile sonuçlanan gönüllü motor kontrolde önemli bir yeniden kazanım gösterdi (Donati ve ark., 2016)

Son bulgular, VR uygulamalarının MS hastalarında denge, yorgunluk, yaşam kalitesi ve düşme korkusu gibi önemli sonuç değişkenleri üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceğini göstermektedir (Cortés-Pérez ve ark., 2023; Castellano-Aguilera ve ark., 2022; Calafiore ve ark., 2021; Cortés-Pérez ve ark., 2021).

Bununla birlikte mevcut klinik uygulamaların büyük bölümünün tam daldırma sağlamayan sistemlerle yürütüldüğü ve immersive VR (IVR)teknolojilerinin MS popülasyonu üzerindeki etkilerini irdeleyen çalışmaların sayısının sınırlı olduğu ifade edilmektedir. Cyber sickness–embodiment etkileşimi üzerine odaklanan çalışmalar, IVR’de bedenlenme algısı ve fiziksel performansın yorgunluk düzeyi ile ilişkili olabileceğini göstermektedir (Fregna ve ark., 2023).

Yapılan bir çalışmada, VR’nin konvansiyonel egzersizler veya sıradan bakım aktivitelerine kıyasla; yorgunluk, yaşam kalitesi ve denge ile ilişkili semptomları iyileştirmede daha etkili sonuçlara sahip olduğu belirtilmiştir. Araştırmadan elde edilen diğer bir önemli sonuç ise hastaların fonksiyonel mobilitelerine yönelik etkilerinin yorumlanabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunun belirtilmesidir (Nascimento ve ark., 2021). MS hastaları ile yapılan farklı bir çalışmada, VR’nin hastaların denge ve yürüme fonksiyonları üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, VR’nin konvansiyonel fizyoterapiye benzer veya daha iyi tedavi sonuçlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir (Casuso-Holgado ve ark., 2018). Güncel randomize kontrollü bir çalışmada ise VR’nin bireylerin bilişsel fonksiyonunu geliştirmede geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili olduğu sonucu paylaşılmıştır (Maggio ve ark., 2022).

Sonuç olarak rehabilitasyon çerçevesinde bakıldığında, VR teknolojilerindeki yaşanan son gelişmeler yeni yöntemler sunarak gelecek vaat etmektedir. VR teknolojileri özellikle gerçek hayata benzer bir ortam yaratarak rehabilitasyonda büyük avantaj sağlamaktadır (Schiza ve ark., 2019).

Güncel literatür VR teknolojilerini tek başına bir rehabilitasyon yönteminin ötesinde diğer teknolojilerle entegre ederek bir gelişimi tartışmaktadır. Yapılan bir çalışmada motor imgeleme ve kortikal aktiviteye dayalı beyin-bilgisayar arayüzü sinyallerinin VR ortamına geri bildirim olarak verilmesinin, özellikle nöroplastisiteyi desteklemek açısından ve tedavi seanslarının kişiye özgü şekillendirilebileceğini öngörmektedir (Wen ve ark., 2021). Başka bir çalışmada nörolojik hastalarda VR ile kombine edilen robotik sistemlerin yaşam kalitesi üzerine etkisi incelenmiş, her iki yönteminde etkin olduğu fakat hangi hastalık için hangi kombinasyonun daha etkili olduğu belirlenememiştir. (Zanatta ve ark., 2023). Son literatür verileri VR içeren

genişletilmiş gerçeklik kavramına odaklanmıştır. Nörolojik hastalıklarda rehabilitasyon alanında arttırılmış gerçeklik, VR ve karma gerçeklik teknolojilerinin birlikte kullanımının kronik durumların yönetiminde yeni bir dönem başlatacağını ne sürmektedir (Hariharan ve ark., 2024). Rehabilitasyon hizmetlerinde VR uygulamalarının potansiyeli hala keşfedilmeyi beklemektedir.

KAYNAKÇA

- Abou, L., Malala, V. D., Yarnot, R., et al. (2020). Effects of virtual reality therapy on gait and balance among individuals with spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 34(5), 375–388. <https://doi.org/10.1177/1545968320913861>
- Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016). State of the art of virtual reality technology. In *Proceedings of the 2016 IEEE Aerospace Conference* (pp.1–19). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AERO.2016.7500674>
- Bao, X., Mao, Y., Lin, Q., Qiu, Y., Chen, S., Li, L., et al. (2013). Mechanism of Kinect-based virtual reality training for motor functional recovery of upper limbs after subacute stroke. *Neural Regeneration Research*, 8(31), 2904–2913.
- Calafiore, D., Invernizzi, M., Ammendolia, A., et al. (2021). Efficacy of virtual reality and exergaming in improving balance in patients with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Neurology*, 12, 773459. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.773459>
- Casuso-Holgado, M. J., Martin-Valero, R., Carazo, A. F., Medrano-Sanchez, E. M., Cortes-Vega, M. D., & Montero-Bancalero, F. J. (2018). Effectiveness of virtual reality training for balance and gait rehabilitation in people with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 32(9), 1220–1234. <https://doi.org/10.1177/0269215518766574>
- Cassani, R., Novak, G. S., Falk, T. H., et al. (2020). Virtual reality and non-invasive brain stimulation for rehabilitation applications: A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17(1), 147. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00780-5>
- Castellano-Aguilera, A., Biviá-Roig, G., Cuenca-Martínez, F., et al. (2022). Effectiveness of virtual reality on balance and risk of falls in people with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14192. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114192>
- Cortés-Pérez, I., Osuna-Pérez, M. C., Montoro-Cárdenas, D., Lomas-Vega, R., Obrero-Gaitán, E., & Nieto-Escamez, F. A. (2023). Virtual reality-based therapy improves balance and reduces fear of falling in patients with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 20(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01174-z>
- Cortés-Pérez, I., Sánchez-Alcalá, M., Nieto-Escámez, F. A., Castellote-Caballero, Y., Obrero Gaitán, E., & Osuna-Pérez, M. C. (2021). Virtual reality-based therapy improves fatigue, impact, and quality of life in patients with multiple sclerosis: A systematic review with a meta-analysis. *Sensors*, 21(21), 7389. <https://doi.org/10.3390/s21217389>

- Costa-Ribeiro, A., Andrade, S., Férrer, M. L. V., et al. (2021). Can task specificity impact tDCS-linked to dual-task training gains in Parkinson's disease? A protocol for a randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13, 684689. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.684689>
- Dockx, K., Bekkers, E. M., Van den Bergh, V., Ginis, P., Rochester, L., Hausdorff, J. M., et al. (2016). Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2016(12), CD010760.
- Donati, A. R., Shokur, S., Morya, E., Campos, D. S., Moiola, R. C., Gitti, C. M., et al. (2016). Long-term training with a brain-machine interface-based gait protocol induces partial neurological recovery in paraplegic patients. *Scientific Reports*, 6, 30383. <https://doi.org/10.1038/srep30383>
- Fregna, G., Perachioti, G., Baroni, A., Lamberti, N., Manfredini, F., Casile, A., & Straudi, S. (2023). Fatigue influences embodiment perception and motor performance in multiple sclerosis subjects: A cross-sectional immersive virtual reality study. *[Journal bilgisi eklenmeli]*.
- Feigin, V. L., Abajobir, A. A., Abate, K. H., et al. (2017). Global, regional, and national burden of neurological disorders during 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet Neurology*, 16(11), 877–897. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(17\)30299-5](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(17)30299-5)
- Gallagher, M., & Ferrè, E. R. (2018). Cybersickness: A multisensory integration perspective. *Multisensory Research*, 31(7), 645–674. <https://doi.org/10.1163/22134808-20181290>
- Gamito, P., Oliveira, J., Coelho, C., Morais, D., Lopes, P., Pacheco, J., et al. (2017). Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games. *Disability and Rehabilitation*, 39, 385–388. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.934925>
- Hariharan, V., Prithiva Kumari, P. K., & Rajanandh, M. G. (2024). Extended reality in revolutionizing neurological disease: A new era for chronic condition treatment. *Cureus*, 16(8), e67333. <https://doi.org/10.7759/cureus.67333>
- Hisashi, M. (2019). Examination of reliability and validity of index of postural stability for patients with neurological diseases. *Age and Ageing*, 48. <https://doi.org/10.1093/ageing/afz157.01>
- Kaul, S., Jakhar, D., & Kaur, I. (2020). Virtual clinical rotations during the COVID-19 pandemic: A perspective on the pros and cons. *Skinmed*, 18(5), 316–317.
- Kim, A., Darakjian, N., & Finley, J. M. (2017). Walking in fully immersive virtual environments: An evaluation of potential adverse effects in older adults and individuals with Parkinson's disease. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14, 16. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0225-2>
- Kwok, J. Y. Y., Lee, J. J., Choi, E. P. H., et al. (2022). Stay mindfully active during the coronavirus pandemic: A feasibility study of mHealth-delivered mindfulness yoga program for people with Parkinson's disease. *BMC Complementary Medicine and*

- Therapies*, 22(1), 37.
<https://doi.org/10.1186/s12906-022-03545-1>
- Levin, M. F., & Demers, M. (2021). Motor learning in neurological rehabilitation. *Disability and Rehabilitation*, 43(24), 3445–3453.
- Lee, B. C., An, J., Kim, J., et al. (2023). Performing dynamic weight-shifting balance exercises with a smartphone-based wearable telerehabilitation system for home use by individuals with Parkinson’s disease: A proof-of-concept study. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 31, 456–463.
<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2023.3237467>
- Lemarshall, S. J., Stevens, L. M., Ragg, N. P., et al. (2023). Virtual reality-based interventions for the rehabilitation of vestibular and balance impairments post-concussion: A scoping review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 20(1), 31.
<https://doi.org/10.1186/s12984-023-01120-x>
- Liu, C., Wang, X., Chen, R., et al. (2022). The effects of virtual reality training on balance, gross motor function, and daily living ability in children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *JMIR Serious Games*, 10(4), e38972.
<https://doi.org/10.2196/38972>
- Lv, M. L., Wang, J., Zeng, W. S., et al. (2024). Effect of virtual reality on cognitive function and quality of life in patients with Parkinson’s disease: A meta-analysis. *Chinese Rehabilitation Theory and Practice*, 30(6), 648–656.
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 469–486.
- Maggio, M. G., De Luca, R., Manuli, A., Buda, A., Foti Cuzzola, M., Leonardi, S., et al. (2022). Do patients with multiple sclerosis benefit from semi-immersive virtual reality? A randomized clinical trial on cognitive and motor outcomes. *Applied Neuropsychology: Adult*, 29(1), 59–65.
<https://doi.org/10.1080/23279095.2020.1849060>
- Montoro-Cárdenas, D., Cortés-Pérez, I., Zagalaz-Anula, N., Osuna-Pérez, M. C., Obrero-Gaitán, E., & Lomas-Vega, R. (2021). Nintendo Wii Balance Board therapy for postural control in children with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 63(11), 1262–1275.
- Morimoto, T., Kobayashi, T., Hirata, H., Otani, K., Sugimoto, M., Tsukamoto, M., et al. (2022). XR (extended reality: Virtual reality, augmented reality, mixed reality) technology in spine medicine: Status quo and quo vadis. *Journal of Clinical Medicine*, 11(2), 366.
<https://doi.org/10.3390/jcm11020366>
- Moreno, A., Wall, K. J., Thangavelu, K., et al. (2019). A systematic review of the use of virtual reality and its effects on cognition in individuals with neurocognitive disorders. *Alzheimer’s & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*, 5,

834–850.

<https://doi.org/10.1016/j.dadm.2019.10.004>

- Naghavi, M. (2019). Global, regional, and national burden of suicide mortality 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *BMJ*, 364, 194. <https://doi.org/10.1136/bmj.194>
- Nascimento, A. S., Fagundes, C. V., Mendes, F., & Leal, J. C. (2021). Effectiveness of virtual reality rehabilitation in persons with multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 54, 103128. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2021.103128>
- Nonnekes, J., Goselink, R., et al. (2018). Neurological disorders of gait, balance and posture: A sign-based approach. *Nature Reviews Neurology*, 14(3), 183–189. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2017.196>
- Ona, E. D., Jardon, A., Cuesta-Gomez, A., Sanchez-Herrera-Baeza, P., Cano-de-la-Cuerda, R., & Balaguer, C. (2020). Validity of a fully immersive VR-based version of the Box and Blocks Test for upper limb function assessment in Parkinson's disease. *Sensors*, 20(10), 2773. <https://doi.org/10.3390/s20102773>
- Ong, T., Wilczewski, H., Paige, S. R., Soni, H., Welch, B. M., & Bunnell, B. E. (2021). Extended reality for enhanced telehealth during and beyond COVID-19: Viewpoint. *JMIR Serious Games*, 9(3), e26520. <https://doi.org/10.2196/26520>
- Peruzzi, A., Cereatti, A., Della Croce, U., & Mirelman, A. (2016). Effects of a virtual reality and treadmill training on gait of subjects with multiple sclerosis: A pilot study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 5, 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2015.11.002>
- Sadeghi, H., Jehu, D. A., Daneshjoo, A., et al. (2021). Effects of 8 weeks of balance training, virtual reality training, and combined exercise on lower limb muscle strength, balance, and functional mobility among older men: A randomized controlled trial. *Sports Health*, 13(6), 606–612. <https://doi.org/10.1177/19417381211031663>
- Sarasso, E., Gardoni, A., Tettamanti, A., et al. (2022). Virtual reality balance training to improve balance and mobility in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurology*, 269(4), 1873–1888. <https://doi.org/10.1007/s00415-021-10772-7>
- Schiza, E., Matsangidou, M., Neokleous, K., & Pattichis, C. S. (2019). Virtual reality applications for neurological disease: A review. *[Journal bilgisi belirtilmeli]*.
- Standen, P. J., Threapleton, K., Richardson, A., Connell, L., Brown, D. J., Battersby, S., et al. (2017). A low-cost virtual reality system for home-based rehabilitation of the arm following stroke: A randomized controlled feasibility trial. *Clinical Rehabilitation*, 31, 340–350. <https://doi.org/10.1177/0269215516640320>

- Stasieńko, A., & Sarzyńska-Długosz, I. (2020). Virtual reality in neurorehabilitation. *Advances in Rehabilitation*, 30(4), 67–75.
- Straudi, S., & Basaglia, N. (2017). Neuroplasticity-based technologies and interventions for restoring motor functions in multiple sclerosis. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 171–185.
- Sun, Q. Q., Yu, G., Guo, X. Y., et al. (2024). Prospective study of scalp acupuncture combined with functional electrical stimulation to promote walking and balance function in post-stroke patients. *Chinese Journal of Rehabilitation Medicine*, 39(4), 488–493.
- Threapleton, K., Drummond, A., & Standen, P. (2016). Virtual rehabilitation: What are the practical barriers for home-based research? *Digital Health*, 2, 2055207616641302. <https://doi.org/10.1177/2055207616641302>
- Vos, T., Allen, C., Arora, M., et al. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10106), 1211–1259. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32154-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32154-2)
- Wang, J. X., Lv, D. Y., & Fang, B. Y. (2023). Non-drug rehabilitation for gait abnormality of Parkinson's disease: A review based on ClinicalTrials.gov. *Chinese Rehabilitation Theory and Practice*, 29(7), 816–821.
- Weber, H. (2019). *Virtual reality in healthcare: Top 5 uses*. <https://www.neurorehabvr.com/blog/2019/1/29virtual-reality-in-healthcare>
- Wen, D., Fan, Y., Hsu, S.-H., Xu, J., Zhou, Y., Tao, J., Lan, X., & Li, F. (2021). Combining brain–computer interface and virtual reality for rehabilitation in neurological diseases: A narrative review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 18(1), Article 82. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00878-8>
- Zanatta, F., Farhane-Medina, N. Z., Adorni, R., Steca, P., Giardini, A., D'Addario, M., Pierobon, A. (2023). Combining robot-assisted therapy with virtual reality or using it alone? A systematic review on health-related quality of life in neurological patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 21(1), Article 18. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01157-9>

BÖLÜM 8

ERKEKLERDE İNFERTİLİTE VE EGZERSİZ

Betül ERBAY¹

¹ Öğr. Gör., Bartın Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu ORCID: 0000-0002-7130-0129 berbay@bartin.edu.tr

1.GİRİŞ

İnfertilite, hem bireysel hem de toplumsal düzeyde önemli sonuçlar doğuran, biyolojik olduğu kadar psikolojik ve sosyal boyutları da bulunan çok yönlü bir sağlık sorunudur. Dünya genelinde üreme çağındaki çiftlerin yaklaşık %10–20’sini etkilediği tahmin edilen infertilitenin, sanılanın aksine yalnızca kadın kaynaklı bir problem olmadığı; olguların yaklaşık üçte birinde erkek faktörünün tek başına, üçte birinde ise kadın faktörü ile birlikte rol oynadığı bilinmektedir. Buna rağmen erkek infertilitesi, uzun yıllar boyunca görece ihmal edilmiş, tanı ve tedavi süreçlerinde ikincil planda değerlendirilmiştir.

Erkek infertilitesinin etiyolojisi oldukça heterojendir ve genetik, hormonal, gelişimsel, çevresel ve yaşam tarzına bağlı çok sayıda faktörün karmaşık etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Spermatogenez sürecindeki bozukluklar, sperm fonksiyon kusurları, hormonal dengesizlikler ve oksidatif stres, erkek fertilitasını belirleyen temel biyolojik mekanizmalar arasında yer almaktadır. Son yıllarda özellikle yaşam tarzı faktörlerinin, erkek üreme sağlığı üzerindeki belirleyici rolü daha net biçimde ortaya konmuş; obezite, sedanter davranış, çevresel toksinler ve fiziksel aktivite düzeyi gibi değiştirilebilir faktörler araştırmaların odağı hâline gelmiştir.

Bu bağlamda egzersiz, yalnızca genel sağlık ve kronik hastalıkların önlenmesi açısından değil, aynı zamanda erkek üreme fonksiyonlarının düzenlenmesi bakımından da dikkat çeken bir müdahale alanı olarak öne çıkmaktadır. Düzenli ve uygun dozda yapılan fiziksel aktivitenin hormonal dengeyi desteklediği, inflamasyon ve oksidatif stresi azalttığı ve sperm parametreleri üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiği gösterilmiştir. Buna karşılık, aşırı ve kontrolsüz egzersizin üreme sistemi üzerinde olumsuz etkiler doğurabileceğine ilişkin kanıtlar da giderek artmaktadır. Bu durum, egzersiz ile erkek fertilitesi arasındaki ilişkinin basit ve doğrusal olmadığını, aksine doz–yanıt temelli karmaşık bir yapı sergilediğini düşündürmektedir.

Bu kitap bölümünde; erkek infertilitesinin temel fizyolojik ve patofizyolojik mekanizmaları özetlenmiş, egzersizin erkek üreme sağlığı üzerindeki etkileri güncel bilimsel kanıtlar ışığında ele alınmış ve özellikle sedanter davranış, egzersiz yoğunluğu ve egzersiz türlerinin spermatogenez üzerindeki rolü ayrıntılı biçimde tartışılmıştır. Amaç, klinik uygulamada ve koruyucu sağlık yaklaşımlarında egzersizin erkek infertilitesi yönetimindeki yerini daha net ortaya koymaktır.

2. ERKEK İNFERTİLİTESİNE GİRİŞ

2.1. Erkek İnfertilitesi

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), infertiliteyi en az 12 ay boyunca düzenli ve korunmasız ilişkiye rağmen gebe kalmama durumu olarak tanımlamaktadır. İnfertilite dünya çapında önemli bir halk sağlığı sorunudur ve çiftlerin yaklaşık %10–20’sini etkilediği tahmin edilmektedir (World Health Organization [WHO], 2023). Mevcut literatür, infertilite olgularının yaklaşık %30–50’sinde erkek faktörünün belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Agarwal et al., 2015). Ayrıca epidemiyolojik veriler, 1990–2017 yılları arasında yaşa göre standardize edilmiş infertilite prevalansının kadınlarda yıllık %0,370, erkeklerde ise %0,291 oranında artış gösterdiğini bildirmektedir (Sun et al., 2019).

Erkek infertilitesi, ciddi sağlık sorunları, psikolojik, sosyal ve ekonomik sonuçlarla ilişkilendirilmektedir (Chen et al., 2022). Erkek infertilitesinin artan görülme sıklığı, çok sayıda etiyolojik faktörün ve risk unsurunun bir araya gelmesiyle açıklanmaktadır. Bu faktörler genel olarak konjenital, edinilmiş ve idiyopatik nedenler şeklinde sınıflandırılabilir. Bilinen başlıca

genetik etkenler arasında; kistik fibrozis gen mutasyonlarıyla ilişkili konjenital bilateral vas deferens yokluğu, Kallmann sendromu, testiküler fonksiyon bozukluğuna yol açan kromozomal anomaliler ve spermatogenezi doğrudan etkileyen Y-kromozomu mikrodelsiyonları yer almaktadır. Edinilmiş nedenler içinde varikosel, erkeklerde en sık karşılaşılan ve düzeltilebilir infertilite sebebi olarak öne çıkmakta olup yaklaşık %40 oranında görülmektedir. Öte yandan, erkek infertilite vakalarının %30–50'si herhangi bir belirgin neden saptanamayan idiopatik gruba girmektedir. Bu grupta yer alan bireylerin yaklaşık 37 milyonunda semen parametrelerinde bozulma ve oksidatif stresin eşlik ettiği erkek oksidatif stres infertilitesi tanımlanmaktadır. Toksik kimyasal maddelere çevresel veya mesleki maruziyet, ayrıca sigara kullanımı, alkol tüketimi, eğlence amaçlı ilaç kullanımı, obezite ve psikolojik stres gibi çeşitli yaşam tarzı faktörleri de erkek infertilitesi için önemli risk unsurları arasında değerlendirilmektedir (Agarwal et al., 2021).

2.2. Erkek Üreme Fizyolojisi

Erkek üreme fizyolojisi, testisin yapısal bütünlüğü, hipotalamus-hipofiz-gonad aksının (HPG aksı) ve hücresel farklılaşma evrelerinin birbiriyle uyumlu şekilde kontrolü üzerine kuruludur. İnsan üreme sistemi, birincil ve ikincil üreme organlarından oluşur. Birincil organlar olan gonadlar, hem gamet hem de hormon üretiminden sorumludur. Erkekte bu görevi üstlenen testisler, tunika albuginea adlı bir kapsülle çevrilidir ve skrotum içinde yer alır. Testis yapısı, işlevsel olarak iki ana bölümden oluşur: seminifer tübüller ve bu tübüllerin arasındaki interstisyel alandır.

Seminifer tübüller testisin temel işlev birimleridir ve testis hacminin yaklaşık %60–80'ini oluşturur. Bu tüplerin duvarında iki önemli hücre tipi bulunur: Sertoli hücreleri ve spermatogenik hücreler. Spermatogenik hücreler spermin oluşum sürecini temsil ederken, Sertoli hücreleri gelişmekte olan sperm hücrelerine mekanik destek sağlar, besin ve büyüme faktörleri sunar, bozulmuş germ hücrelerini temizler ve olgunlaşan spermilerin tübül lümenine salınmasını düzenler. Ayrıca Sertoli hücreleri, folikül uyarıcı hormonun (FSH) düzenlenmesinde görev alan inhibin ve aktivin adlı hormonları üretir.

Sertoli hücrelerinin birbirleriyle oluşturduğu sıkı bağlantılar, Kan–Testis Bariyeri (BTB) olarak adlandırılır. BTB, seminifer tübül dokusunu iki bölgeye ayırır ve hem germ hücrelerini bağışıklık sisteminin saldırısından korur hem de mayoz bölünme ve sperm gelişimi için gerekli özel mikroçevreyi sağlar.

Seminifer tübüller arasındaki interstisyel alanda ise testosteron üreten Leydig hücreleri, kan damarları, lenf damarları, sinirler, bağ dokusu ve bağışıklık hücreleri bulunur. Leydig hücreleri yalnızca testosteron değil, aynı zamanda testis gelişiminde önemli rol oynayan insulin-like factor 3 (INSL3) hormonunu da üretir. Bu yapı ve hücresel organizasyon, erkek üreme fonksiyonunun temeli olup spermatogenezin sağlıklı ilerleyebilmesi için zorunludur (Babakhanzadeh et al., 2020).

Hormonal düzenleme mekanizmalarının spermatogenezin devamlılığı açısından kritik olduğu görülmektedir. Dolaşımdaki testosteron düzeyinden farklı olarak, spermatogenezin sağlıklı şekilde sürdürülebilmesi için testis içinde çok daha yüksek intratestiküler testosteron konsantrasyonlarının bulunması gerekir. Bu hormonal dengenin sağlanması, HPG aksının düzenli çalışmasına bağlıdır. Hipotalamustan ritmik aralıklarla salgılanan gonadotropin releasing hormone (GnRH), hipofiz bezinden luteinizan hormon (LH) ve FSH salınımını uyarmaktadır. LH Leydig hücrelerini, FSH ise Sertoli hücrelerini aktive eder. Sertoli hücrelerinden salgılanan inhibin B'nin FSH üzerine oluşturduğu negatif geri bildirim, aksın hassas dengesini korur. HPG aksındaki herhangi bir bozulma, hem hormonal hem hücresel düzeyde aksamalara yol açarak spermatogenezin durmasına ve sonuçta infertilite gelişmesine neden olabilmektedir (Agarwal et al., 2023).

2.2.1. Spermatogenez

Spermatogenez, erkek üreme kapasitesinin sürdürülebilmesi için en temel süreçlerden biridir (O'Hara & Smith, 2015). Bu sürecin doğal akışındaki küçük bir aksama bile sperm üretimini olumsuz etkileyerek infertiliteye yol açabilir. Spermatogenez, testisteki seminifer epitelde yer alan diploid spermatogonyumların aşamalı olarak farklılaşarak haploid germ hücrelerine dönüşmesi ve olgun sperm hücrelerinin seminifer tübüllerin lümenine salınmasıyla sonuçlanan bir süreçtir.

İnsanlarda spermatogenez oldukça uzun bir zaman diliminde gerçekleşir. Her bir spermatogenez döngüsü yaklaşık 16 gün sürdüğünden, spermatogonyumların tam olgun sperm hücrelerine dönüşmesi için ortalama 4,6 döngü gereklidir. Bu nedenle tüm süreç toplamda yaklaşık 74 günde tamamlanır (Galdon et al., 2016).

Spermatogenezin düzenlenmesi iki temel mekanizma üzerinden yürür:

- Hormonal ve endokrin kontrol
- Parakrin ve otokrin düzenleme (Garolla et al., 2017)

Testosteron ve FSH bu sürecin sağlıklı şekilde ilerlemesi için vazgeçilmez olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur.

Spermatogenez dört ana evreden oluşur:

1. Spermatogonyogenez: Spermatogonyumların mitoz bölünme ile çoğalması ve pre-leptoten spermatositlere farklılaşması.
2. Mayoz: Spermatositlerin iki aşamalı mayoz bölünmeye girerek haploid spermatidlere dönüşmesi.
3. Spermogenez: Yuvarlak spermatidlerin yapısal değişiklikler geçirerek olgun spermatidlere dönüşmesi.
4. Spermasyon: Uzamış spermatidlerin sertoli hücrelerinden ayrılarak tübül lümenine salınması.

Bu aşamaların her biri, sperm oluşumunun doğru şekilde tamamlanması için kritik öneme sahiptir. Sürecin herhangi bir basamağında ortaya çıkan bozukluk, sperm kalitesinin azalmasına ya da tamamen durmasına yol açabileceğinden, spermatogenezin kesintisiz ve düzenli ilerlemesi erkek fertilitesi için hayati önem taşır (Yao et al., 2015).

2.2.1.1. Spermatogonyogenez

Spermatogonial kök hücreler, erkek üreme sisteminde sperm üretiminin başlangıç noktasını oluşturan ve A tipi spermatogonyaların öncülünü temsil eden hücrelerdir (Brinster & Zimmermann, 1994). Bu hücrelerin en önemli özelliği, hem kendini yenileme hem de gerektiğinde farklılaşarak yeni sperm hücreleri oluşturma kapasitesine sahip olmalarıdır. Bu özellikleri sayesinde, testisler kemoterapi, radyasyon veya bazı kimyasallara mesleki maruziyet gibi zararlı etkilere uğradığında bile spermatogenezini yeniden başlatabilecek potansiyele sahiptir. Fare modellerinde yapılan çalışmalar, bu kök hücrelerin dokuları yeniden oluşturma yeteneğine sahip olduğunu ve hatta blastosistlere enjekte edildiklerinde germ hattına katkıda bulunabildiklerini göstermiştir (Guan et al., 2006). Germ hücrelerinin gelişimi embriyonik dönemde ortaya çıkan birincil germ hücreleri (PGC) ile başlar; insan embriyosunda bu hücreler üçüncü haftanın sonunda endoderm tabakası içinde belirir ve beşinci haftaya kadar genital çıkıntıya göç eder. Genital bölgeye ulaştıklarında Y kromozomunun varlığı, gonadın erkek yönünde farklılaşmasını ve ileride testise dönüşecek yapıların oluşumunu başlatır (Hoei-Hansen et al., 2006, Rajpert-De Meyts et al., 1998). PGC'ler embriyonun ilk üç ayında mitozla çoğalarak gonosit olarak adlandırılır, ardından hücre döngüsünün G3 evresinde duraklayarak doğuma kadar sessiz bir durumda kalır. Doğumdan sonra gonositler spermatogonyalara dönüşse de bu hücreler ergenliğe kadar inaktif kalır (Wong et al., 2003). Ergenlik döneminde

spermatogenez yeniden aktive olur ve bu süreçte kemik morfogenetik protein 8B (BMP8B) önemli bir düzenleyici rol üstlenir; nitekim BMP8B eksikliği olan deney hayvanlarında spermatogenezin başlatılamadığı ve infertilite geliştiği gösterilmiştir (Zhao & Hogan, 1996). Gelişim sürecinde üreme hücreleri ya kendini yenileyerek spermatogonial kök hücre havuzunu korur ya da farklılaşma yoluna girerek olgun sperm hücrelerine dönüşür. Sağlıklı bir testiste spermatogonyalarda apoptoz oldukça nadir görülürken, spermatogenezin bozulduğu durumlarda özellikle spermatosit ve spermatid evrelerinde hücre ölümü belirgin şekilde artmakta, bu durum sperm sayısı ve kalitesinin azalmasına yol açarak infertilite gelişimine katkıda bulunmaktadır (Oatley et al., 2007).

2.2.1.2. Mayoz

Mayoz bölünme, diploid hücrelerden haploid gametlerin oluşmasını sağlayan özel bir bölünme sürecidir. Memelilerde mayoz, DNA'nın bir kez eşlenmesini takiben çekirdeğin iki ardışık bölünme geçirmesiyle gerçekleşir ve bu bölünmeler Mayoz I ve Mayoz II olarak adlandırılır (Tesarik et al., 2000).

Mayoz I, kromozom sayısının yarıya indirildiği bölünme aşamasıdır. Bu evrede mikrotübüller, kinetokorlar aracılığıyla kardeş kromatidlere bağlanır ve kromozomlar zıt kutuplara doğru çekilir. Sonuç olarak hücredeki kromozom sayısı diploidden haploide düşer. Mayoz II ise mitoz benzeri bir bölünme olup, mikrotübüllerin sentromer düzeyinde kinetokorlara bağlanarak kardeş kromatidleri ayırmasıyla gerçekleşir. Bu aşamanın sonunda dört adet haploid hücre oluşur (Housworth & Stahl, 2003).

Spermatogenezde mayoz süreci, spermatogonyalardan gelişen pre-leptoten spermatositlerle başlar. Mayoz I sırasında birincil spermatositler iki ikincil spermatosite dönüşür; ardından Mayoz II ile bu hücreler spermatidlere farklılaşır. Böylece mayozun sonunda genetik olarak birbirinden farklı dört haploid spermatid meydana gelir. Bu genetik çeşitlilik, sağlıklı üreme ve neslin devamı açısından büyük önem taşır (Rasmussen & Holm, 1978).

2.2.1.3. Spermogenez

Spermogenez, mayoz II'nin nihai ürünü olan küresel spermatidlerin, özelleşmiş uzun spermatidlere bölünmeden dönüştürülmesini sağlayan bir süreçtir. Bu süreç, sitoplazma ve çekirdek yenilenmesinin gelişimini gerektirmektedir (Thamer et al., 2016).

2.2.1.4. Spermasyon

Sperm üretimi, spermatogenezin son basamağını oluşturur. Bu aşamada olgunlaşmış spermatidler, kendilerini destekleyen Sertoli hücrelerinden ayrılarak seminifer tübüllerin lümenine salınır ve artık spermatozoa olarak adlandırılır. Spermatozoalar buradan epididimise doğru ilerler. Ancak seminifer tübüllerde bulunan spermatozoalar henüz tam olgunlaşmamıştır; hareketlilikleri ve dölleme yetenekleri oldukça düşüktür (Sharpe, 1987).

Spermatozoaların epididimal kanaldan geçişi, son olgunlaşmanın tamamlanması ve hareket yeteneğinin kazanılması açısından kritik bir süreçtir. Bu geçiş sırasında sperm hücrelerinin boyun ve orta parça bölgelerinde az miktarda sitoplazmik artık, yani sitoplazmik damlacıklar, bulunur ve bu yapıların epididimise ulaşmayı kolaylaştırdığı düşünülmektedir. Epididimiste yaklaşık iki hafta süren olgunlaşma süreci boyunca bu sitoplazmik damlacıklar kuyruk boyunca ilerleyerek hücreden uzaklaştırılır. Bu olay, spermatozoaların hareketliliğinde belirgin bir artışla ilişkilidir ve sperm hücresinin dölleme yeteneği kazanmasında önemli rol oynar (Eddy, 1998).

2.3. Erkek İnfertilitesine Neden Olan Faktörler

Erkek infertilitesi, genetik, gelişimsel, edinilmiş ve çevresel birçok faktörün bir araya gelmesiyle ortaya çıkan, etiyojisi heterojen ve karmaşık bir klinik durumdur. İnfertil erkeklerin yaklaşık %40'ında altta yatan neden net olarak belirlenememektedir. Erkek infertilitesinin başlıca nedenleri arasında hormonal yetersizlikler, fiziksel etkenler, cinsel yolla bulaşan hastalıklar, çevresel ve yaşam tarzına bağlı faktörler ile genetik bozukluklar yer almaktadır (Winters & Walsh, 2014).

2.3.1. Hormonal Nedenler

Testosteron üretimi, HPG aksı tarafından sıkı bir şekilde düzenlenmektedir. Bu aksta hipotalamustan ritmik aralıklarla salınan GnRH, ön hipofizi uyarak LH ve FSH salınımını başlatır. LH, Leydig hücrelerini uyarak testosteron sentezini artırırken, FSH Sertoli hücreleri aracılığıyla spermatogenezin sürdürülmesinde rol oynar. Üretilen testosteronun hipotalamus ve hipofiz üzerinde oluşturduğu negatif geri bildirim mekanizması, LH ve FSH salınımını baskılayarak hormonal dengenin korunmasını sağlar. Testis fonksiyonları bu hassas iletişime büyük ölçüde bağımlıdır ve eksenin herhangi bir basamağında meydana gelen bozukluklar testosteron üretimi ile spermatogenez olumsuz etkileyebilir (Babakhanzadeh et al., 2020). Nitekim anabolik steroidler gibi eksojen androjenlerin kullanımı, LH ve FSH salınımını baskılayarak anabolik steroid kaynaklı hipogonadizme yol açmakta; bu durum Sertoli ve Leydig hücre fonksiyonlarının bozulmasına, testosteron üretiminin azalmasına ve spermatogenezin baskılanmasına neden olmaktadır. Testosteron tedavisi alan bireylerde spermatogenezin baskılanmasının ortalama 3–4 ay içinde belirgin hâle geldiği, tedavinin kesilmesini takiben ise sperm üretiminin genellikle 3–6 ay içinde kısmen veya tamamen toparlayabildiği bildirilmiştir (Rahnema et al., 2014, Meachem et al., 2001). Ancak ileri yaş, uzun süreli testosteron kullanımı ve bazı etnik özellikler iyileşme olasılığını azaltabilmekte; bu nedenle spermatogenezin kendiliğinden düzelmesi her zaman öngörülebilir olmamaktadır (Liu et al., 2006, Kohn et al., 2017).

Öte yandan, HPG aksının merkezi düzeyde bozulduğu durumlarda GnRH eksikliği gelişerek hipogonadotropik hipogonadizme yol açabilmekte, bu tablo testosteron eksikliği ve sperm üretiminin durması ile sonuçlanabilmektedir (Lucas, 2014). Bu grubun tipik örneklerinden biri, koku alma bozukluğu ve gecikmiş puberte ile karakterize Kallmann sendromudur (Kotan et al., 2014). GnRH veya gonadotropin eksikliğine bağlı infertilite olgularında tedavi seçenekleri arasında gonadotropinler, GnRH enjeksiyonları ve seçilmiş olgularda seks steroidleri yer almaktadır. Hipofiz yetmezliği bulunan hastalar ise genellikle uzun süreli hormonal tedaviye ihtiyaç duymakta ve bu durum metabolik ve kardiyovasküler komplikasyon riskini artırabilmektedir (Schagen et al., 2016). Buna karşılık, yüksek LH ve FSH düzeyleri ile birlikte düşük testosteron konsantrasyonlarının saptandığı durumlar primer testiküler yetmezliği düşündürmekte ve spermatogenezde ciddi bozukluklarla ilişkilendirilmektedir (Fukuda et al., 2014). Ayrıca artmış prolaktin düzeyleri libido azalması, erektil disfonksiyon ve sperm üretiminde azalma ile ilişkili olup, hiperprolaktineminin oligospermik erkeklerin yaklaşık %10–15'inde infertiliteye katkıda bulunduğu bildirilmektedir. Bu olgularda dopamin agonistleri etkili ve güvenilir bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmektedir (Marrag et al., 2015).

2.3.2. Fiziksel Faktörler

Fiziksel faktörler, sperm üretimini bozarak veya ejakülasyon yolunda tıkanıklığa neden olarak erkek infertilitesine yol açabilmektedir. Erkek infertilitesinin en sık görülen fiziksel

nedenlerinden biri olan varikosel, spermatik damarların genişlemesi ile karakterizedir ve infertil erkeklerin yaklaşık %40'ında saptanmaktadır. Varikosel, testiküler ısı artışı ve bozulmuş testiküler dolaşım yoluyla spermatogenezi olumsuz etkileyebilmektedir (Macleod et al., 2015).

Testiküler torsiyon, testisin skrotum içinde kendi etrafında dönmesi sonucu spermatik damarlar üzerinde bası oluşturarak testiküler kan akımını bozmakta ve geri dönüşümsüz testis hasarına neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra, akut veya kronik genital sistem enfeksiyonları, inflamasyon ve doku hasarı yoluyla sperm üretimini ve taşınmasını olumsuz etkileyerek infertiliteye katkıda bulunabilir (Fallahi et al., 2018).

Cinsel yolla bulaşan hastalıklar da erkek infertilitesinde önemli bir yere sahiptir. Gonore ve Klamidya enfeksiyonları, epididimiste obstrüksiyona yol açarak sperm geçişini engelleyebilir ve infertilite ile sonuçlanabilir. Ayrıca bazı olgularda semen, ejakülasyon sırasında mesane içine geri kaçmakta olup bu durum retrograd ejakülasyon olarak adlandırılmaktadır. Retrograd ejakülasyon, genellikle mesane boynu veya sfinkter yapısındaki anatomik ya da fonksiyonel bozukluklara bağlı olarak gelişmekte ve infertilite vakalarının yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır (Omolaoye & Du Plessis, 2018).

2.3.3. Cinsel Problemler

İnfertilite süreci, erkeklerde cinsellik algısının belirgin biçimde değişmesine yol açabilmekte ve cinsel yaşamın spontan ve duygusal bir paylaşım olmaktan çıkarak, çoğu zaman yalnızca gebelik elde etmeye yönelik planlı bir eylem hâline gelmesine neden olabilmektedir (Cousineau & Domar, 2007). Bu durum, infertil erkeklerde cinsel istek azalması, cinsel tatminde düşüş ve cinsel işlev bozukluklarının ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Literatürde infertilite sürecindeki erkeklerde en sık bildirilen cinsel sorunlar arasında erektile disfonksiyon ve prematür ejakülasyon yer almaktadır.

DSM-IV tanı ölçütleri esas alınarak yapılan kesitsel bir çalışmada, erkeklerin %58'inde en az bir cinsel disfonksiyon tanımlandığı bildirilmiştir. Cinsel disfonksiyon saptanan bu grupta en sık görülen sorun prematür ejakülasyon (%34,7) olurken, bunu orgazm bozuklukları (%28) izlemektedir. Daha düşük sıklıkla cinsel istek bozukluğu (%9,2), retarde ejakülasyon (%8,5), retrograd ejakülasyon (%6,8) ve erektile disfonksiyon (%5,5) tespit edilmiştir (Bakhtiari et al., 2015). Özellikle semen parametrelerinin bozulması ve azospermi gibi ağır infertilite tabloları, cinsel işlev bozukluklarının görülme sıklığını artırmaktadır. İnfertilite tanısı sonrasında erkeklerde yetersizlik hissi, benlik saygısında azalma, damgalanma algısı ve performans kaygısı gelişebilmektedir. Bu psikolojik yük, cinsel işlev bozukluklarının hem ortaya çıkmasında hem de sürdürülmesinde önemli rol oynamaktadır (Aksoy & Şahin, 2020).

2.3.4. Genetik Faktörler

Genetik faktörler, erkek infertilitesinin önemli nedenleri arasında yer almakta olup olguların yaklaşık %15'inde altta yatan genetik bir bozukluk saptanmaktadır (Stouffs et al., 2014). Bu faktörler genel olarak kromozomal anomaliler ve tek gen mutasyonları olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir (Wang et al., 2010). Kromozom düzeyinde genetik materyalin sayısında veya yapısında meydana gelen sapmalar, spermatogenezin farklı evrelerinde bozulmaya yol açarak oligozoospermi veya azospermi ile sonuçlanabilmektedir (McLachlan & O'Bryan, 2010). Azospermik erkeklerin yaklaşık %14'ünde, oligozoospermik erkeklerin ise %2'sinde kromozomal anormallik saptanması, genetik faktörlerin bu hasta grubundaki önemini ortaya koymaktadır (Pylyp et al., 2013).

Erkek infertilitesine yol açan en sık kromozomal anöploidi Klinefelter sendromudur ve infertil erkeklerin yaklaşık %10–15'ini oluşturmaktadır (Hofherr et al., 2011). En yaygın formu 47,XXY karyotipi olup, daha az sıklıkla mozaik formlar görülmektedir. Klinik olarak küçük ve

sert testisler, değişken derecelerde androjen eksikliği ve çoğu olguda azoospermi ile karakterizedir (Groth et al., 2013). Endokrin profilde hipergonadotropik hipogonadizm saptanır. Testis histolojisinde seminifer tübüllerin fibrozisi, Sertoli hücre dejenerasyonu ve Leydig hücre hiperplazisi izlenirken, bazı olgularda sınırlı spermatogenez odaklarının varlığı bildirilmektedir (Wikström & Dunkel, 2010, Aksglaede et al., 2006).

Y kromozomu mikrolelesyonları, spermatogenez için gerekli genleri içeren AZF (azoospermi faktörü) bölgelerini etkileyen genetik kayıplardır ve şiddetli oligozoospermisi olan erkeklerin %3–7’sinde, azoospermisi olan erkeklerin ise %8–12’sinde görölmektedir (Colaco & Modi, 2018). En sık rastlanan delesyon AZFc bölgesinde olup, değişken klinik tablolarla seyredebilir ve bazı olgularda testisten sperm elde edilmesi mümkün olabilir. Buna karşılık AZFa ve AZFb bölgelerinin tam delesyonları, genellikle tam spermatogenez durması ile ilişkilidir ve sperm elde edilme olasılığı oldukça düşüktür (Abur et al., 2019).

Yapısal kromozomal anomaliler arasında yer alan Robertsonian translokasyonlar ve inversiyonlar, infertil erkeklerde genel popölasyona kıyasla daha sık görölmektedir. Dengeli translokasyonlarda genetik materyal kaybı olmamasına rağmen, spermatogenez bozulabilir ve embriyonik genetik dengesizlik riski artabilir (Gies et al., 2012, Spinner et al., 2013).

Tek gen mutasyonları da erkek infertilitesinde önemli bir yer tutmaktadır. Kistik fibrozis transmembran iletkenlik düzenleyicisi (CFTR) gen mutasyonları, özellikle konjenital bilateral vas deferens yokluğu (CBAVD) ile ilişkili olup obstrüktif azoosperminin başlıca nedenlerinden biridir. CBAVD’li erkeklerde spermatogenez genellikle korunmuş olsa da sperm taşınmasındaki anatomik bozukluk nedeniyle ejakülatta sperm bulunmaz (Bieth et al., 2020).

Genetik nedenlerin tanımlanması, yalnızca infertilitenin etiyolojisinin aydınlatılması açısından değil; aynı zamanda tedavi planlaması, yardımcı üreme tekniklerinin seçimi ve olası genetik riskler konusunda çiftlere danışmanlık verilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

2.3.5. Çevre ve Yaşam Tarzı

Çevresel maruziyetler ve yaşam tarzına bağlı davranışlar, erkek infertilitesinin gelişiminde önemli ve çoğu zaman değiştirilebilir risk faktörleri arasında yer almaktadır. Özellikle iş ortamında solventler, pestisitler, yapıştırıcılar, silikonlar ve iyonizan radyasyon gibi toksik maddelere maruz kalan erkeklerde sperm üretiminin olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (Mustafa et al., 2019). Radyasyona maruziyet, doz ve süreye bağlı olarak spermatogenezde geçici azalmadan kalıcı infertiliteye kadar değişen etkiler gösterebilmektedir (Liu et al., 2017). Benzer şekilde, uzun süreli yüksek sıcaklık maruziyeti (örneğin fırıncılık gibi meslekler) veya uzun süre oturmayı gerektiren işler (örneğin profesyonel sürücülük), skrotal ısının artmasına bağlı olarak sperm parametrelerinde bozulmaya yol açabilmektedir (Al-Otaibi, 2018).

Sigara ve alkol tüketiminin erkek fertilitesi üzerindeki etkileri konusunda literatürde tam bir görüş birliği bulunmamakla birlikte, çok sayıda çalışma özellikle orta ve ağır sigara kullanımının sperm konsantrasyonu, hareketliliği ve morfolojisi üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu göstermektedir (Petraglia et al., 2013, Mitra et al., 2012). Sigara içiminin ayrıca sperm DNA hasarı ve yardımcı üreme tekniklerinden elde edilen klinik sonuçların kötüleşmesi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Waylen et al., 2009). Alkol tüketimi açısından bakıldığında, hayvan deneyleri ve insan çalışmalarının meta-analizleri, düzenli ve yüksek miktarda alkol alımının meni hacmi ve sperm morfolojisi üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceğini ve etanolün Leydig hücreleri üzerinde toksik etkiler gösterebileceğini düşündürmektedir (Ricci et al., 2017, Muthusami & Chinnaswamy, 2005).

Obezite, erkek infertilitesi ile güçlü şekilde ilişkili yaşam tarzı faktörlerinden biridir. Artmış vücut kitle indeksi; düşük total testosteron, düşük seks hormon bağlayıcı globulin (SHBG), artmış östrojen düzeyleri ve sperm DNA parçalanması ile ilişkilidir (Davidson et al., 2015). Meta-analizler, obez erkeklerde oligozoospermi ve azoospermi riskinin anlamlı derecede

arttığını göstermektedir (Sermondade et al., 2013). Ayrıca kilo kaybını içeren diyet ve egzersiz müdahalelerinin sperm sayısı, meni hacmi ve testosteron düzeylerinde iyileşme sağladığı ve yardımcı üreme teknikleri sonrasında canlı doğum oranlarını artırabildiği bildirilmiştir (Håkonsen et al., 2011). Son yıllarda ortaya konan epigenetik bulgular, baba obezitesinin spermatogonial kök hücreler üzerinden yavruların metabolik ve üreme sağlığını da etkileyebileceğini düşündürmektedir (Donkin et al., 2016).

Keyif amaçlı uyuşturucu kullanımı da sperm parametreleri üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Esrar, androjenler ve opioidlerin kullanımı; sperm konsantrasyonunda azalma, sperm DNA bütünlüğünde bozulma ve hipotalamus-hipofiz-gonadal eksenin baskılanması ile ilişkilendirilmiştir (Dohle et al., 2003, Safarinejad et al., 2013). Bu etkilerin çoğu, kullanımın bırakılmasını takiben zamanla kısmen geri dönebilmektedir (Shankara-Narayana et al., 2020).

3. ERKEK İNFERTİLİTESİ VE EGZERSİZ

3.1. Egzersiz ve Üreme Sağlığı Etkileşimi: Fizyolojik Temeller

Mevcut literatür, üreme çağındaki çiftlerin yaklaşık %15'inin infertilite sorunu yaşadığını ve infertilite olgularının yaklaşık %30–50'sinde erkek faktörünün belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Agarwal et al., 2015). Erkek faktörlü infertilite olarak tanımlanan bu durum, çoğunlukla spermatogenez sürecindeki aksaklıklar ve sperm fonksiyon bozuklukları ile ilişkilidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, klasik nedenlerin yanı sıra inflamatuvar süreçlerin de erkek infertilitesinin gelişiminde önemli bir rol oynayabileceğine dikkat çekmektedir. Özellikle seminal sıvıda artmış proinflamatuvar sitokin düzeylerinin düşük semen kalitesi ile yakından ilişkili olduğu, bu durumun spermatogenez üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı ve sperm hücre membran bütünlüğünü bozabildiği bildirilmektedir. Artan inflamatuvar yanıt, seminal reaktif oksijen türlerinin (ROS) düzeylerinde yükselme ve lipid peroksidasyonunda artış ile ilişkilidir. Seminal plazmada aşırı ROS üretimi ise sperm plazma zarında yapısal hasara, sperm DNA bütünlüğünün bozulmasına ve sonuç olarak sperm fonksiyonlarının zayıflamasına neden olarak infertilite riskini artırmaktadır (Loveland et al., 2017).

Son yıllarda, düzenli fiziksel aktivitenin anti-inflamatuvar ve antioksidan etkilerinin anlaşılmasıyla birlikte, farklı egzersiz türlerinin seminal plazmadaki inflamasyon ve oksidatif stres düzeyi üzerindeki etkileri araştırmacıların dikkatini çekmiştir (Hajizadeh-Maleki et al., 2017). Bu bağlamda yapılan randomize kontrollü çalışmalar, özellikle direnç egzersizi ve düzenli yapılandırılmış egzersiz programlarının, seminal proinflamatuvar sitokin düzeylerini (IL-1 β , IL-6, IL-8 ve TNF- α) anlamlı biçimde azalttığını; reaktif oksijen türleri ve lipid peroksidasyon göstergelerinde düşüş sağladığını göstermektedir. Aynı çalışmalarda antioksidan savunma sistemlerinin (süperoksit dismutaz ve katalaz aktivitesi gibi) güçlendiği, buna paralel olarak sperm konsantrasyonu, hareketliliği, morfolojisi ve sperm DNA bütünlüğünde belirgin iyileşmeler elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca, egzersizle sağlanan inflamasyon ve oksidatif stres azalmasının gebelik oranlarında artış ile ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Bu bulgular, egzersizin yalnızca genel sağlık açısından değil, aynı zamanda erkek infertilitesinin patofizyolojisinde rol oynayan temel biyolojik mekanizmalar üzerinde de olumlu etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Hajizadeh-Maleki & Tartibian, 2017, Hajizadeh-Maleki & Tartibian, 2019).

Egzersiz, erkek üreme fonksiyonu üzerine diğer bir etkisi de hormonal yollar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Fiziksel aktivite, HPG aksının işleyişini doğrudan etkileyerek testosteron sentezi ve spermatogenezin düzenlenmesinde rol oynar. Uygun şiddet ve sürede yapılan egzersiz, gonadotropin salgısını destekleyerek Leydig ve Sertoli hücre fonksiyonlarını olumlu yönde etkileyebilir. Buna karşılık, uzun süreli ve yüksek yoğunluklu egzersiz yüklenmeleri, artmış kortizol salınımı ve enerji dengesindeki bozulmalar yoluyla HPG aksında baskılanmaya

neden olabilir. Bu durum, LH ve FSH düzeylerinde azalma, intratestiküler testosteronun düşmesi ve sonuç olarak sperm üretiminin olumsuz etkilenmesiyle ilişkilendirilmektedir. Dolayısıyla egzersizin erkek üreme fizyolojisi üzerindeki hormonal etkileri, egzersizin dozu ve bireyin fizyolojik adaptasyon kapasitesi ile yakından ilişkilidir (Dabaja, 2018).

3.2. Erkek İnfertilitesinde Sedanter Davranış: Mekanizmalar ve Klinik Yansımalar

Sedanter yaşam tarzı, erkek üreme sağlığını çok boyutlu mekanizmalar üzerinden olumsuz etkileyen önemli bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Hareketsiz erkeklerde düşük testosteron düzeyleri, azalmış libido, erektil disfonksiyon ve sperm hareketliliğinde gerileme ile karakterize geç başlangıçlı hipogonadizm (late-onset hypogonadism, LOH) gelişme olasılığının daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Hammiche et al., 2012). Buna karşılık, fiziksel olarak aktif erkeklerde daha anabolik bir hormonal profilin korunduğu, testosteron ve FSH düzeylerinin daha uygun aralıkta seyrettiği ve bu durumun daha sağlıklı spermatogenez ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Vaamonde et al., 2012).

Sedanter davranışın infertilite üzerindeki etkileri yalnızca hormonal değişikliklerle sınırlı değildir. Hareketsizlik; artmış yağ dokusu, insülin direnci ve sistemik inflamasyon ile ilişkili olup, bu durumlar oksidatif stresin artmasına zemin hazırlar. Oksidatif stres, erkek infertilitesinin en yaygın patofizyolojik mekanizmalarından biri olarak kabul edilmekte; seminal plazmada ROS artışı, lipid peroksidasyonu, sperm DNA hasarı ve membran bütünlüğünün bozulması ile sonuçlanmaktadır. Ayrıca, seminal plazmada proinflamatuvar sitokin düzeylerinin yükselmesi sperm konsantrasyonu, hareketliliği ve morfolojisi üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır (Agarwal et al., 2019, Seshadri et al., 2009).

Klinik ve epidemiyolojik çalışmalar, sedanter davranışın sperm parametreleriyle ilişkisini destekler niteliktedir. Özellikle televizyon izleme süresi gibi hareketsizliğin göstergeleri ile sperm konsantrasyonu arasında ters bir ilişki bildirilmiştir . Hareketsiz erkeklerde sperm konsantrasyonunun belirgin şekilde daha düşük olduğu, buna karşın düzenli fiziksel aktivite yapan bireylerde sperm morfolojisi ve hormonal parametrelerin daha iyi olduğu rapor edilmiştir (Gaskins et al., 2015). Bununla birlikte, bazı kesitsel çalışmalarda fiziksel aktivite düzeyi ile klasik meni parametreleri arasında net farklar gösterilememiştir; bu durum, yaşam tarzı faktörlerinin egzersizin türü, süresi ve bireysel farklılıklarla birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir. (Mínguez-Alarcón et al., 2014).

Son yıllarda yapılan randomize kontrollü çalışmalar, sedanter davranışın tersine çevrilmesinin üreme sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini ortaya koymuştur. Özellikle direnç egzersizi ve orta düzeyde aerobik egzersizin, anti-inflamatuvar sitokinleri artırdığı, oksidatif stres belirteçlerini azalttığı ve sperm DNA bütünlüğünü iyileştirdiği gösterilmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, erkek oksidatif stres infertilitesine yönelik güncel kılavuzlar, sedanter yaşam tarzının azaltılmasını ve egzersizi de içeren kanıta dayalı yaşam tarzı düzenlemelerinin tedavi sürecine entegre edilmesini önermektedir (Hajizadeh-Maleki & Tartibian, 2019).

Genel olarak mevcut kanıtlar, hafif–orta düzeyde düzenli fiziksel aktivitenin sedanter davranışa kıyasla erkek fertilitesi açısından daha koruyucu olduğunu; buna karşın uzun süreli hareketsizlik, hormonal dengeyi bozarak, inflamasyon ve oksidatif stresi artırarak infertilite riskini yükselttiğini göstermektedir. Bu nedenle sedanter yaşam tarzı, erkek infertilitesinin değerlendirilmesi ve yönetiminde mutlaka göz önünde bulundurulması gereken değiştirilebilir bir risk faktörüdür.

3.3. Egzersiz Yoğunluğu ve Spermatogenez: Doz–Yanıt İlişkisi

Egzersizin erkek üreme sağlığı üzerindeki etkileri doğrusal değildir ve büyük ölçüde egzersizin yoğunluğu, süresi ve bireyin fizyolojik adaptasyon kapasitesi ile ilişkilidir. Bu bağlamda literatürde, egzersiz ile spermatogenez arasında belirgin bir doz–yanıt ilişkisi olduğu kabul edilmektedir. Orta düzeyde ve düzenli fiziksel aktivitenin sperm üretimi ve fonksiyonu üzerinde olumlu etkileri bildirilirken, aşırı ve uzun süreli yoğun egzersizin üreme sistemi üzerinde olumsuz sonuçlara yol açabildiği gösterilmiştir (Hajizadeh-Maleki & Tartibian, 2021).

Aşırı fiziksel aktivite, organizmada kronik bir stres yanıtını tetikleyerek HPG aksının baskılanmasına neden olabilmektedir. Yoğun ve sürekli egzersiz sırasında artan kortizol düzeyleri, gonadotropin salgısını baskılayarak LH ve FSH düzeylerinde düşüşe yol açabilir. Bu durum testiküler testosteron üretiminin azalmasına ve dolayısıyla spermatogenezin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Ayrıca yoğun egzersizle birlikte ortaya çıkan oksidatif stres artışı, ROS aşırı üretimine, sperm DNA hasarına ve sperm membran bütünlüğünün bozulmasına yol açabilmektedir (Vaamonde et al., 2018).

Özellikle uzun süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizlerin testis sıcaklığını artırdığı, bunun da germinal epitel atrofisi, sperm motilitesi azalması ve sperm morfolojisinde bozulma ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Dayanıklılık sporlarıyla uğraşan erkeklerde, özellikle uzun mesafe koşucularında ve rekabetçi sporcularda, düşük testosteron düzeyleri ve baskılanmış üreme hormonları sık olarak rapor edilmiştir. Bu bulgular, aşırı fiziksel yüklenmenin spermatogenez üzerinde olumsuz bir etki oluşturabileceğini düşündürmektedir (Tartibian & Maleki, 2012).

Buna karşılık, orta düzeyde uygulanan egzersiz protokolleri farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Grandys ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışmada, önceden planlanmış 5 haftalık orta yoğunluklu bir bisiklet programına katılan sağlıklı erkeklerde toplam testosteron düzeylerinin anlamlı biçimde arttığı, SHBG düzeylerinin ise azaldığı gösterilmiştir. Bu hormonal değişimin, intratestiküler testosteron düzeylerini artırarak spermatogenez destekleyebileceği ileri sürülmüştür. Bu durum, egzersizin belirli bir eşik değerin altında uygulandığında üreme sistemi açısından faydalı olabileceğini ortaya koymaktadır (Grandys et al., 2009).

Ancak egzersizin türü de bu doz–yanıt ilişkisinde belirleyici bir faktördür. Wise ve arkadaşlarının geniş örneklemli prospektif çalışmasında, haftada 5 saatten fazla bisiklet süren erkeklerde sperm konsantrasyonu ve toplam hareketli sperm sayısının anlamlı şekilde daha düşük olduğu bildirilmiştir. Bu olumsuz etkinin, bisiklet sürüşü sırasında artan skrotal sıcaklık, perineal basınç ve lokal dolaşım bozukluğu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Nitekim rekabetçi bisikletçilerde anormal sperm morfolojisi ve yarış dönemlerinde sperm motilitesinde azalma bildiren çalışmalar bu görüşü desteklemektedir (Wise et al., 2011).

Güncel kanıtlar, egzersizin spermatogenez üzerindeki etkilerinin “fazlası zarar, azı yetersiz” ilkesine uygun şekilde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Hajizadeh-Maleki ve arkadaşlarının randomize kontrollü çalışmaları ve sistematik derleme bulguları, orta yoğunluklu aerobik egzersiz, direnç egzersizi veya bu iki yaklaşımın kombinasyonunun sperm konsantrasyonu, motilite, morfoloji ve sperm DNA bütünlüğü üzerinde en olumlu etkilere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşılık, yüksek yoğunluklu ve uzun süreli egzersizlerin bu kazanımları tersine çevirebileceği vurgulanmaktadır (Hajizadeh-Maleki & Tartibian, 2021).

Sonuç olarak, spermatogenezin egzersize verdiği yanıt doza duyarlıdır. Hafif–orta yoğunlukta, düzenli ve bireyselleştirilmiş egzersiz programları spermatogenez desteklerken; aşırı, kontrolsüz ve uzun süreli yoğun egzersiz uygulamaları hormonal baskılanma, oksidatif stres artışı ve testiküler termal yüklenme yoluyla erkek üreme fonksiyonunu olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle erkek infertilitesinde egzersiz reçetelendirilirken, egzersizin yoğunluğu, süresi ve türü dikkatle planlanmalı ve “daha fazla egzersiz her zaman daha iyidir” yaklaşımından kaçınılmalıdır.

4. SONUÇ

Erkek infertilitesi, tek bir nedene indirgenemeyen; hormonal, hücresel, genetik ve çevresel faktörlerin birbiriyle etkileşimi sonucu ortaya çıkan karmaşık bir klinik tablodur. Günümüzde infertilite prevalansındaki artış, yalnızca medikal tedavilerin değil, aynı zamanda yaşam tarzına yönelik koruyucu ve destekleyici yaklaşımların da önemini açık biçimde ortaya koymaktadır. Bu bağlamda egzersiz, erkek üreme sağlığını etkileyen en önemli ve değiştirilebilir faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Mevcut bilimsel kanıtlar, sedanter yaşam tarzının hormonal dengeyi bozarak inflamasyon ve oksidatif stresi artırdığını; bunun da sperm konsantrasyonu, hareketliliği ve DNA bütünlüğü üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Buna karşılık, hafif–orta şiddette ve düzenli fiziksel aktivitenin testosteron düzeylerini desteklediği, anti-inflamatuar ve antioksidan mekanizmaları güçlendirdiği ve spermatogenez üzerinde koruyucu ve iyileştirici etkiler sağladığı bildirilmektedir. Ancak bu olumlu etkilerin, egzersizin dozu, süresi ve türü ile yakından ilişkili olduğu unutulmamalıdır. Uzun süreli, yüksek yoğunluklu ve kontrolsüz egzersiz yüklenmeleri ise HPG aksının baskılanmasına, testiküler ısı artışına ve spermatogenezde bozulmaya yol açabilmektedir.

Dolayısıyla erkek infertilitesinde egzersiz, “ne kadar çok o kadar iyi” anlayışıyla değil; bireyselleştirilmiş, kontrollü ve bilimsel kanıtlara dayalı bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Orta düzeyde aerobik egzersizler, direnç egzersizi veya bu yaklaşımların dengeli kombinasyonları, erkek fertilitasını destekleyen en uygun egzersiz modelleri olarak öne çıkmaktadır. Sedanter davranışın azaltılması ve düzenli fiziksel aktivitenin yaşam tarzına entegre edilmesi, yalnızca infertilite tedavisinde değil, aynı zamanda erkek üreme sağlığının korunmasında da temel bir strateji olarak görülmelidir.

Bu nedenle fizyoterapistler, erkek infertilitesi değerlendirmesinde egzersiz öyküsünü sistematik biçimde sorgulamalı; bireyin yaşam tarzı, fiziksel aktivite düzeyi ve fizyolojik kapasitesi doğrultusunda, üreme sağlığını destekleyecek bireye özgü egzersiz danışmanlığını tedavi sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak sunmalıdır.

Sonuç olarak egzersiz, erkek infertilitesinin önlenmesi ve yönetiminde önemli bir tamamlayıcı yaklaşım olup, fizyoterapistlerin bu alandaki rolü hem koruyucu sağlık hizmetleri hem de multidisipliner infertilite yönetimi açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Gelecekte yapılacak uzun süreli ve iyi tasarlanmış randomize kontrollü çalışmalar, farklı egzersiz türleri ve yoğunluklarının spermatogenez üzerindeki etkilerini daha net ortaya koyarak klinik uygulamaların güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abur, U., Gunes, S., Asci, R., et al. (2019). AZFc microdeletions and male infertility. *Andrologia*, 51(11), e13424.
- Agarwal, A., Baskaran, S., Parekh, N., et al. (2021). Male infertility. *The Lancet*, 397(10271), 319–333.
- Agarwal, A., Baskaran, S., Parekh, N., et al. (2023). Male infertility. *Nature Reviews Disease Primers*, 9(1), 59.
- Agarwal, A., Mulgund, A., Hamada, A., & Chyatte, M. R. (2015). A unique view on male infertility around the globe. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 13, 37.
- Agarwal, A., Parekh, N., Selvam, M. K. P., et al. (2019). Male oxidative stress infertility (MOSI): Guidelines. *World Journal of Men's Health*, 37, 296–312.
- Aksoy, Ö., & Şahin, N. (2020). Erkek cinselliği. *Androloji Bülteni*, 22, 28–32.
- Aksglaede, L., Wikström, A. M., Rajpert-De Meyts, E., et al. (2006). Seminiferous tubule degeneration in Klinefelter syndrome. *Human Reproduction Update*, 12(1), 39–48.
- Al-Otaibi, S. T. (2018). High temperature exposure and male infertility. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 13(2), 103–109.
- Babakhanzadeh, E., Nazari, M., Ghasemifar, S., & Khodadadian, A. (2020). Factors involved in male infertility: A systematic review. *International Journal of General Medicine*, 13, 29–41.
- Bakhtiari, A., Basirat, Z., & Aghajani Mir, M. R. (2015). Sexual dysfunction in infertile couples. *Caspian Journal of Reproductive Medicine*, 1, 2–6.
- Bieth, E., Hamdi, S. M., & Mieusset, R. (2020). Congenital absence of the vas deferens. *Human Genetics*.
- Brinster, R. L., & Zimmermann, J. W. (1994). Spermatogenesis following male germ-cell transplantation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91, 11298–11302.
- Chen, T., Belladelli, F., Del Giudice, F., & Eisenberg, M. L. (2022). Male fertility as a marker for health. *Reproductive BioMedicine Online*, 44, 131–144.
- Colaco, S., & Modi, D. (2018). Genetics of the human Y chromosome and its association with male infertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), 14.
- Cousineau, T. M., & Domar, A. D. (2007). Psychological impact of infertility. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 21, 293–308.
- Dabaja, A. A. (2018). Lifestyle and male infertility. *Current Urology Reports*, 19, 56.
- Davidson, L. M., Millar, K., Jones, C., et al. (2015). Obesity and spermatogenesis. *Human Fertility*, 18, 184–193.
- Dohle, G. R., Smit, M., & Weber, R. F. A. (2003). Androgens and male fertility. *World Journal of Urology*, 21(5), 341–345.
- Donkin, I., Versteyhe, S., Ingerslev, L. R., et al. (2016). Obesity and bariatric surgery drive epigenetic variation of spermatozoa. *Cell Metabolism*, 23(2), 369–378.
- Eddy, E. M. (1998). Gene expression during spermatogenesis. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 9(4), 451–457.

- Fallahi, S., Rostami, A., Shiadeh, M. N., et al. (2018). Toxoplasma gondii and male reproduction. *Journal of Gynecology Obstetrics and Human Reproduction*, 47(3), 133–140.
- Fukuda, I., Hizuka, N., Muraoka, T., & Ichihara, A. (2014). Adult growth hormone deficiency. *Neurologia Medico-Chirurgica*, 54(8), 599–605.
- Galdon, G., Atala, A., & Sadri-Ardekani, H. (2016). In vitro spermatogenesis: How far from clinical application? *Current Urology Reports*, 17(7), 49.
- Garolla, A., Ghezzi, M., Cosci, I., et al. (2017). FSH treatment in infertile males: Effects on sperm quality and pregnancy rate. *Endocrine*, 56(2), 416–425.
- Gaskins, A. J., Mendiola, J., Afeiche, M., et al. (2015). Physical activity and semen quality. *British Journal of Sports Medicine*, 49(4), 265–270.
- Gies, I., De Schepper, J., Goossens, E., et al. (2012). Spermatogonial stem cell preservation. *Fertility and Sterility*, 98(2), 284–289.
- Grandys, M., Majerczak, J., Duda, K., et al. (2009). Endurance training and testosterone levels. *International Journal of Sports Medicine*, 30(7), 489–495.
- Groth, K. A., Skakkebaek, A., Høst, C., et al. (2013). Clinical review: Klinefelter syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 98(1), 20–30.
- Guan, K., et al. (2006). Pluripotency of spermatogonial stem cells from adult mouse testis. *Nature*, 440, 1199–1203.
- Hajizadeh Maleki, B., & Tartibian, B. (2017). Aerobic exercise training improves semen quality. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 15, 1–11.
- Hajizadeh Maleki, B., & Tartibian, B. (2019). Resistance training and reproductive hormones. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 236, 93–99.
- Hajizadeh Maleki, B., Tartibian, B., & Chehrizi, M. (2017). The effects of different exercise modalities on male reproductive parameters. *Reproduction*, 153(2), 157–174.
- Hajizadeh-Maleki, A., & Tartibian, B. (2021). Exercise and male infertility: A translational approach. *Journal of Translational Medicine*, 19, 26.
- Hammiche, F., Laven, J. S. E., Twigt, J. M., et al. (2012). Body mass index and sperm quality. *Human Reproduction*, 27(8), 2365–2372.
- Håkonsen, L. B., Thulstrup, A. M., Aggerholm, A. S., et al. (2011). Does weight loss improve semen quality and reproductive hormones? *Reproductive Health*, 8(1), 24.
- Hoei-Hansen, C. E., Sehested, A., Juhler, M., et al. (2006). Origin of intracranial germ cell tumours: A clinicopathological study. *The Journal of Pathology*, 209(1), 25–33.
- Hofherr, S. E., Wiktor, A. E., Kipp, B. R., et al. (2011). Clinical diagnostic cytogenetic testing in male infertility. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 28(11), 1091–1098.
- Housworth, E. A., & Stahl, F. W. (2003). Crossover interference in humans. *American Journal of Human Genetics*, 73(1), 188–197.
- Kohn, T. P., et al. (2017). Recovery of spermatogenesis following testosterone replacement therapy or anabolic-androgenic steroid use. *Fertility and Sterility*, 107, 351–357.
- Kotan, L. D., Hutchins, B. I., Ozkan, Y., et al. (2014). Mutations in FEZF1 cause Kallmann syndrome. *American Journal of Human Genetics*, 95(3), 326–331.

- Liu, K. S., Pan, F., Chen, Y. J., & Mao, X. D. (2017). Sperm DNA damage and male infertility. *Reproductive and Developmental Medicine*, 1(4), 228.
- Liu, P. Y., Swerdloff, R. S., Christenson, P. D., et al. (2006). Rate, extent, and modifiers of spermatogenic recovery after hormonal male contraception. *The Lancet*, 367, 1412–1420.
- Loveland, K. L., Klein, B., Poeschl, D., et al. (2017). Cytokines in male fertility and testicular immune regulation. *Frontiers in Endocrinology*, 8, 307.
- Lucas, X. (2014). Deslorelin use in reproductive management. *Reproduction in Domestic Animals*, 49, 64–71.
- Macleod, R., Biyani, C. S., Cartledge, J., & Eardley, I. (2015). Varicocele. *Clinical Evidence*, 2015, 1806–1828.
- Marrag, I., Hajji, K., Braham, M. Y., et al. (2015). Antipsychotics and hyperprolactinemia. *Annals of Psychiatry and Mental Health*, 3(6), 1047.
- McLachlan, R. I., & O'Bryan, M. K. (2010). Genetic testing for male infertility. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 95(3), 1013–1024.
- Meachem, S. J., Nieschlag, E., & Simoni, M. (2001). Inhibin B in male reproduction. *European Journal of Endocrinology*, 145, 561–571.
- Mínguez-Alarcón, L., Chavarro, J. E., Mendiola, J., et al. (2014). Physical activity and semen quality. *Fertility and Sterility*, 102(4), 1103–1109.
- Mitra, A., Chakraborty, B., Mukhopadhyay, D., et al. (2012). Smoking and semen quality. *Systems Biology in Reproductive Medicine*, 58(5), 255–262.
- Mustafa, M., Sharifa, A. M., Hadi, J., et al. (2019). Male and female infertility: Causes and management. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 18(9), 27–32.
- Muthusami, K. R., & Chinnaswamy, P. (2005). Chronic alcoholism: Its effect on male fertility hormones and semen quality. *Fertility and Sterility*, 84(4), 919–924.
- O'Hara, L., & Smith, L. B. (2015). Androgen receptor roles in spermatogenesis and infertility. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 29(4), 595–605.
- Oatley, J. M., Avarbock, M. R., & Brinster, R. L. (2007). GDNF regulates spermatogonial stem cell self-renewal. *Journal of Biological Chemistry*, 282(35), 25842–25851.
- Omolaoye, T., & Du Plessis, S. S. (2018). Diabetes mellitus and male infertility. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 7(1), 6–14.
- Petraglia, F., Serour, G. I., & Chapron, C. (2013). The changing prevalence of infertility. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, 123, S4–S8.
- Pylyp, L. Y., Spinenko, L. O., Verhoglyad, N. V., & Zukin, V. D. (2013). Chromosomal abnormalities in infertile men. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 30(5), 729–732.
- Rahnema, C. D., Lipshultz, L. I., Crosnoe, L. E., et al. (2014). Anabolic steroid-induced hypogonadism: Diagnosis and treatment. *Fertility and Sterility*, 101, 1271–1279.
- Rajpert-De Meyts, E., Jørgensen, N., Brøndum-Nielsen, K., et al. (1998). Germ cell developmental arrest in male infertility. *APMIS*, 106(1–6), 198–206.
- Rasmussen, S. W., & Holm, P. B. (1978). Human meiosis II. *Carlsberg Research Communications*, 43(5), 275.

- Ricci, E., Al Beitawi, S., Cipriani, S., et al. (2017). Alcohol intake and semen quality. *Reproductive BioMedicine Online*, 34(1), 38–47.
- Safarinejad, M. R., Asgari, S. A., Farshi, A., et al. (2013). The effects of opiate consumption on male reproductive function. *Reproductive Toxicology*, 36, 18–23.
- Schagen, S. E. E., Cohen-Kettenis, P. T., Delemarre-van de Waal, H. A., & Hannema, S. E. (2016). Efficacy and safety of GnRH agonists in adolescents. *The Journal of Sexual Medicine*, 13(7), 1125–1132.
- Sermondade, N., Faure, C., Fezeu, L., et al. (2013). BMI in relation to sperm count: An updated systematic review and collaborative meta-analysis. *Human Reproduction Update*, 19(3), 221–231.
- Seshadri, S., Bates, M., Vince, G., et al. (2009). Cytokines in subfertile men. *American Journal of Reproductive Immunology*, 62, 275–282.
- Shankara-Narayana, N., Yu, C., Savkovic, S., et al. (2020). Androgen abuse and spermatogenic recovery. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 105(6), 1827–1839.
- Sharpe, R. (1987). Testosterone and spermatogenesis. *Journal of Endocrinology*, 113(1), 1–2.
- Spinner, N. B., Conlin, L., Mulchandani, S., & Emanuel, B. S. (2013). Autosomal deletions. In *Emery and Rimoin's Medical Genetics* (pp. 1–37).
- Stouffs, K., Seneca, S., & Lissens, W. (2014). Genetic causes of male infertility. *Annales d'Endocrinologie*, 75(2), 109–111.
- Sun, H., Gong, T. T., Jiang, Y. T., et al. (2019). Global, regional, and national prevalence and disability-adjusted life-years for infertility in 195 countries and territories, 1990–2017. *Aging (Albany NY)*, 11, 10952–10991.
- Tartibian, B., & Maleki, B. H. (2012). Oxidative stress in endurance athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22(2), 132–139.
- Tesarik, J., Mendoza, C., & Greco, E. (2000). In vitro maturation of male germ cells. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 166(1), 45–50.
- Thamer, I. K., Hussein, F. A., & Khorsheed, H. H. (2016). Spermatogenesis cycles. *Euphrates Journal of Agricultural Science*, 8(2), 1–7.
- Vaamonde, D., Algar-Santacruz, C., Abbasi, A., et al. (2018). Ultra-endurance exercise and male reproductive function. *Andrologia*, 50(1), e12859.
- Vaamonde, D., Da Silva-Grigoletto, M. E., García-Manso, J. M., et al. (2012). Physical activity and semen quality. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 3267–3273.
- Wang, R. X., Fu, C., Yang, Y. P., et al. (2010). AZF microdeletions in infertile men. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 27(7), 391–396.
- Waylen, A. L., Metwally, M., Jones, G. L., et al. (2009). Smoking and assisted reproduction outcomes. *Human Reproduction Update*, 15(1), 31–44.
- Wikström, A. M., & Dunkel, L. (2010). Klinefelter syndrome. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 25(2), 239–250.
- Winters, B. R., & Walsh, T. J. (2014). Epidemiology of male infertility. *Urologic Clinics of North America*, 41(1), 195–204.
- Wise, L. A., Cramer, D. W., Hornstein, M. D., et al. (2011). Physical activity and semen quality. *Fertility and Sterility*, 95(3), 1025–1030.

- Wong, J. C., Alon, N., McKerlie, C., et al. (2003). Fanconi anemia gene disruption in mice causes male infertility. *Human Molecular Genetics*, 12(16), 2063–2076.
- World Health Organization, Sexual and Reproductive Health and Research Team. (2023). *Infertility prevalence estimates, 1990–2021*. World Health Organization.
- Yao, C., Liu, Y., Sun, M., et al. (2015). Epigenetic regulation of spermiogenesis and male infertility. *Reproduction*, 150(1), R25–R34.
- Zhao, G. Q., & Hogan, B. L. M. (1996). Evidence that mouse Bmp genes are required for spermatogenesis. *Mechanisms of Development*, 57(2), 159–168.

BÖLÜM 9

YAYGIN GÖRÜLEN ROMATOLOJİK HASTALIKLARDA KAPLICA TEDAVİSİNİN (BALNEOTERAPİ) ROLÜ

Sonay GÜRÜHAN¹, Rabia ÇELİKEK²

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü ORCID ID: 0000-0002-1354-9794

² Dr. Öğretim Üyesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon

Romatolojik hastalıklar; kronik inflamasyon, ağrı, eklem sertliği ve ilerleyici fonksiyon kaybı ile karakterize olup, bireylerin günlük yaşam aktivitelerini, iş gücü verimliliğini ve psikososyal iyilik halini olumsuz yönde etkileyen önemli bir sağlık sorunu oluşturmaktadır. Bu hastalıklar, uzun süreli seyirleri ve tekrarlayan alevlenmeleri nedeniyle yalnızca bireysel düzeyde değil, aynı zamanda sağlık sistemleri ve toplum açısından da ciddi ekonomik ve sosyal yükler doğurmaktadır.

Günümüzde romatolojik hastalıkların yönetiminde farmakolojik tedaviler temel yaklaşımı oluşturmakta; ağrı kontrolü, inflamasyonun baskılanması ve hastalık progresyonunun yavaşlatılması hedeflenmektedir. Ancak uzun süreli ilaç kullanımına bağlı olarak ortaya çıkabilen gastrointestinal, renal, kardiyovasküler ve metabolik yan etkiler ile bazı hastalarda yeterli klinik yanıtın elde edilememesi, tedavi süreçlerinde sınırlılıklar yaratmaktadır. Ayrıca farmakolojik tedavilere rağmen persistan ağrı, hareket kısıtlılığı ve yaşam kalitesinde azalma gibi semptomların devam edebilmesi, tamamlayıcı ve destekleyici tedavi yaklaşımlarına olan ilgiyi artırmaktadır (Fioravanti, Cantarini, Guidelli, & Galeazzi, 2011).

Bu bağlamda kaplıca tedavisi olarak da adlandırılan balneoterapi, doğal mineralli sular, peloidler ve termal uygulamaların terapötik etkilerinden yararlanan, geleneksel kökenleri olmakla birlikte günümüzde bilimsel çalışmalarla desteklenen bir non-farmakolojik tedavi yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Balneoterapi; özellikle osteoartrit, inflamatuvar romatizmal hastalıklar ve yumuşak doku romatizmalarında ağrının azaltılması, eklem hareket açıklığının artırılması, kas gevşemesinin sağlanması ve fonksiyonel kapasitenin iyileştirilmesi amacıyla yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu tedavi yönteminin, multidisipliner yaklaşım içerisinde farmakolojik tedavilere tamamlayıcı olarak kullanıldığında hastaların yaşam kalitesi üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceği bildirilmektedir (Forestier et al., 2022).

1. Kaplıca Tedavisinin Tanımı ve Temel Özellikleri

Kaplıca tedavisi (Balneoterapi), termal mineral sular, çamurlar ve gazlar gibi doğal kaynakların terapötik kullanımı olarak tanımlanmaktadır. Kaplıca tedavisi, yeraltı termomineralli su, organik elementler ve gaz içeren çamur gibi doğal enerji kaynaklarının, kaynağın bulunduğu bölgeye özgü iklim koşulları, meteorolojik unsurlar ve biyolojik çevre ile birleştirilerek kullanılmasını içermektedir (Forestier et al., 2022). İnsan sağlığı üzerine terapötik etkileri kanıtlanmış olan ve diğer tedavi yöntemleri ile birlikte kullanılabilen kompleks bir tedavi sistemi şeklinde kullanılmaktadır. Türkiye ve diğer birçok ülkede kaplıca tedavileri fizyoterapi, egzersiz, psikoterapi, gevşeme eğitimi, diyet gibi birçok diğer tedavi parametresi ile kombine edilerek kullanılabilir. (Matsumoto, 2018). Kaplıca tedavisi ortopedik ve romatolojik kronik kas iskelet sistemi hastalıklarının (örneğin, bel ağrısı, osteoartrit, romatoid artrit, fibromiyalji ve ankilozan spondilit) tedavisinde sıklıkla tercih edilmektedir (Aribi et al., 2025; Bernetti et al., 2020; Kamioka, Nobuoka, & Iiyama, 2020).

Kaplıca sularının tedavi edici özellikleri, içerdiği mineral ve elementlerin türü ve yoğunluğu, suyun sıcaklığı, osmotik basıncı ve radyoaktivite düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Literatürde termal sular genellikle kükürtlü, bikarbonatlı, sodyumlu, klorürlü, kalsiyumlu ve magnezyumlu sular olarak sınıflandırılmaktadır. Bu suların terapötik etkilerinin yalnızca kimyasal içeriklerinden değil, aynı zamanda uygulama süresi, kür programının düzeni ve hastanın klinik özelliklerinden etkilendiği bildirilmektedir.

Kaplıca tedavisi çoğunlukla kür şeklinde uygulanmakta olup, tedavi süresi genellikle 14–21 gün arasında değişmektedir. Uygulamalar banyo, havuz, duş, peloid (çamur) tedavileri, içme kürleri ve inhalasyon yöntemlerini içermektedir. Çalışmalar, kür şeklinde uygulanan

balneoterapinin kısa ve uzun vadede ağrı düzeyini azalttığını, fonksiyonel kapasiteyi artırdığını ve yaşam kalitesini iyileştirdiğini göstermektedir. Özellikle osteoartrit, romatoid artrit, ankilozan spondilit ve kronik bel ağrısı olan bireylerde klinik semptomların anlamlı düzeyde gerilediği bildirilmektedir.

2. Kaplıca Tedavisinin Etki Mekanizmaları

Kaplıca tedavisinin etki mekanizması multifaktöriyel bir yapıya sahip olup termal, mekanik, kimyasal, nöroendokrin ve immünolojik etkilerin bir araya gelmesiyle açıklanmaktadır (Fioravanti et al., 2011).

2.1. Termal Etki

Kaplıca tedavisinin etki mekanizmaları içerisinde termal etkisi, temel fizyolojik etkilerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Sıcak suya maruziyet sonucunda periferik damarlar genişlemekte ve buna bağlı olarak bölgesel ve sistemik kan akımı artmaktadır. Artan dolaşım, dokuların oksijenlenmesini ve beslenmesini iyileştirirken, metabolik atık ürünlerin ve inflamatuvar mediatörlerin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu süreç, inflamatuvar yanıtın baskılanmasına ve doku iyileşmesinin desteklenmesine katkı sağlamaktadır (Karagülle & Karagülle, 2004).

Termal uyarının oluşturduğu vazodilatasyon, kapiller permeabiliteyi artırarak hücresel metabolizmayı hızlandırmakta ve bağ dokusunun elastikiyetini artırmaktadır. Isının nöromüsküler sistem üzerindeki etkileri de klinik açıdan önem taşımaktadır. Sıcaklık, kas içiği ve Golgi tendon organlarının aktivitesini modüle ederek alfa motor nöron aktivitesini azaltmakta, böylece kas tonusunda azalma ve kas gevşemesi meydana gelmektedir. Bu etki özellikle kronik kas spazmı, sertlik ve hareket kısıtlılığı ile seyreden kas-iskelet sistemi hastalıklarında belirgin bir rahatlama sağlamaktadır (Becker, 2009).

Ayrıca termal etki, ağrı algısının azaltılmasında da önemli rol oynamaktadır. Isı uygulaması, nosiseptif afferent liflerin iletimini baskılamakta ve kapı kontrol teorisi kapsamında santral ağrı algısını modüle etmektedir. Bunun yanı sıra, hipotalamo-hipofizer aks üzerinden endorfin ve enkefalin salınımını artırarak analjezik etki oluşturmaktadır. Bu nörofizyolojik mekanizmalar sayesinde kaplıca tedavisi, kronik ağrılı hastalarda ağrı şiddetinin azalmasına, fonksiyonel kapasitenin artmasına ve yaşam kalitesinin iyileşmesine katkı sağlamaktadır (Fioravanti et al., 2011).

2.2.Mekanik Etki

Kaplıca tedavisinin mekanik etkileri, suyun temel fiziksel özellikleri olan kaldırma kuvveti ve hidrostatik basınca bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Suyun kaldırma kuvveti, vücut ağırlığının önemli bir kısmını dengeleyerek yerçekiminin eklemler ve omurga üzerindeki etkisini azaltmakta, böylece özellikle alt ekstremit ve vertebral kolon eklemlerine binen aksiyel yükte belirgin bir azalma sağlamaktadır. Bu durum, ağrı ve hareket kısıtlılığı bulunan bireylerde eklem hareketlerinin daha az ağrılı, daha kontrollü ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Mekanik yükün azalmasıyla birlikte eklem yüzeyleri üzerindeki basınç hafiflemekte, eklem hareket açıklığı artmakta ve fonksiyonel hareketlerin uygulanabilirliği yükselmektedir (Becker, 2009).

Hidrostatik basınç ise suyun derinliğiyle doğru orantılı olarak vücut yüzeyine eşit biçimde etki etmekte ve periferik dokular üzerinde hafif bir kompresyon oluşturmaktadır. Bu basınç etkisi, venöz ve lenfatik dönüşü artırarak interstisyel sıvı birikiminin azalmasına katkıda bulunmakta ve ödemin gerilemesini desteklemektedir. Dolaşımın düzenlenmesi sayesinde dokuların oksijenlenmesi ve beslenmesi iyileşmekte, böylece iyileşme süreçleri olumlu yönde etkilenmektedir. Ayrıca hidrostatik basınç sağladığı sürekli duyusal girdiler, proprioseptif farkındalığı artırarak postüral kontrol ve denge mekanizmalarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Becker, 2009).

Bu mekanik avantajlar, kaplıca tedavisinin egzersizle birlikte uygulanmasını daha etkili hale getirmekte ve rehabilitasyon sürecini desteklemektedir. Su içi egzersizler, karada uygulanması güç veya ağırlı olan hareketlerin daha kolay tolere edilmesini sağlamakta; kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, denge ve koordinasyonun geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu yönüyle mekanik etki, kaplıca tedavisinin fonksiyonel kapasiteyi artıran ve rehabilitasyon programlarının etkinliğini güçlendiren temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Hall, Macdonald, Maddison, & O'hare, 1998).

2.3.Kimyasal Etki

Kaplıca tedavisinin kimyasal etkileri, mineralli suların içerdiği inorganik ve organik bileşenlerin deri ve solunum yolları aracılığıyla organizmaya alınması sonucu ortaya çıkmaktadır. Balneoterapi sırasında minerallerin transdermal absorpsiyonu ve inhalasyon yoluyla sistemik dolaşıma katılması, bu tedavi yönteminin biyolojik etkilerinin temelini oluşturmaktadır. Özellikle kükürtlü mineralli suların kimyasal etkileri, romatolojik ve dejeneratif kas-iskelet sistemi hastalıkları bağlamında literatürde geniş yer bulmaktadır. Kükürt içeren bileşiklerin, inflamatuvar süreçlerde rol oynayan mediatörlerin sentezini baskıladığı ve bu yolla antiinflamatuvar etki gösterdiği bildirilmektedir (Fioravanti et al., 2011).

Kükürt bileşiklerinin eklem kıkırdığı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar, sülfürlü bileşenlerin kondrosit metabolizmasını destekleyerek kollajen ve proteoglikan sentezini stimüle ettiği ve aynı zamanda kıkırdak yıkımında rol oynayan enzimlerin aktivitesini baskıladığını göstermektedir. Bu mekanizmalar sayesinde kıkırdak dokunun bütünlüğünün korunmasına katkı sağlandığı ve dejeneratif süreçlerin yavaşlatılabildiği düşünülmektedir. Ayrıca kükürtün antioksidan özellikleri sayesinde oksidatif stresin ve hücrel hasarın azaltılmasına katkı sağladığı belirtilmektedir (Karagülle & Karagülle, 2004).

Bunun yanı sıra kaplıca sularında bulunan magnezyum ve kalsiyum gibi minerallerin nöromüsküler sistem üzerinde düzenleyici etkiler gösterdiği bildirilmektedir. Magnezyum, kas gevşemesi ve sinir iletiminin düzenlenmesinde önemli rol oynarken, kalsiyum kas kasılması, sinaptik iletim ve hücrel sinyal yollarında temel bir iyon olarak görev yapmaktadır. Bu minerallerin yeterli düzeyde alınmasının kas spazmını azaltabileceği, sinir iletim hızını düzenleyebileceği ve ağrı algısının modülasyonuna katkı sağlayabileceği ifade edilmektedir (Gutenbrunner, Bender, Cantista, & Karagülle, 2010).

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, kaplıca tedavisinin kimyasal etkilerinin yalnızca lokal değil, aynı zamanda sistemik düzeyde de biyolojik yanıtlar oluşturduğu görülmektedir. Minerallerin antiinflamatuvar, kondroprotektif ve nöromüsküler düzenleyici etkileri,

balneoterapinin özellikle kronik kas-iskelet sistemi hastalıklarında tamamlayıcı bir tedavi yöntemi olarak kullanılmasını destekleyen önemli mekanizmalar arasında yer almaktadır.

2.4. İmmünolojik Etki

İmmünolojik perspektiften değerlendirildiğinde, balneoterapinin bağışıklık sistemi üzerinde düzenleyici etkiler oluşturduğu ve özellikle kronik inflamasyonla ilişkili immün yanıtların modülasyonuna katkı sağladığı bildirilmektedir. Literatürde yer alan deneysel ve klinik çalışmalar, kaplıca tedavisine maruz kalmanın proinflamatuvar sitokin üretimini baskılayabildiğini ve inflamatuvar yanıtın şiddetini azalttığını göstermektedir. Bu bağlamda, tümör nekroz faktör alfa (TNF- α), interlökin-1 (IL-1) ve interlökin-6 (IL-6) gibi kronik inflamasyonun sürdürülmesinde önemli rol oynayan sitokinlerin serum düzeylerinde kaplıca kürleri sonrasında anlamlı azalmalar gözlemlendiği rapor edilmiştir (Fioravanti et al., 2011).

Balneoterapinin bu immünomodülatör etkilerinin, termal uyaranlar ve mineralli su bileşenlerinin sinerjik etkisiyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Isı etkisinin hipotalamo-hipofizer-adrenal aksı aktive ederek stres hormonlarını düzenlediği, bunun sonucunda inflamatuvar sitokin salınımının baskılandığı ileri sürülmektedir. Ayrıca kükürt ve diğer mineral bileşenlerin, oksidatif stresi azaltarak inflamasyonla ilişkili hücresel hasarı sınırladığı ve immün hücre fonksiyonlarını dengelediği belirtilmektedir. Bu mekanizmalar, bağışıklık sisteminin aşırı aktivasyonunun önlenmesine ve daha dengeli bir immün yanıtın oluşmasına katkı sağlamaktadır (Gutenbrunner et al., 2010).

Elde edilen bulgular doğrultusunda, balneoterapinin romatizmal hastalıklar, osteoartrit ve diğer kronik inflamatuvar durumlarda farmakolojik tedavilere tamamlayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilebileceği ifade edilmektedir. İnflamatuvar belirteçlerdeki azalmanın klinik semptomlardaki iyileşme ile paralel seyretmesi, kaplıca tedavisinin yalnızca semptomatik rahatlama sağlamadığını, aynı zamanda hastalığın patofizyolojik süreçleri üzerinde de dolaylı etkiler gösterebileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu etkilerin daha net biçimde ortaya konabilmesi için geniş örneklemlili ve uzun dönemli randomize kontrollü çalışmalara gereksinim duyulduğu vurgulanmaktadır.

2.5. Nöroendokrin Etki

Kaplıca tedavisinin nöroendokrin etkileri, merkezi sinir sistemi ile endokrin sistem arasındaki etkileşimler çerçevesinde ele alınmaktadır. Termal uyaranlar ve suya maruz kalma, santral sinir sistemi üzerinden çeşitli nörotransmitter ve nöropeptidlerin salınımını tetiklemekte ve bu durum ağrı algısının modülasyonunda önemli rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalarda, balneoterapi uygulamalarının endorfin ve enkefalin gibi endojen opioidlerin salınımını artırarak analjezik etki oluşturduğu, böylece kronik ağrı algısının baskılandığı gösterilmiştir. Bu mekanizma, kaplıca tedavisinin farmakolojik olmayan bir ağrı kontrol yöntemi olarak klinik önemini ortaya koymaktadır (Fioravanti et al., 2011).

Bunun yanı sıra, kaplıca tedavisinin hipotalamo-hipofizer-adrenal (HHA) aks üzerindeki düzenleyici etkileri de literatürde vurgulanmaktadır. Isı ve suya maruz kalmanın, stres yanıtının temel göstergelerinden biri olan kortizol düzeylerini azalttığı ve otonom sinir sistemi dengesini parasempatik aktivite lehine kaydırduğı bildirilmektedir (Gutenbrunner et al., 2010). Bu hormonal düzenlenme, stresin fizyolojik etkilerinin hafifletilmesine katkı sağlamakta ve bireylerin genel rahatlama ve gevşeme düzeyini artırmaktadır.

Nöroendokrin mekanizmalar aracılığıyla ortaya çıkan bu etkiler, kaplıca tedavisinin yalnızca fiziksel semptomları değil, aynı zamanda psikolojik iyilik halini de olumlu yönde etkileyen bütüncül bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir. Özellikle kronik ağrıya eşlik eden depresyon, anksiyete ve uyku bozuklukları gibi psikososyal sorunlarda belirgin iyileşmeler rapor edilmiştir. Kaplıca kürleri sonrasında bireylerin ruhsal durumlarında düzelme, stres algısında azalma ve yaşam kalitesinde artış gözlemlendiği bildirilmektedir (Karagülle & Karagülle, 2004). Bu bulgular, balneoterapinin kronik hastalıkların multidisipliner yönetiminde psikolojik destekleyici bir unsur olarak da değerlendirilebileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak kaplıca tedavisi; ağrı azaltıcı, kas gevşetici, dolaşımı artırıcı ve fonksiyonel kapasiteyi iyileştirici etkileriyle kronik hastalıkların tedavisinde önemli bir tamamlayıcı yöntemdir. Etkinliğinin artması için uygun hasta seçimi, doğru kür planlaması ve multidisipliner bir yaklaşımın benimsenmesi gerekmektedir.

3. Yaygın Romatolojik Hastalıklarda Kaplıca Tedavisinin Klinik Etkileri

3.1 Osteoartrit

Osteoartrit (OA), kıkırdak kaybı, marjinal osteofitler olarak bilinen kemik büyümelerinin oluşumu, subkondral kemik sklerozu ve eklem kapsülünde değişiklikler, yani sinovyal membranda iltihabi değişiklikler ile karakterize dejeneratif bir eklem hastalığıdır. Ağrı, sertlik, eklem hareket açıklığı, ödem, instabilite, azalmış kas kuvveti ve proprioseptif duyu bozukluğu ve düşme insidansında artış semptomu ile birlikte görülür (Byra & Czernicki, 2020; Du et al., 2023). Osteoartrit, gelişmiş ülkelerde en yaygın kas-iskelet sistemi hastalıklarından biri ve en çok sakatlığa neden olan on hastalıktan biri olarak kabul edilmektedir. Ağrı, sertlik ve ilerleyen eklem hasarından kaynaklanan fonksiyonel durum kaybı, yaşam kalitesinin bozulmasının ve farklı derecelerde sakatlığın başlıca sebepleridir (Steinmetz et al., 2023).

Dünya genelinde 500 milyondan fazla kişinin (yani nüfusun %7'sinin) osteoartritten etkilendiği ve kadınların riskinin çok daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir (Man & Mologhianu, 2014) (Hunter, March, & Chew, 2020). Aslında OA oranı, özellikle 75 ila 79 yaşları arasındaki bireylerde, yaş ile doğru orantılıdır ve erkekler, 50 yaşına kadar kadınlardan daha fazla etkilenirken, menopozdan sonra ise bu eğilim tersine döner ve kadınlarda daha yüksek prevalans kaydedilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde osteoartrit 32,5 milyondan fazla yetişkini etkilemektedir ve tedavi açısından en pahalı hastalıklardan biri olarak kabul edilmektedir. Yapılan güncel çalışma sonuçlarına göre OA prevalansının 2050 yılına kadar artarak dizlerde %74,9, ellerde %48,6, kalçalarda %78,6 ve diğer bölgelerde %95,1'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (Protano et al., 2023). Yaygın görülen bir hastalık olması ve kişilerin günlük yaşama katılımları konusunda kısıtlayıcı yönü olması sebebiyle tedavi stratejileri konusunda birçok farklı yaklaşım kullanılmaktadır. OA tedavisi OA yönetiminde, kanıta dayalı tedavileri ve hastanın beklentilerini ve yaşam tarzını dikkate alan bireysel ihtiyaçlara özel bakımın gerekliliğine dayalı yöntemler tercih edilmektedir. Bireyselleştirilmiş farmakolojik ve diğer yardımcı müdahaleleri birleştirerek bütüncül bir yaklaşım benimseyen programlar, tedavinin hem kullanılabilirliğini hem de etkinliğini artırma potansiyeline sahip olmaları nedeniyle tercih edilmektedir (Bowden et al., 2023).

OA tedavisindeki temel amaçlar; ağrıyı gidermek, eklem hareketliliğini korumak ve kişinin hem eklem hem de genel fonksiyonunu en üst seviyeye çıkarmaktır. Son yıllarda, OA yönetimine yönelik yayımlanan çeşitli uluslararası kılavuzlar, fizik tedavi, eğitim, kilo kontrolü, yardımcı cihazlar ve ilaçlar gibi cerrahi, farmakolojik olmayan ve farmakolojik tedavilere odaklanmışlardır. Başlıca farmakolojik olmayan konservatif tedaviler ise; rehabilitasyon,

destek cihazları, kas gücünü, esnekliği ve dayanıklılığı artırmaya yönelik egzersizler, günlük yaşam önerileri yoluyla hasta eğitimi ve masaj, hidroterapi, çamur tedavisi ve balneoterapi gibi termal tedaviler başta olmak üzere bazı fiziksel önlemlerden oluşmaktadır (Bernetti et al., 2020; Fernandes et al., 2013; Kolasinski et al., 2020; Osthoff et al., 2018). Kaplıca tedavisi, 2014 OARSI (Uluslararası Osteoartrit Araştırma Derneği) kılavuzlarında komorbiditeleri olan çok eklemlili OA için ve 2018 EULAR (Avrupa Romatoloji Dernekleri Birliği) kılavuzlarında OA ve inflamatuvar artritte ağrı yönetimi için önerilmiştir (Montvydaitė-Kreivaitienė, Kubilius, Burbulytė, Strašunskas, & Klėgėrienė, 2025).

Kaplıca tedavisini diğer standart OA tedavileri ile kıyaslayan çalışma bulguları, kaplıca tedavisinin kişilerin yaşam kaliteleri üzerine daha uzun süreli etkiye sahip olduğunu ve ağrı, eklem sertliği ve ekstremiteler kabiliyeti üzerine olumlu etkileri olduğunu göstermektedir (Fioravanti, Karagülle, Bender, & Karagülle, 2017). Yakın tarihli derleme çalışmalarının sonuçları, balneoterapinin osteoartritli hastaların yaşam kalitesini önemli ölçüde artırabildiğini ve ağrıyı, steroid olmayan antiinflamatuvar ilaç kullanımını ve fonksiyonel kısıtlılığı azaltabildiğini vurgulamıştır (Antonelli, Donelli, & Fioravanti, 2018; Fraioli et al., 2018). Mennuni ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan meta-analiz, mineral su ve mud tedavisinin diz osteoartritindeki etkilerini inceleyen 21 çalışmayı değerlendirmiştir. Sonuçlar, tedavi sonrasında WOMAC ve VAS skorlarında anlamlı iyileşmeler olduğunu ve bu faydaların tedavi sonrası birkaç ay boyunca devam ettiğini göstermektedir (Mennuni et al., 2021). Raza ve arkadaşları (2021), diz osteoarriti hastalarında iki haftalık mud ve mineral su tedavisinin WOMAC skorları üzerindeki etkisini değerlendirdikleri meta-analiz çalışmalarında, balneoterapi ve mud tedavisinin diz OA semptomlarını yönetmede klinik etkinliğini güçlü bir şekilde desteklediğini göstermişlerdir (Raza, Krutulyte, Rimdeikiene, & Savickas, 2021). Literatürdeki birçok klinik çalışma ve meta-analiz, balneoterapi ve peloid terapinin osteoartrit tedavisindeki etkinliğini doğrulamaktadır. Ancak, mevcut çalışmalar daha çok büyük eklem osteoarritine odaklanmakta, el ve ayak eklemleri gibi küçük eklemler üzerinde daha az araştırma yapılmaktadır. El eklemleri üzerine yapılan birkaç çalışmada tedavinin faydalı olduğu, fakat ayak osteoarriti üzerinde yeterli klinik verinin bulunmadığı belirtilmiştir (Montvydaitė-Kreivaitienė et al., 2025).

Son yıllarda osteoartritte inflamasyon ve hastalık progresyonunu değerlendirmek amacıyla çeşitli biyobelirteçler kullanılmaktadır (Kraus & Karsdal, 2022). Balneoterapi ve peloidoterapinin etkinliği; kırıkta yıkım ürünleri (CTX-II, COMP), inflamatuvar biyobelirteçler (CRP, TNF- α , IL-6) ve metabolik belirteçler (adiponektin, leptin) üzerinden araştırılmıştır. Çalışmalar, balneoterapinin serum total antioksidan kapasitesini artırdığını, nitrik oksit ve miyeloperoksidaz gibi oksidatif stres belirteçlerini azalttığını göstermektedir. Ayrıca mineral su uygulamalarının oksidatif stresi azaltarak antioksidan savunma sistemini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Adıgüzel, Arslan, Gürdal, & Karagülle, 2022). Oksidatif stres, diz osteoarritinin patofizyolojisinde önemli rol oynamakta; inflamasyonu artırarak kırıkta yıkımına katkıda bulunmaktadır (Adıgüzel et al., 2022; Zahan, Serban, Gherman, & Fodor, 2020). Balneoterapinin bu mekanizmalar üzerindeki olumlu etkileri, tedavinin biyolojik temelini desteklemektedir. Ayrıca balneoterapi sonrası yüksek duyarlılıklı CRP düzeylerinde azalma ve lipid profilinde iyileşme bildirilmiş olup, bu bulgular, balneoterapinin osteoartritli hastalarda yalnızca eklem sağlığı değil, sistemik inflamasyon ve kardiyovasküler riskler üzerinde de potansiyel yararlar sağlayabileceğini düşündürmektedir (Kasperczak, Kuciel-Lewandowska, Gnus, & Paprocka-Borowicz, 2019).

3.2. Romatoid Artrit

Romatoid artrit (RA), nüfusun yaklaşık %0,5-1'ini etkileyen kronik inflamatuvar otoimmün sistemik bir hastalıktır. Kadınlar erkeklere göre 2-3 kat daha fazla etkilenme eğilimindedir. RA için risk faktörlerinin %40'ı çevresel faktörler (kadın cinsiyeti, D vitamini eksikliği, enfeksiyon etkenleri, silika maruziyeti, sigara kullanımı, obezite ve mikrobiyota değişiklikleri) ve %60'ı genetik faktörlerdir (Smolen et al., 2018). Genellikle simetrik, kalıcı ve yıkıcı poliartrit ile kendini gösteren RA, özellikle el ve ayakların küçük eklemlerini etkilemektedir. Sıklıkla romatoid faktör veya antikiklik sitrülünlenmiş peptid (anti-CCP) antikorları testlerinde pozitif sonuçlar ile ilişkilidir. Hastalığın başlıca klinik semptomları arasında eklem ağrısı, sertlik ve şişlik, eklem hasarı, yorgunluk, fonksiyon kaybı ve iş göremezlik görülmektedir. RA'nın remisyon ve alevlenme dönemleri vardır ve alevlenme dönemleri hastaların yaşam kalitesini daha da kötüleştirerek RA'yı son derece sakatlayıcı bir hastalık haline getirmektedir (Rosa-Gonçalves, Bernardes, & Costa, 2018). Yerleşik RA tedavisinde amaç, ağrıyı ve hastalık aktivitesini kontrol etmek, eklem hasarının ilerlemesini önlemek ve işlevselliği ve yaşam kalitesini artırmaktır. İlk hedef, uygun farmakolojik tedavi ile remisyon veya düşük hastalık aktivitesi sağlamaktır (Küçükdeveci, 2019). Aynı zamanda, RA ve komorbiditelerinin kişi üzerindeki etkisini azaltmaya yönelik tüm hususlar, RA tedavisine katılan tüm sağlık profesyonelleri için öncelikli olmalıdır. RA yönetiminde doktorlar (romatolog, fiziksel ve rehabilitasyon hekimi, pratisyen hekim ve cerrah), hemşire, fizyoterapist, mesleki terapist, ortotist, podiatrist, diyetisyen, sosyal hizmet uzmanı ve psikolog gibi farklı disiplinlerden çeşitli profesyonellerden dahil olduğu multidisipliner ekip yaklaşımı hastalar için en uygun tedavi yaklaşımı olarak kabul edilmektedir. RA yönetiminde farmakolojik ve hasta eğitimi, egzersizler, fiziksel modalitelerin kullanımı, ortez/yardımcı cihazların kullanımı ve balneoterapinin yanı sıra diyet müdahalelerini içeren fiziksel ve rehabilitasyon müdahalelerini içeren farmakolojik olmayan tedaviler kullanılmaktadır (Küçükdeveci, 2019). Kaplıca tedavisi, RA için arasında en yaygın kullanılan farmakolojik olmayan tedavilerden birisidir. Balneoterapinin faydaları arasında hareket kabiliyetinin artması, sertliğin ve ağrının azalması sayılabilmektedir. Bu faydalar, RA semptomları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilmekte ve bu da RA hastalarının yaşam kalitesini artırabilmektedir. Literatürdeki mevcut çalışmaların yöntemleri incelendiğinde kaplıca tedavisinin uygulanışları arasında bazı farklılıklar olduğu görülmüştür. Tedavi uygulamasındaki farklılıklar, su bileşimi (radon veya karbondioksit ile doğal olarak zenginleştirilmiş olması nedeniyle) ve su banyolarının basınçlı jetler veya kum banyoları ile birlikte uygulanıp uygulanmadığına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca tüm çalışmalarda benzer su sıcaklıkları kullanılmıştır ve bu sıcaklıklar 35 ile 38 °C arasında değişmektedir. Seans süresinin ise, tüm çalışmalarda yaklaşık 20 dakika olarak homojen bir şekilde uygulandığı görülmektedir. Literatürdeki tedavi farklılıklarına rağmen çalışmaların çok büyük çoğunluğu RA hastalarının ağrı ve yaşam kaliteleri üzerine olumlu etkileri olduğunu raporlamaktadır (Fernandez-Gonzalez et al., 2021). Ayrıca, balneoterapinin RA hastalarında proinflamatuvar sitokinlerin, prostaglandinlerin ve hatta adipokinlerin üretimini sınırlamadaki ilişkisi ve olumlu etkileri hakkında kanıtlar bulunmaktadır (Ortega et al., 2017). Balneoterapinin bu hastalarda oksidatif durum parametrelerini düzenleme ve azaltma kapasitesine sahip olduğu görülmektedir (Kuciel-Lewandowska, Kaspercak, & Paprocka-Borowicz, 2020). Ek olarak, kemik ve kırık hasarının ana belirteçlerini azaltmada da etkisi olabileceği düşünülmektedir (Cucu et al., 2017). Literatürdeki bilgiler ışığında, kaplıca tedavisinin RA hastaları için farmakolojik olmayan müdahalenin bir parçası olarak tedavi sürecine dahil edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

3.3.Fibromiyalji Sendromu

Fibromiyalji sendromu (FMS), başlangıçta gizemli bir klinik tablo olarak görülse de, günümüzde uluslararası kabul görmüş tanı kriterleri ile daha net bir şekilde tanımlanan bir sendrom olarak kabul edilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), FMS'i yaygın kas-iskelet ağrısı, yorgunluk, uyku bozuklukları ve ruh hali değişiklikleri ile karakterize edilen bir romatizmal hastalık olarak sınıflandırmaktadır. Hastalığın nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, merkezi düzeyde ağrı işleme mekanizmalarındaki bozulmalara bağlı "santral duyarlılık" ile ilişkili olduğu düşünülmektedir; bu durum farklı eşlik eden hastalıklar ve karmaşık patofizyolojik süreçlerle kendini göstermektedir. Ayrıca genetik, biyolojik, psikolojik ve çevresel faktörlerin etkileşimi, hem klinik hem temel araştırmalar için geniş bir çalışma alanı sunmaktadır (García-López et al., 2024).

Dünya genelinde FMS görülme sıklığı yaklaşık %2 ila %4 arasında olmakla birlikte kadınlarda erkeklere kıyasla 7 kat daha sık görüldüğü raporlanmıştır (Clauw, 2014). FMS hastaları, bölgesel ağrı sendromları, gastrointestinal ve genitoüriner bozukluklar, sertlik, bilişsel bozukluk, psikolojik acı, otonomik bozukluklar, yürüme dengesizliği veya dış uyaranlara aşırı duyarlılık gibi çok çeşitli semptomlardan şikayet ederler. Semptomların heterojenliği genellikle günlük yaşamda işlevselliğin azalmasına, iş verimliliğinin düşmesine ve sağlıkla ilgili yaşam kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır (Sarzi-Puttini, Giorgi, Marotto, & Atzeni, 2020). FMS tedavisi, ilaç tedavisi (antikonvülzanlar, serotonin ve norepinefrin geri alım inhibitörleri ve trisiklik antidepresanlar gibi ilaçlar) ile hasta eğitimi, fiziksel egzersiz (özellikle aerobik egzersiz eğitimi) ve psikoterapi (bilişsel davranışçı terapi) gibi farmakolojik olmayan yaklaşımları içermektedir (García-López et al., 2024). Önerilen tedavilerin mevcut olmasına rağmen, hastaların önemli bir kısmı kronik semptomlardan muzdarip olmaya devam etmekte ve aldıkları bakımdan memnuniyetsizlik duymakta, bu da yaşam kalitelerinin bozulmasına neden olmaktadır (Häuser & Ablin, 2015; Sarzi-Puttini et al., 2020).

FMS değişken semptomları ve tedavi yöntemleri nedeniyle sağlık sistemine ciddi ekonomik yük bindirmektedir. Ayrıca, FMS'nin ekonomik yükü, eşlik eden psikolojik ve fiziksel rahatsızlıkların yüksek prevalansı nedeniyle daha da ağırlaşmaktadır. 2022 yılında yapılan bir araştırmaya göre, Amerika Birleşik Devletleri'nde FMS hastalarının yıllık doğrudan sağlık giderleri hasta başına 1.750 ile 35.920 dolar arasında, Avrupa'da ise 1.250 ile 8.504 dolar arasında değişmektedir ve ilaçlar toplam tedavi giderlerinin en büyük kısmını oluşturmaktadır (D'Onghia et al., 2022).

Kaplıca tedavisi 36-38 °C'de ısıtılmış doğal mineral suları kullanarak FMS için çok yönlü bir tedavi yaklaşımı olarak kabul görmektedir. Bu terapi yöntemi, basit bir termal suya daldırma işleminin yanı sıra, CO₂ veya kükürt gibi gaz tedavileri, çamur uygulamaları, fiziksel egzersizler ve masaj yöntemlerini bir araya getirerek FMS hastalarının hem yaşam refahını artırmak hem de kas-iskelet sistemi ağrısını azaltmayı amaçlamaktadır. Balneoterapinin etkinliği, su sıcaklığı ve hidrostatik basıncın sinerjik etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu etki, kas tonusunu iyileştirir, ağrı ve sertliği azaltır (Silva et al., 2023). Ek olarak, suyun ısısı adrenokortikotropik hormon, kortizol, prolaktin ve büyüme hormonu gibi hormonların üretimini uyarak terapötik etkiler sağlamaktadır. Ayrıca, balneoterapinin, çeşitli in vitro ve in vivo çalışmalarla da desteklenen, serbest radikalleri ve antioksidanları dengeleyerek FMS' nin patogeneğinde önemli bir faktör olan oksidatif strese karşı etkili olduğu da bilinmektedir (García-López et al., 2024).

Özetle kaplıca tedavisi (balneoterapi), romatolojik hastalıkların bütüncül yönetiminde ağrının kontrol altına alınması, fonksiyonel kapasitenin artırılması ve hastaların yaşam kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlayan önemli bir tamamlayıcı tedavi yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir. Literatürde yer alan klinik çalışmalar ve sistematik derlemeler, balneoterapinin özellikle osteoartrit, romatoid artrit ve fibromiyalji gibi yaygın romatolojik

hastalıklarda ağrı şiddetinin azaltılması, eklem hareket açıklığının artırılması ve genel iyilik halinin desteklenmesi açısından olumlu etkiler ortaya koyduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte balneoterapinin klinik etkinliği; hastalığın tipi ve evresi, bireysel klinik özellikler, uygulama süresi ve tedavi protokollerinin içeriği gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilmektedir. Bu nedenle tedavi planlamasında uygun hasta seçiminin yapılması, olası kontrendikasyonların göz önünde bulundurulması ve balneoterapinin farmakolojik tedaviler ile fizik tedavi ve rehabilitasyon uygulamalarını içeren multidisipliner bir yaklaşım çerçevesinde ele alınması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda kaplıca tedavisi, tek başına bir tedavi yöntemi olmaktan ziyade, modern romatoloji pratiğinde hastaya özgü bütüncül tedavi stratejilerini destekleyen ve uzun dönemli fonksiyonel kazanımlara katkı sağlayan değerli bir yardımcı yöntem olarak yerini korumaktadır.

KAYNAKÇA

- Adıgüzel, T., Arslan, B., Gürdal, H., & Karagülle, M. Z. (2022). Evaluation of the therapeutic and the chemical effects of balneological treatment on clinical and laboratory parameters in knee osteoarthritis: a randomized, controlled, single-blinded trial. *International Journal of Biometeorology*, 66(6), 1257-1265.
- Antonelli, M., Donelli, D., & Fioravanti, A. (2018). Effects of balneotherapy and spa therapy on quality of life of patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Rheumatology international*, 38(10), 1807-1824.
- Aribi, I., Nourredine, M., Giroudon, C., Massy, E., Lega, J.-C., Kassai, B., & Grenet, G. (2025). Efficacy and safety of balneotherapy in rheumatology: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open*, 15(2), e089597.
- Becker, B. E. (2009). Aquatic therapy: scientific foundations and clinical rehabilitation applications. *Pm&r*, 1(9), 859-872.
- Bernetti, A., Mangone, M., Alviti, F., Paolucci, T., Attanasi, C., Murgia, M., . . . Paoloni, M. (2020). Spa therapy and rehabilitation of musculoskeletal pathologies: a proposal for best practice in Italy. *International Journal of Biometeorology*, 64(6), 905-914.
- Bowden, J. L., Hunter, D. J., Mills, K., Allen, K., Bennell, K., Briggs, A. M., . . . Martinez, N. (2023). The OARSI joint effort initiative: priorities for osteoarthritis management program implementation and research 2024–2028. *Osteoarthritis and cartilage open*, 5(4), 100408.
- Byra, J., & Czernicki, K. (2020). The effectiveness of virtual reality rehabilitation in patients with knee and hip osteoarthritis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), 2639.
- Clauw, D. J. (2014). Fibromyalgia: a clinical review. *Jama*, 311(15), 1547-1555.
- Cucu, A., Shreder, K., Kraft, D., Rühle, P. F., Klein, G., Thiel, G., . . . Fournier, C. (2017). Decrease of markers related to bone erosion in serum of patients with musculoskeletal disorders after serial low-dose radon spa therapy. *Frontiers in immunology*, 8, 882.
- D'Onghia, M., Ciaffi, J., Ruscitti, P., Cipriani, P., Giacomelli, R., Ablin, J. N., & Ursini, F. (2022). *The economic burden of fibromyalgia: A systematic literature review*. Paper presented at the Seminars in arthritis and rheumatism.
- Du, X., Liu, Z. y., Tao, X. x., Mei, Y. l., Zhou, D. q., Cheng, K., . . . Zhang, X. m. (2023). Research progress on the pathogenesis of knee osteoarthritis. *Orthopaedic surgery*, 15(9), 2213-2224.
- Fernandes, L., Hagen, K. B., Bijlsma, J. W., Andreassen, O., Christensen, P., Conaghan, P. G., . . . Kjekens, I. (2013). EULAR recommendations for the non-pharmacological core management of hip and knee osteoarthritis. *Annals of the rheumatic diseases*, 72(7), 1125-1135.
- Fernandez-Gonzalez, M., Fernandez-Lao, C., Martin-Martin, L., Gonzalez-Santos, A., Lopez-Garzon, M., Ortiz-Comino, L., & Lozano-Lozano, M. (2021). Therapeutic benefits of balneotherapy on quality of life of patients with rheumatoid arthritis: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13216.

- Fioravanti, A., Cantarini, L., Guidelli, G. M., & Galeazzi, M. (2011). Mechanisms of action of spa therapies in rheumatic diseases: what scientific evidence is there? *Rheumatology international*, 31(1), 1-8.
- Fioravanti, A., Karagülle, M., Bender, T., & Karagülle, M. Z. (2017). Balneotherapy in osteoarthritis: facts, fiction and gaps in knowledge. *European Journal of Integrative Medicine*, 9, 148-150.
- Forestier, R., Fioravanti, A., Bender, T., Santos, I., Erol Forestier, F., Muela Garcia, A., & Françon, A. (2022). Crenobalneotherapy for low back pain: systematic review of clinical trials. *International Journal of Biometeorology*, 66(1), 13-23.
- Fraioli, A., Mennuni, G., Fontana, M., Nocchi, S., Ceccarelli, F., Perricone, C., & Serio, A. (2018). Efficacy of spa therapy, mud-pack therapy, balneotherapy, and mud-bath therapy in the management of knee osteoarthritis. A systematic review. *BioMed Research International*, 2018(1), 1042576.
- García-López, H., García-Giménez, M. T., Obrero-Gaitán, E., Lara-Palomo, I. C., Castro-Sánchez, A. M., Rey, R. R.-d., & Cortés-Pérez, I. (2024). Effectiveness of balneotherapy in reducing pain, disability, and depression in patients with Fibromyalgia syndrome: a systematic review with meta-analysis. *International Journal of Biometeorology*, 68(10), 1935-1951.
- Gutenbrunner, C., Bender, T., Cantista, P., & Karagülle, Z. (2010). A proposal for a worldwide definition of health resort medicine, balneology, medical hydrology and climatology. *International Journal of Biometeorology*, 54(5), 495-507.
- Hall, J., Macdonald, I., Maddison, P., & O'hare, J. (1998). Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77(3), 278-284.
- Häuser, W., & Ablin, J. (2015). fitzcharles MA, Littlejohn G, Luciaro JV, Usui C, Walit B. *Fibromyalgia. Nat. Rev. Dis*, 1, 1-16.
- Hunter, D. J., March, L., & Chew, M. (2020). Osteoarthritis in 2020 and beyond: a Lancet Commission. *The lancet*, 396(10264), 1711-1712.
- Kamioka, H., Nobuoka, S., & Iiyama, J. (2020). Overview of systematic reviews with meta-analysis based on randomized controlled trials of balneotherapy and spa therapy from 2000 to 2019. *International Journal of General Medicine*, 429-442.
- Karagülle, M., & Karagülle, M. (2004). Balneotherapy and spa therapy of rheumatic diseases in Turkey: a systematic review. *Forschende Komplementärmedizin und Klassische Naturheilkunde= Research in Complementary and Natural Classical Medicine*, 11(1), 33-41.
- Kasperczak, M., Kuciel-Lewandowska, J., Gnus, J., & Paprocka-Borowicz, M. (2019). Assessment of changes in lipids metabolism in patients with degenerative joints and discs diseases subjected to spa therapy. *BioMed Research International*, 2019(1), 4732654.

- Kolasinski, S. L., Neogi, T., Hochberg, M. C., Oatis, C., Guyatt, G., Block, J., . . . Felson, D. (2020). 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation guideline for the management of osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Arthritis & rheumatology*, 72(2), 220-233.
- Kraus, V. B., & Karsdal, M. A. (2022). Clinical monitoring in osteoarthritis: biomarkers. *Osteoarthritis and cartilage*, 30(9), 1159-1173.
- Kuciel-Lewandowska, J., Kaspercak, M., & Paprocka-Borowicz, M. (2020). Assessment of Changes in the Hemoglobin Level under the Influence of Comprehensive Spa Therapy Using Therapeutic Radon-Sulfur Waters and Its Correlation with Free Radical Reactions. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020(1), 4637129.
- Küçükdeveci, A. A. (2019). Nonpharmacological treatment in established rheumatoid arthritis. *Best practice & research clinical rheumatology*, 33(5), 101482.
- Man, G., & Mologhianu, G. (2014). Osteoarthritis pathogenesis—a complex process that involves the entire joint. *Journal of medicine and life*, 7(1), 37.
- Matsumoto, S. (2018). Evaluation of the role of balneotherapy in rehabilitation medicine. *Journal of Nippon Medical School*, 85(4), 196-203.
- Mennuni, G., Fontana, M., Perricone, C., Nocchi, S., Rosso, R., Ceccarelli, F., & Fraioli, A. (2021). A meta-analysis of the effectiveness of mud-bath therapy on knee osteoarthritis. *La Clinica Terapeutica*, 172(4).
- Montvydaitė-Kreivaitienė, O., Kubilius, R., Burbulytė, A., Strašunskas, K., & Klėgėrienė, M. (2025). Comparative efficacy of mineral water and mud therapy vs standard rehabilitative interventions: A systematic review of osteoarthritis studies from 2000. *International Journal of Biometeorology*, 1-26.
- Ortega, E., Gálvez, I., Hinchado, M., Guerrero, J., Martín-Cordero, L., & Torres-Piles, S. (2017). Anti-inflammatory effect as a mechanism of effectiveness underlying the clinical benefits of pelotherapy in osteoarthritis patients: regulation of the altered inflammatory and stress feedback response. *International Journal of Biometeorology*, 61(10), 1777-1785.
- Osthoff, A.-K. R., Niedermann, K., Braun, J., Adams, J., Brodin, N., Dagfinrud, H., . . . Hurkmans, E. (2018). 2018 EULAR recommendations for physical activity in people with inflammatory arthritis and osteoarthritis. *Annals of the rheumatic diseases*, 77(9), 1251-1260.
- Protano, C., Fontana, M., De Giorgi, A., Marotta, D., Cocomello, N., Crucianelli, S., . . . Vitali, M. (2023). Balneotherapy for osteoarthritis: a systematic review. *Rheumatology international*, 43(9), 1597-1610.
- Raza, H. M. A., Krutulyte, G., Rimdeikiene, I., & Savickas, R. (2021). Efficacy of balneotherapy and mud therapy in patients with knee osteoarthritis: A systematic literature review. *Aktuelle Rheumatologie*, 46(02), 187-197.

- Rosa-Gonçalves, D., Bernardes, M., & Costa, L. (2018). Quality of life and functional capacity in patients with rheumatoid arthritis• Cross-sectional study. *Reumatologia Clínica (English Edition)*, 14(6), 360-366.
- Sarzi-Puttini, P., Giorgi, V., Marotto, D., & Atzeni, F. (2020). Fibromyalgia: an update on clinical characteristics, aetiopathogenesis and treatment. *Nature Reviews Rheumatology*, 16(11), 645-660.
- Silva, J., Martins, J., Nicomedio, C., Gonçalves, C., Palito, C., Gonçalves, R., . . . Alves, M. J. (2023). A novel approach to assess Balneotherapy effects on musculoskeletal diseases—an open interventional trial combining physiological indicators, biomarkers, and patients’ health perception. *Geriatrics*, 8(3), 55.
- Smolen, J., Aletaha, D., Barton, A., Burmester, G., Emery, P., Firestein, G., . . . Strand, V. (2018). Rheumatoid arthritis Nat Rev Dis Primers 4: 18001. In.
- Steinmetz, J. D., Culbreth, G. T., Haile, L. M., Rafferty, Q., Lo, J., Fukutaki, K. G., . . . Brooks, P. M. (2023). Global, regional, and national burden of osteoarthritis, 1990–2020 and projections to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Rheumatology*, 5(9), e508-e522.
- Zahan, O.-M., Serban, O., Gherman, C., & Fodor, D. (2020). The evaluation of oxidative stress in osteoarthritis. *Medicine and pharmacy reports*, 93(1), 12.

BÖLÜM 10

SARKOPENİK OBEZİTEDE EGZERSİZİN ROLÜ

Ezgi ÜNÜVAR YÜKSEL¹, Sibel BOZGEYİK BAĞDATLI²

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İzmir Demokrasi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü 0000-0003-1606-3180

² Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Kas İskelet Fizyoterapisi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı 0000-0003-4156-6900

Sarkopeni, yaşlanma ile ilişkili yaygın bir geriatrik sendrom olup; temel olarak kas kütlelerinde, kas kuvvetinde ve/veya fiziksel fonksiyonda azalma ile karakterizedir (1). Sarkopeninin obezite ile birlikte görülmesi ise sarkopenik obezite (SO) olarak tanımlanmaktadır (2). Günümüzde, yaşlı nüfusun artması ve obezite oranlarının yükselmesiyle birlikte SO'nun görülme sıklığı da giderek artmaktadır. Küresel istatistikler, dünya genelinde her on yaşlı bireyden en az birinin SO'dan etkilendiğini göstermektedir (3).

Sarkopeni ve obezitenin kas kütlesi ve fonksiyonundaki azalma, visseral yağlanmadaki artış ve metabolik bozukluklar gibi çeşitli mekanizmalar üzerinden birbirini karşılıklı olarak etkilemesi, bu iki durumun kısır bir döngü oluşturmaya yol açmaktadır (4) Bu nedenle, yalnızca obezite ya da yalnızca sarkopeni varlığına kıyasla, SO daha ciddi sağlık sonuçlarıyla ilişkilendirilmektedir. Bu olumsuzluklar arasında düşük kardiyorespiratuvar kapasite, azalmış fiziksel aktivite düzeyi, düşme ve engellilik riskinde artış, mortalite, depresyon ve kardiyometabolik hastalıkların görülme sıklığında artış yer almaktadır (5-9).

Egzersiz, SO yönetiminde güvenli, etkili ve maliyeti düşük bir farmakolojik olmayan müdahale olarak kabul edilmekte ve çok sayıda yararlı etki sağlamaktadır (10). Artan kanıtlar, egzersizin SO hastalarında vücut yağ oranını (PBF) azaltabildiğini, yağsız kas kütlelerini ve kas kuvvetini artırabildiğini, ayrıca metabolik sendrom skorlarını, anksiyete ve depresyon düzeylerini iyileştirebildiğini göstermektedir. Böylece egzersiz, metabolik sendrom ve depresyon riskini belirli ölçüde azaltabilmektedir (11-15).

Egzersiz SO üzerindeki çok yönlü faydaları bilinmekle birlikte, bu etkilerin altında yatan özgül mekanizmaları inceleyen çalışmalar görece sınırlıdır. Bu nedenle, bu bölümde farklı egzersiz türlerinin SO üzerindeki müdahale etkileri ele alınacak; ayrıca egzersizin SO'ya yönelik etkilerinde rol oynayabilecek potansiyel moleküler mekanizmalar tartışılacaktır. Böylece SO'ya özgü egzersiz yaklaşımlarına ilişkin yeni bakış açıları ve bilimsel referanslar sunulması amaçlanmaktadır.

1. Sarkopenik Obezitenin Tanısı

1.1.Sarkopeninin Tanısı

Sarkopeni tanısı; yaş, cinsiyet ve etnik köken gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmekte ve zaman içerisinde sürekli güncellenmektedir (16). İskelet kas kütlesi (SMM) ve ekstremit e iskelet kas kütlesi (ASM), çift enerjili X-ışını absorpsiyometri (DXA) veya biyoelektrik impedans analizi (BIA) yöntemleriyle değerlendirilebilir. Kas kuvveti, genellikle el dinamometresi ile ölçülürken; fiziksel fonksiyon değerlendirmesinde yürüme hızı kullanılmaktadır.

Sarkopeni tanısında farklı uluslararası çalışma grupları tarafından belirlenmiş çeşitli ölçütler bulunmaktadır:

1. Uluslararası Sarkopeni Çalışma Grubu (IWGS) ölçütleri: Sarkopeni tanısı için yürüme hızının 1 m/s'nin altında olması ve kas kütle indeksinin (SMI) erkeklerde $\leq 7,23 \text{ kg/m}^2$, kadınlarda $\leq 5,67 \text{ kg/m}^2$ olması gerekmektedir (17).
2. Avrupa Yaşlılarda Sarkopeni Çalışma Grubu (EWGSOP) ölçütleri: Sarkopeni; kas kütlelerinde, kas kuvvetinde ve/veya fiziksel fonksiyonda azalma ile tanımlanır. 2019 yılında güncellenen ölçütlerde, SMI değerleri erkeklerde $< 7,0 \text{ kg/m}^2$, kadınlarda $< 5,5 \text{ kg/m}^2$; el kavrama kuvveti erkeklerde $< 27 \text{ kg}$, kadınlarda $< 16 \text{ kg}$; yürüme hızı ise $\leq 0,8 \text{ m/s}$ olarak belirlenmiş ve bu değerler ağır sarkopeni tanısında kullanılmaktadır (1)

3. Asya Sarkopeni Çalışma Grubu (AWGS) ölçütleri: 2019 güncellemesine göre, DXA ile ölçülen SMI değerleri erkeklerde $<7,0 \text{ kg/m}^2$, kadınlarda $<5,4 \text{ kg/m}^2$; BIA ile ölçülen değerler ise erkeklerde $<7,0 \text{ kg/m}^2$, kadınlarda $<5,7 \text{ kg/m}^2$ olmalıdır. Ayrıca, el kavrama kuvveti erkeklerde $<26 \text{ kg}$, kadınlarda $<18 \text{ kg}$; yürüme hızı $<0,8 \text{ m/s}$ olarak belirlenmiştir (18).

1.2.Obezitenin Tanısı

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre obezite, vücut kitle indeksi (VKİ) $\geq 30 \text{ kg/m}^2$, bel çevresi erkeklerde $\geq 102 \text{ cm}$, kadınlarda $\geq 88 \text{ cm}$ veya vücut yağ yüzdesi erkeklerde $> \%25$, kadınlarda $> \%35$ olan bireylerde tanımlanmaktadır (19).

Çin kriterlerine göre ise obezite, VKİ $\geq 28 \text{ kg/m}^2$, bel çevresi erkeklerde $\geq 85 \text{ cm}$, kadınlarda $\geq 80 \text{ cm}$ olarak kabul edilmektedir (20).

Bununla birlikte, VKİ'nin kas ve yağ kütlesini ayırt edememesi, özellikle yaşlı bireylerde tanısal sınırlılıklar yaratmaktadır. Bu nedenle bazı araştırmacılar, bağıl yağ kütlesi (RFM) ölçümünü daha doğru bir gösterge olarak önermekte ve erkeklerde $\geq \%30$, kadınlarda $\geq \%40$ RFM değerlerinin obezite varlığını gösterdiğini belirtmektedir (21).

1.3.Sarkopenik Obezitenin (SO) Tanısı

Günümüzde, sarkopenik obezite (SO) için evrensel olarak kabul edilmiş bir tanı ölçütü bulunmamaktadır. Bu durumun temel nedeni, farklı popülasyonlarda (ırk, cinsiyet, yaş vb.) değişkenlik gösteren tanı kriterleridir.

Genel olarak, aynı bireyde sarkopeni ve obezitenin birlikte bulunması, sarkopenik obezite varlığını düşündürmektedir.

2. Sarkopenik Obezitenin Patogenezisi

Sarkopenik obezitenin (SO) patogenezi karmaşık bir süreçtir ve birbirleriyle etkileşim içinde olan çok sayıda faktörü içerir. Bu faktörler arasında yaşla ilişkili vücut kompozisyonu değişiklikleri, genetik ve epigenetik mekanizmalar, hormonal değişiklikler, artmış inflamasyon ve mitokondriyal disfonksiyon yer almaktadır.

2.1.Yaşla İlişkili Vücut Kompozisyonu Değişiklikleri

Yaşlanma sürecinde hormon düzeylerinde meydana gelen değişiklikler, fiziksel aktivitedeki azalma ve sağlıklı yaşam tarzı alışkanlıkları gibi etkenlerin sonucunda vücut kompozisyonu önemli ölçüde değişmektedir (22-24).

Kas kütlesi açısından bakıldığında, insan vücudu 30 yaşından itibaren her on yılda yaklaşık $\%3-8$ oranında kas kaybı yaşamaktadır. Bu azalma, 60 yaş sonrasında belirgin biçimde hız kazanmaktadır (25). Ayrıca yaşlanma ile birlikte, iskelet kası dokusu içerisinde yağ dokusu infiltrasyonu artmakta, bu da kas kalitesinde ve fonksiyonunda azalmaya yol açmaktadır.

Yağ dokusu açısından ise bireylerin büyük çoğunluğunda 20-25 yaşlarından itibaren başlayan kademeli bir artış söz konusudur ve bu artış genellikle 60-75 yaş aralığında en yüksek seviyesine ulaşır (25,26). Bu toplam yağ dokusu artışı, subkutan yağ miktarının azalması ve visseral yağın artması ile karakterizedir (25). Dolayısıyla, yaşlı bireylerin vücut kompozisyonu büyük oranda yağ dokusunun egemen olduğu, kas dokusunun ise azaldığı bir yapıya dönüşmektedir.

2.2.Hormonal Değişiklikler

Yaşlanma ile birlikte anabolik hormonların (büyüme hormonu, insülin benzeri büyüme faktörü-1 [IGF-1] ve testosteron gibi) düzeylerinde azalma meydana gelir (27). Bu durum, kas protein sentezinin bozulmasına ve kas kaybına yol açar (28). Ayrıca, anabolik hormonlardaki azalma yağsız vücut kütlelerinin düşmesine, buna bağlı olarak bazal metabolizma hızının azalmasına ve yağ dokusunun artmasına neden olur.

Bununla birlikte, yaşlanma sürecinde katabolik hormonların (örneğin kortizol) düzeylerinde artış gözlenir (29). Kortizol, protein yıkımını artırır, protein sentezini inhibe eder, kas kaybını hızlandırırken özellikle visseral yağ birikimini teşvik eder (30). Bu hormonal dengesizlikler, hem sarkopeniyi şiddetlendirir hem de obezitenin gelişimine katkıda bulunarak SO'nun patofizyolojisini daha da karmaşık hale getirir.

2.3.İnflamasyon

Yaşlanma ile birlikte artan oksidatif stres, hücrel hasara ve inflamatuvar süreçlerin aktivasyonuna neden olur (31). Hasar gören hücrelerde nükleer faktör kappa-B (NF-κB) yolunun aktive olması, inflamatuvar genlerin ekspresyonunu artırarak proinflamatuvar sitokinlerin sentez ve salınımını uyarır (32).

Öte yandan obezite, yağ dokusunun genişlemesi ve yeniden şekillenmesi ile karakterizedir. Bu süreçte adipositlerin büyümesi ve inflamatuvar hücre infiltrasyonu meydana gelir (33). Bu ortamda tümör nekroz faktörü-alfa (TNF-α), interlökin-6 (IL-6) ve interlökin-1β (IL-1β) gibi sitokinlerin üretimi artar (34,35). Bu sitokinler dolaşıma salındığında sistemik inflamasyonu tetikler.

Artan inflamatuvar sitokin düzeyleri, büyüme hormonu ve IGF-1 salınımını azaltır, PI3K/Akt/mTOR sinyal yolunu baskılar ve kas protein sentezini inhibe eder (32). Sonuç olarak, inflamasyonun artışı kas kütlesi, kuvveti ve fonksiyonundaki azalmayı hızlandırır.

2.4.Mitokondriyal Disfonksiyon

SO ile ilişkili yaşlanma, yağ dokusu inflamasyonu ve insülin direnci gibi faktörler, reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini artırır (36,37). Bu artış, oksidatif stresin yükselmesine, mitokondriyal DNA (mtDNA) hasarına ve sonuç olarak mitokondriyal disfonksiyona yol açar (38).

ROS aynı zamanda NF-κB ve FOXO transkripsiyon faktörlerini aktive ederek ubikuitin-proteazom sistemi (UPS) ve otofoji-lizozom yolunu uyarır (39). Bu süreç, mitokondriyal işlev bozukluğunu, apoptoz artışını ve otofojinin bozulmasını tetikleyerek iskelet kası atrofisini hızlandırır.

Ayrıca, AMP ile aktive olan protein kinaz (AMPK), peroksizom proliferatör-aktive edici reseptör gama koaktivator 1 alfa (PGC-1α) yolunu aktive ederek mitokondriyal biyogenezi ve enerji metabolizmasını destekler (40). Ancak yaşlanma sürecinde, PGC-1α–NRF1–TFAM ekseninde bozulma meydana gelir. Bu durum mitokondriyal fonksiyonun ve sayının azalmasına yol açarak, SO'nun gelişimine katkıda bulunur (41).

2.5.Genetik ve Epigenetik Faktörler

Sarkopeni ve obezitenin gelişiminde genetik ve epigenetik faktörlerin önemli rol oynadığı bilinmekle birlikte, bu faktörlerin sarkopenik obezite (SO) üzerindeki özgül etkilerine ilişkin mevcut bilgilerimiz hâlen sınırlıdır.

Araştırmalar, α -aktinin-3 (ACTN3), miyostatin-1, D vitamini reseptörü, metilentetrahidrofolat redüktaz (MTHFR) ve nükleer respiratuvar faktör 2 (NRF2) genlerindeki varyasyonların sarkopeni gelişimine katkıda bulunabileceğini göstermektedir (42–45). Bu genetik varyasyonların, egzersize verilen bireysel yanıtları, kas protein sentezini ve enerji metabolizmasının düzenlenmesini etkileyerek kas kütlesi ve kuvvetinde değişikliklere neden olabileceği düşünülmektedir (42–45).

Ayrıca, yağ kütlesi ve obezite ile ilişkili gen (FTO), β -2 adrenerjik reseptör (ADRB2), melanokortin-4 reseptör (MC4R) ve leptin reseptör (LEPR) genlerindeki varyasyonlar da metabolik süreçleri, enerji harcamasını ve iştah düzenlemesini etkileyerek aşırı yağ dokusu birikimine yol açabilmektedir (46).

Epigenetik düzeyde yapılan çalışmalar, sarkopenik erkek hastaların lateral femoral kasında DNA metilasyon bölgelerinin, miyotüp füzyonu, oksidatif fosforilasyon ve voltaj kapılı kalsiyum kanalları ile ilişkili genlerde yoğunlaştığını göstermiştir. Bu değişikliklerin, yaşlı bireylerde azalan kas kütlesi, kas kuvveti ve fonksiyonuyla ilişkili olduğu ve iskelet kasında DNA metilasyonundaki değişimlerin ileri yaşta sarkopeni gelişimine katkıda bulunabileceği bildirilmektedir (47).

Bununla birlikte, Xu ve ark., lncRNA'nın, yağ metabolizması, kas protein sentezi, inflamasyon ve insülin sinyalizasyonu gibi çoklu biyolojik yolları hedefleyerek sarkopenik obezitenin patogenezinde rol oynayabileceği öne sürmüştür (48).

Ek olarak, yapılan bir meta-analiz, hem obezite hem de sarkopenide 55'e kadar mikroRNA'nın (miRNA) anormal şekilde eksprese olduğunu göstermiştir. Bu miRNA'ların, protein homeostazı, mitokondriyal dinamikler, kas lifi tipi dönüşümü, insülin direnci ve adipojeniz süreçlerini düzenleyerek sarkopenik obezitenin gelişiminde kritik rol oynayabileceği bildirilmektedir (49).

3. Farklı Egzersiz Türlerinin Sarkopenik Obezite Üzerine Etkileri

Egzersiz müdahalelerinin sarkopenik obezite (SO) üzerindeki terapötik faydaları literatürde geniş ölçüde kabul görmektedir. Egzersiz, hormonal dengeyi etkileyebilir, oksidatif stresi azaltabilir, mitokondri sentezini uyarabilir, immün ve motor fonksiyonları değiştirebilir ve kas oksidatif kapasitesini artırabilir (50-53). Egzersizle artan kas protein sentezi, kaslarda insülin duyarlılığını artırır ve anabolizmayı destekler (54-58). Sarkopeni, kısmen anabolik uyarım eksikliği nedeniyle kas protein sentezinin azalması ile ilişkilidir; bu durum, düzenli egzersiz eksikliğinden kaynaklanabilir. Aerobik egzersiz (59), direnç antrenmanı (60-62) ve bunların kombinasyonu (63), yaşlı yetişkinlerde anabolik sinyalde yaşa bağlı azalmaya rağmen kas protein sentezini artırmaktadır (64-67).

3.1. Aerobik Egzersiz

Aerobik egzersiz, enerji üretiminde temel olarak aerobik metabolizmanın kullanıldığı fiziksel aktivite türüdür. Mason ve ark.(68), sarkopenik obezitesi bulunan postmenopozal kadınları rastgele olarak dört gruba ayırmışlardır: yalnızca diyetle kilo kaybı, yalnızca aerobik egzersiz, aerobik egzersiz + diyet kombinasyonu ve kontrol grubu. 12 haftalık müdahale sonrasında, yalnızca diyet uygulanan grupta, kontrol grubuna kıyasla appendiküler yağsız kütle (ALM) ve iskelet kas indeksi (SMI) değerlerinde anlamlı azalmalar gözlenmiştir (68). Buna karşın, yalnızca aerobik egzersiz uygulanan grupta ALM ve SMI değerlerinin korunduğu bildirilmiştir. Ayrıca, aerobik egzersizin diyetle eklenmesi, kilo kaybı sürecinde iskelet kası kaybını önemli ölçüde azaltmıştır (68).

Chen ve ark. (81) tarafından yürütülen bir başka çalışmada, yaşlı bireylere 8 hafta boyunca orta şiddette aerobik egzersiz uygulanmış ve eğitimin sonlandırılmasından 4 hafta sonra etkileri değerlendirilmiştir. Bulgular, vücut yağ yüzdesinde ve visseral yağ alanında belirgin azalmalar; iskelet kas kütlesinde ve kas kuvvetinde anlamlı artışlar olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bu etkilerin egzersizin bitiminden 4 hafta sonra da kalıcı olduğu rapor edilmiştir (81)

Benzer şekilde, 8 haftalık ev temelli orta şiddette aerobik egzersiz programı, sarkopenik obezitesi olan yaşlı bireylerde iskelet kası kütlesini ve sırt kası kuvvetini artırmış; vücut kitle indeksini (VKİ) ve visseral yağ alanını azaltmıştır (70). Bu bulgular, aerobik egzersizin vücut yağını azaltma, iskelet kas kütlesini koruma ve kas kuvvetini artırma konularında olumlu etkiler sağladığını göstermektedir.

Yakın tarihli bir kesitsel çalışma, haftalık 300 dakikadan fazla fiziksel aktivite yapan yaşlı bireylerin, Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) önerdiği düzeylerde fiziksel aktivite yapanlara (150–300 dk/hafta) kıyasla sarkopeni riskinin daha düşük olduğunu bildirmiştir (71). Bu bulgu, DSÖ'nün önerilen düzeylerinin üzerinde fiziksel aktivite yapılmasının sarkopenik obezitenin önlenmesinde daha etkili olabileceğini ve ek sağlık yararları sağlayabileceğini göstermektedir.

Ayrıca, França ve ark., sarkopenik obeziteye sahip sıçan modellerinde yüksek şiddetli aerobik egzersizin, düşük şiddetli egzersize kıyasla kas kütlesini anlamlı biçimde artırdığını ve yağ kütlesini azalttığını rapor etmişlerdir (72). Dolayısıyla, SO'nun önlenmesi ve tedavisinde aerobik egzersizin şiddetinin ve süresinin kademeli olarak artırılması, daha belirgin fizyolojik adaptasyonlara yol açabilir ve egzersize katılımın sürdürülmesini kolaylaştırabilir.

Günümüzde, sarkopenik obezitesi bulunan bireyler için önerilen aerobik egzersiz reçeteleri genellikle yürüme, koşu, bisiklet gibi aktiviteleri içermektedir. Egzersiz yoğunluğu genellikle maksimum kalp atım hızının (%70–85'i) veya 13–17 arası algılanan efor düzeyine (RPE) karşılık gelecek şekilde planlanmaktadır. Egzersiz süresi her seans için 20–45 dakika, sıklığı ise haftada 2 ila 5 kez olacak şekilde önerilmektedir (73).

3.2. Dirençli Egzersiz

Direnç egzersizi, kasların bir dirence karşı kasılarak güç üretmesini içeren fiziksel aktivitelerdir. Araştırmalar, 24 haftalık direnç antrenmanının, sarkopenik obezitesi (SO) bulunan yaşlı kadınlarda yağsız vücut kütlesini ve kas kuvvetini belirgin biçimde artırdığını göstermiştir (11).

Elastik bantlarla yapılan 12 haftalık direnç egzersizleri, SO'lu bireylerde yağsız vücut kütlesini artırmış, yürüme hızı, tek ayak üzerinde durma süresi, zamanlı kalk-yürü testi (Timed Up-and-Go Test) ve otur-kalk testi gibi fiziksel fonksiyon ölçütlerini geliştirmiştir (12,13). Ayrıca, bu egzersizler kemik mineral yoğunluğunda da iyileşme sağlamıştır (74).

Bununla birlikte, kum torbası veya dambıl kullanılarak yapılan 12 haftalık progresif direnç antrenmanı, uzun dönem bakım kurumlarında yaşayan SO'lu bireylerde yaşam kalitesini artırmış, aynı zamanda anksiyete ve depresyon düzeylerini azaltmıştır (14).

Direnç egzersizinin etkinliğinin, egzersiz yoğunluğu, hacmi ve süresi gibi faktörlerden etkilendiği bildirilmektedir.

Chiu ve ark., uzun süreli bakım tesislerinde yaşayan sedanter SO'lu bireylerde, haftada iki kez 2–5 libre (yaklaşık 1–2,5 kg) kum torbası veya dambıl ile yapılan 12 haftalık egzersizlerin, el kavrama kuvvetini, parmak ucu sıkma kuvvetini ve öz bakım becerilerini anlamlı biçimde artırdığını bildirmiştir. Ancak, vücut yağ yüzdesi (PBF) ve iskelet kas kütlesi (SMM) üzerinde anlamlı bir etki gözlenmemiştir (75). Bu durumun, düşük yük ve ilerleyici aşırı yükleme (progressive overload) prensibinin uygulanmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Cunha ve ark., yaşlı kadınlarda osteosarkopenik obezite (OSO) parametreleri üzerine, bir seans içinde bir set (G1S) veya üç set (G3S) şeklinde uygulanan direnç egzersizlerinin etkilerini karşılaştırmıştır. 12 haftalık, haftada üç kez gerçekleştirilen müdahale sonrasında her iki grup da iskelet kas kütlesinde ve kas kuvvetinde anlamlı artışlar, vücut yağ yüzdesinde ise azalmalar göstermiştir. Ancak, kemik yoğunluğu açısından kontrol grubuna kıyasla belirgin fark gözlenmemiştir (76).

Özellikle G3S grubunda, kas kuvveti ve vücut yağ yüzdesi üzerindeki iyileşmeler G1S grubuna kıyasla daha fazla olmuştur. Bu durum, direnç egzersizinde kas kuvveti ve yağ yüzdesindeki gelişmelerin egzersiz hacmiyle ilişkili olduğunu göstermektedir (76).

Vasconcelos ve ark., 10 haftalık progresif direnç antrenmanının ardından, SO'lu yaşlı kadınlarda Short Physical Performance Battery (SPPB) skorlarında, yürüme hızında ve yaşam kalitesinde anlamlı bir iyileşme gözlenmemiştir. Ancak, alt ekstremita kas kuvvetine ilişkin olarak yalnızca diz ekstansiyon kuvvetinde anlamlı bir artış saptanmıştır (77). Araştırmacılar, bu sonucun muhtemelen antrenman süresinin görece kısa olmasından kaynaklandığını belirtmiştir.

Bu nedenle, direnç egzersizinde anlamlı gelişmeler elde edebilmek için haftada 2–3 kez, her biri 35–45 dakika süren progresif direnç antrenmanları önerilmektedir. Egzersizler başlangıçta düşük–orta şiddette (1 Tekrar Maksimumun %40–60'ı; 1RM) olmalı, zamanla orta–yüksek şiddete (%70–85 1RM) kademeli olarak ilerletilmelidir. Programın en az 12 hafta sürdürülmesi, kas kütlesi ve kuvvetinde anlamlı adaptasyonlar elde etmek açısından önem taşımaktadır.

3.3.Kombine Egzersiz

Kombine egzersiz, genellikle direnç egzersizi ile aerobik egzersizin bir arada uygulanması şeklinde tanımlanır. Araştırmalar, 12 haftalık kombine egzersiz programının, sarkopenik obezitesi (SO) olan yaşlı hemodiyaliz hastalarında vücut yağ yüzdesini ve visseral yağ alanını azaltırken, aynı zamanda el kavrama kuvveti, serum albümin düzeyleri ve yaşam kalitesini artırdığını göstermektedir (78).

Park ve ark., 24 haftalık kombine egzersiz programının, SO'lu yaşlı kadınlarda karotis arter intima-media kalınlığını azaltabildiğini, karotis arter kan akım hızını artırabildiğini ve duvar kesme hızını iyileştirebildiğini ortaya koymuş; böylece kardiyovasküler hastalık riskini etkili biçimde azaltabileceğini göstermiştir (79).

Qi ve ark., haftada üç kez uygulanan ve her seansta 5 dakika direnç egzersizi + 20 dakika aerobik egzersiz içeren 12 haftalık orta şiddette bir kombine egzersiz programının, SO'lu hastalarda yağ kütlesini anlamlı biçimde azalttığını, ancak iskelet kas indeksi (SMI) ve metabolik sendrom skorları üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Bu bulgu, düşük hacimli kombine egzersizin SMM ve metabolik sağlığı yeterince iyileştiremeyebileceğini düşündürmektedir (80).

Ayrıca, bazı çalışmalar aerobik egzersiz, direnç egzersizi ve kombine egzersizin SO üzerindeki müdahale etkilerini karşılaştırmıştır. Örneğin, Chen ve ark., (81) SO hastasını kontrol, aerobik egzersiz, direnç egzersizi ve kombine egzersiz gruplarına rastgele dağıtmış; her grup haftada iki kez, 8 hafta boyunca müdahale almıştır. Tüm egzersiz gruplarında, kontrol grubuna kıyasla vücut yağ yüzdesi (PBF) ve visseral yağ alanında anlamlı azalmalar ile SMM ve sırt kası kuvvetinde anlamlı artışlar gözlenmiştir. Ancak diz ekstansiyon kuvveti, yalnızca kombine ve direnç egzersizlerinde anlamlı biçimde artarken, el kavrama kuvveti yalnızca direnç egzersizi ile artmıştır. Bu bulgular, direnç egzersizinin kas kuvvetini artırmada, kombine egzersizin ise vücut yağ yüzdesini azaltmada daha etkili olduğunu göstermektedir (81).

Benzer şekilde, Wang ve ark. da yaşlı SO hastalarında aerobik, direnç ve kombine egzersiz müdahalelerinden sonra benzer sonuçlar elde etmiştir (70).

Sonuç olarak, kombine egzersiz, iskelet kas kütlelerini (SMM) ve kas kuvvetini artırırken, vücut yağ yüzdesini (PBF) azaltabilir. Kas kuvveti artışı açısından direnç egzersizine kıyasla bir miktar daha az etkili olsa da, vücut kompozisyonunu iyileştirmede daha etkili olduğu görülmektedir.

Özetle, SO egzersiz tedavisinde hem direnç egzersizi hem de kombine egzersizin kendine özgü avantajları vardır. Bununla birlikte, kombine egzersiz, her iki egzersiz türünün tamamlayıcı faydalarını bir araya getirebilmekte ve çeşitli antrenman yaklaşımları sayesinde uyum oranını artırabilmektedir, bu nedenle SO müdahalesinde optimal egzersiz yöntemi olarak değerlendirilebilir.

Ancak, SO'daki egzersiz müdahale sonuçlarını etkileyen egzersiz türü, yoğunluk ve süre gibi faktörler üzerine klinik kanıtlar hâlen sınırlıdır. Bu nedenle, gelecekteki klinik çalışmalarda, farklı egzersiz türlerinden elde edilecek faydaları optimize etmek amacıyla ideal egzersiz yoğunluğu, sıklığı ve süresi belirlenmeli; aynı zamanda hastaların yaşı, cinsiyeti ve sağlık durumu gibi değişkenler göz önünde bulundurularak daha bireyselleştirilmiş egzersiz programları geliştirilmelidir.

Tablo 1: Sarkopenik obezitenin tedavisinde kullanılan yaklaşımlar (82)

Bileşen	Hedef	Önerilen Yaklaşım
Kalori kısıtlaması	Vücut yağını azaltmak ve fiziksel fonksiyonu iyileştirmek	Günde 500–1.000 kcal azaltımı; 6 ayda %8–10 kilo kaybı hedefiyle haftada ~0,5 kg; ardından kilo kaybının korunması. Bu popülasyonda belirli bir diyetin etkinliği kanıtlanmamıştır.
Aerobik egzersizler	Kardiyorespiratuvar kondisyonu artırmak	Orta ila yoğun aerobik egzersiz ile haftada 150 dakika
Direnç egzersizleri	Kas gücü ve kütlelerini artırmak; kilo kaybı sırasında kas ve kemik kaybını azaltmak	Haftada 3 kez, 60–75 dakika direnç antrenmanı; günler arası güç, denge ve esnekliğe odaklanacak şekilde ayrılmalı
Protein takviyesi	Kas kütleleri ve gücündeki kaybı azaltmak	Günlük 1,0–1,2 g/kg protein, bölünmüş dozlar halinde (günde 25–30 g); ayrıca günlük 2,5–2,8 g lüsin önerilir
Kalsiyum takviyesi	Kemik metabolizmasında potansiyel bozuklukları önlemek	Günlük 1.200 mg kalsiyum, tercihen diyet yoluyla alınmalı
D vitamini takviyesi	Kemik metabolizmasında potansiyel bozuklukları önlemek	Günlük 1.000 IU D vitamini, ideal olarak kan seviyelerinin ≥ 30 ng/ml olacak şekilde

Tablo 2: Sarkopenik Obezite Farklı Egzersiz Türlerinin Etki Mekanizmaları (82)

Egzersiz Türü	Etkiler	Mekanizmalar / Açıklamalar
Aerobik Egzersiz	Kas oksidatif kapasitesini artırır	Intramiyoselüler yağları dengeler, lipolizi hızlandırır, kapiller yoğunluğu artırır
	Mitokondri sentezini artırır	AMPK ve sirtuinler aracılığıyla mitokondri üretimini uyarır, oksijen ekstraksiyonu ve metabolizmayı yükseltir
	Hücre sel kaliteyi iyileştirir	Apoptozu azaltır, otofaji, mitofaji ve mitokondriogenez gibi mekanizmaları aktive eder
	Sitokin üretimini azaltır	TNF, IL-1 β , IL-6 gibi inflamatuvar sitokinleri düşürerek kas protein sentezini ve glikoz metabolizmasını iyileştirir
	Kardiyopulmoner kapasiteyi artırır	VO ₂ max artışı ile kırılabilirliği azaltır, yaşlanma kaynaklı oksijen ekstraksiyonu verimsizliğini dengeler
	Vücut kompozisyonunu iyileştirir	Yağsız vücut kütle sını artırır; kilo kaybından bağımsız kas kütle sını destekler
Dirençli Egzersiz	Kas kuvveti ve hacmini artırır	Hızlı kasılan kas liflerinin (IIA, IIX) sayısını ve çapını artırır; kas protein sentezini artırır
	Kas-tendon özelliklerini geliştirir	Kas fasikül uzunluğu ve kas-tendon sertliği artar, fonksiyonel kapasite ve güç gelişir
	Sitokin ve metabolik profili iyileştirir	Resistin, leptin ve IL-6 düzeylerini düşürür; sistemik dolaşımdaki leptin düzeylerini azaltır
	Glikoz metabolizmasını iyileştirir	Kas protein sentezi ile birlikte glikoz kullanımı artar; besin taşınımı ve vazodilatasyon destekler
	Kas kütle sını ve vücut kompozisyonunu destekler	Yağsız kütle sını korur veya artırır; özellikle hızlı kas lifleri hipertrofi olur.

KAYNAKÇA

1. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16–31. doi:10.1093/ageing/afy169
2. Kalinkovich A, Livshits G. Sarcopenic obesity or obese sarcopenia: a cross talk between age-associated adipose tissue and skeletal muscle inflammation as a main mechanism of the pathogenesis. *Ageing Res Rev*. 2017;35:200–221. doi:10.1016/j.arr.2016.09.008
3. Gao Q, Mei F, Shang Y, et al. Global prevalence of sarcopenic obesity in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr*. 2021;40(7):4633–4641. doi:10.1016/j.clnu.2021.06.009
4. Schoufour JD, Tieland M, Barazzoni R, et al. The relevance of diet, physical activity, exercise, and persuasive technology in the prevention and treatment of sarcopenic obesity in older adults. *Front Nutr*. 2021;8:661449. doi:10.3389/fnut.2021.661449
5. Nezameddin R, Itani L, Kreidieh D, El Masri D, Tannir H, El Ghoch M. Understanding sarcopenic obesity in terms of definition and health consequences: a clinical review. *Current Diabetes Rev*. 2020;16(9):957–961. doi:10.2174/1573399816666200109091449
6. Tian S, Xu Y. Association of sarcopenic obesity with the risk of all-cause mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Geriatrics Gerontol Int*. 2016;16(2):155–166. doi:10.1111/ggi.12579
7. Petermann-Rocha F, Yang S, Gray SR, Pell JP, Celis-Morales C, Ho FK. Sarcopenic obesity and its association with respiratory disease incidence and mortality. *Clin Nutr*. 2020;39(11):3461–3466. doi:10.1016/j.clnu.2020.03.006
8. Atkins JL, Whincup PH, Morris RW, Lennon LT, Papacosta O, Wannamethee SG. Sarcopenic obesity and risk of cardiovascular disease and mortality: a population-based cohort study of older men. *J Am Geriatr Soc*. 2014;62(2):253–260. doi:10.1111/jgs.12652
9. Boontanom N, Kooncumchoo P, Yuenyongchaiwat K. Cardiorespiratory performance, physical activity, and depression in Thai older adults with sarcopenia and no sarcopenia: a matched case-control study. *Int J Environ Res Public Health*. 2024;21(6):724. doi:10.3390/ijerph21060724
10. Alizadeh Pahlavani H. Exercise therapy for people with sarcopenic obesity: myokines and adipokines as effective actors. *Front Endocrinol*. 2022;13:811751. doi:10.3389/fendo.2022.811751
11. Gadelha AB, Paiva FM, Gauche R, de Oliveira RJ, Lima RM. Effects of resistance training on sarcopenic obesity index in older women: a randomized controlled trial. *Arch Gerontol Geriatrics*. 2016;65:168–173. doi:10.1016/j.archger.2016.03.017
12. Liao CD, Tsao JY, Lin LF, et al. Effects of elastic resistance exercise on body composition and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: a CONSORT-compliant prospective randomized controlled trial. *Medicine*. 2017;96(23):e7115. doi:10.1097/MD.00000000000007115
13. Liao CD, Tsao JY, Huang SW, Ku JW, Hsiao DJ, Liou TH. Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: a randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2018;8(1):2317. doi:10.1038/s41598-018-20677-7

14. Chang SF, Chiu SC. Effect of resistance training on quality of life in older people with sarcopenic obesity living in long-term care institutions: a quasi-experimental study. *J Clin Nurs*. 2020;29(13–14):2544–2556. doi:10.1111/jocn.15277
15. Kemmler W, Schoene D, Kohl M, von Stengel S. Changes in body composition and cardiometabolic health after detraining in older men with osteosarcopenia: 6-month follow-up of the randomized controlled Franconian Osteopenia and Sarcopenia Trial (FrOST) study. *Clin Intervent Aging*. 2021;16:571–582. doi:10.2147/CIA.S299867
16. Donini LM, Busetto L, Bauer JM, et al. Critical appraisal of definitions and diagnostic criteria for sarcopenic obesity based on a systematic review. *Clin Nutr*. 2020;39(8):2368–2388. doi:10.1016/j.clnu.2019.11.024
17. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Directors Assoc*. 2011;12(4):249–256. doi:10.1016/j.jamda.2011.01.003
18. Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Directors Assoc*. 2020;21(3):300–307.e302. doi:10.1016/j.jamda.2019.12.012
19. Consultation WH. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2000;894:1–253.
20. Luo H, Li J, Zhang Q, et al. Obesity and the onset of depressive symptoms among middle-aged and older adults in China: evidence from the CHARLS. *BMC public Health*. 2018;18(1):909. doi:10.1186/s12889-018-5834-6
21. Woolcott OO, Bergman RN. Defining cutoffs to diagnose obesity using the relative fat mass (RFM): association with mortality in NHANES 1999–2014. *Int J Obesity*. 2020;44(6):1301–1310. doi:10.1038/s41366-019-0516-8
22. Prado CM, Batsis JA, Donini LM, Gonzalez MC, Siervo M. Sarcopenic obesity in older adults: a clinical overview. *Nat Rev Endocrinol*. 2024;20(5):261–277. doi:10.1038/s41574-023-00943-z
23. Hakan Y, Fatma Hilal Y, Büsra E, et al. Examining barriers to participation in physical activity: a study of adults. *Zenodo*. 2023;1(1):1.
24. Mehmet G, Erdem A. Effect of the COVID-19 pandemic on barriers to middle-aged adults' participation in physical activity in Turkey: a crosssectional study. *J Men Health*. 2022.
25. JafariNasabian P, Inglis JE, Reilly W, Kelly OJ, Ilich JZ. Aging human body: changes in bone, muscle and body fat with consequent changes in nutrient intake. *J Endocrinol*. 2017;234(1):R37–r51. doi:10.1530/JOE-16-0603
26. Ji T, Li Y, Ma L. Sarcopenic obesity: an emerging public health problem. *Aging Dis*. 2022;13(2):379–388. doi:10.14336/AD.2021.1006 *Clinical Interventions in Aging* 2024;19 <https://doi.org/10.2147/CIA.S473083>
27. Batsis JA, Villareal DT. Sarcopenic obesity in older adults: aetiology, epidemiology and treatment strategies. *Nat Rev Endocrinol*. 2018;14 (9):513–537. doi:10.1038/s41574-018-0062-9

28. Pontzer H, Yamada Y, Sagayama H, et al. Daily energy expenditure through the human life course. *Science*. 2021;373(6556):808–812. doi:10.1126/science.abe5017
29. Braun TP, Marks DL. The regulation of muscle mass by endogenous glucocorticoids. *Front Physiol*. 2015;6:12. doi:10.3389/fphys.2015.00012
30. Yanagita I, Fujihara Y, Kitajima Y, et al. A high serum Cortisol/DHEA-S ratio is a risk factor for sarcopenia in elderly diabetic patients. *J Endocr Soc*. 2019;3(4):801–813. doi:10.1210/js.2018-00271
31. Trigo D, Nadais A, Carvalho A, et al. Mitochondria dysfunction and impaired response to oxidative stress promotes proteostasis disruption in aged human cells. *Mitochondrion*. 2023;69:1–9. doi:10.1016/j.mito.2022.10.002
32. Thoma A, Lightfoot AP. NF-κB and inflammatory cytokine signalling: role in skeletal muscle atrophy. *Adv Exp Med Biol*. 2018;1088:267–279.
33. Xu S, Lu F, Gao J, Yuan Y. Inflammation-mediated metabolic regulation in adipose tissue. *Obesity Rev*. 2024;25(6):e13724. doi:10.1111/obr.13724
34. Xie WQ, Xiao GL, Fan YB, He M, Lv S, Li YS. Sarcopenic obesity: research advances in pathogenesis and diagnostic criteria. *Aging Clin Exp Res*. 2021;33(2):247–252. doi:10.1007/s40520-019-01435-9
35. Koliaki C, Liatis S, Dalamaga M, Kokkinos A. Sarcopenic Obesity: epidemiologic Evidence, Pathophysiology, and Therapeutic Perspectives. *Current Obesity Reports*. 2019;8(4):458–471. doi:10.1007/s13679-019-00359-9
36. Sun N, Youle RJ, Finkel T. The mitochondrial basis of aging. *Molecular Cell*. 2016;61(5):654–666. doi:10.1016/j.molcel.2016.01.028
37. Ahmed B, Sultana R, Greene MW. Adipose tissue and insulin resistance in obese. *Biomed Pharmacother*. 2021;137:111315. doi:10.1016/j.biopha.2021.111315
38. Son JM, Lee C. Mitochondria: multifaceted regulators of aging. *BMB Rep*. 2019;52(1):13–23. doi:10.5483/BMBRep.2019.52.1.300
39. Bratic A, Larsson NG. The role of mitochondria in aging. *J Clin Invest*. 2013;123(3):951–957. doi:10.1172/JCI64125
40. Herzig S, Shaw RJ. AMPK: guardian of metabolism and mitochondrial homeostasis. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 2018;19(2):121–135. doi:10.1038/nrm.2017.95
41. Picca A, Calvani R, Bossola M, et al. Update on mitochondria and muscle aging: all wrong roads lead to sarcopenia. *Biol Chem*. 2018;399 (5):421–436. doi:10.1515/hsz-2017-0331
42. Cho J, Lee I, Kang H. ACTN3 gene and susceptibility to sarcopenia and osteoporotic status in older Korean adults. *Biomed Res Int*. 2017;2017:4239648. doi:10.1155/2017/4239648
43. Roth SM, Zmuda JM, Cauley JA, Shea PR, Ferrell RE. Vitamin D receptor genotype is associated with fat-free mass and sarcopenia in elderly men. *J Gerontol a Biol Sci Med Sci*. 2004;59(1):10–15. doi:10.1093/gerona/59.1.B10
44. Urzi F, Pokorný B, Buzan E. Pilot study on genetic associations with age-related sarcopenia. *Front Genetics*. 2020;11:615238. doi:10.3389/fgene.2020.615238

45. Aslam MA, Ma EB, Huh JY. Pathophysiology of sarcopenia: genetic factors and their interplay with environmental factors. *Metabolism*. 2023;149:155711. doi:10.1016/j.metabol.2023.155711
46. Loos RJF, Yeo GSH. The genetics of obesity: from discovery to biology. *Nat Rev Genet*. 2022;23(2):120–133. doi:10.1038/s41576-021-00414-z
47. Antoun E, Garratt ES, Taddei A, et al. Epigenome-wide association study of sarcopenia: findings from the Hertfordshire Sarcopenia Study (HSS). *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(1):240–253. doi:10.1002/jcsm.12876
48. Xu Q, Zhao QG, Ma XL, et al. Exome-wide sequencing study identified genetic variants associated with sarcopenic obesity. *J Gerontol a Biol Sci Med Sci*. 2024;79(4):glac025.
49. Dowling L, Duseja A, Vilaca T, Walsh JS, Goljanek-Whysall K. MicroRNAs in obesity, sarcopenia, and commonalities for sarcopenic obesity: a systematic review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(1):68–85. doi:10.1002/jcsm.12878
50. Joseph, A. M., Adhihetty, P. J. & Leeuwenburgh, C. Beneficial effects of exercise on age-related mitochondrial dysfunction and oxidative stress in skeletal muscle. *J. Physiol*. 594, 5105–5123 (2016).
51. Schubert, M. M., Sabapathy, S., Leveritt, M. & Desbrow, B. Acute exercise and hormones related to appetite regulation: a meta-analysis. *Sports Med*. 44, 387–403 (2014).
52. Roque, F. R. et al. Aerobic exercise reduces oxidative stress and improves vascular changes of small mesenteric and coronary arteries in hypertension. *Br. J. Pharmacol*. 168, 686–703 (2013).
53. Kumaraguru, U., Nandakumar, S., Chi, D., Stone, M. & Krishnaswamy, G. Resistance training and aerobic exercise alters immune function (87.25). *J. Immunol*. 184, 87.25 (2010).
54. Carraro, F., Stuart, C. A., Hartl, W. H., Rosenblatt, J. & Wolfe, R. R. Effect of exercise and recovery on muscle protein synthesis in human subjects. *Am. J. Physiol*. 259, E470–E476 (1990).
55. Drummond, M. J. et al. Rapamycin administration in humans blocks the contraction-induced increase in skeletal muscle protein synthesis. *J. Physiol*. 587, 1535–1546 (2009).
56. Fujita, S. et al. Aerobic exercise overcomes the age-related insulin resistance of muscle protein metabolism by improving endothelial function and Akt/mammalian target of rapamycin signaling. *Diabetes* 56, 1615–1622 (2007).
57. Levenhagen, D. K. et al. Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab*. 280, E982–E993 (2001).
58. Sheffield-Moore, M. et al. Postexercise protein metabolism in older and younger men following moderate-intensity aerobic exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab*. 287, E513–E522 (2004).
59. Short, K. R., Vittone, J. L., Bigelow, M. L., Proctor, D. N. & Nair, K. S. Age and aerobic exercise training effects on whole body and muscle protein metabolism. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab*. 286, E92–E101 (2004).

60. Yarasheski, K. E., Zachwieja, J. J. & Bier, D. M. Acute effects of resistance exercise on muscle protein synthesis rate in young and elderly men and women. *Am. J. Physiol.* 265, E210–E214 (1993).
61. Yarasheski, K. E. et al. Resistance exercise training increases mixed muscle protein synthesis rate in frail women and men ≥ 76 yr old. *Am. J. Physiol.* 277, E118–E125 (1999).
62. Hasten, D. L., Pak-Loduca, J., Obert, K. A. & Yarasheski, K. E. Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78–84 and 23–32 yr olds. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 278, E620–E626 (2000).
63. Villareal, D. T., Smith, G. I., Sinacore, D. R., Shah, K. & Mittendorfer, B. Regular multicomponent exercise increases physical fitness and muscle protein anabolism in frail, obese, older adults. *Obesity (Silver Spring)* 19, 312–318 (2011).
64. Cuthbertson, D. et al. Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle. *FASEB J.* 19, 422–424 (2005).
65. Volpi, E., Mittendorfer, B., Rasmussen, B. B. & Wolfe, R. R. The response of muscle protein anabolism to combined hyperaminoacidemia and glucose-induced hyperinsulinemia is impaired in the elderly. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 85, 4481–4490 (2000).
66. Volpi, E., Sheffield-Moore, M., Rasmussen, B. B. & Wolfe, R. R. Basal muscle amino acid kinetics and protein synthesis in healthy young and older men. *JAMA* 286, 1206–1212 (2001).
67. Peterson, C. M., Johannsen, D. L. & Ravussin, E. Skeletal muscle mitochondria and aging: a review. *J. Aging Res.* 2012, 194821 (2012).
68. Mason C, Xiao L, Imayama I, et al. Influence of diet, exercise, and serum vitamin d on sarcopenia in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exercise.* 2013;45(4):607–614. doi:10.1249/MSS.0b013e31827aa3fa
69. Shi J, Bei Y, Kong X, et al. miR-17-3p Contributes to Exercise-Induced Cardiac Growth and Protects against Myocardial Ischemia-Reperfusion Injury. *Theranostics.* 2017;7(3):664–676. doi:10.7150/thno.15162
70. Wang L, Guo Y, Luo J. Effects of Home Exercise Training on Sarcopenic Obesity in Elderly. *Chin J Rehabil Theory Pract.* 2019;25(01):90–96
71. Tsai CH, Liao Y, Chang SH. Cross-sectional association of physical activity levels with risks of sarcopenia among older Taiwanese adults. *BMC Geriatr.* 2024;24(1):560. doi:10.1186/s12877-024-05087-x
72. França GO, Frantz EDC, Magliano DC, et al. Effects of short-term high-intensity interval and continuous exercise training on body composition and cardiac function in obese sarcopenic rats. *Life Sci.* 2020;256:117920. doi:10.1016/j.lfs.2020.117920
73. Kumar P, Umakanth S, Girish N. A review of the components of exercise prescription for sarcopenic older adults. *Eur Geriatric Med.* 2022;13 (6):1245–1280. doi:10.1007/s41999-022-00693-7
74. Huang SW, Ku JW, Lin LF, Liao CD, Chou LC, Liou TH. Body composition influenced by progressive elastic band resistance exercise of sarcopenic obesity elderly women: a pilot

- randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2017;53(4):556–563. doi:10.23736/S1973-9087.17.04443-4
75. Chiu SC, Yang RS, Yang RJ, Chang SF. Effects of resistance training on body composition and functional capacity among sarcopenic obese residents in long-term care facilities: a preliminary study. *BMC Geriatr.* 2018;18(1):21. doi:10.1186/s12877-018-0714-6
76. Cunha PM, Ribeiro AS, Tomeleri CM, et al. The effects of resistance training volume on osteosarcopenic obesity in older women. *J Sport Sci.* 2018;36(14):1564–1571. doi:10.1080/02640414.2017.1403413
77. Vasconcelos KS, Dias JM, Araújo MC, Pinheiro AC, Moreira BS, Dias RC. Effects of a progressive resistance exercise program with high-speed component on the physical function of older women with sarcopenic obesity: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2016;20(5):432–440. doi:10.1590/bjpt-rbf.2014.0174
78. Fang M, Dai M, Yang W, Zhang C, Sun C. Effects of Combined Aerobic and Resistance Exercise on Sarcopenic Obesity in Elderly Patients Undergoing Maintenance Hemodialysis. *J Nurs Sci.* 2023;38(05):95–100.
79. Park J, Kwon Y, Park H. Effects of 24-Week Aerobic and Resistance Training on Carotid Artery Intima-Media Thickness and Flow Velocity in Elderly Women with Sarcopenic Obesity. *J Atheroscler Thromb.* 2017;24(11):1117–1124. doi:10.5551/jat.39065
80. Qi S, Horii N, Kishigami K, Miyachi M, Iemitsu M, Sanada K. Effects of water exercise on body composition and components of metabolic syndrome in older females with sarcopenic obesity. *J Phys Ther Sci.* 2023;35(1):24–30. doi:10.1589/jpts.35.24
81. Chen HT, Chung YC, Chen YJ, Ho SY, Wu HJ. Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *J Am Geriatr Soc.* 2017;65(4):827–832. doi:10.1111/jgs.14722
82. BATSIS, John A.; VILLAREAL, Dennis T. Sarcopenic obesity in older adults: aetiology, epidemiology and treatment strategies. *Nature Reviews Endocrinology*, 2018, 14.9: 513-537.

BÖLÜM 11

FİZYOTERAPİDE MİNDFULNESS UYGULAMALARI

Mert USTA¹ , Ferdi BAŞKURT²

¹ Arş. Gör. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, ORCID: 0000-0002-4143-1267, e-posta: mertusta@sdu.edu.tr

² Prof. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, ORCID: 0000-0002-8997-4172 , e-posta: ferdibaskurt@sdu.edu.tr

GİRİŞ

Fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları, yalnızca bedensel fonksiyonların yeniden kazandırılmasını değil; aynı zamanda bireyin psikolojik, sosyal ve yaşam kalitesi boyutlarını da kapsayan bütüncül bir sağlık yaklaşımını içerir. Modern sağlık anlayışı, tedavi sürecinde yalnızca semptomların giderilmesine değil, hastanın aktif katılımına, öz-yönetim becerilerine ve farkındalık geliştirmesine önem vermektedir. Bu noktada mindfulness (bilinçli farkındalık), fizyoterapi pratiğinde giderek daha fazla ilgi gören bir yöntem olarak öne çıkmaktadır(Bawa vd., 2015).

Mindfulness, bireyin dikkatini şimdiki ana odaklayarak bedensel duyuları, düşünceleri ve duyguları yargısız biçimde gözlemleme pratiğidir (Kabat-Zinn, 2003). Bu yaklaşım, hem hastaların ağrı, stres ve kaygı yönetiminde hem de fizyoterapistlerin mesleki tükenmişlik ve duygusal yüklerinin azaltılmasında destekleyici bir rol oynamaktadır (Lomas vd., 2018). Dolayısıyla mindfulness, yalnızca bir terapi tekniği değil, aynı zamanda klinik iletişim, hasta eğitimi ve egzersiz uyumunu artıran bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, mindfulness temelli müdahalelerin;

- Kronik ağrı yönetiminde,
- Nörolojik rehabilitasyonda dikkat ve beden farkındalığının artırılmasında,
- Kas-iskelet sistemi rehabilitasyonunda postür, solunum ve gevşeme uygulamalarında,
- Psikosomatik şikâyetlerin azaltılmasında,
- Egzersiz uyumunun geliştirilmesinde, etkili olabileceğini ortaya koymaktadır (Creswell, 2017; Hilton vd., 2017).

Buna ek olarak, mindfulness uygulamalarının sağlık profesyonelleri üzerinde de olumlu etkileri gösterilmiştir. Meta-analizler, mindfulness temelli programların özellikle tükenmişlik, stres ve depresyon semptomlarını azalttığını ve sağlık çalışanlarının mesleki doyumunu artırdığını bildirmektedir(West vd., 2016). Bu bulgular, fizyoterapi pratiğinde mindfulness'ın hem klinik sonuçları iyileştirebilecek hem de uygulayıcının mesleki iyi oluşunu destekleyebilecek çift yönlü bir potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, mindfulness'ın fizyoterapiye entegrasyonu farklı açılardan ele alınacak; hasta ve fizyoterapist perspektifleri, klinik uygulamalarda kullanılan mindfulness temelli yaklaşımlar, literatürdeki bulgular ve klinik rehberlik önerileri sunulacaktır. Böylece, fizyoterapi pratiğinde mindfulness'ın kısa ve uzun vadeli katkılarını değerlendirmek amaçlanmaktadır.

FİZYOTERAPİST VE HASTA PERSPEKTİFİNDEN MİNDFULNESS

Fizyoterapistlerde Mindfulness ve Mesleki Tükenmişlik

Fizyoterapistler, özellikle kronik ağrı, nörolojik bozukluklar ve uzun süreli rehabilitasyon süreçleriyle çalışan sağlık profesyonelleri olarak yoğun duygusal yük taşımaktadırlar. Klinik ortamda karşılaşılan yüksek iş yükü, hasta beklentileri, duygusal emek ve zaman baskısı, tükenmişlik (burnout) riskini artırmaktadır(Morse vd., 2012). Tükenmişlik yalnızca fizyoterapistin mesleki doyumunu değil, aynı zamanda hasta bakımının kalitesini de olumsuz yönde etkilemektedir.

Mindfulness temelli uygulamalar, fizyoterapistlerin stresle başa çıkma becerilerini güçlendirmekte, duygusal regülasyonu geliştirmekte ve empatik iletişimi artırmaktadır (Irving vd., 2009). Ayrıca yapılan meta-analizler, mindfulness temelli müdahalelerin sağlık çalışanlarında tükenmişliği anlamlı ölçüde azalttığını ve mesleki iyi oluşu desteklediğini göstermektedir(West vd., 2016). Bu nedenle mindfulness, fizyoterapistlerin hem kişisel

dayanıklılıklarını artıran hem de klinik uygulamada daha dengeli bir iletişim kurmalarını sağlayan önemli bir araçtır.

Hastalarda Mindfulness ve Klinik Deneyim

Fizyoterapiye başvuran hastaların büyük bir kısmı, kronik ağrı, stres, kaygı ve depresyon gibi psikososyal faktörlerle de mücadele etmektedir. Literatürde, ağrının yalnızca biyolojik değil, aynı zamanda psikolojik ve sosyal bileşenleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Gatchel vd., 2007). Bu noktada mindfulness, hastaların bedensel duyularını daha kabul edilebilir bir şekilde deneyimlemelerine, ağrıya yönelik olumsuz bilişsel tepkilerini azaltmalarına ve egzersiz programlarına daha uyumlu katılım sağlamalarına katkıda bulunmaktadır (Creswell, 2017).

Örneğin Hilton ve arkadaşlarının yaptığı meta-analiz, mindfulness temelli müdahalelerin kronik ağrılı hastalarda ağrı şiddetini, stres düzeylerini ve depresif semptomları azalttığını göstermiştir(Hilton vd., 2017). Ayrıca, mindfulness eğitimi alan hastaların fizyoterapi seanslarına katılım motivasyonlarının daha yüksek olduğu ve tedaviye uyumlarının güçlendiği bildirilmiştir(Bawa vd., 2015).

Fizyoterapist-Hasta İletişiminde Mindful Yaklaşım

Fizyoterapist ve hasta arasındaki iletişim, tedavi sürecinin başarısında kritik rol oynamaktadır. Mindful bir iletişim tarzı, terapistin aktif dinleme, yargısız yaklaşım ve empatik tutum geliştirmesine olanak tanır. Bu yaklaşım, hastaların kendilerini daha fazla ifade edebilmelerini ve tedavi sürecine daha güvenle katılmalarını destekler.

Mindful iletişim ayrıca fizyoterapistin dikkatini “otomatik pilot” yerine şimdiki an deneyimine yönlendirmesini sağlar. Bu durum, seans sırasında verilen egzersiz talimatlarının daha bilinçli aktarılmasına, hastanın ise egzersizi yalnızca yapmak yerine hissetmesine katkıda bulunur. Böylece tedavi hem biyolojik hem de psikososyal boyutlarıyla daha bütüncül hale gelir(Shapiro vd., 2005).

KLİNİK UYGULAMALARDA MİNDFULNESS TEMELLİ MÜDAHALELER

Mindfulness temelli yaklaşımlar, başlangıçta stres yönetimi ve psikiyatrik bozuklukların tedavisinde geliştirilmiş olsa da son yıllarda fizyoterapi pratiği içerisinde ağrı yönetimi, hareket eğitimi, solunum terapileri ve beden farkındalığının geliştirilmesi gibi çok farklı alanlarda uygulanmaktadır. Bu bölümde, literatürde en çok çalışılmış ve fizyoterapiyle en fazla etkileşim içinde olan yaklaşımlar ele alınacaktır.

Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR)

MBSR, Jon Kabat-Zinn tarafından 1970’lerin sonunda geliştirilmiş, sekiz haftalık yapılandırılmış bir programdır. Program;

- Beden taraması,
- Oturma meditasyonu,
- Nefes farkındalığı,
- Basit yoga hareketleri gibi tekniklerden oluşur(Kabat-Zinn, 2003).

Fizyoterapi bağlamında MBSR, özellikle kronik kas-iskelet sistemi ağrıları yaşayan bireylerde ağrı algısını ve fonksiyonel kısıtlılığı azaltmak için kullanılmaktadır. Literatürde, MBSR uygulanan kronik bel ve boyun ağrısı hastalarının yalnızca medikal tedavi alanlara kıyasla daha iyi ağrı yönetimi, daha yüksek yaşam kalitesi ve daha düşük depresyon skorları sergiledikleri bildirilmektedir (Cherkin vd., 2016; Hilton vd., 2017).

Ayrıca MBSR, yalnızca ağrıya değil, egzersiz motivasyonuna da katkıda bulunur. Hastalar egzersizi bir görev olarak yapmak yerine, “bedeni dinlemek” ve “hissetmek” üzerinden deneyimlediklerinde, tedaviye uyum artmaktadır (Bawa vd., 2015).

Mindfulness-Based Cognitive Therapy (MBCT)

MBCT, depresyon nüksünü önlemek amacıyla geliştirilmiş, bilişsel davranışçı terapi (BDT) ile mindfulness tekniklerini birleştiren bir programdır (Morgan, 2003). Sekiz haftalık oturumlar, hem otomatik düşünceleri fark etmeyi hem de bedensel duyumlara odaklanmayı içerir.

Fizyoterapide MBCT’nin önemi, ağrıya eşlik eden psikolojik faktörleri (örneğin; korku-kaçınma davranışı, olumsuz ağrı inançları, yüksek kaygı) hedeflemesidir. Araştırmalar, kronik ağrılı hastalarda MBCT’nin anksiyete, depresyon ve ağrı felaketleştirme düzeylerini azalttığını göstermektedir (Pei vd., 2021). Böylece MBCT, yalnızca psikolojik semptomları hafifletmekle kalmaz, aynı zamanda hastanın rehabilitasyona aktif katılımını kolaylaştırır.

Temel Beden Farkındalık Terapisi (TBFT) ve Mindful Hareket

TBFT (Basic Body Awareness Therapy, BBAT), özellikle İskandinav ülkelerinde geliştirilen ve fizyoterapi uygulamalarına entegre edilmiş bir yaklaşımdır. TBFT, beden farkındalığını geliştirmeyi, postüral kontrolü artırmayı ve hareketin kalitesini yükseltmeyi amaçlar (Gard, 2005).

TBFT seansları;

- Yavaş ve kontrollü hareketler,
- Nefes farkındalığı,
- Duruş, denge ve yerçekimi ile ilişkiyi hissetme,
- Günlük yaşam aktivitelerine farkındalıkla katılım, üzerine kuruludur.

Mindfulness ile doğrudan ilişkili olan TBFT hem psikosomatik bozukluklar hem de psikiyatrik rahatsızlıklar için etkili bulunmuştur (Danielsson vd., 2014). Türkiye’de de özellikle stres düzeyi yüksek genç bireylerde TBFT’nin telomer uzunluğu gibi biyolojik belirteçler üzerinde olumlu etkileri araştırılmaktadır. Bu yönüyle TBFT, fizyoterapötik uygulamalar içerisinde biyopsikososyal bütünlüğü en iyi temsil eden yaklaşımlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

Egzersiz Sırasında Mindfulness Entegrasyonu

Fizyoterapide kullanılan egzersizler, genellikle “doğru formda yapma” üzerine odaklanırken, mindfulness entegrasyonu bu süreci daha derin ve deneyimsel hale getirebilir. Literatürde “mindful exercise” ya da “mindful movement” kavramları özellikle şu alanlarda öne çıkmaktadır:

- **Farkındalıkla yürüyüş:** Yürüyüş sırasında adımların ritmini, bedenin yerle temasını ve nefesin uyumunu hissetmek.
- **Nefesle senkronize hareket:** Özellikle solunum fizyoterapisinde, inspirasyon ve ekspirasyonun hareket akışıyla uyumlu hale getirilmesi.
- **Tai Chi ve Yoga:** Bu pratikler fizyoterapide hem denge hem de beden-zihin bütünlüğünü güçlendiren “mindful egzersiz” örnekleridir (Wayne ve Kaptchuk, 2008).
- **Pilates ve postür egzersizleri:** Odaklanmış dikkat ve nefes farkındalığı ile yapılan pilates çalışmalarında, kas kontrolü ve propriosepsiyon gelişimi mindfulness ile paralellik göstermektedir (Caldwell vd., 2010).

MİNDFULNESS'İN FİZYOTERAPÖTİK ETKİLİLİĞE KATKISI

Mindfulness temelli yaklaşımlar, fizyoterapi uygulamalarında yalnızca psikolojik destek sağlayan yöntemler değil, aynı zamanda ağrı yönetimi, motor kontrol, postüral farkındalık ve solunum düzeni üzerinde doğrudan fizyolojik etkileri olan tamamlayıcı araçlardır. Bu bölümde, mindfulness'ın fizyoterapötik etkililiğe katkısı dört ana başlıkta ele alınacaktır.

Ağrı Yönetimi

Kronik ağrı fizyoterapiye başvurunun en yaygın nedenlerinden biridir. Biyopsikososyal modele göre ağrı, yalnızca dokusal hasarla açıklanamaz; kişinin bilişsel ve duygusal süreçleriyle de şekillenir (Gatchel vd., 2007). Mindfulness uygulamaları, bireyin ağrıyla yargısız fark etmesine ve ona verdiği olumsuz tepkileri azaltmasına yardımcı olur.

Ağrı yönetimini ele alan çalışmalar incelendiğinde; randomize kontrollü çalışmalar, MBSR'nin fibromiyalji hastalarında ağrı şiddeti, yorgunluk ve uyku kalitesi üzerinde anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermiştir (Cash vd., 2015; Sephton vd., 2007). Yine Cherkin ve arkadaşları kronik bel ağrısı hastalarında MBSR'nin hem fonksiyonel kapasiteyi artırdığını hem de ağrının günlük yaşama etkisini azalttığını rapor etmiştir (Cherkin vd., 2016). Hilton ve arkadaşları tarafından yapılan meta-analizde ise, mindfulness meditasyonunun kronik ağrı yönetiminde farmakolojik olmayan yöntemler arasında güçlü bir alternatif olduğunu vurgulamaktadır (Hilton vd., 2017). Bu bulgular mindfulness'ın ağrı yönetiminde yalnızca psikolojik bir destek değil, aynı zamanda rehabilitasyonun biyolojik etkinliğini artırıcı bir faktör olduğunu göstermektedir.

Nörolojik Rehabilitasyonda Dikkat ve Beden Farkındalığı

Nörolojik rehabilitasyonda dikkat, konsantrasyon ve motor farkındalık kritik unsurlardır. İnme, parkinson ve multipl skleroz gibi hastalıklarda, mindfulness uygulamaları motor öğrenmeyi destekleyen dikkat odaklı stratejiler sağlamaktadır.

Mindfulness tabanlı egzersizlerin, inmeli bireylerde dikkat kontrolünü artırdığı ve üst ekstremiteler fonksiyonlarında iyileşmeye katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Lawrence vd., 2013). Yi ve arkadaşları, mindfulness temelli hareket terapilerinin Parkinson hastalarında hem motor belirtiler hem de psikolojik iyilik hali düzeylerinde olumlu etkiler sağladığını göstermiştir (Yi vd., 2025). Simpson ve arkadaşları ise, MS hastalarında mindfulness uygulamalarının yorgunluğu azalttığını ve yaşam kalitesini artırdığını belirtmiştir (Simpson vd., 2015). Bu veriler, mindfulness'ın nörolojik rehabilitasyonda hem kognitif hem de motor çıktıları geliştiren bütüncül bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır.

Postür, Solunum ve Gevşeme Egzersizlerinde Mindfulness

Postüral kontrol ve solunum fizyoterapisinde, bireyin hareketin kalitesine ve beden duyularına odaklanması tedavinin etkinliğini artırır. Pilates, yoga ve TBFT gibi mindful egzersizler, postüral farkındalığı artırarak kas dengesizliklerinin düzeltilmesine katkı sağlar (Caldwell vd., 2010). Nefes farkındalığı meditasyonları, özellikle kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) olan bireylerde dispne yönetiminde yararlı bulunmuştur (Chan vd., 2015). Benzer şekilde gevşeme egzersizleri mindfulness ile birleştirildiğinde, otonom sinir sistemi üzerinde düzenleyici etkiler sağlanır; bu da kalp atım hızı değişkenliğinde iyileşmeye ve stres belirteçlerinde azalmaya yol açar (Tang vd., 2015). Dolayısıyla mindfulness, yalnızca “ek bir teknik” değil, postür ve solunum gibi fizyoterapötik müdahalelerin etkinliğini artıran bir mekanizma olarak değerlendirilebilir.

Psikosomatik Şikâyetlerin Azaltılması

Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının önemli bir bölümü, stres, kaygı ve psikosomatik faktörler ile ilişkilidir. Mindfulness, bireyin beden duyumlarını kabul etmesine yardımcı olarak somatizasyonu ve psikosomatik yakınmaları azaltmaktadır.

Mindfulness tabanlı programlar, somatoform bozukluğu olan bireylerde semptomların hafifletilmesinde etkili bulunmuştur (Lakhan ve Schofield, 2013). Klinik uygulamalarda, ağrıya eşlik eden psikosomatik yakınmaları olan bireylerde mindfulness temelli yaklaşımların eklenmesi, tedaviye katılımı artırmakta ve hasta memnuniyetini güçlendirmektedir (Creswell, 2017). Bu nedenle, mindfulness temelli uygulamaların fizyoterapiye entegrasyonu, psikosomatik şikâyetlerin hem subjektif hem de objektif düzeyde azaltılmasına katkıda bulunur.

MİNDFULNESS PRATİKLERİ VE SEANSLARA ENTEGRASYON

Mindfulness, teorik bir kavram olmanın ötesinde, fizyoterapi seanslarının farklı aşamalarına kolaylıkla entegre edilebilen pratikler bütünü olarak değerlendirilmektedir. Hastaların çoğu, egzersizleri yalnızca “doğru yapmaya” odaklanırken, mindfulness yaklaşımı bu süreci daha bütüncül, deneyimsel ve içselleştirilmiş hale getirir. Böylece egzersiz sadece fiziksel bir aktivite değil, aynı zamanda beden-zihin farkındalığını artıran bir terapi deneyimi olur.

Seans Başında Kısa Nefes Farkındalığı

Fizyoterapi seansının başında uygulanan 2–3 dakikalık kısa bir nefes farkındalığı egzersizi hem hasta hem de terapist için seansa odaklanmayı kolaylaştırır. Hastaya “gözlerini kapatması, nefesin doğal ritmini fark etmesi, göğüs ve karın bölgesindeki hareketleri hissetmesi” gibi basit yönlendirmeler yapılabilir. Bu kısa uygulamalar, kaygıyı azaltır, hastanın zihinsel odağını güçlendirir ve egzersize uyumu artırır (Zeidan vd., 2010). Ayrıca fizyoterapist için de “mindful bir başlangıç”, profesyonel dikkat ve empatiyi artırarak iletişim kalitesini güçlendirir.

Egzersiz Sırasında Dikkatli Farkındalık Geliştirme

Egzersizlerin çoğu, belirli tekrar sayıları ve hareket doğruluğu üzerine kuruludur. Ancak mindfulness entegrasyonu ile bu deneyim farklılaşır. Hastadan yalnızca “10 tekrar yapması” değil, her bir tekrarı farklı bedensel duyumlarla gözlemlemesi istenilebilir. Örneğin omuz elevasyonu egzersizi sırasında, kasların gerginliği, eklem hareket açıklığı, nefesle senkronizasyon ve postürel hisler fark ettirilir. Bu yaklaşım, egzersizin mekanik bir görev olmaktan çıkıp duyuşal-motor bütünlük sağlayan bir deneyime dönüşmesine yol açar (Caldwell vd., 2010).

Beden Taraması, Meditasyon ve Yavaş Hareketler

Fizyoterapi seanslarında mindfulness’ın en sık kullanılan tekniklerinden biri “beden taraması (body scan)”dır. Hasta, ayak parmaklarından başa kadar tüm bedensel bölgeleri zihinsel olarak tarar ve duyumları fark eder. Özellikle kronik ağrı hastalarında beden taraması, bedensel farkındalığı artırır ve “katastrofik düşünme”yi azaltır (Kabat-Zinn, 2003). TBFT ve yoga temelli egzersizlerde olduğu gibi yavaş hareketler, hareketi hissetmeye ve bedenle bağlantıyı güçlendirmeye katkıda bulunur. Bunlar dışında kısa meditasyon pratikleri (ör. 5 dakikalık nefes veya oturma meditasyonu) seans sonunda kullanılabilir; bu, egzersiz sonrası gevşemeyi ve seans deneyiminin bütünlüğünü kolaylaştırır.

Seans Sonrası Farkındalık Değerlendirmesi

Mindfulness yalnızca seans sırasında değil, seansın bitişinde de farkındalığın pekiştirilmesi ile güçlendirilir. Seans bitiminde hasta, “Bugün egzersiz sırasında bedeninde en çok hangi duyumu fark etti?” veya “Hangi hareketi yaparken daha fazla rahatlık veya gerginlik hissetti?” gibi sorularla yönlendirilir. Bu yöntem, hastanın yalnızca hareketleri öğrenmesini değil, aynı

zamanda kendi bedensel deneyimlerini yorumlamasını teşvik eder (Mehling vd., 2011). Böylece egzersiz, seans dışında günlük yaşama taşınabilen bir farkındalık pratiğine dönüşür.

Örneğin kronik bel ağrısı olan bir hasta ile yapılan fizyoterapi seansı şu şekilde yapılandırılabilir:

- Başlangıç (3 dk): Kısa nefes farkındalığı ile hastanın zihinsel odağı artırılır.
- Ana bölüm (30 dk): Egzersizler mindful bir yaklaşımla uygulanır (örneğin köprü egzersizi sırasında nefes, pelvik taban kaslarının aktivasyonu ve omurga farkındalığına dikkat çekilir).
- Ara bölüm (5 dk): Kısa beden taraması ile kas gerginlikleri fark ettirilir.
- Kapanış (5 dk): Hasta, seans boyunca en çok fark ettiği bedensel duyumları paylaşır.

LİTERATÜRDEN BULGULAR

Mindfulness temelli uygulamalar (MBSR, MBCT, TBFT ve mindful hareket pratikleri) son yıllarda fizyoterapi alanında giderek artan sayıda çalışmada araştırılmaktadır. Bu çalışmalar, özellikle ağrı yönetimi, yaşam kalitesi, stres azaltımı, egzersiz uyumu ve biyolojik belirteçler üzerine odaklanmıştır. Bulguların bir kısmı randomize kontrollü çalışmalar (RCT), bir kısmı ise sistematik derlemeler ve meta-analizlerden oluşmaktadır.

Çeşitli randomize kontrollü çalışmalar mindfulness'ın fizyoterapötik etkilerini desteklemektedir. Cherkin ve arkadaşları, kronik bel ağrısı olan 342 bireyde MBSR ve bilişsel davranışçı terapinin (BDT) etkinliğini karşılaştırmış, MBSR grubunda fonksiyonel kapasite ve ağrı yönetiminde anlamlı iyileşmeler bulmuştur (Cherkin vd., 2016). Cash ve arkadaşları ise, MBSR uygulanan fibromiyalji hastalarında ağrı, uyku kalitesi ve depresif semptomlarda iyileşme bildirmiştir (Cash vd., 2015). Hilton ve arkadaşları tarafından yapılan meta-analiz ise, mindfulness meditasyonunun kronik ağrı şiddetini ve psikolojik yükü azalttığını, yaşam kalitesini ise artırdığını göstermiştir (Hilton vd., 2017). Lawrence ve arkadaşları, inme sonrası rehabilitasyonda mindfulness'ın dikkat, öz-yönetim ve yaşam kalitesi üzerine olumlu etkiler sağladığını bildirmiştir (Lawrence vd., 2013). Bawa ve arkadaşları ise, mindfulness eğitimi alan hastaların, egzersiz programlarına daha yüksek motivasyon ve devamlılık gösterdiklerini bulmuştur (Bawa vd., 2015). Mindfulness dışında TBFT'nin stres biyobelirteçleri ve telomeraz üzerine etkilerini inceleyen yeni çalışmalar, mindful hareket pratiklerinin telomeraz üzerinde dahi etkili olabileceğini göstermektedir (Daubenmier vd., 2012). Ayrıca sağlık profesyonelleri açısından düşünüldüğünde ise mindfulness temelli programların sağlık profesyonellerinde tükenmişlik, stres ve depresyonu azalttığı da rapor etmiştir (Lomas vd., 2018).

UYGULAYICI İÇİN ÖNERİLER, KLİNİK REHBERLİK VE GELECEĞE YÖNELİK ÖNERİLER

Mindfulness'ın fizyoterapi pratiğine entegrasyonu, yalnızca hastalar için değil, fizyoterapistlerin mesleki iyi oluşları açısından da değerli bir katkı sunmaktadır. Ancak, bu entegrasyonun etkin ve sürdürülebilir olabilmesi için hem bireysel uygulayıcı düzeyinde öneriler hem de eğitim ve araştırma perspektifleri geliştirilmelidir. Fizyoterapistlerin öncelikle kendi farkındalık pratiklerini deneyimlemeleri, klinik uygulamalara yansıyan en önemli faktördür. Düzenli kısa meditasyonlar, nefes farkındalığı ve mindful hareketler, terapistin seans sırasında “anda kalma” becerisini güçlendirebilir (Irving vd., 2009). Mindfulness uygulamaları, kısa nefes farkındalığı egzersizlerinden başlayarak yavaşça seansların farklı aşamalarına eklenebilir. Her hasta için kişiselleştirilmiş düzeyde uygulanması önemlidir. Hastalara mindfulness'ın yalnızca “rahatlama” değil, aynı zamanda ağrı, stres ve egzersiz uyumunu iyileştiren bilimsel temelli bir yöntem olduğu açıklanmalıdır. Bu sayede hasta katılımı ve motivasyonu artacaktır.

Dünya genelinde MBSR, MBCT ve TBFT üzerine çok sayıda profesyonel eğitim ve sertifikasyon programı bulunmaktadır. Fizyoterapistlerin bu programlara katılımı, uygulama becerilerini artırabilir. Üniversitelerin fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarına mindfulness temelli yaklaşımların eklenmesi, geleceğin fizyoterapistlerine daha bütüncül bir bakış açısı kazandırabilir. Benzer şekilde mesleğe yeni başlayan fizyoterapistlerin deneyimli mindfulness uygulayıcıları ile süpervizyon altında çalışmaları, tekniklerin doğru aktarılmasını sağlayabilir.

Mindfulness yalnızca ek bir teknik değil, aynı zamanda klinik karar verme sürecine rehberlik eden bir yaklaşım olarak da değerlendirilebilir. Terapistin seans sırasında anda kalabilmesi, hastanın bireysel ihtiyaçlarını daha net fark etmesini ve tedavi planını buna göre uyarlamasını sağlar. Bu, hasta merkezli bakım anlayışının en önemli unsurlarından biridir. Mevcut literatür mindfulness'ın fizyoterapiye katkısını güçlü şekilde desteklemektedir, ancak özellikle farklı hasta gruplarında uzun dönemli takip çalışmaları gereklidir. Telomer uzunluğu, kortizol düzeyleri ve kalp atım hızı değişkenliği gibi biyobelirteçler üzerinden mindfulness'ın fizyolojik etkilerini ortaya koyan daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır. Yine psikoloji, nörobilim ve fizyoterapi alanlarının iş birliğiyle yürütülecek çalışmalar, mindfulness'ın hem biyolojik hem de psikososyal etkilerini daha iyi açıklayabilir. Ayrıca Türkiye gibi farklı kültürel bağlamlarda mindfulness'ın uygulanabilirliğini araştırmak, hem hasta kabulünü hem de klinik etkinliği artıracaktır.

SONUÇ

Mindfulness temelli yaklaşımlar, fizyoterapi pratiğinde hem hasta odaklı hem de uygulayıcı odaklı çok boyutlu katkılar sunmaktadır. Randomize kontrollü çalışmalar mindfulness'ın kronik ağrı yönetiminde (ör. bel ağrısı, fibromiyalji) ağrı şiddetini azalttığını ve fonksiyonel kapasiteyi artırdığını ortaya koymuştur. Sistematik derlemeler ve meta-analizler (Kanıt Düzeyi I) bu bulguları destekleyerek, mindfulness uygulamalarının yalnızca ağrı şiddeti değil, aynı zamanda yaşam kalitesi, depresif semptomlar ve egzersiz uyumu üzerinde de olumlu etkiler sağladığını göstermektedir.

Nörolojik rehabilitasyonda yapılan orta düzeyde kanıt sağlayan çalışmalar (Kanıt Düzeyi II) mindfulness'ın dikkat kontrolü, beden farkındalığı ve motor öğrenmeyi destekleyerek inme ve Parkinson gibi durumlarda klinik iyileşmeye katkı sunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde KOAH gibi solunumsal rahatsızlıklarda küçük ölçekli pilot çalışmalar (Kanıt Düzeyi III) mindfulness meditasyonunun dispne yönetiminde ve solunum kontrolünde fayda sağladığını ortaya koymaktadır.

Sağlık profesyonelleri üzerinde yapılan sistematik derlemeler (Kanıt Düzeyi I), mindfulness temelli programların tükenmişlik, stres ve depresyonu azalttığını ve mesleki doyumunu artırdığını göstermektedir. Bu yönüyle mindfulness, fizyoterapistlerin duygusal dayanıklılığını güçlendiren ve klinik iletişim kalitesini artıran önemli bir destek aracıdır.

Sonuç olarak mindfulness; yüksek düzey kanıtlarla (RCT ve meta-analizler) kronik ağrı ve stres yönetiminde etkili, orta düzey kanıtlarla nörolojik rehabilitasyonda destekleyici, düşük–orta düzey kanıtlarla psikosomatik şikâyetlerin azaltılmasında umut verici bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Bawa, F. L., Mercer, S. W., Atherton, R. J., Clague, F., Keen, A., Scott, N. W., & Bond, C. M. (2015). Does mindfulness improve outcomes in patients with chronic pain? Systematic review and meta-analysis. *Br J Gen Pract*, 65(635), e387-400. doi:10.3399/bjgp15X685297
- Caldwell, K., Harrison, M., Adams, M., Quin, R. H., & Greeson, J. (2010). Developing mindfulness in college students through movement-based courses: effects on self-regulatory self-efficacy, mood, stress, and sleep quality. *J Am Coll Health*, 58(5), 433-442. doi:10.1080/07448480903540481
- Cash, E., Salmon, P., Weissbecker, I., Rebholz, W. N., Bayley-Veloso, R., Zimmaro, L. A., . . . Sephton, S. E. (2015). Mindfulness meditation alleviates fibromyalgia symptoms in women: results of a randomized clinical trial. *Ann Behav Med*, 49(3), 319-330. doi:10.1007/s12160-014-9665-0
- Chan, R. R., Giardino, N., & Larson, J. L. (2015). A pilot study: mindfulness meditation intervention in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 10, 445-454. doi:10.2147/copd.S73864
- Cherkin, D. C., Sherman, K. J., Balderson, B. H., Cook, A. J., Anderson, M. L., Hawkes, R. J., . . . Turner, J. A. (2016). Effect of Mindfulness-Based Stress Reduction vs Cognitive Behavioral Therapy or Usual Care on Back Pain and Functional Limitations in Adults With Chronic Low Back Pain: A Randomized Clinical Trial. *Jama*, 315(12), 1240-1249. doi:10.1001/jama.2016.2323
- Creswell, J. D. (2017). Mindfulness Interventions. 68(Volume 68, 2017), 491-516. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-042716-051139>
- Danielsson, L., Papoulias, I., Petersson, E. L., Carlsson, J., & Waern, M. (2014). Exercise or basic body awareness therapy as add-on treatment for major depression: a controlled study. *J Affect Disord*, 168, 98-106. doi:10.1016/j.jad.2014.06.049
- Daubenmier, J., Lin, J., Blackburn, E., Hecht, F. M., Kristeller, J., Maninger, N., . . . Epel, E. (2012). Changes in stress, eating, and metabolic factors are related to changes in telomerase activity in a randomized mindfulness intervention pilot study. *Psychoneuroendocrinology*, 37(7), 917-928. doi:10.1016/j.psyneuen.2011.10.008
- Gard, G. (2005). Body awareness therapy for patients with fibromyalgia and chronic pain. *Disabil Rehabil*, 27(12), 725-728. doi:10.1080/09638280400009071
- Gatchel, R. J., Peng, Y. B., Peters, M. L., Fuchs, P. N., & Turk, D. C. (2007). The biopsychosocial approach to chronic pain: scientific advances and future directions. *Psychol Bull*, 133(4), 581-624. doi:10.1037/0033-2909.133.4.581
- Hilton, L., Hempel, S., Ewing, B. A., Apaydin, E., Xenakis, L., Newberry, S., . . . Maglione, M. A. (2017). Mindfulness Meditation for Chronic Pain: Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Behav Med*, 51(2), 199-213. doi:10.1007/s12160-016-9844-2

- Irving, J. A., Dobkin, P. L., & Park, J. (2009). Cultivating mindfulness in health care professionals: a review of empirical studies of mindfulness-based stress reduction (MBSR). *Complement Ther Clin Pract*, 15(2), 61-66. doi:10.1016/j.ctcp.2009.01.002
- Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-based interventions in context: Past, present, and future. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 10(2), 144-156. doi:10.1093/clipsy.bpg016
- Lakhan, S. E., & Schofield, K. L. (2013). Mindfulness-based therapies in the treatment of somatization disorders: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 8(8), e71834. doi:10.1371/journal.pone.0071834
- Lawrence, M., Booth, J., Mercer, S., & Crawford, E. (2013). A systematic review of the benefits of mindfulness-based interventions following transient ischemic attack and stroke. *Int J Stroke*, 8(6), 465-474. doi:10.1111/ijss.12135
- Lomas, T., Medina, J., Ivztan, I., Rupprecht, S., & Eiroa Orosa, F. J. (2018). Mindfulness-based interventions in the workplace: An inclusive systematic review and meta-analysis of their impact upon wellbeing. *The Journal of Positive Psychology*, 14, 1-16. doi:10.1080/17439760.2018.1519588
- Mehling, W. E., Wrubel, J., Daubenmier, J. J., Price, C. J., Kerr, C. E., Silow, T., . . . Stewart, A. L. (2011). Body Awareness: a phenomenological inquiry into the common ground of mind-body therapies. *Philos Ethics Humanit Med*, 6, 6. doi:10.1186/1747-5341-6-6
- Morgan, D. (2003). Mindfulness-based cognitive therapy for depression: a new approach to preventing relapse. *Psychother Res*, 13(1), 123-125. doi:10.1080/713869628
- Morse, G., Salyers, M. P., Rollins, A. L., Monroe-DeVita, M., & Pfahler, C. (2012). Burnout in mental health services: a review of the problem and its remediation. *Adm Policy Ment Health*, 39(5), 341-352. doi:10.1007/s10488-011-0352-1
- Pei, J. H., Ma, T., Nan, R. L., Chen, H. X., Zhang, Y. B., Gou, L., & Dou, X. M. (2021). Mindfulness-Based Cognitive Therapy for Treating Chronic Pain A Systematic Review and Meta-analysis. *Psychol Health Med*, 26(3), 333-346. doi:10.1080/13548506.2020.1849746
- Sephton, S. E., Salmon, P., Weissbecker, I., Ulmer, C., Floyd, A., Hoover, K., & Studts, J. L. (2007). Mindfulness meditation alleviates depressive symptoms in women with fibromyalgia: results of a randomized clinical trial. *Arthritis Rheum*, 57(1), 77-85. doi:10.1002/art.22478
- Shapiro, S. L., Astin, J. A., Bishop, S. R., & Cordova, M. (2005). Mindfulness-Based Stress Reduction for Health Care Professionals: Results From a Randomized Trial. *International Journal of Stress Management*, 12(2), 164-176. doi:10.1037/1072-5245.12.2.164
- Simpson, R., Mair, F., & Mercer, S. (2015). Mindfulness-based interventions for people with multiple sclerosis. *Mult Scler*, 21(9), 1093-1094. doi:10.1177/1352458515579702

- Tang, Y. Y., Hölzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nat Rev Neurosci*, 16(4), 213-225. doi:10.1038/nrn3916
- Wayne, P. M., & Kaptchuk, T. J. (2008). Challenges inherent to t'ai chi research: part I--t'ai chi as a complex multicomponent intervention. *J Altern Complement Med*, 14(1), 95-102. doi:10.1089/acm.2007.7170a
- West, C. P., Dyrbye, L. N., Erwin, P. J., & Shanafelt, T. D. (2016). Interventions to prevent and reduce physician burnout: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*, 388(10057), 2272-2281. doi:10.1016/s0140-6736(16)31279-x
- Yi, M., Zhang, W., Zhao, B., & Wang, Z. (2025). The Effects of Mindfulness-Based Interventions in People with Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Gerontol*, 48(4), 570-588. doi:10.1080/07317115.2024.2314192
- Zeidan, F., Johnson, S. K., Diamond, B. J., David, Z., & Goolkasian, P. (2010). Mindfulness meditation improves cognition: evidence of brief mental training. *Conscious Cogn*, 19(2), 597-605. doi:10.1016/j.concog.2010.03.014

BÖLÜM 12

ASTIMDA PULMONER REHABİLİTASYON

Ahmet UTUŞ¹

¹ Öğretim Görevlisi, İnönü Üniversitesi Sağlık bilimleri Fakültesi, Ahmet.utus@inonu.edu.tr, 0000-0002-6613-8235

1. GİRİŞ

Astım, hava yollarında kronik inflamasyon, değişken hava yolu obstrüksiyonu ve bronşiyal hiperreaktivite ile karakterize, heterojen bir solunum sistemi hastalığıdır. Küresel ölçekte yaklaşık 300 milyondan fazla bireyi etkilediği tahmin edilen astım, çocukluk çağından ileri yaşlara kadar geniş bir popülasyonda önemli bir morbidite ve sağlık harcaması yükü oluşturmaktadır [1, 2]. Astımın klinik seyri; genetik yatkınlık, çevresel maruziyetler, yaşam tarzı faktörleri ve tedaviye erişim gibi çok sayıda değişken tarafından şekillendirilmektedir. Günümüzde farmakolojik tedaviler astım yönetiminin temelini oluştursa da, semptom kontrolü, egzersiz toleransı ve yaşam kalitesi açısından birçok hastada istenen düzeylere ulaşamadığı bildirilmektedir [3].

Astımlı bireylerde fiziksel aktiviteden kaçınma, egzersize bağlı semptom korkusu ve solunumla ilişkili anksiyete yaygın olarak görülmektedir. Bu durum zamanla fiziksel inaktivite, kardiyorespiratuvar kondisyon kaybı, solunum kaslarında zayıflama ve fonksiyonel kapasitede azalma ile sonuçlanabilmektedir [4]. Özellikle kontrolsüz veya kısmen kontrollü astımı olan bireylerde, bu döngü hastalığın klinik yükünü daha da artırmakta ve farmakolojik tedaviye rağmen fonksiyonel iyileşmenin sınırlı kalmasına neden olmaktadır [5].

Pulmoner rehabilitasyon, kronik solunum hastalıklarında semptomların azaltılması, fonksiyonel kapasitenin artırılması ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla uygulanan, multidisipliner ve bireye özgü yapılandırılmış bir tedavi yaklaşımıdır. Geleneksel olarak kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ile ilişkilendirilmiş olsa da, son yıllarda astım hastalarında pulmoner rehabilitasyonun etkinliğini gösteren kanıtlar giderek artmaktadır [6, 7]. Özellikle egzersiz eğitimi, solunum egzersizleri, solunum kas eğitimi ve hasta eğitimi bileşenlerinin astım kontrolü üzerinde olumlu etkiler sağladığı bildirilmektedir.

Astımda pulmoner rehabilitasyonun temel hedefleri; egzersiz toleransını artırmak, dispne algısını azaltmak, solunum kas fonksiyonlarını iyileştirmek ve bireyin hastalıkla baş etme becerilerini geliştirmektir. Rehabilitasyon programları, yalnızca fiziksel kapasiteyi değil aynı zamanda psikososyal faktörleri ve öz-yönetim becerilerini de ele alarak, astım yönetiminde bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır [8]. Bu yönüyle pulmoner rehabilitasyon, farmakolojik tedaviyi tamamlayan ve uzun dönemli hastalık kontrolünü destekleyen önemli bir tedavi bileşeni olarak değerlendirilmektedir.

Güncel kılavuzlar, özellikle semptomları kontrol altında olmayan, egzersiz intoleransı yaşayan veya yaşam kalitesi belirgin şekilde azalmış astım hastalarında non-farmakolojik müdahalelerin önemine dikkat çekmektedir. Global Initiative for Asthma (GINA) raporları, düzenli fiziksel aktivite ve uygun egzersiz eğitiminin astım yönetiminde güvenli ve etkili olduğunu vurgulamaktadır [1]. Avrupa Solunum Derneği (ERS) ve Amerikan Toraks Derneği (ATS) de, astımda yapılandırılmış egzersiz ve rehabilitasyon programlarının bireysel gereksinimlere göre planlanmasını önermektedir [9].

Bu kitap bölümünde, astımın temel klinik ve fizyopatolojik özellikleri ele alındıktan sonra, pulmoner rehabilitasyonun astım yönetimindeki yeri güncel literatür ışığında ayrıntılı olarak incelenecektir. Özellikle fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarına yönelik kanıta dayalı yaklaşımlar, klinik değerlendirme yöntemleri ve olgu örnekleri ile desteklenerek sunulması amaçlanmaktadır. Böylece, astımda pulmoner rehabilitasyonun klinik uygulamadaki rolünün daha iyi anlaşılması ve sağlık profesyonelleri için pratik bir rehber oluşturulması hedeflenmektedir.

2. ASTIMIN TANIMI VE EPİDEMİYOLOJİSİ

2.1 Astımın Tanımı

Astım, hava yollarında kronik inflamasyon, değişken ve genellikle geri dönüşümlü hava yolu obstrüksiyonu ile karakterize, heterojen bir solunum sistemi hastalığıdır. Klinik olarak tekrarlayan hışıltı, nefes darlığı, göğüste sıkışma hissi ve öksürük atakları ile seyretmekte olup, bu semptomlar zaman içinde değişkenlik göstermektedir [1]. Astımın temel patofizyolojik özelliği, hava yollarında inflamatuvar hücre infiltrasyonu, bronşiyal hiperreaktivite ve hava yolu düz kas kasılması sonucu gelişen daralmadır.

Global Initiative for Asthma (GINA), astımı “birden fazla fenotip ve endotip içeren, klinik ve biyolojik açıdan heterojen bir hastalık” olarak tanımlamaktadır [1]. Bu yaklaşım, astımın yalnızca tek bir hastalık değil, farklı inflamatuvar profillere ve klinik yanıt paternlerine sahip alt gruplardan oluştuğunu vurgulamaktadır. Eozinofilik, non-eozinofilik, alerjik ve non-alerjik astım gibi fenotiplerin tanımlanması, bireyselleştirilmiş tedavi ve rehabilitasyon yaklaşımlarının önemini artırmıştır [10].

Astımda hava yolu inflamasyonu genellikle Th2 aracılı immün yanıt ile ilişkilendirilmekle birlikte, özellikle ağır ve kontrolsüz olgularda Th1 ve Th17 yanıtlarının da rol oynadığı bildirilmektedir [11]. Bu inflamatuvar süreç, yalnızca hava yolu lümenini etkilemekle kalmayıp, zamanla hava yolu duvarında yapısal değişikliklere (remodeling) yol açarak hastalığın kronikleşmesine katkıda bulunmaktadır. Bu durum, astımın erken dönemde etkin şekilde yönetilmesinin ve farmakolojik tedavinin yanı sıra non-farmakolojik yaklaşımların da sürece dahil edilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Pulmoner rehabilitasyon açısından bakıldığında, astımın heterojen yapısı ve değişken klinik seyri, rehabilitasyon programlarının bireyselleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Solunum kas disfonksiyonu, egzersiz intoleransı ve dispne algısındaki artış, astımlı bireylerde sıklıkla gözlenen fonksiyonel sorunlar arasında yer almakta ve bu sorunlar hastalığın tanımıyla doğrudan ilişkilidir [12].

2.2 Astımın Epidemiyolojisi

Astım, dünya genelinde en yaygın kronik solunum yolu hastalıklarından biridir ve tüm yaş gruplarını etkileyebilmektedir. Güncel tahminlere göre, dünya çapında 300–350 milyon bireyin astım tanısı ile yaşadığı bildirilmektedir [12]. Astım prevalansı ülkeler arasında belirgin farklılıklar göstermekte olup, bu farklılıklar genetik yapı, çevresel maruziyetler, yaşam tarzı ve sağlık sistemlerine erişim gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir.

Yüksek gelirli ülkelerde astım prevalansının daha yüksek olduğu bildirilmekle birlikte, son yıllarda düşük ve orta gelirli ülkelerde de astım sıklığında artış gözlenmektedir. Hızlı kentleşme, hava kirliliği, sedanter yaşam tarzı ve obezite gibi faktörlerin bu artışta önemli rol oynadığı düşünülmektedir [13]. Türkiye’de yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, astım prevalansının erişkinlerde %4–7, çocuklarda ise %8–13 arasında değiştiği rapor edilmiştir [14].

Astımın cinsiyet dağılımı yaşa göre farklılık göstermektedir. Çocukluk döneminde erkeklerde daha sık görülürken, ergenlik sonrası dönemde kadınlarda prevalansın arttığı bildirilmektedir. Bu durumun hormonal faktörler, hava yolu anatomisi ve immün yanıt farklılıkları ile ilişkili olabileceği öne sürülmektedir [15]. Ayrıca kadın astım hastalarında semptom yükünün, yaşam kalitesi kaybının ve sağlık hizmeti kullanımının daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Astım, yalnızca klinik semptomlar açısından değil, aynı zamanda fonksiyonel kapasite, iş gücü kaybı ve yaşam kalitesi üzerindeki etkileri nedeniyle de önemli bir halk sağlığı sorunudur. Dünya Sağlık Örgütü verileri, kontrolsüz astımın acil servis başvuruları, hastane yatışları ve

mortalite riskini artırdığını göstermektedir [16]. Bu bağlamda, astımın epidemiyolojik yükü, etkin ve bütüncül tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Pulmoner rehabilitasyon, özellikle kontrolsüz astım prevalansının yüksek olduğu popülasyonlarda, hastalığın fonksiyonel ve psikososyal yükünü azaltmaya yönelik önemli bir müdahale alanı olarak öne çıkmaktadır. Epidemiyolojik veriler, rehabilitasyon programlarının hedeflenmesi ve risk gruplarının belirlenmesi açısından klinisyenlere yol gösterici olmaktadır.

Klinik Mesajlar

- Astım, heterojen yapısı nedeniyle **tek tip bir hastalık olarak değerlendirilmemelidir**.
- Epidemiyolojik veriler, astımın yalnızca çocukluk çağında değil, **erişkin ve yaşlı popülasyonda da önemli bir sağlık yükü** oluşturduğunu göstermektedir.
- Kadınlarda astımın daha ağır seyretme eğilimi, rehabilitasyon programlarında **cinsiyete özgü yaklaşımların** önemini artırmaktadır.
- Artan astım prevalansı, **pulmoner rehabilitasyonun koruyucu ve tamamlayıcı rolünü** güçlendirmektedir.

3. ASTIMDA RİSK FAKTÖRLERİ

Astımın gelişimi ve klinik seyri, genetik yatkınlık ile çevresel ve bireysel faktörlerin etkileşimi sonucunda şekillenmektedir. Hastalığın heterojen yapısı nedeniyle risk faktörleri bireyler arasında farklı kombinasyonlarda ortaya çıkmakta ve astımın başlangıç yaşı, şiddeti, kontrol düzeyi ve tedaviye yanıtı üzerinde belirleyici olmaktadır [1]. Bu risk faktörlerinin anlaşılması, hem hastalığın önlenmesi hem de tedavi ve pulmoner rehabilitasyon yaklaşımlarının bireyselleştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

3.1 Genetik ve Ailesel Faktörler

Astım, güçlü bir genetik bileşene sahip olup, aile öyküsü en önemli risk faktörlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Birinci derece akrabalarında astım veya atopik hastalık öyküsü bulunan bireylerde astım gelişme riskinin anlamlı derecede arttığı gösterilmiştir [17]. Astım ile ilişkili genetik varyantların çoğu, immün yanıt, hava yolu inflamasyonu ve epitel bariyer fonksiyonları ile ilişkili genlerde yoğunlaşmaktadır.

Genetik yatkınlık, tek başına hastalık gelişimi için yeterli olmamakla birlikte, çevresel maruziyetlerle etkileşime girerek astım fenotipinin ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda gen-çevre etkileşimi, özellikle erken çocukluk döneminde astım riskinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır [18].

3.2 Atopi ve Alerjik Faktörler

Atopi, astım gelişimi için en iyi tanımlanmış risk faktörlerinden biridir. Ev tozu akarı, polenler, hayvan epitelleri ve küf mantarları gibi aeroalerjenlere duyarlılık, özellikle çocukluk çağında başlayan astım olgularında sık görülmektedir [19]. Alerjik astım fenotipi, eozinofilik inflamasyon ve IgE aracılı immün yanıt ile karakterizedir.

Alerjik duyarlılığın şiddeti ve süresi, astımın klinik seyrini ve kontrol düzeyini doğrudan etkilemektedir. Kontrolsüz alerjen maruziyeti, sık alevlenmelere ve artmış semptom yüküne yol açabilmektedir. Bu durum, rehabilitasyon sürecinde çevresel kontrol ve hasta eğitiminin önemini artırmaktadır [20].

Astımın gelişimi ve klinik seyri, değiştirilemeyen genetik faktörler ile değiştirilebilir çevresel ve yaşam tarzı faktörlerinin etkileşimi sonucunda şekillenmektedir. Aile öyküsü ve genetik

yatkınlık gibi faktörler hastalık için temel zemini oluştururken; sigara dumanı, hava kirliliği, obezite ve fiziksel inaktivite gibi risk faktörleri astım kontrolü üzerinde doğrudan etkilidir. Bu ayırım, klinik uygulamada hangi risk faktörlerinin hedeflenebileceğini göstermesi açısından önem taşımaktadır. Değiştirilebilir risk faktörlerinin yönetimi, özellikle pulmoner rehabilitasyon programlarının temel amaçları arasında yer almaktadır (**Tablo 3.2**).

Tablo 3.2. Değiştirilebilir ve Değiştirilemez Astım Risk Faktörleri

Risk Faktörü Grubu	Değiştirilebilir	Değiştirilemez
Genetik faktörler	–	Aile öyküsü, genetik yatkınlık
Atopi	Alerjen kontrolü	Atopik yatkınlık
Çevresel faktörler	Sigara dumanı, hava kirliliği, mesleki maruziyet	Erken çocukluk çevresel etkileri
Yaşam tarzı	Fiziksel inaktivite, obezite, sedanter yaşam	Yaş
Psikososyal faktörler	Stres, anksiyete, depresyon	Cinsiyet
Klinik faktörler	İnhaler tekniği, tedavi uyumu	Astım başlangıç yaşı

3.3 Çevresel Faktörler

Çevresel maruziyetler, astım gelişimi ve alevlenmelerinde önemli rol oynamaktadır. Hava kirliliği, özellikle partikül madde (PM2.5 ve PM10), azot dioksit ve ozon maruziyeti, astım insidansı ve semptom şiddeti ile ilişkilendirilmiştir [21]. Kentsel bölgelerde yaşayan bireylerde astım prevalansının daha yüksek olması, çevresel faktörlerin önemini desteklemektedir.

Sigara dumanı, hem aktif hem de pasif maruziyet yoluyla astım için güçlü bir risk faktörüdür. Sigara dumanına maruz kalan bireylerde hava yolu inflamasyonu artmakta, tedaviye yanıt azalmakta ve hastalık daha ağır seyretmektedir [22]. Ayrıca biyokütle yakıtlarına maruziyet de, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde astım riskini artıran önemli bir çevresel faktör olarak öne çıkmaktadır.

3.4 Mesleki ve Yaşam Tarzı ile İlişkili Faktörler

Mesleki astım, iş ortamında maruz kalınan kimyasal maddeler, tozlar ve iritanlar sonucu gelişebilmektedir. Sağlık çalışanları, temizlik personeli, tarım ve sanayi işçileri risk altındaki meslek grupları arasında yer almaktadır [23]. Mesleki maruziyetlerin erken dönemde tanınması, hastalığın ilerlemesini önlemek açısından büyük önem taşımaktadır.

Yaşam tarzı faktörleri arasında fiziksel inaktivite ve obezite, astım riskini ve semptom şiddetini artıran önemli unsurlar olarak bildirilmektedir. Obez bireylerde astımın daha kontrolsüz seyrettiği, dispne algısının arttığı ve egzersiz toleransının azaldığı gösterilmiştir [24]. Bu durum, pulmoner rehabilitasyonun özellikle kilo kontrolü ve fiziksel aktivitenin artırılması açısından kritik bir müdahale alanı olduğunu ortaya koymaktadır.

3.5 Psikososyal Faktörler

Stres, anksiyete ve depresyon gibi psikososyal faktörler, astımın hem gelişimi hem de klinik seyri üzerinde etkili olabilmektedir. Psikolojik stresin, hava yolu inflamasyonunu artırarak astım semptomlarını tetiklediği bildirilmektedir [25]. Ayrıca anksiyete ve depresyon, tedavi uyumunu azaltmakta ve yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Pulmoner rehabilitasyon programlarının psikososyal destek bileşenleri, bu risk faktörlerinin yönetilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Davranışsal müdahaleler ve hasta eğitimi, stresle baş etme becerilerini geliştirerek astım kontrolüne katkı sağlamaktadır.

Klinik Mesajlar

- Astım, **genetik yatkınlık ve çevresel faktörlerin etkileşimi** sonucu ortaya çıkan multifaktöriyel bir hastalıktır.
- Sigara dumanı, hava kirliliği ve alerjen maruziyeti, **önlenebilir ve değiştirilebilir risk faktörleri** arasında yer almaktadır.
- Obezite ve fiziksel inaktivite, astım kontrolünü olumsuz etkileyen **rehabilitasyonla hedeflenebilir** faktörlerdir.
- Psikososyal risk faktörlerinin yönetimi, astımda **bütüncül tedavi yaklaşımının** ayrılmaz bir parçasıdır.

4. ASTIMIN PATOGENEZİ VE FİZYOPATOLOJİSİ

Astım, hava yollarında kronik inflamasyon, bronşiyal hiperreaktivite ve değişken hava yolu obstrüksiyonu ile karakterize kompleks bir hastalıktır. Hastalığın patogenezi, genetik yatkınlık, immün sistem düzensizlikleri ve çevresel maruziyetlerin etkileşimi sonucunda şekillenmektedir. Bu süreçler, astımın klinik belirtilerinin ortaya çıkmasına ve zaman içinde hastalığın kronikleşmesine yol açmaktadır [26]. Astımın fizyopatolojisinin anlaşılması, hem farmakolojik tedavilerin hem de pulmoner rehabilitasyon yaklaşımlarının bilimsel temelini oluşturmaktadır.

4.1 Hava Yolu İnflamasyonu

Astımda temel patolojik süreç, hava yollarında gelişen kronik inflamasyondur. Bu inflamatuvar süreçte eozinofiller, mast hücreleri, T lenfositler ve dendritik hücreler başlıca rol oynayan hücrelerdir. Tip 2 (T2) inflamasyon, interlökin-4 (IL-4), IL-5 ve IL-13 gibi sitokinlerin artışı ile karakterizedir ve alerjik astım fenotipinde baskın olarak görülmektedir [11].

Bununla birlikte, özellikle ağır ve kontrolsüz astım olgularında non-T2 inflamasyon paternleri de tanımlanmıştır. Nötrofil baskın inflamasyon ve Th17 yanıtı, bu hasta grubunda daha dirençli klinik tablo ve tedaviye zayıf yanıt ile ilişkilendirilmiştir [27]. İnflamatuvar yükün artması, hava yolu epitelinde hasara ve mukus üretiminde artışa neden olarak hava akımı kısıtlılığını derinleştirmektedir.

4.2 Bronşiyal Hiperreaktivite ve Hava Yolu Obstrüksiyonu

Bronşiyal hiperreaktivite, astımın ayırt edici fizyopatolojik özelliklerinden biridir ve hava yollarının çeşitli uyaranlara karşı aşırı daralma yanıtı göstermesi ile tanımlanır. Soğuk hava, egzersiz, alerjenler ve iritanlar, astımlı bireylerde bronkokonstriksiyonu tetikleyebilmektedir [28].

Hava yolu düz kaslarının aşırı kasılması, ödem ve mukus sekresyonu ile birleştiğinde, değişken ve genellikle geri dönüşümlü hava yolu obstrüksiyonu ortaya çıkmaktadır. Bu obstrüksiyon, dispne, hışıltı ve egzersiz intoleransı gibi klinik semptomların temel nedenidir. Egzersiz sırasında ventilatuvar gereksinimin artması, astımlı bireylerde semptomların daha belirgin hale gelmesine yol açabilmektedir.

4.3 Hava Yolu Remodeling Süreci

Kronik inflamasyonun devam etmesi, hava yolu duvarında yapısal değişikliklere neden olmaktadır. Hava yolu remodeling olarak adlandırılan bu süreç; bazal membran kalınlaşması, düz kas hipertrofisi, subepitelyal fibrozis ve mukus bezlerinde artış ile karakterizedir [29]. Remodeling, hava yolu lümeninde kalıcı daralmaya ve tedaviye yanıtın azalmasına yol açarak hastalığın ilerleyici bir seyir kazanmasına neden olabilmektedir.

Bu yapısal değişiklikler, astımın erken ve etkin şekilde kontrol altına alınmasının önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca remodeling süreci, solunum mekaniğini olumsuz etkileyerek akciğer kompliyansında azalma ve solunum iş yükünde artışa neden olmaktadır.

4.4 Solunum Mekaniği ve Solunum Kas Fonksiyonları

Astımda hava yolu obstrüksiyonu ve hiperinflasyon, solunum mekaniğinde belirgin değişikliklere yol açmaktadır. Artmış ekspiratuvar direnç, fonksiyonel rezidüel kapasitenin yükselmesine ve diyaframın düzleşmesine neden olmaktadır. Bu durum, diyaframın mekanik avantajını azaltarak solunum kaslarının daha fazla efor sarf etmesine yol açmaktadır [30].

Solunum kas fonksiyonlarında bozulma, astımlı bireylerde dispne algısının artmasına ve egzersiz toleransının azalmasına katkıda bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, astım hastalarında inspiratuvar kas gücü ve dayanıklılığında azalma olduğu ve bunun fiziksel performansla ilişkili olduğu gösterilmiştir [31]. Bu bulgular, solunum kas eğitiminin pulmoner rehabilitasyon programlarındaki önemini desteklemektedir.

4.5 Sistemik Etkiler ve Egzersiz İntoleransı

Astım, yalnızca hava yollarını etkileyen lokal bir hastalık olmayıp, sistemik inflamasyon ve fiziksel inaktivite ile ilişkili çok yönlü etkiler göstermektedir. Kronik dispne ve semptom korkusu, bireylerin fiziksel aktiviteden kaçınmasına yol açarak kardiyorespiratuvar kondisyon kaybına neden olmaktadır [32]. Bu durum, kas oksidatif kapasitesinde azalma ve egzersiz sırasında erken yorgunluk ile sonuçlanabilmektedir.

Egzersiz intoleransı, astımlı bireylerde yaşam kalitesini belirleyen önemli faktörlerden biridir. Pulmoner rehabilitasyon, bu fizyopatolojik süreçleri hedef alarak, solunum mekaniğini iyileştirmeyi ve fiziksel kapasiteyi artırmayı amaçlamaktadır.

Klinik Mesajlar

- Astımın patogenezi, **kronik inflamasyon ve bronşiyal hiperreaktivite** temelinde şekillenmektedir.
- Hava yolu remodeling süreci, astımın **ilerleyici ve daha zor kontrol edilen** bir form kazanmasına yol açabilmektedir.
- Solunum mekaniğindeki bozulmalar, **dispne ve egzersiz intoleransının** temel fizyopatolojik nedenlerindendir.
- Solunum kas disfonksiyonu, **pulmoner rehabilitasyon ile hedeflenebilir** önemli bir mekanizmadır.

5. ASTIMIN TANISI VE SINIFLANDIRILMASI

Astım tanısı, karakteristik solunumsal semptomların varlığı ile birlikte hava yolu obstrüksiyonunun değişkenliğinin objektif olarak gösterilmesine dayanmaktadır. Hastalığın heterojen yapısı ve semptomların zaman içinde dalgalanma göstermesi, tanı sürecini bazı hastalarda zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle astım tanısı, ayrıntılı klinik değerlendirme ile fonksiyonel testlerin birlikte ele alındığı bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir [1].

5.1 Klinik Bulgular ve Semptom Değerlendirmesi

Astımın tipik klinik bulguları; tekrarlayan hışıltı, nefes darlığı, göğüste sıkışma hissi ve öksürüktür. Bu semptomlar genellikle gece veya sabaha karşı artmakta ve egzersiz, alerjen maruziyeti, soğuk hava ya da solunum yolu enfeksiyonları ile tetiklenebilmektedir [1].

Semptomların değişkenlik göstermesi ve ataklar halinde ortaya çıkması, astım için ayırt edici bir özelliktir.

Tanı sürecinde semptomların sıklığı, şiddeti ve tetikleyici faktörlerle ilişkisi ayrıntılı olarak sorgulanmalıdır. Ayrıca dispne algısı, egzersiz toleransı ve günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkiler değerlendirilmelidir. Bu noktada, astım kontrolünü değerlendiren ölçekler (Asthma Control Test – ACT, Asthma Control Questionnaire – ACQ) tanıya destek sağlayıcı araçlar olarak kullanılabilmektedir [33]. Pulmoner rehabilitasyon açısından bu ölçekler, başlangıç düzeyinin belirlenmesi ve tedaviye yanıtın izlenmesi için de önem taşımaktadır.

Astım tanısı, klinik semptomların ayrıntılı değerlendirilmesi ile birlikte hava yolu obstrüksiyonunun değişkenliğinin objektif olarak gösterilmesine dayanmaktadır. Hışıltı, nefes darlığı, göğüste sıkışma ve öksürük gibi tipik semptomların değişken patern göstermesi, astım için ayırt edici bir özelliktir. Tanı sürecinde spirometri, reversibilite testi ve pik ekspiratuvar akım ölçümleri gibi fonksiyonel değerlendirmeler, klinik bulguları destekleyici nitelik taşımaktadır. Astım kontrol düzeyini belirleyen ölçekler ise tanı ve izlem sürecinde tamamlayıcı rol üstlenmektedir (Tablo 5.1).

Tablo 5.1. Astım Tanısında Klinik Bulgular ve Tanı Kriterleri

Değerlendirme Alanı	Bulgular / Kriterler	Klinik Önemi
Tipik semptomlar	Hışıltı, nefes darlığı, göğüste sıkışma, öksürük	Astım için karakteristiktir; semptomların değişkenliği ayırt edicidir
Semptom paterni	Gece/sabah artışı, tetikleyicilerle ilişkili (egzersiz, alerjen, soğuk hava)	Değişken hava yolu obstrüksiyonunu düşündürür
Spirometri	FEV ₁ ve FEV ₁ /FVC oranında azalma	Hava yolu obstrüksiyonunun objektif göstergesi
Reversibilite testi	Bronkodilatör sonrası FEV ₁ 'de $\geq\%12$ ve ≥ 200 mL artış	Astım tanısını güçlü şekilde destekler
PEF değişkenliği	Günlük değişkenlik $>\%10-13$	Hava yolu labilitesini gösterir
Provokasyon testleri	Metakolin veya egzersiz testi pozitifliği	Şüpheli olgularda tanıya yardımcı
Kontrol ölçekleri	ACT, ACQ skorları	Hastalık kontrol düzeyinin belirlenmesi

5.2 Solunum Fonksiyon Testleri

Astım tanısında spirometri temel objektif değerlendirme yöntemidir. Zorlu vital kapasite (FVC), birinci saniyedeki zorlu ekspiratuvar volüm (FEV₁) ve FEV₁/FVC oranı, hava yolu obstrüksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Astımda tipik olarak FEV₁ ve FEV₁/FVC oranında azalma gözlenmekte, bu obstrüksiyonun değişken ve geri dönüşümlü olması tanı açısından belirleyici olmaktadır [33, 34].

Reversibilite testi, bronkodilatör uygulaması sonrası FEV₁'de $\geq\%12$ ve ≥ 200 mL artış saptanması ile pozitif kabul edilmektedir. Bu bulgu, astım tanısını destekleyen önemli bir kriterdir. Bununla birlikte, semptomların olmadığı dönemlerde spirometri normal sınırlarda olabilir; bu durum tanının dışlanması anlamına gelmemektedir [35].

Bazı hastalarda bronş provokasyon testleri (metakolin, egzersiz testi) tanıya yardımcı olabilmektedir. Özellikle egzersize bağlı semptomları olan bireylerde egzersiz testleri, hem tanı hem de rehabilitasyon planlaması açısından değerli bilgiler sunmaktadır. Ayrıca pik ekspiratuvar akım (PEF) ölçümleri, günlük değişkenliğin izlenmesinde kullanılabilir.

5.3 Astımın Sınıflandırılması

Astım sınıflandırması, hastalığın şiddeti ve kontrol düzeyine göre yapılmakta olup, tedavi ve rehabilitasyon stratejilerinin belirlenmesinde yol gösterici olmaktadır. Güncel kılavuzlar, sınıflandırmanın statik değil, dinamik bir süreç olduğunu vurgulamaktadır [1].

5.3.1 şiddete Göre Sınıflandırma

Astım, tedavi öncesi veya en düşük etkili tedavi altında semptomların düzeyine göre hafif, orta ve ağır astım olarak sınıflandırılmaktadır. Ağır astım, yüksek doz inhaler kortikosteroid ve ek tedavilere rağmen kontrol altına alınamayan astım olarak tanımlanmaktadır [36]. Bu hasta grubunda fonksiyonel kapasite kaybı ve yaşam kalitesi bozulması daha belirgin olup, pulmoner rehabilitasyonun rolü daha da önem kazanmaktadır.

5.3.2 Kontrol Düzeyine Göre Sınıflandırma

GINA rehberine göre astım; iyi kontrollü, kısmen kontrollü ve kontrolsüz astım olarak sınıflandırılmaktadır. Kontrol düzeyi; semptom sıklığı, gece uyanmaları, kurtarıcı ilaç kullanımı ve aktivite kısıtlılığı gibi parametreler üzerinden değerlendirilmektedir [36]. Kontrolsüz astım, artmış alevlenme riski ve sağlık hizmeti kullanımı ile ilişkilidir.

Pulmoner rehabilitasyon programları, özellikle kısmen kontrollü ve kontrolsüz astımı olan bireylerde, semptom kontrolünü destekleyici ve fonksiyonel iyileşmeyi artırıcı bir yaklaşım sunmaktadır.

5.4 Fenotip ve Endotip Yaklaşımları

Son yıllarda astımın fenotip ve endotiplere göre sınıflandırılması, hastalığın daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Alerjik, non-alerjik, geç başlangıçlı, obezite ile ilişkili ve egzersize bağlı astım gibi fenotipler tanımlanmıştır [37]. Bu sınıflandırma, tedavi yanıtının öngörülmesi ve rehabilitasyon programlarının bireyselleştirilmesi açısından önemlidir.

Örneğin, obez astım fenotipinde egzersiz eğitimi ve kilo kontrolü ön plana çıkarken, egzersize bağlı astımda solunum egzersizleri ve kontrollü egzersiz protokolleri daha belirleyici olmaktadır.

Klinik Mesajlar

- Astım tanısı, **semptomların varlığı ve değişken hava yolu obstrüksiyonunun objektif gösterilmesine** dayanır.
- Spirometri ve reversibilite testi, tanı ve sınıflandırmada **temel araçlardır**.
- Astım sınıflandırması **dinamik bir süreçtir** ve düzenli aralıklarla yeniden değerlendirilmelidir.
- Fenotipe dayalı yaklaşım, **pulmoner rehabilitasyonun bireyselleştirilmesini** kolaylaştırır.

6. ASTIM DEğERLENDİRMELERİ VE TEDAVİSİ

Astım yönetiminde temel amaç; semptomların kontrol altına alınması, alevlenmelerin önlenmesi, fonksiyonel kapasitenin artırılması ve bireyin yaşam kalitesinin iyileştirilmesidir.

Bu hedeflere ulaşabilmek için, astımın yalnızca klinik belirtiler üzerinden değil; fonksiyonel, psikososyal ve fizyolojik boyutlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Güncel kılavuzlar, astım değerlendirmesinin sürekli ve çok boyutlu bir süreç olduğunu vurgulamaktadır [1].

6.1 Klinik ve Semptom Temelli Değerlendirmeler

Astım değerlendirmesinin ilk basamağını semptomların sıklığı, şiddeti ve günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu amaçla, Asthma Control Test (ACT) ve Asthma Control Questionnaire (ACQ) gibi geçerliliği kanıtlanmış ölçekler yaygın olarak kullanılmaktadır [33]. Bu ölçekler, hastalığın kontrol düzeyini objektif olarak ortaya koymakta ve tedaviye yanıtın izlenmesine olanak sağlamaktadır.

Dispne değerlendirmesi, astımın fonksiyonel etkilerini anlamak açısından önemli bir bileşendir. Modifiye Medical Research Council (mMRC) dispne skalası, günlük aktiviteler sırasında algılanan nefes darlığı düzeyini belirlemede pratik bir araçtır. Pulmoner rehabilitasyon programlarında, dispne skorlarındaki değişim klinik iyileşmenin önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir [38].

6.2 Fonksiyonel Kapasite ve Egzersiz Değerlendirmeleri

Astımlı bireylerde egzersiz intoleransı, fiziksel inaktivite ve kondisyon kaybı sık karşılaşılan sorunlardır. Bu nedenle fonksiyonel kapasitenin objektif olarak değerlendirilmesi, rehabilitasyon planlamasında kritik öneme sahiptir. Altı Dakika Yürüme Testi (6DYT), submaksimal egzersiz kapasitesini değerlendirmede güvenilir ve uygulanabilir bir yöntemdir [39]. Astım hastalarında 6DYT mesafesi, dispne algısı ve oksijen saturasyonu gibi parametrelerle birlikte yorumlanmalıdır.

Bazı hastalarda kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET), egzersiz intoleransının nedenlerini ayırt etmek açısından değerli bilgiler sunabilmektedir. Özellikle egzersize bağlı bronkokonstriksiyon şüphesi olan bireylerde, kontrollü egzersiz testleri tanı ve tedavi planlamasına katkı sağlamaktadır.

6.3 Solunum Fonksiyonları ve Solunum Kaslarının Değerlendirilmesi

Astım değerlendirmesinde spirometri temel bir araç olmakla birlikte, rehabilitasyon açısından solunum kas fonksiyonlarının da değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Maksimal inspiratuvar basınç (MIP) ve maksimal ekspiratuvar basınç (MEP) ölçümleri, solunum kas gücü hakkında bilgi vermektedir. Yapılan çalışmalarda, astım hastalarında solunum kas gücünde azalma olduğu ve bunun dispne ve egzersiz kapasitesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir [40].

Son yıllarda diyafram ultrasonografisi, solunum kas fonksiyonlarının değerlendirilmesinde non-invaziv ve güvenilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Diyafram kalınlığı ve kalınlaşma oranı, inspiratuvar kas fonksiyonu hakkında ayrıntılı bilgi sunmakta ve rehabilitasyon sürecinde değişimlerin izlenmesine olanak sağlamaktadır [41].

6.4 Yaşam Kalitesi ve Psikososyal Değerlendirmeler

Astım, bireyin yaşam kalitesi üzerinde belirgin olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Asthma Quality of Life Questionnaire (AQLQ), hastalığın fiziksel, duygusal ve sosyal boyutlarını değerlendiren kapsamlı bir ölçektir [42]. Yaşam kalitesi değerlendirmeleri, tedavinin hasta odaklı sonuçlarını ortaya koymak açısından önemlidir.

Anksiyete ve depresyon, astım hastalarında sık görülen psikososyal sorunlar arasında yer almaktadır. Bu durum, semptom algısını artırmakta ve tedavi uyumunu olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, rehabilitasyon sürecinde psikososyal durumun değerlendirilmesi ve gerektiğinde destekleyici müdahalelerin planlanması önerilmektedir [42].

6.5 Astımda Tedavi Yaklaşımları

Astım tedavisi, farmakolojik ve non-farmakolojik yaklaşımların bütüncül bir şekilde uygulanmasını gerektirmektedir. Farmakolojik tedavide inhaler kortikosteroidler, bronkodilatörler ve gerektiğinde biyolojik ajanlar temel rol oynamaktadır [1]. Bununla birlikte, yalnızca ilaç tedavisi birçok hastada fonksiyonel iyileşme için yeterli olmamaktadır.

Non-farmakolojik tedaviler arasında hasta eğitimi, tetikleyici faktörlerin kontrolü, düzenli fiziksel aktivite ve pulmoner rehabilitasyon yer almaktadır. Pulmoner rehabilitasyon, egzersiz eğitimi, solunum egzersizleri ve davranışsal müdahaleler yoluyla astım kontrolünü destekleyen önemli bir tedavi bileşenidir [8]

Klinik Mesajlar

- Astım değerlendirmesi **semptom, fonksiyonel kapasite ve yaşam kalitesi** boyutlarını birlikte içermelidir.
- 6DYT ve dispne ölçekleri, **pulmoner rehabilitasyon öncesi ve sonrası değişimleri** izlemek için değerlidir.
- Solunum kas fonksiyonlarının değerlendirilmesi, **rehabilitasyon hedeflerinin belirlenmesini** kolaylaştırır.
- Farmakolojik tedavi, **pulmoner rehabilitasyon ile tamamlandığında** daha bütüncül bir astım yönetimi sağlanır.

7. ASTIMDA PULMONER REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

Pulmoner rehabilitasyon, astım hastalarında semptom kontrolünü destekleyen, fonksiyonel kapasiteyi artıran ve yaşam kalitesini iyileştirmeyi hedefleyen multidisipliner ve bireyselleştirilmiş bir tedavi yaklaşımıdır. Geleneksel olarak KOAH ile ilişkilendirilmiş olsa da, son yıllarda astımda pulmoner rehabilitasyonun etkinliğini gösteren kanıtlar giderek artmaktadır [6]. Özellikle egzersiz intoleransı, dispne algısında artış ve fiziksel inaktivite eğilimi gösteren astım hastalarında rehabilitasyon programlarının önemli klinik kazanımlar sağladığı bildirilmektedir.

7.1 Pulmoner Rehabilitasyonun Amaçları ve Endikasyonları

Astımda pulmoner rehabilitasyonun temel amaçları; egzersiz toleransının artırılması, dispne algısının azaltılması, solunum kas fonksiyonlarının iyileştirilmesi ve hastanın öz-yönetim becerilerinin geliştirilmesidir. Ayrıca, fiziksel aktiviteden kaçınma davranışının kırılması ve egzersize bağlı semptom korkusunun azaltılması da rehabilitasyonun önemli hedefleri arasında yer almaktadır [43].

Pulmoner rehabilitasyon; kısmen kontrollü veya kontrolsüz astımı olan, egzersiz intoleransı yaşayan, sık alevlenme öyküsü bulunan ve yaşam kalitesi belirgin şekilde azalmış bireylerde özellikle önerilmektedir. Ağır astım olgularında, farmakolojik tedavi ile eş zamanlı olarak uygulandığında daha belirgin fonksiyonel iyileşmeler sağlanabilmektedir [36].

7.2 Egzersiz Eğitimi

Egzersiz eğitimi, astımda pulmoner rehabilitasyon programlarının temel bileşenlerinden biridir. Aerobik egzersizler (yürüme, bisiklet ergometresi, yüzme), kardiyorespiratuvar dayanıklılığı artırarak egzersiz toleransını iyileştirmektedir. Yapılan randomize kontrollü çalışmalarda, düzenli aerobik egzersizin astım semptomlarını azalttığı, inflamatuvar belirteçleri düşürdüğü ve yaşam kalitesini artırdığı gösterilmiştir [7].

Egzersiz programları, bireyin klinik durumu, astım kontrol düzeyi ve fonksiyonel kapasitesine göre planlanmalıdır. Genellikle haftada 3–5 gün, orta şiddette (maksimum kalp hızının %60–80'i) egzersiz önerilmektedir. Egzersiz öncesi uygun ısınma ve gerektiğinde bronkodilatör kullanımı, egzersize bağlı bronkokonstriksiyon riskini azaltmaktadır [44].

7.3 Solunum Egzersizleri

Solunum egzersizleri, astımda ventilatuvar kontrolün iyileştirilmesi ve dispne algısının azaltılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Diyafragmatik solunum ve dudak büzerek solunum teknikleri, solunum kaslarının daha etkin kullanılmasını sağlayarak solunum iş yükünü azaltmaktadır [45].

Buteyko solunum tekniği ve yoga temelli solunum egzersizleri gibi yaklaşımların, astım semptomlarını ve ilaç kullanımını azalttığına dair kanıtlar mevcuttur. Ancak bu yöntemlerin etkileri bireyler arasında değişkenlik gösterebilmekte olup, yapılandırılmış rehabilitasyon programları içerisinde uygulanmaları önerilmektedir [46].

7.4 Solunum Kas Eğitimi

Astım hastalarında solunum kas gücü ve dayanıklılığında azalma, dispne ve egzersiz intoleransına katkıda bulunmaktadır. Inspiratuvar kas eğitimi (IMT), bu fizyopatolojik mekanizmayı hedefleyen önemli bir rehabilitasyon bileşenidir. Yapılan çalışmalarda, IMT'nin inspiratuvar kas gücünü artırdığı, dispne algısını azalttığı ve egzersiz kapasitesini iyileştirdiği gösterilmiştir [47].

IMT genellikle maksimal inspiratuvar basıncın %30–60'ı şiddetinde, günde 20–30 dakika olacak şekilde uygulanmaktadır. Program süresi çoğunlukla 6–8 hafta olup, klinik yanıtı göre bireyselleştirilmektedir.

7.5 Hasta Eğitimi ve Öz-Yönetim Yaklaşımları

Hasta eğitimi, pulmoner rehabilitasyonun vazgeçilmez bir bileşenidir. Astımın doğası, tetikleyici faktörler, doğru inhaler kullanımı ve egzersiz sırasında semptom yönetimi konularında verilen eğitimler, hastaların tedaviye uyumunu artırmaktadır [5]. Ayrıca, öz-yönetim planları sayesinde bireylerin semptomlarını erken fark etmesi ve uygun müdahalelerde bulunması sağlanmaktadır.

Pulmoner rehabilitasyon programlarında verilen eğitimler, davranış değişikliğini destekleyerek uzun dönemli klinik kazanımlar elde edilmesine katkıda bulunmaktadır.

7.6 Psikososyal Destek ve Davranışsal Yaklaşımlar

Astımda anksiyete ve egzersiz korkusu, rehabilitasyon sürecinin etkinliğini sınırlayan önemli faktörlerdir. Psikososyal destek, stres yönetimi ve gevşeme teknikleri, rehabilitasyon programlarının tamamlayıcı bileşenleri olarak önerilmektedir [48]. Bu yaklaşımlar, dispne algısını azaltarak fiziksel aktiviteye katılımı artırmaktadır.

Klinik Mesajlar

- Pulmoner rehabilitasyon, astımda **farmakolojik tedaviyi tamamlayan** etkili bir yaklaşımdır.
- Egzersiz eğitimi ve solunum kas eğitimi, **egzersiz intoleransı ve dispnenin azaltılmasında** etkilidir.
- Rehabilitasyon programları **bireyselleştirilmeli** ve astım kontrol düzeyine göre planlanmalıdır.

- Hasta eğitimi ve psikososyal destek, **uzun dönemli astım kontrolünün** temel unsurlarıdır.

8. GÜNCEL TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Astım tedavisinde son yıllarda önemli gelişmeler yaşanmış; hastalığın heterojen yapısının daha iyi anlaşılması ile birlikte tedavi yaklaşımları bireyselleştirilmiş stratejilere doğru evrilmiştir. Güncel tedavi anlayışı, yalnızca semptomların baskılanmasını değil, aynı zamanda alevlenmelerin önlenmesini, fonksiyonel kapasitenin korunmasını ve yaşam kalitesinin artırılmasını hedeflemektedir [1]. Bu kapsamda farmakolojik tedaviler, non-farmakolojik yaklaşımlar ve pulmoner rehabilitasyon entegre bir şekilde ele alınmaktadır.

8.1 Farmakolojik Tedavide Güncel Yaklaşımlar

Güncel astım tedavisinin temelini inhaler kortikosteroidler (İKS) oluşturmaktadır. GINA rehberleri, hafif astım dâhil olmak üzere tüm astım basamaklarında İKS içeren tedavi yaklaşımlarını önermektedir [1]. Özellikle düşük doz İKS-formoterol kombinasyonlarının hem idame hem de rahatlatıcı olarak kullanılması, alevlenme riskini azaltan etkili bir strateji olarak öne çıkmıştır.

Uzun etkili beta-2 agonistler (LABA) ve uzun etkili muskarinik antagonistlerin (LAMA) İKS ile kombinasyonu, orta ve ağır astım hastalarında semptom kontrolünü artırmaktadır. Bununla birlikte, bu tedavilere rağmen kontrol altına alınamayan ağır astım olgularında ileri tedavi seçenekleri gündeme gelmektedir [49].

8.2 Biyolojik Tedaviler ve Hedefe Yönelik Yaklaşımlar

Astım tedavisindeki en önemli yeniliklerden biri, biyolojik ajanların klinik kullanıma girmesidir. Anti-IgE (omalizumab), anti-IL-5 (mepolizumab, reslizumab), anti-IL-5 reseptör (benralizumab) ve anti-IL-4/IL-13 (dupilumab) ajanları, özellikle T2 yüksek astım fenotipinde etkili bulunmuştur [50].

Bu biyolojik tedaviler, alevlenme sıklığını azaltmakta, oral kortikosteroid ihtiyacını düşürmekte ve yaşam kalitesini iyileştirmektedir. Ancak biyolojik ajanların, fiziksel kondisyon, solunum kas fonksiyonu ve egzersiz toleransı üzerindeki etkileri sınırlıdır. Bu nedenle, biyolojik tedaviler alan hastalarda pulmoner rehabilitasyonun tamamlayıcı rolü devam etmektedir [51].

8.3 Kişiselleştirilmiş Tedavi ve Fenotip Temelli Yaklaşım

Astımın fenotip ve endotiplere göre sınıflandırılması, kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının temelini oluşturmaktadır. Alerjik astım, eozinofilik astım, obezite ile ilişkili astım ve geç başlangıçlı astım gibi fenotipler, tedavi yanıtı ve klinik seyir açısından farklılık göstermektedir [52].

Bu bağlamda, tedavi planlamasında biyobelirteçler (kan eozinofili, FeNO düzeyi, IgE seviyeleri) giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımı, rehabilitasyon programlarının da bireyin klinik özelliklerine göre uyarlanmasını gerektirmektedir.

8.4 Non-Farmakolojik Güncel Yaklaşımlar

Güncel astım yönetiminde non-farmakolojik yaklaşımlar giderek daha fazla vurgulanmaktadır. Hasta eğitimi, inhaler tekniğinin düzenli kontrolü, tetikleyici faktörlerden kaçınma ve yaşam tarzı düzenlemeleri, tedavinin ayrılmaz parçalarıdır [53]. Düzenli fiziksel aktivitenin güvenli ve faydalı olduğu yönündeki kanıtlar, egzersizin astım yönetiminde aktif olarak önerilmesini sağlamıştır.

Telerehabilitasyon ve dijital sağlık uygulamaları, özellikle son yıllarda astım yönetiminde yenilikçi yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Uzaktan izlem sistemleri ve mobil uygulamalar, semptom takibi ve tedaviye uyumu artırmada potansiyel faydalar sunmaktadır [54].

8.5 Güncel Tedavi Yaklaşımlarında Pulmoner Rehabilitasyonun Yeri

Güncel tedavi yaklaşımlarında pulmoner rehabilitasyon, farmakolojik tedavileri tamamlayan ve hastalığın fonksiyonel boyutunu hedefleyen bir müdahale olarak konumlanmaktadır. Rehabilitasyon programları; egzersiz eğitimi, solunum kas eğitimi ve davranışsal müdahaleler yoluyla semptom kontrolünü desteklemektedir [8].

Özellikle biyolojik tedavi alan ağır astım hastalarında, pulmoner rehabilitasyonun fiziksel kapasiteyi artırarak günlük yaşam aktivitelerine katılımı kolaylaştırdığı bildirilmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, astım yönetiminde sürdürülebilir klinik kazanımlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Klinik Mesajlar

- Güncel astım tedavisi, **kişiselleştirilmiş ve fenotip temelli** yaklaşımlara dayanmaktadır.
- Biyolojik ajanlar, ağır astımda **alevlenmeleri azaltmada etkilidir**, ancak fonksiyonel iyileşme için yeterli değildir.
- Non-farmakolojik müdahaleler ve pulmoner rehabilitasyon, **güncel tedavinin tamamlayıcı bileşenleridir**.
- Rehabilitasyon, modern astım tedavisinde **fonksiyonel ve yaşam kalitesi odaklı** bir köprü görevi görmektedir.

9. OLGU ÖRNEKLERİ

Astımda pulmoner rehabilitasyonun klinik etkilerini ve uygulamadaki karşılığını ortaya koymak amacıyla, bu bölümde farklı klinik özelliklere sahip astım hastalarına ait örnek olgular sunulmaktadır. Olgular temelli yaklaşım, rehabilitasyon programlarının bireyselleştirilmesi, değerlendirme yöntemlerinin seçimi ve klinik karar verme süreçlerinin anlaşılması açısından önemli bir eğitim aracıdır [6].

9.1 Olgular 1: Kontrolsüz Orta Düzey Astımı Olan Erişkin Birey Hasta Özellikleri: 45 yaşında, kadın, 10 yıldır astım tanısı mevcut. Son bir yıl içinde sık gece semptomları ve egzersiz sırasında belirgin dispne şikâyeti bulunmakta. İnhaler kortikosteroid/LABA kombinasyonu kullanmasına rağmen astım kontrolü yetersiz.

Başlangıç Değerlendirmesi:

- ACT skoru: 14 (kontrolsüz astım)
- mMRC dispne skoru: 2
- FEV₁: %68 beklenen
- 6 Dakika Yürüme Testi: 420 m
- AQLQ: Düşük yaşam kalitesi skorları
- MIP: Azalmış inspiratuvar kas gücü

Pulmoner Rehabilitasyon Programı:

- Haftada 3 gün, 8 hafta süreyle aerobik egzersiz (yürüme bandı)

- Diyafragmatik solunum ve dudak büzerek solunum egzersizleri
- Inspiratuvar kas eğitimi (MIP'nin %40'ı)
- Astım eğitimi ve egzersiz sırasında semptom yönetimi

Rehabilitasyon Sonrası Bulgular:

- ACT skoru: 20
- mMRC: 1
- 6DYT: 480 m
- AQLQ: Klinik olarak anlamlı artış
- MIP: Artış saptandı

Klinik Yorum:

Bu olguda pulmoner rehabilitasyon, farmakolojik tedaviyi tamamlayarak semptom kontrolü ve fonksiyonel kapasitede belirgin iyileşme sağlamıştır. Bulgular, literatürde bildirilen rehabilitasyonun dispne ve yaşam kalitesi üzerindeki olumlu etkileri ile uyumludur [7].

9.2 Olgu 2: Egzersize Bağlı Astımı Olan Genç Erişkin Hasta Özellikleri:

22 yaşında, erkek, üniversite öğrencisi. Egzersiz sırasında hışiltı ve nefes darlığı şikâyeti nedeniyle fiziksel aktiviteden kaçınmakta.

Başlangıç Değerlendirmesi:

- ACT skoru: 18
- Egzersiz provokasyon testi: Pozitif
- Spirometri: Dinlenimde normal
- 6DYT: 500 m (dispne artışı mevcut)

Pulmoner Rehabilitasyon Programı:

- Kontrollü aerobik egzersiz protokolü
- Uzun süreli ısınma ve soğuma fazları
- Solunum kontrol egzersizleri
- Egzersiz öncesi bronkodilatör kullanım eğitimi

Rehabilitasyon Sonrası Bulgular:

- Egzersiz sırasında semptomlarda belirgin azalma
- Fiziksel aktiviteye katılım artışı
- Dispne algısında düşüş

Klinik Yorum:

Egzersize bağlı astımı olan bireylerde uygun planlanmış rehabilitasyon programları, egzersiz korkusunu azaltarak fiziksel aktivite düzeyini artırmaktadır [8].

9.3 Olgu 3: Obezite ile İlişkili Astımı Olan Birey Hasta Özellikleri:

55 yaşında, kadın, BKİ: 34 kg/m². Astım semptomları uzun süredir mevcut ve egzersiz intoleransı belirgin.

Başlangıç Değerlendirmesi:

- ACT: 15

- mMRC: 3
- 6DYT: 380 m
- Yaşam kalitesi: Belirgin düşük

Pulmoner Rehabilitasyon Programı:

- Düşük-orta şiddette aerobik egzersiz
- Direnç egzersizleri
- Solunum kas eğitimi
- Yaşam tarzı ve fiziksel aktivite danışmanlığı

Rehabilitasyon Sonrası Bulgular:

- 6DYT: 440 m
- Dispne skorlarında azalma
- Günlük yaşam aktivitelerinde artış

Klinik Yorum:

Obezite ile ilişkili astımda pulmoner rehabilitasyon, kilo kaybından bağımsız olarak fonksiyonel kapasiteyi artırabilmektedir [24].

KAYNAKLAR

1. Lung, N.H. and B. Institute, *Global Initiative for Asthma (GINA). Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Revised 2006.* <http://www.ginasthma.org>.
2. Asher, I. and N. Pearce, *Global burden of asthma among children.* The international journal of tuberculosis and lung disease, 2014. **18**(11): p. 1269-1278.
3. Singh, D., et al., *Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive lung disease: the GOLD science committee report 2019.* European Respiratory Journal, 2019. **53**(5).
4. de Lima, F.F., et al., *Physical activity and sedentary behavior as treatable traits for clinical control in moderate-to-severe asthma.* The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice, 2024. **12**(8): p. 2047-2055.
5. Gibson, P.G. and V.M. McDonald, *Integrating hot topics and implementation of treatable traits in asthma.* European Respiratory Journal, 2024. **64**(6).
6. Spruit, M.A., et al., *An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation.* American journal of respiratory and critical care medicine, 2013. **188**(8): p. e13-e64.
7. França-Pinto, A., et al., *Aerobic training decreases bronchial hyperresponsiveness and systemic inflammation in patients with moderate or severe asthma: a randomised controlled trial.* Thorax, 2015. **70**(8): p. 732-739.
8. Carson, K.V., et al., *Physical training for asthma.* Cochrane Database of Systematic Reviews, 2013(9).
9. Zhou, C., et al., *International expert consensus on diagnosis and treatment of lung cancer complicated by chronic obstructive pulmonary disease.* Translational lung cancer research, 2023. **12**(8): p. 1661.
10. Wenzel, S.E., *Asthma phenotypes: the evolution from clinical to molecular approaches.* Nature medicine, 2012. **18**(5): p. 716-725.
11. Fahy, J.V., *Type 2 inflammation in asthma—present in most, absent in many.* Nature Reviews Immunology, 2015. **15**(1): p. 57-65.
12. Loughheed, M.D., et al., *Canadian Thoracic Society Asthma Management Continuum—2010 Consensus Summary for children six years of age and over, and adults.* Canadian respiratory journal, 2010. **17**(1): p. 15-24.
13. Dharmage, S.C., J.L. Perret, and A. Custovic, *Epidemiology of asthma in children and adults.* Frontiers in pediatrics, 2019. **7**: p. 246.
14. Dogan, A., *Epidemiology of Chronic Respiratory Diseases in Turkey and World/Dunyada ve Turkiye’de kronik solunum hastaliklarinin epidemiyolojisi.* Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2010: p. 10-17.
15. Postma, D.S., *Gender differences in asthma development and progression.* Gender medicine, 2007. **4**: p. S133-S146.
16. Organization, W.H., *World Health Organization Asthma Key Facts 2016.* 2016.
17. Ober, C. and T.C. Yao, *The genetics of asthma and allergic disease: a 21st century perspective.* Immunological reviews, 2011. **242**(1): p. 10-30.
18. Martinez, F.D., *Early-life origins of chronic obstructive pulmonary disease.* New England Journal of Medicine, 2016. **375**(9): p. 871-878.
19. Holt, P.G. and P.D. Sly, *Viral infections and atopy in asthma pathogenesis: new rationales for asthma prevention and treatment.* Nature medicine, 2012. **18**(5): p. 726-735.

20. Xie, M. and S.E. Wenzel, *A global perspective in asthma: from phenotype to endotype*. Chinese medical journal, 2013. **126**(1): p. 166-174.
21. Guarnieri, M. and J.R. Balmes, *Outdoor air pollution and asthma*. The Lancet, 2014. **383**(9928): p. 1581-1592.
22. Polosa, R. and N.C. Thomson, *Smoking and asthma: dangerous liaisons*. European respiratory journal, 2013. **41**(3): p. 716-726.
23. Tarlo, S.M. and C. Lemiere, *Occupational asthma*. New England Journal of Medicine, 2014. **370**(7): p. 640-649.
24. Peters, U., A.E. Dixon, and E. Forno, *Obesity and asthma*. Journal of Allergy and Clinical immunology, 2018. **141**(4): p. 1169-1179.
25. Miyasaka, T., et al., *The interplay between neuroendocrine activity and psychological stress-induced exacerbation of allergic asthma*. Allergology International, 2018. **67**(1): p. 32-42.
26. Holgate, S.T., *Pathogenesis of asthma*. Clinical & Experimental Allergy, 2008. **38**(6): p. 872-897.
27. Ray, A. and J.K. Kolls, *Neutrophilic inflammation in asthma and association with disease severity*. Trends in immunology, 2017. **38**(12): p. 942-954.
28. Cockcroft, D.W., B.E. Davis, and C.M. Blais, *Direct bronchoprovocation test methods: history 1945–2018*. Expert review of respiratory medicine, 2019. **13**(3): p. 279-289.
29. Hough, K.P., et al., *Airway remodeling in asthma*. Frontiers in medicine, 2020. **7**: p. 191.
30. Soffler, M.I., M.M. Hayes, and R.M. Schwartzstein, *Respiratory sensations in dynamic hyperinflation: physiological and clinical applications*. Respiratory Care, 2017. **62**(9): p. 1212-1223.
31. Villa, F., et al., *Aerobic capacity and skeletal muscle function in children with asthma*. Archives of disease in childhood, 2011. **96**(6): p. 554-559.
32. Del Giacco, S.R., et al., *Exercise and asthma: an overview*. European clinical respiratory journal, 2015. **2**(1): p. 27984.
33. Nathan, R.A., et al., *Development of the asthma control test: a survey for assessing asthma control*. Journal of allergy and clinical immunology, 2004. **113**(1): p. 59-65.
34. Pellegrino, R., et al., *Interpretative strategies for lung function tests*. European respiratory journal, 2005. **26**(5): p. 948-968.
35. Aaron, S.D., et al., *Reevaluation of diagnosis in adults with physician-diagnosed asthma*. Jama, 2017. **317**(3): p. 269-279.
36. Chung, K.F., S.E. Wenzel, and J.L. Brozek, *Comment on: International ERS/ATS guidelines on definition, evaluation and treatment of severe asthma*. European Respiratory Journal, 2014. **44**(1): p. 267-268.
37. Agache, I., et al., *Untangling asthma phenotypes and endotypes*. Allergy, 2012. **67**(7): p. 835-846.
38. Mahler, D.A. and C.K. Wells, *Evaluation of clinical methods for rating dyspnea*. Chest, 1988. **93**(3): p. 580-586.
39. test, A.s.g.f.t.s.-m.w., *ATS committee on proficiency standards for clinical pulmonary function laboratories*. Am J Respir Crit Care Med, 2002. **166**(1): p. 111-117.
40. Lista-Paz, A., et al., *Effect of respiratory muscle training in asthma: a systematic review and meta-analysis*. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 2023. **66**(3): p. 101691.
41. Santana, P.V., et al., *Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses*. Jornal Brasileiro de Pneumologia, 2020. **46**(06): p. e20200064.

42. Juniper, E.F., *Quality-of-life considerations in the treatment of asthma*. Pharmacoeconomics, 1995. **8**(2): p. 123-138.
43. Holland, A.E., K. Wadell, and M.A. Spruit, *How to adapt the pulmonary rehabilitation programme to patients with chronic respiratory disease other than COPD*. European Respiratory Review, 2013. **22**(130): p. 577-586.
44. Eichenberger, P.A., et al., *Effects of exercise training on airway hyperreactivity in asthma: a systematic review and meta-analysis*. Sports medicine, 2013. **43**(11): p. 1157-1170.
45. Thomas, M., et al., *Breathing exercises for asthma: a randomised controlled trial*. Thorax, 2009. **64**(1): p. 55-61.
46. Bruton, A. and G. Lewith, *The Buteyko breathing technique for asthma: a review*. Complementary therapies in medicine, 2005. **13**(1): p. 41-46.
47. Bousso, A., et al., *Severity and phenotypes of dyspnea in asthma: impact of comorbidities*. Respiratory Medicine, 2023: p. 107276.
48. Smith, H.E. and C.J. Jones, *Psychological interventions in asthma*. Current Treatment Options in Allergy, 2015. **2**(2): p. 155-168.
49. Reddel, H.K., et al., *A summary of the new GINA strategy: a roadmap to asthma control*. European Respiratory Journal, 2015. **46**(3): p. 622-639.
50. Rogliani, P., et al., *Severe asthma and biological therapy: when, which, and for whom*. Pulmonary therapy, 2020. **6**(1): p. 47-66.
51. Maestre-Batlle, D., *Effect of di-butyl phthalate exposure in the human airway and systemic immunology: a double-blind, crossover study*. 2019, University of British Columbia.
52. Mathioudakis, A.G., et al., *ERS/EAACI statement on adherence to international adult asthma guidelines*. European Respiratory Review, 2021. **30**(161).
53. Boulet, L.-P., *Asthma education: an essential component in asthma management*. 2015, European Respiratory Society. p. 1262-1264.
54. McLean, S., et al., *Telehealthcare for asthma: a Cochrane review*. Cmaj, 2011. **183**(11): p. E733-E742.