

Fizyoterapide Yenilikçi Yaklaşımlar

Editör
Muhammed İhsan KODAK

BİDGE Yayınları

Fizyoterapide Yenilikçi Yaklaşımlar

Editör: Dr. Öğr. Üyesi Muhammed İhsan KODAK

ISBN: 978-625-372-353-8

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 14.12.2024

BİDGE Yayınları

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

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

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

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

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



ÖNSÖZ

Bilim ve teknolojiadaki hızlı ilerlemeler, sağlık bilimlerinin her alanını olduğu gibi fizyoterapi ve rehabilitasyon disiplini de dönüştürmeye devam etmektedir. Bu bağlamda, fizyoterapinin değişen ve gelişen ihtiyaçlara yanıt vermesi, yenilikçi yaklaşımların klinik pratiğe entegrasyonu mümkün olmaktadır. "Fizyoterapide Yenilikçi Yaklaşımlar" başlıklı bu eser, modern fizyoterapinin temel yapı taşlarını ve gelecekteki yönelimlerini ele almayı amaçlamaktadır. Bu kitap, alanın güncel ihtiyaçlarına yanıt veren; fasya ve bel ağrısından kardiyovasküler rehabilitasyona, amputasyon sonrası uyarlamalardan metabolik sendromun fiziksel aktiviteyle ilişkilendirilmesine kadar geniş bir yelpazede yenilikçi fikirler sunmaktadır. Ayrıca, yapay zekâ, derin öğrenme ve makine öğrenimi gibi teknolojik gelişmelerin fizyoterapi alanına entegrasyonuna dair tartışmalar, geleceğin fizyoterapi uygulamalarına dair önemli perspektifler sağlamaktadır. Kitabın hazırlık sürecinde, her bir bölüm alanında uzman yazarlar tarafından özenle kaleme alınmış ve güncel bilimsel verilerle desteklenmiştir. Yenilikçiliği temel alan bu çalışma, hem klinik uygulamaları geliştirmek isteyen profesyoneller hem de akademik araştırmalarına yön veren bilim insanları için yol gösterici bir kaynak olma niteliğindedir. Bu değerli çalışmanın ortaya çıkmasında emeği geçen tüm yazarlarımıza teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, bilimsel bilgi paylaşımına sağladığı katkılarla bu eserin yayımlanmasına destek veren BİDGE Yayınevi'ne şükranlarımı sunarım.

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed İhsan KODAK

İçindekiler

ÖNSÖZ	3
Fasya	5
Seyde Büşra KODAK	5
TORAKOLOMBER FASYA VE BEL AĞRISI	25
Seyde Büşra KODAK	25
Mekik-Kilit Süspansiyonlu Transfemoral Amputasyonda Dizilim Ayarları	41
Ömer Faruk ÖZÇELEP	41
Enes DİLMEN.....	41
Emir Batuhan KAHYA	41
Can TURAN.....	41
İmplante Edilebilir Kardiyoverter Defibrilatörü Olan Hastalarda Aerobik Egzersiz Eğitiminin Etkileri.....	52
Başak KAVALCI KOL	52
Bel Ağrısında Güncel Fizyoterapi Ve Rehabilitasyon Yaklaşımları	71
Fatih ÖZYURT	71
Omuz Muayenesi İçin Özel Klinik Testler	96
Atahan TURHAN.....	96
Metabolik Sendrom ve Fiziksel Aktivite	111
Merve FIRAT	111
Fizyoterapide Derin Öğrenme.....	128
Ömer Alperen GÜRSES.....	128
Fizyoterapi ve Makine Öğrenimi	140
Ömer Alperen GÜRSES.....	140

BÖLÜM I

Fasya

Seyde Büşra KODAK¹

Giriş

Anatomi biliminin neredeyse hiçbir alanı, fasya ile ilişkili bağ dokuları alanında olduğu kadar farklı terminoloji ile karakterize edilmez. Bu alandaki birçok uzmana göre, yalnızca yoğun tabaka benzeri bağ dokuları “fasya” olarak kabul edilir. Sonuç olarak, bir bağ dokusunun fasya olarak kabul edilmesi için, lif düzeninin genellikle “düzensiz” olduğu düşünülür. Ancak epimysial lifler düşünüldüğünde, birbirini çok özel açılarda düzenli bir şekilde kesen iki ana lif yönünün mevcut olduğu dokularda yanlış olabilir (Benetazzo ve ark., 2011). Fasyanın tanımı üzerine kafa karışıklığı artarak devam etti. Bu zorlu duruma yanıt vermek için saygın uluslararası kuruluşlar tarafından birkaç girişimde bulunuldu. Uluslararası Anatomik İsimlendirme Komitesi (1983), önceki isimlendirme komitelerinin kullanımını doğruladı ve "fascia

¹ Öğr. Gör., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Kırşehir/Türkiye, Orcid: 0000-0003-2226-6056, seyde.kodak@ahievran.edu.tr

superficialis" terimini, "fascia profunda"nın daha yoğun tabakasının yüzeyinde uzanan tüm gevşek deri altı doku tabakası için kullandı. Anatomik Terminoloji Federatif Komitesi (1998) tarafından önerilen sonraki uluslararası isimlendirme, daha tekdüze bir uluslararası dile doğru ilerlemeye çalıştı (Wendell-Smith, 1997). Fasyayı “kılıflar, tabakalar veya diğer ayrılabilir bağ dokusu kümeleri” olarak tanımladı. Bu, “iç organların ve bunlarla ilişkili ayrılabilir yapıların yatırımlarını” içerir. Bu son derece saygın anatomi uzmanları grubu, gelecekteki yazarların gevşek bağ dokusu katmanları için artık “fasya” terimini kullanmamaları ve bunun yerine “fasya” terimini yalnızca daha yoğun bağ dokusu kümeleri için kullanmaları gerektiğini önerdi. Buna göre, eski “yüzeysel fasya” teriminin kullanılmasına karşı çıktılar (ve bunun yerine “tela subcutanea” veya “subkutan doku” kullanılmasını önerdiler). Bu zarif girişim büyük oranda başarısız oldu (Huijing ve Langevin, 2009). Birçok İngilizce ders kitabı “yüzeysel fasya” veya “Camper'ın fasyası” terimlerini kullanmaya devam etti (Platzer, 2008 ; Netter, 2011 ; Tank, 2012). Mevcut durum ve terimlerin artan karışıklığı üzerine bu ve benzeri birçok eleştiri noktasına dayanarak (Stecco, 2014) Fascia Araştırma Topluluğu, 2014 yılının ortalarında bir Fascia İsimlendirme Komitesi (FNC) kurarak bu sorunu ele almak için harekete geçti. FNC, farklı sınıflandırmalara dayalı iki farklı terminoloji sundu. Birincisi - "bir fasya" terimi etrafında merkezlenmiştir - histolojik ve topografik yönlerin mezoskopik ve mikroskobik ölçekte iletişimi için önerilir. Buna karşılık, ikinci terminoloji - "fasyal sistem" terimini kullanarak - makroskobik ölçekte işlevsel özelliklerin tanımlanması için önerilir. Bu tür işlevsel özellikler arasında kuvvet iletimi, duyuşal işlevler (propriosepsiyon, interosepsiyon ve nosisepsiyon), sıvı iletimi ve

yara iyileşmesinin ve fibrotik patolojik süreçlerin düzenlenmesi yer alır.

FNC tarafından önerilen histolojik/anatomik tanım (Stecco ve Schleip, 2016 ; Stecco ve diğerleri, 2018) “Fasya , kasları ve diğer iç organları bağlamak, çevrelemek ve ayırmak için cildin altında oluşan bir kılıf, tabaka veya herhangi bir ayrılabilir bağ dokusu topluluğudur.”

FNC (Adstrum ve diğerleri, 2017) tarafından önerilen işlevsel tanım ise ;

Fasyal sistem, vücuda nüfuz eden yumuşak, kollajen içeren, gevşek ve yoğun lifli bağ dokularının üç boyutlu sürekliliğinden oluşur.

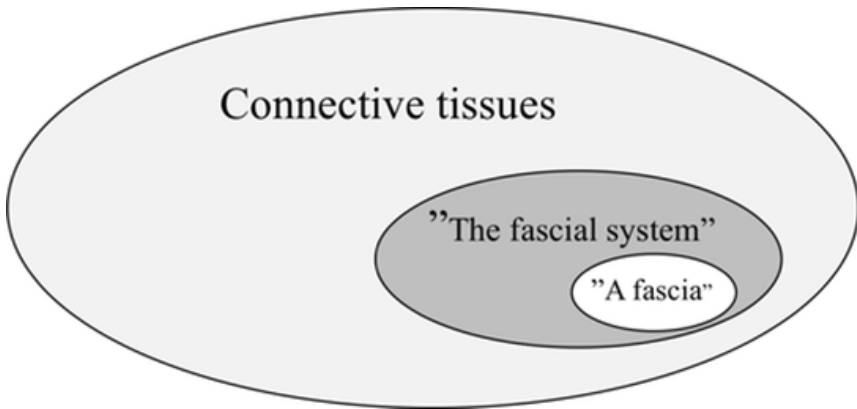
Yağ dokusu, adventisya ve nörovasküler kılıflar, aponevrozlar, derin ve yüzeysel fasyalar, epinörium, eklem kapsülleri, bağlar, membranlar, meninksler, miyofasyal genişlemeler, periosteal, retinakula, septalar, tendonlar, visseral fasyalar ve endomisyum/perimisyum/epimisyum dahil tüm intramusküler ve intermusküler bağ dokuları gibi elemanları içerir.

Fasyal sistem, tüm organları, kasları, kemikleri ve sinir liflerini çevreler, aralarında dolaşır ve iç içe geçerek vücuda işlevsel bir yapı kazandırır ve vücuttaki tüm sistemlerin entegre bir şekilde çalışmasını sağlayan bir ortam sağlar.

"Bir fasya" tanımı, Terminologia Anatomica'nın en son fasya tanımına çok yakından yönlendirilmiştir. Burada, yalnızca geleneksel bir neşterle diseke edilebilen düzlemsel dokular dahil edilmiştir. Buna karşılık, bu kriteri karşılamayan endomisyum veya tendonlar gibi dokular hariç tutulmuştur. İkinci terim olan "fasyal

sistem", fasya kavramının giderek popülerlik kazanan, en azından bir dereceye kadar, tensegrity özelliklerinin ifadesiyle karakterize edilen, vücut çapında birbirine bağlı ve önceden gerilmiş lifli bir ağ olduğu kavramını kabul eder (Findley, 2011). Burada, bağlar, tendonlar, eklem kapsülleri ve kas içi bağ dokuları da dahil olmak üzere vücut çapında bir gerilim kuvveti iletim sisteminin unsurları olarak görülebilen tüm lifli bağ dokuları dahil edilmiştir. "Fasyal sistem" teriminin o zaman "bağ dokusu" terimiyle eşanlamlı olabileceği ileri sürülebilir. Ancak, yeni önerilen terim, "bağ dokusu" teriminin eski mezenkimal dokular olarak kemikleri, kıkırdakları ve hatta kanı açıkça içerdiği yerleşik tıbbi terminolojiden farklıdır.

Dolayısıyla ilk terim olan “fasya”, “fasyal sistem” olarak tanımlanan daha büyük doku grubu içindeki yoğun düzlemsel dokuların bir alt kümesini tanımlar; bu da tıpta “bağ dokuları” olarak tanımlanan daha da büyük doku grubunun bir alt kümesi olarak anlaşılabilir (Şekil 1)(Schleip et al., 2019)



Şekil 1: FNC'nin isimlendirme önerileri, daha geniş ve daha işlevsel olan "fasyal ağ" teriminin (bazı yazarların "fasyal dokular" ile değiştirdiği) vücudun bağ dokusu sistemine ait dokuların bir alt kümesini tanımladığı anlayışına dayanmaktadır. Benzer şekilde, "bir fasya" terimi (bazı yazarlar tarafından "gerçek fasya" olarak da adlandırılır) "fasyal sistem" in daha geniş kategorisindeki dokuların bir alt kümesini tanımlar.

Fasyanın Sınıflandırılması

Kumka ve ark. Anatomik Terminoloji Federatif Uluslararası Komitesi (FICAT) tarafından sağlanan fasya isimlendirmesini organize etme çabasıyla, dört fasya kategorisini içeren bir fonksiyonel sınıflandırma sistemi geliştirdi: 1) bağlayıcı , 2) fasiküler , 3) sıkıştırıcı ve 4) ayırıcı fasyalar. Bu sistem, fasyal sisteme indirgemeci bir yaklaşım anlamına gelmez; bunun yerine sistem içerisinde var olan işlevlerin karmaşık etkileşimini keşfetme ve daha iyi anlama yöntemidir. Vücudun her bölgesi birden fazla kategori içerir; bu da vücudun her bölgesinin farklı fasyal tiplerin karmaşık bir karışımına sahip olduğunu gösterir. Bu kavramı açıklamak için uyluk, dört fasyal kategoriye de içeren bir vücut bölgesi örneğidir: İliotibial bant (Bağlantı), quadriceps femoris kasının perimisyumu (Fasikül), fasya lata (Kompresyon) ve deri altı doku (Ayırıcı).

I.Fasya Bağ lantısı

Bağlayıcı kategori ağırlıklı olarak yoğun düzenli paralel sıralı tek yönlü bağ dokusudur ve önemli miktarda kolajen tip I içerir (Gordon & Hahn, 2010). Bu kategori kas fasyalarını, bölge fasyalarını (baş ve boyun, gövde, uzuvlar), aponevrozları, tendinöz kemerleri ve nörovasküler kılıfları içerir.

Bu kategori dinamik ve pasif bölümlere ayrılır. Dinamik bölüm, hareket ve eklem stabilitesi ile daha önemli ölçüde ilişkili olan ve daha yüksek konsantrasyonlarda kontraktıl ve proprioseptif liflerle karakterize edilen ana fasiyal grupları içerir. Dinamik bölüm, kas fasyaları (yatırım tabakası, bireysel kas fasyası) ve gövde fasyalarından oluşur(Gilloteaux, 1998). Dinamik bağlayıcı fasyanın innervasyonu, nosisepsiyon ve propriyosepsiyona katkıda bulunmasına izin vererek onu diğer kategorilerden işlevsel olarak farklılaştırır. Örneğin, torakolomber fasya (TLF) spinal stabiliteye katkıda bulunur ve gövde ile uzuvlar arasında sağlam bağlantılar kurar(Vleeming et al., 1995). Ayrıca, hızlı basınç ve titreşime yanıt veren serbest sinir uçları ve Paciniform korpüsküller tarafından yoğun bir şekilde innerve edilir(Yahia et al., 1993).

Pasif bölüm, vücut boyunca devamlılığı sağlamak veya tüneller ve kılıflar oluşturmak için diğer kas dışı dokular tarafından harekete geçirilir.Pasif bölüm, kasların fasyalarını (kas kılıfları), baş ve boyun fasyalarını, uzuvların fasyalarını, aponevrozları, tendinöz kemerleri ve retinakülleri içerir.Bu grup, epikraniyal aponevroz gibi kas ekleme noktaları ve eklem bağlantıları ve tendinöz kemerler olarak hareket edebilir ve nihayetinde gerilim uygulandığında propriyoseptif bilgi sağlar.Pasif bağlayıcı fasyalar yalnızca gerildiklerinde ve yüklendiklerinde kuvvet iletebilirken, dinamik fasyalar teorik olarak düz kas gibi daha otonom bir şekilde kasılabilir, böylece kas-iskelet sistemindeki gerilimi etkileyebilir, ancak uzuvların birincil hareket ettiricisi olacak kadar önemli değildir(Kumka & Bonar, 2012).

II. Fasiküler Fasya

Fasiküler fasya, kas, tendon, kemik ve sinirler içindeki fasiküllerin yanı sıra damarları da bağlayan uyarlanabilir tüneller oluşturur. Fasiküler fasya organizasyon, taşıma, güç ve lokomasyonda önemli bir rol oynar. Bu kategori hem gevşek hem de yoğun düzenli çok yönlü bağ dokularının bir karışımı olarak organize edilir. Tip I ve III kollajen bu dokuların ana bileşenleridir ve daha az miktarda Tip V, VI, XII ve XIV bulunur (Purslow, 2002).

Kasın fasiküler fasyası üç farklı IMCT katmanından oluşur: tüm kasları çevreleyen epimysium, kas içindeki fasikülleri veya kas lifi demetlerini ayıran perimysium ve tek tek kas liflerini örten endomysium. Kas mimarisini oluşturan bu kolajen lif ağı, kas içindeki kuvveti birbirine bağlayan ve dağıtan, kas içi yollar ve büyük ve küçük sinirler, kan damarları ve lenfatikler için mekanik destek sağlayan geniş bir tünel matrisi olarak görülebilir(Purslow, 2002). Kasın fasiküler fasyası, endotendon, peritendon ve epitendondan oluşan tendonun fasiküler fasyası haline gelmek üzere miyotendinöz kavşakta yoğun bir düzenli bağ dokusu bağlantısına dönüşür. Bu kavşakta fasiküler fasya, kas kasılmasıyla uyarılan Golgi tendon organları tarafından zengin bir şekilde innerve edilir. Tendondaki gerginlik, bitişik çizgili kas liflerinde tonusta refleks bir azalmaya neden olur(Langevin & Sherman, 2007).

IMCT, kaslar tarafından üretilen kuvvetleri artırarak miyofasyal kuvvet iletimi için gereklidir. Fasiküler fasyalar, kuvvetlerin kas içinden sinerjik kaslara ve ayrıca ekstramüsküler yolla, bağlayıcı fasya yoluyla antagonistik kaslara aktarılmasını sağlar (Huijing, 2009).Fasiküler fasya, sinir fasikülleri ve tüm periferik sinirler için bağ dokusu zarfını oluşturur: sırasıyla perinöriyum ve epinöriyum(Pawlina, 1979). Perinöriyum, kan-sinir bariyerinin oluşumuna katkıda bulunan metabolik olarak aktif bir

difüzyon bariyeri görevi görür. Sinirleri besleyen kan damarları epinöriyumda ilerler (Passerieux et al., 2006). Fasiküler fasyanın bu iki katmanı, CGRP salınımı yoluyla nosisepsiyonu tetikleyebilen ve nörojenik inflamasyon yaratabilen nervi nervorum tarafından innerve edilir (Bove, 2008). Nervi nervorumun enflamasyonu, sinirin fasyal zarflarının enflamatuvar reaksiyonuna neden olarak lokal, radiküler veya nöropatik ağrı olarak ortaya çıkabilen mekanik duyarlılığı tetikler (Bove & Light, 1997).

III. Kompresyon Fasyası

Kompresyon fasyası, çorap etkisi yaratmak için tüm uzuvları saran yoğun düzenli dokuma ve çok yönlü paralel sıralı bağ dokusu katmanlarının bir karışımıdır (Terminology, 2008). Bu fasyal kategori, kompartman basıncı, kas kontraksiyonu ve kuvvet dağılımı üzerindeki etkisi nedeniyle lokomasyon ve venöz dönüşte önemli bir rol oynar. Örneğin, krural fasya iki veya üç katmanlı paralel sıralı kolajen lif demetlerinden oluşur ve her katman ince bir gevşek bağ dokusu tabakasıyla ayrılır. Kolajen liflerin uzamsal yönelimi kompresyon fasyası içinde katmandan katmana değişir. Bitişik katmanlar arasına yerleştirilmiş gevşek bağ dokusunun varlığı lokal kaymaya izin vererek tek katmanların daha etkili yanıt vermesini sağlar (Stecco et al., 2009). Bu tip fasya örnekleri uzuvlarda görülür ve fasya lata, krural fasya, brakiyal fasya ve antebrakiyal fasya olarak gözlemlenir. Bu fasyada gömülü propriyoseptörler bulunsa da, duyuşal bir organ olarak rolü, bağlayıcı veya fasiküler kategorilerden daha az önemlidir.

IV. Ayırıcı Fasya

Ayırıcı fasya genellikle gevşek bağ dokusu ve yoğun düzensiz fusoselüler bağ dokusudur (Terminology, 2008). Retiküler

Tip III kolajen lifleri ve elastik lifler, ayırıcı fasyanın ECM'sinin ana bileşenleridir ve az miktarda kolajen Tip V, VII içerir(Gordon & Hahn, 2010). Retiküler lifler hücrel bileşenler için destekleyici bir çerçeve sağlarken, elastik lifler ayırıcı fasyanın gerilme ve distansiyona yanıt vermesini sağlamak için üç boyutlu bir ağ oluşturur(Hedley, 2008; Pawlina, 1979). Ayırıcı fasya, vücudu görünür tabakalar ve çeşitli liflerden oluşan katmanlar halinde bölerek her yönden kuvvet ve sürtünme almasını sağlar. Başlıca işlevi dokuların birbiri üzerinde daha verimli bir şekilde kaymasını sağlamak olsa da hatalı hareket kalıpları veya yaralanma nedeniyle yine de yapışıklıklar oluşturabilir(Hedley, 2010).

FICAT'in fasyayı ayırmak için kullandığı terimler şunlardır: parietal fasya, visseral fasya, ekstraserosal fasya, eskiden fasya superficialis olarak bilinen investing/subcutaneous fasya. Bu kategori aynı zamanda sinovyal kılıfları ve uzuvların fasyalarını da içerir.Parietal fasya perikard, plevra ve periton gibi serozanın parietal tabakasının dışında yer alır ve vücut boşluğunun duvarını kaplar.Visseral fasya serozanın visseral tabakasının hemen dışında yer alır ve iç organları çevreler. Ekstraserozal fasya visseral ve parietal fasya arasındaki boşlukta yer alır(Gilloteaux, 1998).

Bu fasya sınıfı, vücut boşluklarından tek tek organlara kadar her şeyi saran karmaşık bir bağ dokusu matrisidir. Vücutta uygun yapısal ve işlevsel ilişkileri sürdürmek için organları ve bölgeleri ayırır, destekler ve bölümlere ayırır. Bu fasya grubu, gözlemlendiğinde şeffaf dokuma tabakalardan bulanık pamuk benzeri bir kıvama kadar değişen benzersiz bir görünüme ve dokuya sahiptir(Hedley, 2008).

Ayırıcı fasyanın innervasyonu öncelikle dokuların distansiyonunu ve kompresyonunu algılamaya yarar. Bu derin katmanların fasyal innervasyonlarını kesin olarak ortaya koymak için daha ayrıntılı histolojik analizler gereklidir. Bununla birlikte, sürekli basınca ve teğetsel kuvvetlere yavaş yanıt veren Pacinian cisimcikleri (derin basıncı algılayan) ve Ruffini cisimcikleri konsantrasyonlarının, ayırıcı fasyanın çoğunda, örneğin subkutan dokuda mevcut olduğu düşünülmektedir(Hedley, 2008). Manuel uygulayıcıların bu fasyal dokuyu etkilemesi için derin sürekli basınç gerekli olabilir.

Fasyanın Duyusal Bilgi Özelliği

Fasya, vücudumuzdaki en zengin duyuşal organlardan biridir ve sinir uçlarına ve mekanoreseptörlere (kas içicikleri, Ruffini ve Pacini cisimcikleri, Golgi uçları ve serbest sinir uçları) gömülüdür. Fasya, propriosepsiyonumuzu ve koordinasyonumuzu etkileyen duruş ve hareket algısında önemli bir rol oynar. Duruşumuzu değiştirdiğimizde veya herhangi bir şekilde hareket ettiğimizde fasyal dokuların mekanoreseptörleri deforme olur ve aktive olur, afferent bilgiyi omuriliğe ve beyne gönderir. Bu mesajlar merkezi sinir sistemimiz (CNS) tarafından yorumlanır, ardından efferent bilgi kaslarımıza iletilir.

Fasya Kuvvet İletimi ve Elastik Özellikleri

Fasya, diğer yumuşak dokular gibi, kuvvet ve basınç uygulandığında deformasyona dayanmasını sağlayan değişken bir elastikiyet derecesine sahiptir, çünkü iyileşebilir ve başlangıçtaki şekline ve boyutuna geri dönebilir. Yük, sıkıştırma ve kuvvete yanıt verir. Yüklemenin başlangıcında, fasya bir dereceye kadar gevşekliğin alındığı elastik bir tepkiye sahiptir. Zamanla, yükleme

yavaş ve sürekli bir şekilde devam ederse, sünme gelişir. Sürünme yavaş, gecikmeli ve sürekli bir deformasyondur. Bu noktada, dokudan su atıldıkça hacim değişikliği meydana gelir. Yükleme sona erdiğinde, fasya orijinal şekline geri döner. Şeklin geri kazanılması histerezis (dokuların yüklendiği ve boşaltıldığı enerji kullanımı ve kaybı süreci) yoluyla elastik geri tepme yoluyla gerçekleşir. Dokunun elastik geri tepme yoluyla normale dönmesi için gereken süre, doku tarafından su alımına ve elastik potansiyelinin aşılp aşılmadığına bağlıdır. Herhangi bir süre boyunca yüklendiğinde, dokular bir denge noktasına ulaşana kadar uzar ve deforme olur. Yükleme devam ederse, zaman içinde kronik deformasyon meydana gelecektir(Duncan, 2021).

Embriyoloji

Kan, kemikler, kıkırdak, lenfoid ve hematopoetik doku, yağ, tendonlar, bağlar, peri/epi/endomisyum, meningeal, tüm visceral iletişim ve örtücü fasyalar gibi birçok doku bağ dokusundan türemiştir. Embriyonik gelişim sırasında bağ dokusu, içereceği ve bağlayacağı yapıların şeklini (morfogenez) etkiler.

Embriyonik mezenşim veya bağ embriyonik veya farklılaşmamış mezenşim, yüksek mitotik orana (yüksek üreme kapasitesi) sahip yıldız dallı hücrelerden oluşur; farklı dokulara farklılaşabildikleri için pluripotent hücreler olarak kabul edilirler. Embriyonik mezenkim sadece birçok bağ yapısının değil aynı zamanda stromal kök hücrelerin de kaynağı olacaktır. Gelişim sırasında, çeşitli yapıları birbirine bağlayarak ve organ stromasını oluşturarak embriyonik katmanlar arasındaki boşlukları işgal ederler.

Mezenkim, özellikle mezoderm ve ektoderm olmak üzere her üç embriyonik katmandan (ektoderm, mezoderm, endoderm) bulunur ve türetilir. Güncel bilgiler ve hayvan modelleri için, fasya tanımı içinde yer alan ve başın bir kısmını (kaslar, kemikler, deri vb.) ve servikal kanalın bir kısmını oluşturan tüm yapılar mezoderm ve ektodermden türemiştir(Bordoni et al., 2018).

Kan Akımı ve Lenfatikler

Kan ve lenf mezodermden kaynaklanır ve bağ dokuları olarak kabul edilir. Besleyici işlevlerinin yanı sıra kan, hormonlar ve kimyasal araçlar aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurabilen farklı organlara bağlanmanın bir yolunu da sağlar ve organizmanın işlevlerinin bütünleşmesini garanti eder. Bağışıklık hücrelerinin ve trombositlerin taşıyıcısı, varlıklarının gerekli olduğu yerlere ulaşabilir; örneğin, iltihaplanma bölgeleri, pıhtılaşma sisteminin antikorları ve proteinleri ve kanda dolaşan suda çözünmeyen bileşiklerin bağlandığı lipoproteinler, transferin, seruloplazmin ve albümin gibi çok sayıda taşıyıcı protein. Kan bağ dokusudur. Karmaşık bir bileşime sahip hücre dışı bir matriks içinde süspansiyon halinde bulunan hücreler ve hücre parçalarından oluşur. Kanın alışılmadık özelliği, hücre dışı matrisin sıvı olmasıdır; bu da kanın akışkan bir bağ dokusu olduğu anlamına gelir. Kanda santrifüj ile ayrılabilen iki farklı bileşen vardır: (1) plazma adı verilen sıvı matriks ve (2) hücreler veya hücre parçaları olan korpüsküller.

Korpüsküller eritrositler, trombositler ve lökositlerdir. Sadece lökositler tam hücrelerdir; eritrositler anükleat hücrelerdir ve trombositler hücre parçalarıdır. Eritrositler diğer elementlerden daha büyük miktarlarda bulunur, bu nedenle hematokrit değerini toplam hacmin yaklaşık %1'ini oluşturan lökositler veya trombositlerden

çok daha fazla etkilerler. Diğer elementler gibi Eritrositler de kemik iliğinde, özellikle kaburga, göğüs kemiği, pelvis ve omurlarda bulunan pluripotent kök hücreler tarafından üretilir.

Farklı lökosit türleri vardır. Granülositler sitoplazmada büyük granüllerin varlığı ile karakterize edilir. Renklendirildikten sonra optik mikroskopta görülebilirler ve nötrofiller (nötr renklendirmeye afinite ile), eozinofiller (asit renklendirme ile renk), bazofiller (bazik renklendirmeye afinite ile) olarak ayrılırlar. T lenfositleri, B lenfositleri ve doğal öldürücü hücreleri içeren lenfositler spesifik savunmaya katılırlar: önce bir patojeni tanırlar, hedef alırlar ve sonra ona saldırırlar. Hedefe yönelik cevap neredeyse her zaman kanda dolaşan ve antikor adı verilen proteinlerin üretimini gerektirir. Monositler en büyük lökositlerdir ve büyük, at nalı şeklinde bir çekirdek ile karakterize edilirler(Bordoni et al., 2018).

Lenf Sistemi

Lenfatik sistem interstisyel sıvıların, solütlerin ve çeşitli hücrelerin fazlasını etkili bir şekilde uzaklaştırır ve plazma ve interstisyel sıvıların hacmini sabit bir dengede tutarak kan dolaşımına doğru yönlendirir. Lenfatik sistem, “ilk lenfatikler” olarak adlandırılan interstisyel dokudan, süreksiz endotel ve bazal membran ile sınırlandırılmış ve sıvıların ve maddelerin (hidrofil moleküller, hücreler, virüsler ve bakteriler) akışına karşı düşük direnç gösteren küçük kılcal damarlardan kaynaklanır. Hücrelerin dış yüzeyine kolajen fibriller (kolajen tip VII) aracılığıyla bağlanırlar. Bu kolajen, mekanik kuvvetlerin lenfatik damarın lümenine doğru iletilmesini sağlar; aktin benzeri filamentler sayesinde bazı damarlarda otonom bir kasılma vardır. Bu ilk

lenfatikler genişleyerek kolajen, düz kas hücreleri ve elastik liflerden oluşan toplama kanalları oluşturur. Son verilere göre, lenfatik damarlar kendi tonlarına ve muhtemelen akış değişimine (duyusal işlevler) karşı yüksek bir duyarlılık yeteneği ile içsel kasılma özerkliğine sahiptir. Başta sempatik lifler olmak üzere otonom sistemin sinirleri ile çevrilidirler ve lenfatik taşınmayı daha iyi koordine etmek için hareket edebilirler. Lenfatik damarlar, lenfatik taşıma işlevini iyileştirerek veya kötüleştirerek elastik kapasitelerini adapte eder ve değiştirir.

Yakın bağlantılarla birbirine bağlanan bitişik endotel hücrelerinin sitoplazmik uzantılarından oluşan birincil kapakçıklar vardır. Bu hücrelerin kapakçıkları içeriye doğru çıkıntı yapar; bu şekilde içeri giren dışarı çıkamaz. Son olarak, intraluminal valfler (daha zayıf) lenfatik damarın karşı taraflarına tutturulmuş ve zonüllere (hücreyi çevreleyen bir bant içeren çevre kavşağı) bağlı iki tabakadır. Lenf, örneğin kas kasılmasının neden olduğu harici mekanik kompresyonlar ve kendi içsel kasılma yetenekleri nedeniyle akar.

Lenfatik sistem yaşlanmaya, elastikiyetini kaybetmeye ve zamanla “anevrizmalar” oluşturmaya ya da kan damarlarının veya lenfanjiyonların (lenfatik işlevsel birim) sayısının azalmasına maruz kalır. Son kanıtlar, lenfatik damarların vagal kolinerjik tipte ve sempatik tipte bir sinir sistemi tarafından desteklendiğini, kasılma lifleri (aktin benzeri bir protein ile) ile donatılmış damarların kasılmasını (peristalsis, ayrıca arterlerin nefes alması ve nabız atması ile yardımcı olur) modüle edebildiğini ortaya koymaktadır. Bu ince sinirler lenfatik damarın dış tabakasına ulaşır ve daha sonra en derin endotel tabakasına ulaşır; bu sinir ağı yaşlı insanlarda bozulur. Hem parasempatik hem de sempatik sistemlerin varlığı

muhtemelen gerilim veya damar tonu modölatörleri ve damarın kasılma tabakasının bir sensörüdür(Bordoni et al., 2018).

Dural Sistem

Dural sistem, lenfatik sistem adı verilen bir lenfatik sisteme sahiptir. Beyin omurilik sıvısı (BOS) venöz sistem ve lenfatik sistem aracılığıyla boşaltılır.

Dural lenf damarları kendilerini beynin ven ve arterlerine yan yana yerleştirirler; daha spesifik olarak, pterygopalatin arterin ters yolunu ve internal karotisin bir dalını izleyerek kafatasından çıkarlar ve kafatasına giden dış ven yollarından ve kafatasından çıkan kranial sinirlerden geçerler.

Lenfatik damarlar kribriiform plakanın ven yollarını takip ederek nazal mukozaya doğru ilerler ve BOS'tan çıkan yolları izler. Lenfatik sistem interstisyel sıvıyı ve BOS'u subaraknoid boşluktan emer ve kafatasının dışına, daha spesifik olarak tabandan servikal omurgaya kadar taşır. Bu mekanizma uyku sırasında daha güçlüdür(Bordoni et al., 2018).

Sinirler

Fasyal sistemi etkileyen innervasyon otonomdur: sempatik ve parasempatik. Fasyal sistem aynı sinir yapısını (epi/peri/endonörium) oluşturur. Tüm katmanlar innerve edilmiştir ve ince ancak potansiyel olarak önemli bir nosiseptör pleksusuna sahiptir(Bordoni et al., 2018).

Kaslar

Bağlantı Sistemi Organizasyonu Kasların Şeklini Verir(Schleip et al., 2018).Fasyal yapı, üretilen kuvveti iletme

yeteneğini büyük ölçüde verir. İkincisi, yalnızca üretilen mekanik gerginliğin taşıyıcısı olarak işlev görmez, aynı zamanda miyoelektrik enerjiyi korumak için mekanik enerjiyi depolar. Çeşitli kas katmanlarını belirleyen bağ dokusu, büyük oranda fibroblasttan kaynaklanır.

Kaslar, sitoskeletonlarının morfolojisini hızla değiştirerek üretilen ve hissedilen mekanik gerginliği yönetmede değerli bir rol oynar; bu mekanizma fibroblastların müdahalesiyle kolaylaştırılır. Miyofasyal sistem (bağlayıcı ve kasılabilir doku) tarafından hissedilen mekanik uyarım kısa bir süre mevcutsa, morfolojik değişim geçici olacaktır. Mekanik kuvvetler miyofasyal sistemi yeniden şekillendirmeye devam ederse, form ve işlevde kronik bir değişim olacaktır. Potansiyel olarak her fibroblast, kendisine yakın olanın ve kendisinden uzakta olanın işlevsel durumunun farkındadır ve bu da fasyal ve mekanik sürekliliği sağlar. Bağ dokusunda, henüz tam olarak incelenmemiş ve kataloglanmamış başka hücre tipleri de vardır.

Kasları kaplayan ve bölen yüzeysel ve derin fasyal dokuda, fibroblast benzeri hücrelere fasyositler denir. Bu hücreler hiyaluronik asit (ECM'nin yüksek moleküler ağırlıklı glikozaminoglikan polimeri) üretiminde uzmanlaşmıştır; ikincisi gerginliklerin azaltılmasını sağlar, hücre boşluklarını doldurur ve farklı doku katmanlarının kaymasını sağlar. Büyük olasılıkla en fazla innervasyonun olduğu bölgelerde (sinir uçları, Pacini ve Ruffini cisimcikleri) yerleşeceklerdir.

Bağ dokusunda bulunan bir diğer hücre türü telositir. Fasyal alanda bu tür hücrelerle ilgili, özellikle lata fasya, torakolomber, krural ve plantar için çok az çalışma vardır. İnsan vücudunun birçok

dokusunda bulunurlar ve birçok biyolojik süreçte yer alırlar. Telositler fasyal ağda bir ağ oluştururlar. Homoselüler bağlantılar (telositler dahil) ve heteroselüler bağlantılar (telositler ve fibroblastlar, endotel hücreleri, kök hücreler, yağ hücreleri vb.) oluşturabilirler. Bu temaslar yoluyla metabolik ortamı etkileyebilir ve onarım ve yeniden şekillendirmede rol oynayabilirler. Muhtemelen telositler hyaluronik asit üretimini etkileyebilir. Bu hücrelerin fasyadaki kesin rolü hala bilinmemektedir(Bordoni et al., 2018).

KAYNAKLAR

Bordoni, B., Mahabadi, N., & Varacallo, M. (2018). Anatomy, Fascia.

Bove, G. M. (2008). Epi-Perineurial Anatomy, Innervation, And Axonal Nociceptive Mechanisms. *J Bodyw Mov Ther*, 12(3), 185-190. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2008.03.004>

Bove, G. M., & Light, A. R. (1997). The Nervi Nervorum: Missing Link For Neuropathic Pain? Pain Forum,

Duncan, R. (2021). *Myofascial Release*. Human Kinetics.

Gilloteaux, J. (1998). *Terminologia Anatomica*. *International Anatomical Terminology*. Georg Thieme Verlag.

Gordon, M. K., & Hahn, R. A. (2010). Collagens. *Cell Tissue Res*, 339(1), 247-257. <https://doi.org/10.1007/S00441-009-0844-4>

Hedley, G. (2008). Demonstration Of The Integrity Of Human Superficial Fascia As An Autonomous Organ. *J Bodyw Mov Ther*, 12(3), 258.

Hedley, G. (2010). Notes On Visceral Adhesions As Fascial Pathology. *Journal Of Bodywork And Movement Therapies*, 14(3), 255-261.

Huijing, P. A. (2009). Epimuscular Myofascial Force Transmission: A Historical Review And Implications For New Research. International Society Of Biomechanics Muybridge Award Lecture, Taipei, 2007. *J Biomech*, 42(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.09.027>

Kumka, M., & Bonar, J. (2012). Fascia: A Morphological Description And Classification System Based On A Literature

Review. *J Can Chiropr Assoc*, 56(3), 179-191.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22997468>

Langevin, H. M., & Sherman, K. J. (2007). Pathophysiological Model For Chronic Low Back Pain Integrating Connective Tissue And Nervous System Mechanisms. *Med Hypotheses*, 68(1), 74-80.
<https://doi.org/10.1016/j.mehy.2006.06.033>

Passerieux, E., Rossignol, R., Chopard, A., Carnino, A., Marini, J. F., Letellier, T., & Delage, J. P. (2006). Structural Organization Of The Perimysium In Bovine Skeletal Muscle: Junctional Plates And Associated Intracellular Subdomains. *J Struct Biol*, 154(2), 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2006.01.002>

Pawlina, W. (1979). *Histology: A Text And Atlas, With Correlated Cell And Molecular Biology*. Alexander Books.

Purslow, P. P. (2002). The Structure And Functional Significance Of Variations In The Connective Tissue Within Muscle. *Comparative Biochemistry And Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133(4), 947-966.

Schleip, R., Hedley, G., & Yucesoy, C. A. (2019). Fascial Nomenclature: Update On Related Consensus Process. *Clin Anat*, 32(7), 929-933. <https://doi.org/10.1002/ca.23423>

Schleip, R., Wilke, J., Schreiner, S., Wetterslev, M., & Klingler, W. (2018). Needle Biopsy-Derived Myofascial Tissue Samples Are Sufficient For Quantification Of Myofibroblast Density. *Clin Anat*, 31(3), 368-372.
<https://doi.org/10.1002/ca.23040>

Stecco, C., Pavan, P. G., Porzionato, A., Macchi, V., Lancerotto, L., Carniel, E. L., Natali, A. N., & De Caro, R. (2009). Mechanics Of Crural Fascia: From Anatomy To Constitutive Modelling. *Surg Radiol Anat*, 31(7), 523-529. <https://doi.org/10.1007/S00276-009-0474-2>

Terminology, F. I. C. O. A. (2008). *Terminologia Histologica: International Terms For Human Cytology And Histology*. Lippincott Raven.

Vleeming, A., Pool-Goudzwaard, A. L., Stoeckart, R., Van Wingerden, J. P., & Snijders, C. J. (1995). The Posterior Layer Of The Thoracolumbar Fascia. Its Function In Load Transfer From Spine To Legs. *Spine (Phila Pa 1976)*, 20(7), 753-758. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7701385>

Yahia, L. H., Pigeon, P., & Desrosiers, E. A. (1993). Viscoelastic Properties Of The Human Lumbodorsal Fascia. *J Biomed Eng*, 15(5), 425-429. [https://doi.org/10.1016/0141-5425\(93\)90081-9](https://doi.org/10.1016/0141-5425(93)90081-9)

BÖLÜM II

TORAKOLOMBER FASYA VE BEL AĞRISI

Seyde Büşra KODAK¹

1. Giriş

Omurgalılarda bel ağrısını veya daha da iyisi lokomasyonu anlamak ve tedavi etmek için genellikle tanımlayıcı anatomiye dayalı modeller kullanılır. Bu anatomi dalı, vücudumuzun hangi yapılardan oluştuğu sorusunu yanıtlamak ve bunları kategorize etmek için geliştirilmiştir. Omurga, pelvis ve bacaklar gibi kategoriler öncelikle kemik anatomisine dayanır. Biyomekaniğe güçlü bir şekilde bağlı olan lokomotor sistemin fonksiyonel anatomisi, kemiklerin, bağların ve kasların bir sistem olarak nasıl çalıştığını açıklamaya çalışır. Sonuç olarak, omurga ve pelvis gibi kategorilerin kullanımı yanıltıcı olabilir. Biyomekanik ve nörofizyolojik bir bakış açısından bunlar tamamen entegredir. Örneğin, "sırt kasları" tanımlayıcı anatomide tipik olarak omurga

¹ Öğr. Gör., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Kırşehir/Türkiye, Orcid: 0000-0003-2226-6056, seyde.kodak@ahievran.edu.tr

olarak kategorize edilir. Ancak, bu "sırt kaslarının" bazı kısımları sakroiliak (SI) eklemleri birleştirir. Örneğin, insanda multifidus kası hem sakruma hem de iliak çıkıntıya geniş bir şekilde bağlanır (Vleeming, 1995).

Tanımlayıcı anatomik modellerin kullanımıyla, SI eklemleri bölgesindeki ağrıyı bel ağrısının bir parçası olarak değil, ayrı bir sendrom olarak görmek uygun olabilir. Ancak, bu eklemler omurga-pelvis-bacak mekanizmasına tam ve önemli bir şekilde entegre edilmiştir. Bu mekanizmanın düzgün çalışması için pelvisin (pelvisin dış hareketi) ve SI eklemlerinin ve simfiz (pelvisin iç hareketi) stabilitesine, pelvise bağlı üç kolun etkili bir şekilde kullanılmasına ihtiyaç vardır: iki bacak ve omurga. SI eklemleri boyunca etkili yük transferi, çeşitli kasların belirli bir şekilde hareket etmesini gerektirir ve bu da SI eklemine yeterli şekilde sıkıştırılmasını sağlayarak kaymayı önler. Kompresyonu artırmada biceps femoris ve gluteus maximus kasları bir rol oynar. Her iki kas da SI eklemine işlevsel olarak köprüleyen sakrotüberöz (ve kısmen sakrospinöz) bağa bağlıdır. Açıkçası, SI eklemleri bölgesindeki ağrı mutlaka yerel bir sorun değildir; başarısız bir yük transfer sisteminin belirtisi olabilir.

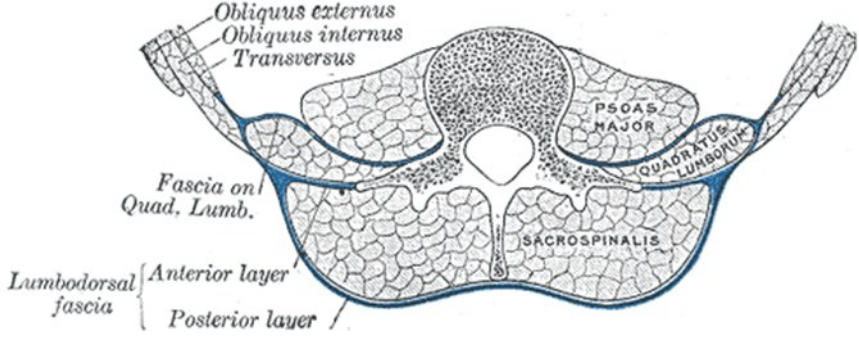
Güçlü torakolomber fasya (TLF) gövdeden bacaklara yük transferi için kullanılabilir. Bu fasyanın posterior (PLF) ve orta tabakası (MLF), kaslarla olan çoklu bağlantıları nedeniyle özel ilgi görmektedir. Asıl ilgi, bu fasya üzerindeki kas kaynaklı gerginliğin, omurga, pelvis, bacaklar ve kollar arasında yükün etkili bir şekilde aktarılmasına yardımcı olup olamayacağıdır. Anatomik açıdan bakıldığında, torakolomber fasyanın arka tabakası, sakral bölgeden torasik bölge boyunca fasya nukalarına kadar sırt kaslarını kaplar. L4-L5 ve sakrum seviyesinde yüzeysel ve derin lamina arasında

güçlü bağlantılar vardır. Transvers abdominal ve internal oblik kaslar, torakolomber fasyanın orta tabakasının ve arka tabakanın her iki laminasının füzyonuyla oluşan yoğun bir raphe aracılığıyla torakolomber fasyaya dolaylı olarak bağlanır. Bu "lateral raphe" erector spinae'nin lateralinde ve iliak krestin kranialinde yer alır.

Lumbosakral omurga, vücudun duruşsal stabilitesini sürdürmede merkezi bir rol oynar; ancak, lomber omurga tek başına günlük olarak taşıdığı normal yükleri taşıma kapasitesine sahip değildir .Lomber omurları sakral tabanda sabitlemek, gövdeyi çevreleyen karmaşık bir miyofasyal ve aponevrotik kuşak desteğini gerektirir . Vücudun arka duvarında, bu kuşaklama yapısının merkezi noktası, alt sırt ve sakral bölgenin paraspinal kasları etrafında retinakulumu oluşturan aponevrotik ve fasyal düzlemlerin bir karışımı olan torakolomber fasyadır (TLF) (Willard et al., 2012).

2. Torakolomber Fasya Anatomisi

Torakolomber fasya (lomber fasya veya torakodorsal fasya) sırtın derin fasyasıdır. Gövde de erector spinae kompleksinin üzerinden geçerek, torasik ve lomber bölgelerinde yer alır. Vertebra'nın torasik bölgesinde extansör kaslar için örtü görevi görür. Medial olarak torasik omurların spinalarına, lateral olarak ise kaburgalara açılına yakın bir yerden bağlanır. Lomber bölgede, vertebra spinalarına bağlanır, ancak buna ek olarak karın duvarının düz kaslarına lateral olarak bağlanan güçlü bir aponevroz oluşturur. Medial olarak ön, orta ve arka katmanlara ayrılır. İlk iki katman quadratus lumborum'u çevreler ve son ikisi erector spinae ve multifidus kasları için bir kılıf oluşturur. Altta, iliolumbar ligament, iliak krest ve sakroiliak ekleme bağlanır.



Şekil 1: Enine kesit: karın arka duvarı - TLF fasya yerleşimi(Newell, 2023).

2.1. Yüzeysel Lamina

Torakolomber fasyanın arka tabakasının yüzeysel laminası, latissimus dorsi, gluteus maximus ve kısmen karın external obliquus ve trapezius kası ile devam eder. Yüzeysel laminanın lateral sınırı Crist iliakanın cranialı ile latissimus dorsi kasının birleştiği nokta olarak belirlenmiştir. Ayrıca yüzeysel laminanın romboid majör kasının alt sınırına değişken kalınlıkta bir bağlantısı olduğu bildirilmiştir. Yüzeysel laminanın lifleri kraniolateralden kaudomediale doğru yönlendirilmiştir. Yüzeysel lamina liflerinin çoğu latissimus dorsi'nin aponevrozundan gelir ve supraspinal bağlara ve L4'ün kranialindeki spinöz prosesusa bağlanır. Kontralateral tarafa geçerek burada sakruma, spina iliaca posterioir superiore ve crista iliacaya bağlanırlar. Bu fenomenin meydana geldiği seviye değişir: genellikle L4'ün kaudalinde ancak bazı preparatlarda zaten L2–L3'tedir.

Sakral seviyelerde yüzeysel lamina gluteus maximus'un fasyasıyla devam eder. Bu lifler kraniomedialden kaudolaterale doğru yönlendirilir. Bu liflerin çoğu crist sacralis medianaya bağlanır. Ancak, L4–L5 seviyesinde ve hatta bazı örneklerde S1–S2

kadar kaudalde, lifler orta çizgiyi geçerek kontralateral spina iliaca posterior superiora ve crista iliaca'ya bağlanır. Bu liflerin bazıları lateral raphe ile ve latissimus dorsi fasyasından türetilen liflerle birleşir. Latissimus dorsi ve gluteus maximus'un farklı lif yönleri nedeniyle, yüzeysel lamina L4–L5 seviyesinde ve bazı preparatlarda L5–S2'de de çapraz çizgili bir görünüme sahiptir.

2.2. Derin Lamina

Alt lomber ve sakral seviyelerde derin lamina lifleri kraniomedialden kaudolaterale doğru yönelmiştir. Sakral seviyelerde bu lifler yüzeysel lamina lifleriyle kaynaşmıştır. Derin lamina lifleri burada sakrotüberez ligamentle sürekli olduğundan, bu ligament ile yüzeysel lamina arasında dolaylı bir bağlantı vardır. Ayrıca derin lamina liflerinin bazılarıyla doğrudan bir bağlantı da vardır. Pelvik bölgede derin lamina, spina iliaca posterior superiora, iliak tepeciklere ve uzun posterior sakroiliak ligamentle bağlantılıdır. Bu ligament sakrumdan kaynaklanır ve spina iliaca posterior superiora bağlanır. Lomber bölgede derin lamina lifleri interspinöz ligamentlerden türer. İliak tepciğe ve daha kranial olarak internal obliğin bağlandığı lateral raphe'ye bağlanırlar. Bazı örneklerde, derin lamina lifleri L5–S1 arasındaki karşı tarafa geçer. Median sakral tepe ile posterior superior ve inferior iliak dikenler arasındaki çukurda, derin lamina lifleri erector fasyasıyla kaynaşır. Daha kranial olan lomber bölgede, derin lamina daha ince hale gelir ve sırt kasları üzerinde serbestçe hareket edebilir. Alt torasik bölgede serratus posterior inferior kasının lifleri ve fasyası derin lamina lifleriyle kaynaşır (O'rahilly et al., 1990).

2.3. Torakolomber Fasya İşlevi

Vertebral spinalara olan geniş bağlantısı aracılığıyla, torakolomber fasya supraspinöz ve interspinöz ligamentlere ve faset eklemlerinin kapsülüne bağlanır (Willard, 2007). Willard ve ark. yaptığı çalışmada bu 'interspinöz-supraspinöz-torakolumbar ligament kompleksinin' lomber omurgaya merkezi destek sağladığını savunur. Ayrıca, birçok kastan gelen stresi, çok sayıda faset eklem kapsülüne aktarır (Willard, 2007). Özellikle fasya'nın arka tabakasına ilgi duyulmaktadır çünkü bu tabaka omurga, pelvis ve alt ekstremiteler arasında kuvvet aktarımında önemlidir (Vleeming, 1995). Bu, vücudun en büyük iki kası olan latissimus dorsi ve gluteus maximus'u birbirine bağlayan, güçlü ve parlak bir bağ dokusu tabakası olan yüzeysel olarak yerleşmiş bir zardır. Vleeming ve ark. göre , bu kasları işlevsel olarak, üst ve alt ekstremitenin koordineli aktivitelerini, özellikle yürüme ve koşma sırasında karşı taraf kol ve bacakların sarkaç benzeri hareketlerini teşvik edecek şekilde birbirine bağlar. Vleeming ve ark. yorumladığı gibi, gluteus maximus ve latissimus dorsi arasındaki bağlantı, belirli bir kası 'üst ekstremité' veya 'alt ekstremité' kası olarak kategorize ederken daha dikkatli olmamız gerektiği anlamına gelir. Transversus abdominis ve internal oblik kasların torakolomber fasya orta tabakası aracılığıyla vertebral transvers çıkıntıların uçlarına bağlandığı uzun zamandır biliniyor olmasına rağmen, Barker ve ark. bu bağlanmanın gücü ve öneminin hafife alındığını savunmaktadır (Barker et al., 2007). Diseksiyonları onları, torakolomber fasya orta tabakasının vertebral transvers çıkıntılara yeterince kalın ve güçlü bir şekilde bağlandığı ve bu çıkıntıların güçlü transversus abdominis kasılmalarıyla koparılabilceği sonucuna götürmüştür. Dahası, torakolomber fasya ile transversus abdominis kasları arasındaki

bağlantıların gücünün, ikincisinin lomber segmental kontrolde önemli olabileceğini de öne sürmüşlerdir (Barker et al., 2007) .

TLF, gövdenin alt kısmını çevreleyen miyofasyal kuşağın kritik bir parçasıdır ve duruş, yük aktarımı ve solunumda önemli bir rol oynar. Fasiyal sistem, “vücut çapında gerilimli kuvvet aktarım sisteminin bir parçası olan fibröz kolajen dokudur.” TLF nosiseptif serbest sinir uçları içerir ve idiyopatik bel ağrısının olası bir kaynağını temsil ettiği öne sürülmüştür. Buna ek olarak, TLF nosiseptörlerinin kimyasal olarak uyarılmasının ciddi ve özellikle uzun süreli hassasiyet süreçleri ortaya çıkardığı gösterilmiştir. Torakolomber fasyanın yaralanması genellikle alt torasik omurga ve lomber omurga / paraspinal bölgelerde gerginlik, spastisite ve tonus artışı şeklinde kendini gösterir ve şiddetli ağrılara neden olur.

3. Torakolomber Fasya ve Bel Ağrısı İlişkisi

Lumbodorsal fasya (LF), idiyopatik bel ağrısının olası bir kaynağını temsil ettiği ileri sürülmüştür. Aslında, histolojik çalışmalar, LF içinde nosiseptif serbest sinir uçlarının varlığını göstermiştir; bu uçlar, ayrıca, kronik bel ağrısı olan hastalarda morfolojik değişiklikler sergilemektedir. Ancak, bu özelliklerin ağrının etiyojisi ile nasıl ilişkili olduğu belirsizdir. LF'nin deneysel olarak uyarılması yoluyla in vivo bel ağrısının ortaya çıkarılması, dorsal boynuz nöronlarının uyarılabilirliklerini artırarak tepki verdiğini göstermektedir. Fasya ile ilişkili dorsal boynuz nöronlarının bu şekilde hassaslaştırılması, sırayla, LF'deki mikro yaralanmalar ve/veya inflamasyonla ilişkili olabilir (Wilke et al., 2017). Mevcut araştırmalar, lumbodorsal fasya'nın nosiseptif mekanizmalar aracılığıyla bel ağrısına (LBP) neden olmada rol oynayabileceğini öne sürmektedir (Wilke et al., 2017).

Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) kullanılarak teşhis edilen disk patolojileri, mutlaka bel ağrısının nedensel alt yapısını temsil etmez (Jensen et al., 1994). Bu nedenle, psikolojik, çevresel, genetik veya diğer morfolojik faktörler de dahil olmak üzere çeşitli öngörücüler tartışılmıştır (Balague et al., 2012). İkincisi ile ilgili olarak, Panjabi(Panjabi, 2006), lomber bağ dokularındaki mikro yaralanmaların idiyopatik bel ağrısına katkıda bulunan bir faktör olabileceğini öne sürmüştür. Hipotezi yalnızca paraspinal bağ dokularına atıfta bulunsa da, diğer yazarlar lumbodorsal fasya'nın (LF) da benzer mikro yaralanmalar için bir aday olarak değerlendirilmesi gerektiğini savunmuştur (Schleip et al., 2007). Son yıllarda, bu yeni hipotezle bağlantılı çok sayıda çalışma yayınlanmıştır. Yapılan çalışmalarda morfolojik değişikliklerle ilgili olarak, Langevin ve ark. tarafından yapılan ultrason incelemesi (Langevin et al., 2011), kronik bel ağrısı hastalarının LF'sinde sağlıklı kontrollerle karşılaştırıldığında kayma gerilimi iletiminde bir azalma olduğunu göstermiştir. Bu değişikliğin, Dittrich(Dittrich, 1963) ve Bednar ve ark. (DA, 1995) tarafından önerilen etiyojolojiye uygun olarak, önceki yaralanma veya inflamasyondan kaynaklanan doku yapışıklıklarıyla açıklanması makul görünmektedir. Buna ek olarak, hareketsizlik veya inaktivite, katmanlar arasındaki hyaluronik asidin tiksotropik davranışı nedeniyle potansiyel olarak azalmış kayma gerilimine neden olan başka bir faktörü temsil etmektedir (Stecco et al., 2013). Bu nedenle, doku değişikliklerinin bel ağrısı hastalarında günlük lomber hareketlerdeki azalmanın sonucunu temsil etmesi oldukça olasıdır.

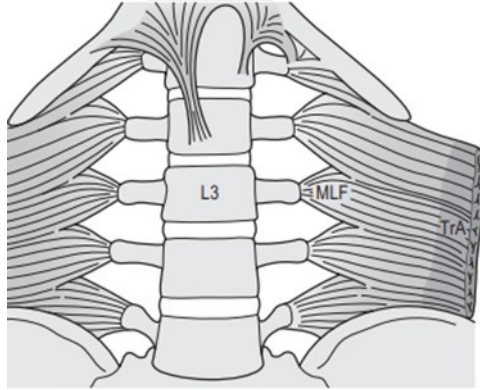
Kronik LBP'si 12 aydan uzun süredir olan kişilerde lomber bölgedeki anormal bağ dokusu yapısıyla ilgili ilk niceliksel çalışma (Langevin et al., 2009) , ultrason kullanılarak , LBP grubunda

lomber bölgedeki perimusküler bağ dokusu yapısının kalınlığının ve ekojenitesinin (yağ varlığının bir sonucu olduğu düşünülüyor) No-LBP grubuna kıyasla arttığını buldu. Anormal bağ dokusu yapısı, LBP için yatkınlık yaratan bir faktör veya kronik ağrı sonucu oluşan yaralanma ve/veya hareket kalıplarındaki değişikliklerin bir sonucu olabilir. Yaralanmanın potansiyel olarak önemli bir sonucu, bitişik bağ dokusu katmanlarının bağımsız hareketinin kaybına neden olan fibrozis ve yapışıklıklar olabilir ve bu da vücut hareketlerini daha da kısıtlayabilir (Langevin et al., 2009). Yıbe başka bir çalışmada kronik bel ağrısı olan insan deneklerinde torakolomber fasya kayma gerilimi yaklaşık %20 daha düşüktü. Kayma düzlemi hareketindeki bu azalma anormal gövde hareket kalıplarından ve/veya içsel bağ dokusu patolojisinden kaynaklanıyor olabilir. Torakolomber fasya kayma gerilimindeki cinsiyete bağlı bazı farklılıklar var gibi görünüyor ve bu farklılıklar da değişmiş bağ dokusu işlevinde rol oynayabilir (Langevin et al., 2011).

TLF'nin anatomisi hakkında genel argümanlar

Torakolomber fasyaya bütünleşik anatomik bir şekilde bakmanın bir diğer yaklaşımı Willard'ın (2007) anatomik çalışmasıdır. Willard, multifidus üzerindeki miyofasyal kılıfı da içeren TLF'nin, supraspinöz ligament, flavum ligamenti ve faset eklem kapsülü ile sürekli olduğunu ve daha derin ligamentlerin burada açıklandığı gibi olduğunu gösterir. Barker ve Briggs (2007), TLF'nin orta tabakasının (MLF) ve arka tabakasının (PLF) enine gerginlik oluşturmak için uygun bir morfolojiye sahip olduğunu ve gerginlik yüklerini bağlı kaslardan tüm lomber vertebralara iletebildiğini özetler. Ancak MLF daha doğrudan bir yol sağlar ve transversus kasının gerginliğinin çoğunu ilettiği belirtilir (Şekil 1). Her iki katmandaki (PLF ve MLF) gerilim, sagittal düzlemdeki

segmental kontrolün özelliklerini etkileyebilir ve en büyük etkilerin transvers düzlemde olması öngörülür.



Şekil 2: Multifidus kılıfının supraspinöz ligamana bağlanması. Torakolomber fasya (TLF) ve multifidus kılıfı, multifidus kasını ortaya çıkarmak için uzunlamasına kesilmiştir. (A) İliocostalis ve longissimus kasları çıkarılmıştır (Barker & Briggs, 2007).

SI eklemlerinin biyomekanik bir modeli önerildi. Çoğunlukla düz yüzeylere sahip eklemlerin büyük kuvvet momentlerini aktarmaya uygun olduğu, ancak eklem yüzeyleri düzlemindeki kuvvetlere karşı savunmasız olduğu belirtildi. Bu nedenle düz eklem yüzeyleri kısıtlı eklem hareketleriyle birlikte gelir. Anatomik ve biyomekanik bulgulara dayanan SI eklemlerinin bir modelinde form ve kuvvet kapanması ilkesi tartışıldı. Form kapanması, gerçek yük durumu göz önüne alındığında sistemin durumunu korumak için ekstra kuvvete ihtiyaç duyulmayan, sıkı oturan eklem yüzeylerine sahip kararlı bir durumu ifade eder. Bu durumda, dikey yükün etkilerini dengelemek için yanıl kuvvetlere ihtiyaç duyulmaz. Kuvvet kapanışında lateral bir kuvvete ihtiyaç vardır. Dalgalı formu ve simetrik sırtları ve çöküntüleri, sıkıştırma

ve üretilen sürtünme ile birleşen SI eklemi, bir eklem (diğer eklemler gibi) form ve kuvvet kapanışının bir kombinasyonu ile stabil kalmasına bir örnektir. Kuvvet kapanışının yeterli olmaması durumunda, örneğin yetersiz kas hareketi ve dolayısıyla yetersiz bağ gerginliği nedeniyle, form kapanışı önemli hale gelir(Vleeming, 1990).

Pelvik instabilite (ve doğum sonrası ağrı), SI eklemlerinin kendi kendini destekleme modeline uyan bir cihaz olan pelvik kemerin uygulanmasıyla kısmen ve geçici olarak hafifletilebilir. Kuvvet kapanışı, büyük trokanterin hemen kranialinde ve SI eklemlerinin kaudalinde bulunan böyle bir kemerle artırılır. Kemer, bir ayakkabının bağcıklarının hareketine benzeyen küçük bir kuvvetle kullanılabilir. Bu çalışmada gösterildiği gibi, gluteus maximus ve kontralateral latissimus dorsi'nin birleşik işlevi ayrıca SI eklemlerine dik bir kuvvet yaratır. Aynı şekilde transversusun kaudal lifleri ve internal oblik kas için de geçerlidir(Snijders et al., 1976).

Gluteus maximus ve latissimus dorsi, kuvvetleri posterior tabaka aracılığıyla kontralateral olarak iletebildikleri için özel ilgiyi hak ediyor(Mooney et al., 2001). Ayrıca MLF'nin rolünü ve özellikle transvers ve internal oblik kasların MLF üzerindeki önemli etkisini kısaca açıkladık. Ancak gerçeklik daha karmaşıktır. PLF'nin derin tabakasının hemen önünde hem longissimus hem de iliocostal kasının lomber kısmını ve daha derinde yatan multifidus kaslarını örten çok güçlü erector spinae aponevroz bulunur. Bu aponevroz, multifidus ile sakrumun dorsal tarafına ve kısmen iliuma karışır. Hem erector kasın hem de multifidusun kasılması, doğrudan çekme yoluyla ve dolaylı olarak torakolomber fasyanın tüm arka tabakasını genişleterek derin laminadaki gerginliği artıracak, ancak aynı

zamanda orta tabakanın gerginliğini de etkileyecektir. Transvers ve internal oblik sağlıklı bireylerde diğer kaslardan daha erken ateşlenirse, TLF kılıfının "tabanı" (MLF) gerilecektir, bu da PLF üzerinde küçük bir etki yaratacaktır. Bu durumda, erector ve multifidus kasılmaları daha verimli hale gelecektir çünkü fasyal kılıfın gevşekliği azalmıştır. Bu nedenle TLF kılıfı içinde (arka, orta ve ön tabaka) bu güçlü aponevrotik fasya/tendonun mevcut olduğunu fark etmeliyiz. Dahası, kalça eklemleri boyunca pelvisin herhangi bir dış hareketinin TLF'deki gerginliği ve ayrıca laterofleksyon ve rotasyonla veya onlarsız gövdenin göreceli fleksiyon veya ekstansiyon pozisyonunu etkilediğini fark etmeliyiz. Tüm bu faktörler fasyal kılıfın dış ve iç dinamiklerini -kuvvet ve basıncı- değiştirecektir. Daha uzak etkiler bile dikkate alınmalıdır. Bacağın fasya latae'si ve özellikle en belirgin kısmı olan iliotibial bant, vastus lateralis kası tarafından genişletilebilir ve gerilebilir. Örneğin, bir futbolcu ayakta duran bacağı fleksiyondayken topa vurduğunda hem vastus lateralis hem de gluteus maximus aktif olacaktır. Bu iki kas birbirinin işlevini etkiler, çünkü gluteus maximus'un büyük bir kısmı doğrudan fasya latae'nin iliotibial yoluna bağlıdır ve bu yol da vastus tarafından genişletilebilir. Sonuç olarak, fasyal transfer yolu TLF'nin üç katmanının kılıfıyla sınırlı değildir(Mooney et al., 2001).

TLF kılıfı içinde kasların farklı türde çekme mukavemetine sahip bağ dokusundan oluştuğunun farkına varılmalıdır: "gevşek" bağlı doku, tendonlar, aponevroz ve fasya. Bu nedenle TLF'yi kas dokusuyla "doldurulmuş" bir bağ dokusu kılıfı olarak düşünmek bir yanılsamadır! Kasılma elemanlarıyla dolu, işlevsel olarak birleştirilmiş bir bağ dokusu birimidir. Bölümün içeriğinde omurganın ve pelvisin kuvvetle kapanmasını ele aldık. Multifidus ve

erector kaslarının aktivasyonu ve erector spinae aponevrozundan kaynaklanan sonraki gerginlik (hepsi TLF kılıfı içinde yer alır) alt omurgada güçlü bir uzatma etkisi ve sakrumda bir nutasyon etkisi geliştirir. Yatar pozisyonundan ayakta durma veya oturma pozisyonuna geçerken sakrum iliuma göre nutasyon yapar ve sakrospinöz, sakrotüberöz ve interosseöz bağların gerginliğini artırarak sakroiliak eklemin kuvvetle kapanmasını daha da artırır. Nutasyon lomber vertebranın uzamasıyla birleşir. SIJ'nin nutasyonu iliumun sakruma göre posterior rotasyonu anlamına gelir. Lomber vertebraların uzaması iliumun posterior rotasyonu ile birleştiğinde iliolumbar bağlardaki gerginlik artar ve SIJ'nin kuvvetle kapanmasını lomber omurgaya bağlar. Son olarak, torakolomber fasya, kaslar ve diğer büyük fasyal sistemler arasındaki bağlantı nedeniyle, belirli kasları yalnızca kola, omurgaya veya bacağına ait olarak kategorize ederken çok dikkatli olmak gerekir. Omurga, pelvis ve bacaklar arasında kuvvetlerin aktarılmasında torakolomber fasya önemli bir rol oynar ve kuvvetleri kranial, kaudal ve ayrıca diyagonal olarak aktarır.

Kaynaklar

Balague, F., Mannion, A. F., Pellise, F., & Cedraschi, C. (2012). Non-specific low back pain. *Lancet*, 379(9814), 482-491. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60610-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60610-7)

Barker, P., & Briggs, C. (2007). Anatomy and biomechanics of the lumbar fasciae: implications for lumbopelvic control and clinical practice. In *Movement, Stability & Lumbopelvic Pain: Integration of Research and Therapy* (pp. 63-73). Churchill Livingstone.

Barker, P. J., Urquhart, D. M., Story, I. H., Fahrer, M., & Briggs, C. A. (2007). The middle layer of lumbar fascia and attachments to lumbar transverse processes: implications for segmental control and fracture. *Eur Spine J*, 16(12), 2232-2237. <https://doi.org/10.1007/s00586-007-0502-z>

DA, B. (1995). Observations on the pathology of the thoracolumbar fascia in chronic mechanical low back pain. *Spine*, 20, 1161-1164.

Dittrich, R. (1963). Lumbodorsal fascia and related structures as factors in disability. *The Journal-lancet*, 83, 393-398.

Jensen, M. C., Brant-Zawadzki, M. N., Obuchowski, N., Modic, M. T., Malkasian, D., & Ross, J. S. (1994). Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. *New England Journal of Medicine*, 331(2), 69-73.

Langevin, H. M., Fox, J. R., Koptiuch, C., Badger, G. J., Greenan-Naumann, A. C., Bouffard, N. A., Konofagou, E. E., Lee, W. N., Triano, J. J., & Henry, S. M. (2011). Reduced thoracolumbar fascia shear strain in human chronic low back pain. *BMC*

Musculoskelet Disord, 12, 203. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-203>

Langevin, H. M., Stevens-Tuttle, D., Fox, J. R., Badger, G. J., Bouffard, N. A., Krag, M. H., Wu, J., & Henry, S. M. (2009). Ultrasound evidence of altered lumbar connective tissue structure in human subjects with chronic low back pain. *BMC Musculoskelet Disord*, 10, 151. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-10-151>

Mooney, V., Pozos, R., Vleeming, A., Gulick, J., & Swenski, D. (2001). Exercise treatment for sacroiliac pain. In (Vol. 24, pp. 29-32): SLACK Incorporated Thorofare, NJ.

Newell, E. E. (2023). *The Assessment of Physiological Stress Shielding as a Potential Contributor to the Progression of Low Back Pain*. McGill University (Canada).

O'rahilly, R., Müller, F., & Meyer, D. (1990). The human vertebral column at the end of the embryonic period proper. 4. The sacrococcygeal region. *Journal of anatomy*, 168, 95.

Panjabi, M. M. (2006). A hypothesis of chronic back pain: ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *Eur Spine J*, 15(5), 668-676. <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0925-3>

Schleip, R., Vleeming, A., Lehmann-Horn, F., & Klingler, W. (2007). Letter to the Editor concerning “A hypothesis of chronic back pain: ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction”(M. Panjabi). *European Spine Journal*, 16, 1733-1735.

Snijders, C., Serroo, J., Snijder, J., & Hoedt, H. (1976). Change in form of the spine as a consequence of pregnancy. Medical and biological engineering: 11th international conference, Ottawa, August 2-6, 1976: digest of papers,

Stecco, A., Gesi, M., Stecco, C., & Stern, R. (2013). Fascial components of the myofascial pain syndrome. *Curr Pain Headache Rep*, 17(8), 352. <https://doi.org/10.1007/s11916-013-0352-9>

Vleeming, A. (1990). *The sacro-iliac joint: a clinical-anatomical, biomechanical and radiological study*.

Vleeming, A. (1995). The role of the pelvic girdle in coupling the spine and the legs: a clinical–anatomical perspective on pelvic stability. *Movement, Stability & Lumbopelvic Pain*, 113-137.

Wilke, J., Schleip, R., Klingler, W., & Stecco, C. (2017). The lumbodorsal fascia as a potential source of low back pain: a narrative review. *BioMed research international*, 2017(1), 5349620.

Willard, F. (2007). The muscular, ligamentous, and neural structure of the lumbosacrum and its relationship to low back pain. In *Movement, Stability & Lumbopelvic Pain* (pp. 5-45). Elsevier.

Willard, F. H., Vleeming, A., Schuenke, M. D., Danneels, L., & Schleip, R. (2012). The thoracolumbar fascia: anatomy, function and clinical considerations. *J Anat*, 221(6), 507-536. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2012.01511.x>

BÖLÜM III

Mekik-Kilit Süspansiyonlu Transfemoral Amputasyonda Dizilim Ayarları

Ömer Faruk ÖZÇELEP¹
Enes DİLMEN²
Emir Batuhan KAHYA³
Can TURAN⁴

1. Giriş

Transfemoral protez diziliminin ilkeleri zaman içinde çok az değişmiştir. 1955 yılında Radcliffe, yapay uzvun “...mümkün olduğunca az enerji tüketerek hem yeterli desteği hem de doğal görünümlü bir yürüyüşü sağlaması gerektiği” şeklindeki ifadesiyle transfemoral hizalama konularına değinmiştir (Radcliffe 1955). Protez uzmanları, uygun soket uyumu; etkili süspansiyon; ve sıra,

¹ Öğretim Görevlisi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, Orcid:0000-0002-9232-2431, omer.ozcelep@ahievran.edu.tr

² Öğretim Görevlisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ortez ve Protez Bölümü, Orcid:0000-0002-3204-7052, enes.dilmen@omu.edu.tr

³ Öğretim Görevlisi, Doğu Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Meslek Yüksekokulu, Ortopedik Protez ve Ortez Programı, Orcid:0000-0001-8035-9352, batuhan.kahya@emu.edu.tr

⁴ Analiz Ortopedi, Orcid:0000-0003-1432-7816, cantrn0@gmail.com

statik ve dinamik hizalamalarda titizlik ile stabil ve etkili bir transfemoral yürüyüş modeli oluşturmaya çalışırlar. Bir hastaya takılmadan önce protez, bireyin kalça fleksiyonu, addüksiyon tutumu ve transvers uzuv yönelimini yansıtan sıra hizalaması yapılır (Owens ve Belmont Jr 2024). Soket genellikle bireyin maksimum kalça ekstansiyonundan 5° daha büyük bir fleksiyon açısına ayarlanır. Bu ilave kalça fleksiyonu, kullanıcının kontralateral uzuv ile yeterli bir adım atmasına izin verir ve erken duruşta daha verimli olmalarını sağlamak için kalça ekstansör kasları üzerinde hafif bir gerilme sağlar (Lee vd. 1997).

Transfemoral amputeler için bir dizi protez süspansiyon sistemi mevcuttur. Uygun bir süspansiyon sistemi seçerken sadece amputenin fonksiyonel ihtiyaçları değil, protezden memnuniyeti de göz önünde bulundurulmalıdır (Vazvani 2015). Süspansiyon sistemleri hakkında ne kadar net bilgi sahibi olunursa, ortez-protez uzmanı için seçim o kadar kolay olacaktır (Gholizadeh vd. 2014). Bu bölümde genç ve aktif bir hasta için yapılması planlanan astarlı mekik kilitli süspansiyona sahip protez için dizilim ayarları tartışılacaktır.

2-Transfemoral Amputasyonda Dizilim Ayarları

Transfemoral soket bireyin sağlam taraf kalça addüksiyonuna uyacak şekilde ayarlanır. Bu, femuru kalça eklemine altına hizalayacak ve gluteus medius üzerinde hafif bir gerilme yaratarak tek bacak desteği sırasında verimliliği artıracaktır (Köhler vd. 2021). Uygun miktarda soket addüksiyonunun ayarlanması, soketin proksimal lateral boşluk eğilimini de azaltır ve dar bir destek tabanının korunmasına yardımcı olur (Paternò vd. 2018). Transvers yönelim, kullanıcının ilerleme çizgisine ve transvers düzlemde yürüyüş sapmalarını en aza indirme gerekliliğine

göre belirlenir. Bu yönlendirme özellikle iskiumu içine alan soketlerin doğru şekilde takılması için önemlidir (Breen 2016).

Soket doğru yerleştirildikten sonra, protez diz ve ayağın yerleştirilmesine odaklanılmalıdır. Sağlam bireylerde kalça ekleminin koronal hizalaması tipik olarak doğrudan diz ve ayak bileği eklemlerinin üzerindedir (Khamis vd. 2024; Smit 2024). Transfemoral protezin ilk sıra hizalaması için gerçek kalça eklemi referans noktası olarak kullanılamaz çünkü soket üzerinde bulunamaz. Ancak, soket kenarında iskiyumun bulunduğu yerin 2,5 cm lateralinde bir noktanın baz alınması makuldür (Brodie vd. 2022). Protez diz ve ayak bileği eklemleri belirlenen bu noktanın hemen altına yerleştirilir. Başlangıçtaki koronal sıra hizalaması çift destek fazında stabilite sağlar, tek destek fazında bir miktar lateral itme kuvveti oluşturur ve 5 cm dar bir destek tabanı elde eder (Mroz 2023). Bu durumda protez diz ve ayak bileği, daha kısa rezidüel uzuvlar için veya istemli kontrolü zayıf olan bireylerde soketin altına daha lateral olarak yerleştirilmelidir. Ancak bu gerekli uyum, daha geniş bir destek tabanı oluşturarak enerji harcamasını artıracaktır.

Sağlam bireylerde, zemin reaktif kuvvetinin sagittal düzlem hizalaması kalça ekleminin posteriorunda, diz ve ayak bileğinin anteriorundadır. Bu anatomik hizalama, protez kullanıcısının minimum enerji harcayarak ayakta durmasını sağlar (Fitzsimmons 1995). Anatomik kalça eklemi protez soketinde referans noktası olarak kullanılamadığından, büyük trokanterin apeksi kullanılır. Sagittal düzlem sıra hizalaması için, stabil bir protez hizalaması oluşturmak amacıyla simüle edilmiş bir referans çizgisi kullanılır (Walpert 2024). Bu çizgi trokanter-diz-ayak bileği çizgisi olarak adlandırılır. Trokanter-diz-ayak bileği referans çizgisinin kullanımını anlamak için tek eksenli bir diz ve tek eksenli bir ayak

varsayılacaktır, çünkü bu bileşenler çok az doğal stabiliteye sahiptir ve genel protez sisteminin stabilitesinin soketin diz ve ayak bileği bileşenlerine göre hizalanmasıyla elde edilmesini gerektirir.

Trokanter-diz-ayak bileği hattı, trokanter için bir referans noktası belirlenerek ve kalça eklemının konumuna yaklaşılarak başlar. Bu nokta, soketi sagital düzlemde en proksimal yönünden ikiye bölerek makul bir şekilde tahmin edilebilir. Bunu, her protez ayak için farklı olan ve her bir üreticinin kılavuzlarında tanımlanan bir referans noktası olan protez ayak bileği eklemının yerleştirilmesi izler. Trokanter ile protez ve ayak bileği referans noktaları dikey olarak hizalandığında, protez diz uygun yüksekliğe ayarlanır ve üreticinin diz merkezinin sagital referans noktası için önerisine göre yerleştirilir. Bu nokta trokanter-ayak bileği çizgisinin posteriorunda, üzerinde veya anteriorunda olabilir. Diz merkezini çizginin posterioruna yerleştirmek güvenli bir hizalama yaratır çünkü bireyin ağırlığı ve yer reaksiyon kuvveti dizi ekstansiyonda kilitli tutar. Bu aynı zamanda istemsiz bir hizalama olarak da tanımlanabilir, çünkü dizi ekstansiyonda tutmak için istemli bir kontrol gerekmez. Bunun aksine, diz merkezinin trokanter-ayak bileği çizgisinin önüne yerleştirilmesi, bireyin dizin sagital stabilitesini istemli olarak kontrol etmesi gereken bir hizalama yaratır. Bu hizalama, erken duruş fleksiyonunu kolaylaştırdığı ve geç duruşta salınım fazı diz fleksiyonunun daha kolay başlatılmasına izin verdiği için doğal stabiliteye sahip diz ünitelerinde de görülür. Eğer dizin merkez noktası doğrudan trokanter-ayak bileği çizgisi üzerinde yer alıyorsa, sistemin her adımda protez ayağın yerleştirilmesine bağlı olarak istemli veya istemsiz hizalamada olabileceği bu nedenle de 'tetikte' olduğu kabul edilir.

Enine düzlemde, protez diz, salınım fazı sırasında oluşacak doğal 5° iç soket rotasyonunu telafi etmek için 5° dışa döndürülür. Bu rotasyon, salınım sırasında dizin ilerleme çizgisinde esnemesini sağlar. Daha hızlı yürüyen bireyler için iç rotasyon miktarı artacaktır ve başlangıçtaki dış diz rotasyonu daha büyük olmalıdır.

Sıra hizalaması tamamlandığında protez takılır ve statik veya ayakta hizalama değerlendirilir. Ayak, 5-10 cm taban desteği ile yerde düz olmalıdır. Diz, soket fleksiyonu ile uzatılmış ve güvenli olmalı, adduksiyon ve rotasyon bireyin uzuv oryantasyonuna uygun olmalıdır. Genel olarak, sıra hizalama koşulları gözlemlendiyse, uygun bir statik uyum elde etmek için minimum ayarlamaların yapılması gerekecektir. Fleksiyon veya adduksiyondaki herhangi bir akomodatif değişiklik, diz ve ayak üzerindeki soketin konumunu değiştirecek ve bu da sistemin stabilitesini değiştirecektir. Bu gibi durumlarda, ambulasyon başlamadan önce uygun trokanter-diz-ayak bileği hizalaması yeniden sağlanmalıdır (Kapp 1999; Beil ve Street 2004; Gholizadeh vd. 2014; Krajbich vd. 2018).

Her protez diz ve ayak, duruştan salınım kontrolüne geçiş için farklı tetikleyicilere sahip olduğundan, protez kullanıcısı, ambulasyon denenmeden önce her bir bileşenin nasıl işlediğinden haberdar edilmelidir. Protez kullanıcısı, oturma, diz bükme ve uzvu ilerletme gibi işlevler güvenli bir ortamda (örneğin ambulasyondan önce paralel bar desteği ile) uygulanırken gözlemlenmeli ve uygun teknikler konusunda bilgilendirilmelidir. Ele alacağımız vaka örneğinde olduğu gibi mekik kilit süspansiyonun (shuttle lock veya pin lock) nasıl çalıştığının ve avantaj-dezavantajlarının neler olduğunun hastaya belirtilmesi gereklidir (Eshraghi vd. 2012). Mekik kilit sistemli süspansiyona bakıldığında uygulaması oldukça kolay bir süspansiyon biçimi olmakla beraber aktif vakuma göre

daha az maliyetli bir sistemdir. Mekik kilit sisteminin avantajları kolay takılabilirlik, güvenli süspansiyon, hacim değişikliklerine izin verme yeteneği ve kesme-kompresyon kuvvetlerini emme özellikleridir. Ancak, distal distraksiyona yol açabilme riski, astarı uygulamak için el gücü ve el becerisi gerekliliği ile hizalama ve protez boyunun ayarlanmasındaki zorluklar gibi dezavantajları vardır (Vazvani 2015).

3. Vaka Örneği

20 yaşında, 181 cm boyunda ve 95 kg ağırlığındaki erkek hasta, geçirdiği motosiklet kazası sonrası sağ trans-femoral amputasyon geçirmiştir. Hasta yaklaşık 4 ay kadar hastanede kalmıştır, özellikle sağlam taraftaki deri kaybının ampute taraf deriden greftlenmesi hastane sürecini uzatmıştır. Buna ek olarak sağlam tarafta çoklu femur kırığı ve yapılan platin destek rehabilitasyon sürecini uzatmıştır. Ancak hastanın motivasyonu oldukça yüksektir. Öncesinde aktif olarak çalışan birir olarak tekrar iş hayatına dönmek istemektedir. K seviyesinin 3 olması, aktif bir yaşam tarzını sürdürme potansiyeline işaret etmektedir. Güdükte yara, ödem, hassasiyet, kontraktür bulunmazken eklem hareket açıklığı (EHA) yeterli ve kas kuvveti (alt/üst) normal düzeydedir. Hasta için roll-on liner ve mekik kilit süspansiyonlu sistemle desteklenen, tek eksenli pnömatik diz eklemi ve karbon ayak içeren bir protez planlanmıştır.

Dizilim ayarlarındaki zorluk göz önüne alındığında mekik sisteminin soketin içinde bırakılacak şekilde ayarlanması düşünüldü. Ancak eğitim amacıyla yapılacağı için mekik sisteminin daha sonra kullanılabilmesi amacıyla soketin dışına yerleştirilmesine karar verildi. Soket fleksiyon ve adduksiyonunu sağlamak amacıyla çapanın bir miktar mediale ve posteriora doğru kaydırılması

planlandı. Bununla beraber hastadan linerının ucu posteriorda kalacak şekilde giymesi istendi. Diz eklemi tek eksenli olduğu için trocanter-diz-ayak bileği referans çizgisinin arkasında kalması planlandı. Böylelikle duruş fazı stabilitesinin artırılması hedeflendi. Bu sisteme protez karbon ayak eklenmesi düşünüldü.

Hastanın başarılı bir post-op rehabilitasyon dönemi geçirmiş olması istemli kontrolünün olması sağlam taraf kaslarının kuvvetli olması ve gövde stabilizasyonu üzerine rehabilitasyonunun devam etmesi sebebiyle dizilim ayarlarında diz eklemine stabilizasyonunun sadece dizi 2 cm kadar trokanter-diz-ayak bileği çizgisinin arkasına yerleştirerek sağlanabileceği düşünülmektedir. Bu dizilim ayarları ve süspansiyon sistemi düşünülerek hastaya geçici olarak kullanabilmesi, ambulasyonunu sağlaması ve bu evrede ayaktaki egzersizlerini yapabilmesi amaçlandı.

4. Sonuç

Transfemoral amputasyona uygun olacak tek bir soket tasarımı, hizalama veya protez sistemi olmadığı bilinmelidir. Ortez-protez uzmanlarının klinik ve teknik becerilerini sürekli olarak geliştirmelerine ihtiyaç vardır en uygun cihazı sağlamak için ve her hasta için en uygun olanıdır. Ekip, tedavi planını oluştururken enerji harcaması, vücut imajı, istemli kontrol seviyeleri ve soket uyumu konularını ele almalı ve uygun soket tasarımları, süspansiyon sistemleri, bileşenler ve hizalama hususları hakkında bilgiye sahip olmalıdır.

Klinik deneyim, gelişen klinik standartlar hakkında bilgi, mevcut kanıtların kullanımı ve uygun sonuç ölçümlerinin dahil edilmesi de rehabilitasyon ekibine hastalarına en iyi bakımı sağlamada yardımcı olacaktır.

Vaka özelinde karşılaşılabilecek muhtemel problemler arasında düşme riski, diz instabilitesi, yürüyüş bozuklukları ve konforla ilgili sorunlar (örneğin yara oluşumu) yer alabilir. Bu tür problemlerin önlenmesi ve yönetimi, uygun değerlendirme, doğru protez uyumu ve kullanıcının bilinçlendirilmesiyle mümkün hale gelir.

Kaynaklar

Beil, T.L., Street, G.M. (2004). Comparison of interface pressures with pin and suction suspension systems. *J Rehabil Res Dev.* 41(6 A):821–828.

Breen, A.C. (2016). A quantitative fluoroscopic study of the relationship between lumbar inter-vertebral and residual limb/socket kinematics in the coronal plane in adult male unilateral amputees.

Brodie, M., Murray, L., McGarry, A. (2022). Transfemoral prosthetic socket designs: a review of the literature. *J. Prosthetics Orthot.* 34(2):e73–e92.

Eshraghi, A., Osman, N.A.A., Karimi, M.T., Gholizadeh, H., Ali, S., Abas. W.A.B.W. (2012). Quantitative and qualitative comparison of a new prosthetic suspension system with two existing suspension systems for lower limb amputees. *Am J Phys Med Rehabil.* 91(12):1028–1038.

Fitzsimmons, A. (1995). Hip joint forces in hip replacement patients and normal subjects during activities of daily living.

Gholizadeh, H., Abu Osman, N.A., Eshraghi, A., Ali, S., Razak, N.A. (2014). Transtibial prosthesis suspension systems: Systematic review of literature. *Clin Biomech.* 29(1):87–97.

Kapp, S. (1999). Suspension Systems for Prostheses. *Clin Orthop Relat Res* 361.

Khamis T, Al Kouzbary M, Al Kouzbary H, Mokayed H, Abd Razak NA, Osman NAA. (2024). Automated transtibial prosthesis alignment: A systematic review. *Artif Intell Med.*102966.

Köhler TM, Blumentritt S, Braatz F, Bellmann M. (2021). The impact of transfemoral socket adduction on pelvic and trunk

stabilization during level walking—A biomechanical study. *Gait Posture*. 89:169–177.

Krajchich JJ, Pinzur MS, Potter BK, Stevens PM. (2018). Atlas of amputations & limb deficiencies. Lippincott Williams & Wilkins.

Lee VSP, Solomonidis SE, Spence WD. (1997). Stump-socket interface pressure as an aid to socket design in prostheses for trans-femoral amputees—a preliminary study. *Proc Inst Mech Eng Part H J Eng Med* 211(2):167–180.

Mroz S. (2023). Design and prototype validation of a laterally mounted powered hip joint for hip disarticulation prostheses.

Owens BD, Belmont Jr PJ. (2024). Prostheses for major extremity amputations. *Combat Orthop Surg Lessons Learn Iraq Afghanistan*. 221.

Paternò L, Ibrahimi M, Gruppioni E, Menciasse A, Ricotti L. (2018). Sockets for limb prostheses: a review of existing technologies and open challenges. *IEEE Trans Biomed Eng*. 65(9):1996–2010.

Radcliffe WC. (1955). Functional Considerations in the Fitting of Above-Knee Prostheses. United States.

Smit E. (2024). Self-reported function and hip extension gait biomechanics in adults with unilateral trans-femoral amputations using different socket designs in two South African metropolises: a cross-sectional study.

Vazvani HG. (2015). Clinical Evaluation and Improvement of Prosthetic Suspension Systems for Lower Limb Amputees. University of Malaya (Malaysia).

Walpert J. (2024). Native hip anatomy restore with different type of hip prosthesis.

BÖLÜM IV

İmplant Edilebilir Kardiyoverter Defibrilatörü Olan Hastalarda Aerobik Egzersiz Eğitiminin Etkileri

Başak KAVALCI KOL¹

Giriş

Kalp yetmezliği, kardiyak disfonksiyondan kaynaklanan semptom ve belirtilerin görüldüğü bir sendromdur ve hastalık nedeniyle bireylerin yaşam süresi kısalmaktadır (Mosterd & Hoes, 2007). Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu düşük kalp yetmezliği olan hastalarda ani ölüm riski daha yüksektir (Josephson & Wellens, 2004). Beta blokerlerin, spironolaktonun, neprilisin inhibitörlerinin ve implante edilebilir kardiyoverter defibrilatörlerin (ICD) bu hasta grubunda ani ölüm riskini önemli derecede azaltır (Yancy & ark., 2013). İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörler ventriküler

¹ Öğr. Gör. Dr. Başak KAVALCI KOL, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Pilot Sağlık Koordinatörlüğü. Jeotermal Kaynaklı Rehabilitasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi. Kırşehir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5346-8753 basak.kavalci@ahievran.edu.tr

aritmileri ve düşük ejeksiyon fraksiyonunu, ani kardiyak arrestleri tedavi etmek veya kardiyak arrest riski yüksek olan ventriküler taşikardi veya ventriküler fibrilasyonu olan hastalar için standart bir tedavi yöntemidir. Egzersiz eğitimi veya kardiyak rehabilitasyon, kalp yetmezliği dahil çeşitli kronik kardiyopulmoner hastalığı olanların kardiyorespiratuar enduransı artırır, yaşam kalitesini iyileştirir ve hastaneye yatış oranlarını azaltır (O'Connor & ark., 2009, Pandey & ark., 2015). Amerikan Kardiyoloji Koleji/Amerikan Kalp Derneği kılavuzları, New York Kalp Birliği fonksiyonel sınıf II ile III semptomları (sınıf IIA) olan, ejeksiyon fraksiyonu düşük stabil kalp yetmezliği hastalarında kardiyak rehabilitasyonu önermektedir (Yancy & ark., 2013). Ancak, bu kılavuz önerilerine rağmen, kalp yetmezliği hastalarında kardiyak rehabilitasyon uygulamaları yaygın değildir (Golwala & ark., 2015).

İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü olan hastalar kardiyak rehabilitasyon için önemli bir hasta popülasyon grubundadır. Çalışmalar ICD implantasyonundan sonra kalp yetmezliği hastalarında günlük aktivite sevisinin azaldığı ve orta şiddette egzersiz yapmak istememe gibi önemli davranışsal değişiklikler geliştirdiği gösterilmiştir (Lemon, Edelman & Kirkness, 2004). Bu davranışsal değişiklikler, hastanın orta ile yüksek şiddette egzersiz eğitimi sırasında ICD şokları konusundaki endişeleri ve bu hasta popülasyonunda egzersiz eğitimi için spesifik kılavuz önerilerinin olmamasıyla ilişkilidir (Kuhl & ark., 2006). İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörlü hastaların kardiyopulmoner fonksiyonları ve parasempatik sinir sistemi aktivitelerini iyileştirmek için gerekli egzersiz eğitim şiddeti, süresi ve sıklığı belirsizdir. Egzersiz eğitimi otonomik işlevin stabilizasyonu ve ileride gerçekleşmesi muhtemel aritmilere karşı koruma gibi

faydalar da sağlar (Kiilavuori & ark., 1995). Aerobik egzersiz eğitimi, herkesin kolaylıkla erişebildiği ucuz, farmakolojik olmayan bir müdahale yöntemi olduğu için hem ICD'li hastalar hem de klinisyenler egzersiz eğitiminin faydalı etkileri konusunda bilgilendirilmelidir.

1. İmplant edilebilir Kardiyoverter Defibrilatörü Olan Hastalarda Egzersiz Kapasitesinin Etkilenimi

Kalp yetmezliği hastalarının birincil şikayetleri egzersiz kapasitesinin azalması, dispne artışı ve eforla beraber ortaya çıkan yorgunluk algısıdır. Aktivite sırasında aşırı dispne ve yorgunluk nedeniyle hastalar semptomlarının artmasını engellemek amacıyla aktivite yapmak istemezler. Kalp yetmezliği olan ICD implantasyonu yapılmış hastalar ise bu semptomların yanında ICD şoku endişesi nedeniyle egzersiz eğitiminden kaçınırlar. Hastaların aktivite eksikliği nedeniyle fonksiyonel kapasiteleri giderek azalır. Bu durum hastaları kondisyon kaybının olduğu bir kısır döngüye sokar (Jónsdóttir & ark., 2006).

Kalp yetmezliği hastalarında zirve oksijen tüketiminin mortalite oranlarıyla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Zirve oksijen tüketimi daha fazla olan hastaların ölüm oranının daha düşük olduğu gösterilmiştir (Swank & ark., 2012). İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü olan hastaların çoğunluğunun kardiyak yetmezliği vardır ve belirgin şekilde sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu azalmıştır. İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü olan hastalar ACE inhibitörleri ve diüretiklere ek olarak, β -blokerler ve/veya amiodaron türü ilaçlar kullanırlar. Antiaritmikler genellikle egzersize karşı kalp hızı cevabını azaltır ve sonuç olarak kronotropik yetersizlik ortaya çıkar. Hız limitli ICD cihazı takılmış sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu azalan hastalarda kardiyak yetmezlik nedeniyle

ölüm ve hastaneye yatış riski artar. Melzer ve arkadaşları kronotropik yetersizliği olan ICD hastalarının kronotropik yetersizliği olmayan ICD'li hastalarla karşılaştırıldığında zirve oksijen tüketiminin ve egzersiz kapasitesinin azaldığını tespit etmişlerdir. Bu nedenle bu cihazlarda maksimal kalp hızı sınırının optimize edilmesinin gerekli olduğu ve bunun hastaların kronotropik yetersizliğini azaltabileceği vurgulanmıştır (Melzer & ark., 2005).

2. İmplant edilebilir Kardiyoverter Defibrilatörü Olan Hastalarda Egzersiz Eğitiminin Etkileri

Avrupa Kardiyoloji Derneği kılavuzları, sistolik kalp yetmezliği tedavisinin ayrılmaz bir parçası olarak tıbbi tedavi ve isteğe bağlı cihaz implantasyonu ile birlikte fiziksel aktiviteyi önermektedir (Filippatos & ark., 2012). Düzenli egzersiz, kronik kalp yetmezliği olan hastalarda endotel disfonksiyonunu düzeltir ve egzersiz kapasitesini ve yaşam kalitesini iyileştirir (Hambrecht & ark., 1998). Bireylerin fiziksel aktivitelerinin azalması fiziksel performansının ve prognozun daha fazla kötüleşmesine yol açabilir.

İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü olanlarda aerobik egzersiz, kalp hastalığı olan hastalardaki aerobik egzersiz eğitiminin olumlu etkileriyle benzer etki gösterir. Hastaların aerobik egzersiz kapasitesi artar ve yaşam kalitesi iyileşir, anksiyete ve depresyon seviyeleri azalır (Allen & ark., 1988) Egzersiz sırasında ventriküler veya supraventriküler aritmileri tetikleyebilen artan katekolamin seviyelerinden kaynaklanan ICD şokları görülebilir. İmplantasyondan sonra ICD şoklarını önlemek amacıyla hastaların yaklaşık %50'si günlük ev aktivitelerinden ve eğlence aktivitelerinden kaçınmaktadırlar (Cutitta & ark., 2014). Ancak aktivite kısıtlaması ICD şoklarını önlemediği gibi şok anksiyetesinin artmasına, ICD'nin kabulünün zorlaşmasına ve yaşam kalitesinin

kötüleşmesine neden olan kısır bir döngüye yol açar (van Ittersum & ark., 2003).

İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü olan hastalarda egzersiz eğitiminin bu popülasyonda güvenlidir olduğunu ve zirve oksijen tüketimini artırır. Kalp yetmezliği hastalarında egzersizle ilgili çalışmalardan birinde, gözetimli egzersizde %84,4'lük bir uyum oranı bildirilmiştir (O'Connor & ark., 2009). Çalışma sonuçları, egzersizin kalp hastalığı olan hastaların fiziksel ve psikolojik yönlerini iyileştirmek için uygulanabilir bir seçenek olduğunu gösterse de hastaların egzersiz uyumu önemlidir. (Isaksen & ark., 2012). Uyumun dikkatlice ölçülmesi, hastaların iyileştirilmesi için gereken etkili egzersiz dozunu belirlemede önemlidir (Barbour & Miller, 2007). İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü uygulandıktan sonra hastalara egzersiz eğitimi programlarının faydasını artırmak için hastaların egzersize uyumunun nasıl artırılacağı ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır.

İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü gibi kardiyak implante edilebilir cihaz yerleştirilmiş kalp hastalığı olan bireyler egzersiz yaparken ek özel sorunlar yaşarlar. İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü ölümcül kardiyak aritmileri sonlandırmak için ICD şokları vererek kardiyak arresti tedavi etmek için kullanılır (Hussein & Thomas, 2008; Gururaj, 2004). İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörlü hastalar egzersiz nedeniyle kalp hızlarının artması buna ICD şoku yaşama korkusu nedeniyle egzersiz yapmaktan korkmaktadırlar (Dougherty & ark., 2015). Hastaların bu korkularına ek olarak klinisyenler genellikle aerobik kapasiteyi iyileştirirken ICD şokuna neden olmamak için yoğunluk, süre veya sıklık açısından egzersiz reçete etme konusunda endişe yaşamaktadırlar (Hansen & ark., 2005).

Literatürdeki çalışmalar implante edilebilir kardiyoverter defibrilatörü için egzersiz eğitiminin güvenli olduğunu, aerobik kapasiteyi iyileştirdiğini ve ICD şoku veya komplikasyon görülme riskiyle olmadığını göstermiştir (Bajaj, Biswas & Alter, 2015; Jung & Gusatsson; Isaksen & ark., 2012). Kalp yetmezliği ve koroner arter hastalığı da dahil olmak üzere kardiyovasküler hastalığı olan hastalarda aerobik egzersiz eğitimi egzersiz kapasitesinde ve yaşam kalitesinde iyileşme sağlar (O'Connor & ark., 2009; Flynn & ark., 2009)

Ancak, egzersiz eğitimi öneren yönergelerle rağmen ICD hastalarında aerobik egzersiz eğitiminin klinikte kullanımı yaygın değildir. İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü olan hastalar ventriküler aritmiler, ICD şoku ve ani ölüm gibi komplikasyonlar nedeniyle egzersiz yapmaktan kaçınırlar. İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü olan hastalarının %13-38 anksiyete problemleri (Luyster, Hughes, & Gunstad, 2009). %24-33'ünde ise depresyon görülmektedir (Sears & Conti, 2002). İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatörü şok maruziyetinden bağımsız olarak hastaların önemli bir oranında egzersiz eğitiminden kaçınıldığı belirtilmiştir (Lemon, Edelman & Kirkness, 2004; Burgess & ark., 1997).

Pandey ve arkadaşları ICD'si olan kalp yetmezliği olan hastalarda egzersiz eğitiminin etkinliğini ve güvenliğini değerlendirmek amacıyla bir meta-analiz çalışması yapmışlardır. Beş randomize kontrollü bir randomize olmayan kontrollü çalışmayı inceledikleri meta-analizlerinde egzersiz eğitiminin hastaların zirve oksijen tüketimini 1,98 ml/dk/kg artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca egzersiz eğitimi alan hastaların kontrol grubundaki hastalar ile karşılaştırıldığında ICD şoku olasılığının daha az olduğu

saptanmıştır (Pandey & ark., 2017). İmplant edilebilir kardiyoverter defibrilatör implantasyonundan sonra şokların sol ventrikül fonksiyonuna olumsuz etkileri göz önüne alındığında egzersizin ICD şoklarını azaltması oldukça önemlidir. Egzersiz eğitimi ile birlikte şok riskinin artması yönündeki yaygın kanının aksine, egzersiz yapan hastalarda daha az ICD şoku görülmesi egzersiz eğitiminin kalp yetmezliği olan ve ICD implantasyonu yapılmış hastalar için etkili, güvenilir bir yardımcı tedavi yöntemi olduğunu göstermektedir.

Steinhaus ve arkadaşlarının yaptığı sistematik derleme ve meta analiz çalışmalarında ICD implantasyonu yapılmış hastalarda egzersiz eğitiminin zirve oksijen tüketimini artırdığını tespit etmişlerdir. Ancak en etkili egzersiz eğitiminin süresi sıklığı ve şiddeti konusunda bir fikir birliği olmadığı için bu hastalarda yapılan yeni araştırmalara da ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (Steinhaus & ark., 2019).

Bu hastalarda kardiyopulmoner fonksiyonları ve parasempatik sinir sistemi aktivitesini iyileştirmek için gerekli olan egzersiz eğitimi protokolü net değildir. Ancak egzersiz, potansiyel olarak en fazla fayda sağlayabilecek kardiyak hasta popülasyonunda otonomik fonksiyonların stabilizasyonu ve gelecekteki aritmilere karşı koruma gibi önemli faydalar sağlar. Egzersiz eğitimi, herkesin erişebildiği ucuz, farmakolojik olmayan bir müdahale yöntemidir. Bu nedenle egzersiz eğitimi ICD'si olan hastalarda uzman fizyoterapistler gözetiminde uygulandığında hastaların egzersiz kapasitesini artıran yaşam kalitesini iyileştiren etkili bir yöntemdir.

3. İmplant Edilebilir Kardiyoverter Defibrilatörü Olan Hastalarda Aerobik Egzersiz Eğitiminin Etkileri

Aerobik egzersiz kapasitesi hem sağlıklı bireyler hem de kardiyovasküler hastalıkları olanlar için erken mortalitenin bir belirtecidir (Chang & Froelicher, 1994; Pate & ark., 1995) Aerobik egzersiz eğitimi büyük kas gruplarının kullanıldığı tekrar sayısının fazla olduğu ve aerobik egzersiz kapasitesini artıran egzersiz çeşididir. Literatürde ICD hastalarında aerobik egzersiz eğitiminin etkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır (Dougherty & ark., 2015, Dougherty & ark., 2020, Balerdinelli & ark., 2006, Isaksen & ark., 2016, Isaksen & ark., 2015, Kerrigan & ark., 2014). Dougherty ve arkadaşları ICD hastalarında evde uygulanan aerobik egzersiz eğitimine hastaların uyumunu belirlemek ve egzersize uyumun zirve oksijen tüketimine etkisini incelemek üzerine yaptıkları çalışmalarında kalp hızı rezervinin %60-85’inde 5 gün/hafta 60 dakika uygulanan aerobik egzersiz eğitiminin egzersize uyumu %80 üzerinde olan hastaların egzersize uyumu %80’nin altında olan hastalara göre zirve oksijen tüketimini 3,4 ml/dk/kg iyileştirdiği tespit edilmiştir. Ek olarak hastalarda egzersiz eğitimi sırasında takip etmek için kullanılan kalp atım hızı monitörleri, pedometrelerin ev egzersiz günlükleri ve hastaların telefonla takiplerinin yapılmasının tedaviye uyumu arttırdığı tespit edilmiştir (Dougherty & ark., 2015).

Dougherty ve arkadaşları bir başka çalışmalarında ise ICD takılan hastalarda aerobik egzersiz eğitiminin dispne ve psikolojik durum üzerine etkilerini incelemiştir. Hastalara kalp hızı rezervinin %60-85’inde 5 gün/hafta 60 dakika uygulanan aerobik egzersiz eğitiminin depresyon seviyesini azalttığı yaşam kalitesini değiştirmediği tespit edilmiştir (Dougherty & ark., 2020).

Belardinelli ve arkadaşları ICD implantasyonu yapılmış kalp yetmezliği hastalarına zirve oksijen tüketiminin %60'ında 60 dk/gün/3k ez/hafta/8 hafta bisiklet ergometresinde sürekli orta şiddette aerobik egzersiz eğitimi uygulamışlardır. Egzersiz eğitimi sonrası hastaların zirve oksijen tüketiminin arttığı brakial arterin endotel dilatasyonunu ve yaşam kalitesini iyileştirdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak orta şiddette sürekli aerobik egzersiz eğitiminin bu hastalarda güvenilir ve uygulanabilir olduğu vurgulanmıştır (Belardinelli & ark., 2006).

Isaksen ve arkadaşları ICD sonrası hastalarda yüksek şiddetli aralıklı aerobik egzersiz eğitiminin yaşam kalitesi ve anksiyete depresyon üzerine etkilerini araştırmışlardır. Eğitim grubuna maksimal kalp hızının %85'i ve üzerinde 60 dakika (15 dk ısınma-4dk yüksek şiddette 3 dk aralık toplam 4 kez-20 dk soğuma) 12 hafta yüksek şiddette aralıklı aerobik egzersiz eğitimi verilmiştir. Çalışmanın sonunda yüksek şiddette aralıklı aerobik egzersiz eğitiminin yaşam kalitesini iyileştirdiği ve depresyon seviyesini azalttığı gösterilmiştir (Isaksen & ark., 2016)

Isaksen ve arkadaşları bir başka çalışmalarında kalp yetmezliği ve ICD'si olan hatalarda yüksek şiddette aralıklı aerobik egzersiz eğitiminin zirve oksijen tüketimini ve iş yükünün arttırdığı ve endotel fonksiyonunu iyileştirdiğini saptamışlardır. Çalışmanın sonucunda yüksek şiddette aralıklı aerobik egzersiz eğitiminin ICD deşarjı, anti taşikardik uyarı ve aritmi gibi herhangi bir komplikasyona neden olmadığı bu eğitimin stabil ICD hastalarında uygulanabilir, komplikasyona neden olmayan bir eğitim yöntemi olduğu vurgulanmıştır (Isaksen & ark., 2015).

Kerrigan ve arkadaşları sol ventrikül destek cihazı kalp hızı rezervinin %60-80'inde 30 dakika/3gün/hafta/6 hafta verilen sürekli orta şiddette aerobik egzersiz eğitiminin oksijen tüketimi %10, koşu bandı süresinin 3,1 dk 6-DYT mesafesini 52,3 metre diz ekstansör kas kuvvetini %17 arttırdığını tespit etmişlerdir (Kerrigan & ark., 2014).

Egzersiz eğitimi kalp yetmezliği olan hastalarda epinefrin ve norepinefrin kan seviyelerini düşürür ayrıca barorefleks duyarlılığını iyileştirir (Belardinelli et al., 1995). Bu nedenle ICD hastalarında egzersiz eğitimi ile birlikte ventriküler taşikardinin olmaması, nörohormonal aktivasyonun azalması ve muhtemelen miyokardiyal perfüzyonun iyileşmesiyle açıklanabilir. Sonuç olarak literatürdeki çalışmalarda da gösterildiği gibi ICD implantasyonu yapılmış kronik kalp yetmezliği olan hastalarda aerobik egzersiz eğitimi güvenli ve uygulanabilir bir yöntemdir.

Sonuç

Kalp yetmezliği hastalarında ani ölüm riskini önlemek için bir tedavi yöntemi olarak kullanılan implante edilebilir kardiyoverter defibrilatör implantasyonu olan hastalarda aerobik egzersiz eğitimi başta olmak üzere egzersiz eğitimi uygulanabilir ve güvenli bir yöntemdir. Egzersiz eğitimi planlanmadan önce hastalar kapsamlı bir şekilde değerlendirilmeli yapılan egzersiz testlerinin sonuçlarına göre aerobik egzersiz eğitimi planlanmalıdır. Hastalar komplikasyon risklerine karşı bilgilendirilmeli ve aerobik egzersiz eğitiminin güvenli bir yöntem olduğu hakkında hem klinisyenler hem de hastaların farkındalığı artırılmalıdır.

Kaynaklar

Allen, B. J., Casey, T. P., Brodsky, M. A., Luckett, C. R., & Henry, W. L. (1988). Exercise testing in patients with life-threatening ventricular tachyarrhythmias: results and correlation with clinical and arrhythmia factors. *American heart journal*, 116(4), 997–1002. Doi:10.1016/0002-8703(88)90150-0

Bajaj, R. R., Biswas, A., Oh, P., Alter, D., A. (2015) Safety of implantable cardioverter defibrillators in exercise therapy and cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Canadian Journal of Cardiology*, 31(10), 264-265.

Barbour, K. A., & Miller, N. H. (2008). Adherence to exercise training in heart failure: a review. *Heart failure reviews*, 13(1), 81–89. Doi: 10.1007/s10741-007-9054-x

Belardinelli, R., Capestro, F., Misiani, A., Scipione, P., & Georgiou, D. (2006). Moderate exercise training improves functional capacity, quality of life, and endothelium-dependent vasodilation in chronic heart failure patients with implantable cardioverter defibrillators and cardiac resynchronization therapy. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, 13(5), 818–825. Doi: 10.1097/01.hjr.0000230104.93771.7d

Belardinelli, R., Georgiou, D., Scocco, V., Barstow, T. J., & Purcaro, A. (1995). Low intensity exercise training in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 26(4), 975–982. Doi: 10.1016/0735-1097(95)00267-1

Burgess, E. S., Quigley, J. F., Moran, G., Sutton, F. J., & Goodman, M. (1997). Predictors of psychosocial adjustment in patients with implantable cardioverter defibrillators. *Pacing and clinical electrophysiology : PACE*, 20(7), 1790–1795. Doi: 10.1111/j.1540-8159.1997.tb03568.x

Chang, J. A., & Froelicher, V. F. (1994). Clinical and exercise test markers of prognosis in patients with stable coronary artery disease. *Current problems in cardiology*, 19(9), 533–587. Doi: 10.1016/0146-2806(94)90010-8

Cutitta, K. E., Woodrow, L. K., Ford, J., Shea, J., Fischer, A., Hazelton, G., & Sears, S. F. (2014). Shocktivity: ability and avoidance of daily activity behaviors in ICD patients. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 34(4), 241–247. Doi: 10.1097/HCR.0000000000000055

Dolansky, M. A., Stepanczuk, B., Charvat, J. M., & Moore, S. M. (2010). Women's and men's exercise adherence after a cardiac event. *Research in gerontological nursing*, 3(1), 30–38. Doi: 10.3928/19404921-20090706-03

Dougherty, C. M., Glenney, R. W., Burr, R. L., Flo, G. L., & Kudenchuk, P. J. (2015). Prospective randomized trial of moderately strenuous aerobic exercise after an implantable cardioverter defibrillator. *Circulation*, 131(21), 1835–1842. Doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.014444

Dougherty, C. M., Luttrell, M. N., Burr, R. L., Kim, M., & Haskell, W. L. (2016). Adherence to an Aerobic Exercise Intervention after an Implantable Cardioverter Defibrillator (ICD). *Pacing and clinical electrophysiology : PACE*, 39(2), 128–139. Doi: 10.1111/pace.12782

Dougherty, C. M., Burr, R. L., Kudenchuk, P. J., & Glenny, R. W. (2020). Aerobic Exercise Effects on Quality of Life and Psychological Distress After an Implantable Cardioverter Defibrillator. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 40(2), 94–101. Doi:10.1097/HCR.0000000000000444

Dougherty, C. M., Burr, R. L., Kudenchuk, P. J., & Glenny, R. W. (2020). Aerobic Exercise Effects on Quality of Life and Psychological Distress After an Implantable Cardioverter Defibrillator. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 40(2), 94–101. Doi: 10.1097/HCR.0000000000000444

Flynn, K. E., Piña, I. L., Whellan, D. J., Lin, L., Blumenthal, J. A., Ellis, S. J., Fine, L. J., Howlett, J. G., Keteyian, S. J., Kitzman, D. W., Kraus, W. E., Miller, N. H., Schulman, K. A., Spertus, J. A., O'Connor, C. M., Weinfurt, K. P., & HF-ACTION Investigators (2009). Effects of exercise training on health status in patients with chronic heart failure: HF-ACTION randomized controlled trial. *JAMA*, 301(14), 1451–1459. Doi: 10.1001/jama.2009.457

Jónsdóttir, S., Andersen, K. K., Sigurosson, A. F., & Sigurosson, S. B. (2006). The effect of physical training in chronic heart failure. *European journal of heart failure*, 8(1), 97–101. Doi:10.1016/j.ejheart.2005.05.002

Jung, M. H., & Gustafsson, F. (2015). Exercise in heart failure patients supported with a left ventricular assist device. *The Journal of heart and lung transplantation : the official publication of the International Society for Heart Transplantation*, 34(4), 489–496. Doi:10.1016/j.healun.2014.11.001

Golwala, H., Pandey, A., Ju, C., Butler, J., Yancy, C., Bhatt, D. L., Hernandez, A. F., & Fonarow, G. C. (2015). Temporal Trends

and Factors Associated With Cardiac Rehabilitation Referral Among Patients Hospitalized With Heart Failure: Findings From Get With The Guidelines-Heart Failure Registry. *Journal of the American College of Cardiology*, 66(8), 917–926. Doi: 10.1016/j.jacc.2015.06.1089

Gururaj A. V. (2004). Cardiac resynchronization therapy: effects on exercise capacity in the patient with chronic heart failure. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation*, 24(1), 1–7. Doi: 10.1097/00008483-200401000-00001

Hambrecht, R., Fiehn, E., Weigl, C., Gielen, S., Hamann, C., Kaiser, R., Yu, J., Adams, V., Niebauer, J., & Schuler, G. (1998). Regular physical exercise corrects endothelial dysfunction and improves exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Circulation*, 98(24), 2709–2715. Doi: 10.1161/01.cir.98.24.2709

Hansen, D., Dendale, P., Berger, J., & Meeusen, R. (2005). Rehabilitation in cardiac patients: what do we know about training modalities?. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(12), 1063–1084. Doi: 10.2165/00007256-200535120-00005

Hussein, N. A., & Thomas, M. A. (2008). Rehabilitation of patients with implantable cardioverter/defibrillator: a literature review. *Acta cardiologica*, 63(2), 249–257. Doi: 10.2143/AC.63.2.2029535

Isaksen, K., Morken, I. M., Munk, P. S., & Larsen, A. I. (2012). Exercise training and cardiac rehabilitation in patients with implantable cardioverter defibrillators: a review of current literature focusing on safety, effects of exercise training, and the psychological

impact of programme participation. *European journal of preventive cardiology*, 19(4),804–812.Doi: 10.1177/1741826711414624

Isaksen, K., Munk, P. S., Valborgland, T., & Larsen, A. I. (2015). Aerobic interval training in patients with heart failure and an implantable cardioverter defibrillator: a controlled study evaluating feasibility and effect. *European journal of preventive cardiology*, 22(3),296–303. Doi: 10.1177/2047487313519345

Isaksen, K., Munk, P. S., Giske, R., & Larsen, A. I. (2016). Effects of aerobic interval training on measures of anxiety, depression and quality of life in patients with ischaemic heart failure and an implantable cardioverter defibrillator: A prospective non-randomized trial. *Journal of rehabilitation medicine*, 48(3), 300–306. Doi: 10.2340/16501977-2043

Josephson, M., & Wellens, H. J. (2004). Implantable defibrillators and sudden cardiac death. *Circulation*, 109(22), 2685–2691. Doi: 10.1161/01.CIR.0000129322.97266.F3

Kerrigan, D. J., Williams, C. T., Ehrman, J. K., Saval, M. A., Bronsteen, K., Schairer, J. R., Swaffer, M., Brawner, C. A., Lanfear, D. E., Selektor, Y., Velez, M., Tita, C., & Keteyian, S. J. (2014). Cardiac rehabilitation improves functional capacity and patient-reported health status in patients with continuous-flow left ventricular assist devices: the Rehab-VAD randomized controlled trial. *JACC. Heart failure*, 2(6), 653–659. Doi:10.1016/j.jchf.2014.06.011

Kiilavuori, K., Toivonen, L., Näveri, H., & Leinonen, H. (1995). Reversal of autonomic derangements by physical training in chronic heart failure assessed by heart rate variability. *European*

heart journal, 16(4), 490–495. Doi:
10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a060941

Kuhl, E. A., Dixit, N. K., Walker, R. L., Conti, J. B., & Sears, S. F. (2006). Measurement of patient fears about implantable cardioverter defibrillator shock: an initial evaluation of the Florida Shock Anxiety Scale. *Pacing and clinical electrophysiology : PACE*, 29(6), 614–618. Doi: 10.1111/j.1540-8159.2006.00408.x

Lemon, J., Edelman, S., & Kirkness, A. (2004). Avoidance behaviors in patients with implantable cardioverter defibrillators. *Heart & lung : the journal of critical care*, 33(3), 176–182. Doi: 10.1016/j.hrtlng.2004.02.005

Luyster, F. S., Hughes, J. W., & Gunstad, J. (2009). Depression and anxiety symptoms are associated with reduced dietary adherence in heart failure patients treated with an implantable cardioverter defibrillator. *The Journal of cardiovascular nursing*, 24(1), 10–17. Doi: 10.1097/01.JCN.0000317469.63886.24

McMurray, J. J., Adamopoulos, S., Anker, S. D., Auricchio, A., Böhm, M., Dickstein, K., Falk, V., Filippatos, G., Fonseca, C., Gomez-Sanchez, M. A., Jaarsma, T., Køber, L., Lip, G. Y., Maggioni, A. P., Parkhomenko, A., Pieske, B. M., Popescu, B. A., Rønnevik, P. K., Rutten, F. H., Schwitter, J., ... ESC Committee for Practice Guidelines (2012). ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the

ESC. *European heart journal*, 33(14), 1787–1847. Doi: 10.1093/eurheartj/ehs104

Melzer, C., Böhm, M., Bondke, H. J., Combs, W., Baumann, G., & Theres, H. (2005). Chronotropic incompetence in patients with an implantable cardioverter defibrillator: prevalence and predicting factors. *Pacing and clinical electrophysiology : PACE*, 28(10), 1025–1031. Doi:10.1111/j.1540-8159.2005.00239.x

Mosterd, A., & Hoes, A. W. (2007). Clinical epidemiology of heart failure. *Heart (British Cardiac Society)*, 93(9), 1137–1146. Doi: 10.1136/hrt.2003.025270

O'Connor, C. M., Whellan, D. J., Lee, K. L., Keteyian, S. J., Cooper, L. S., Ellis, S. J., Leifer, E. S., Kraus, W. E., Kitzman, D. W., Blumenthal, J. A., Rendall, D. S., Miller, N. H., Fleg, J. L., Schulman, K. A., McKelvie, R. S., Zannad, F., Piña, I. L., & HF-ACTION Investigators (2009). Efficacy and safety of exercise training in patients with chronic heart failure: HF-ACTION randomized controlled trial. *JAMA*, 301(14), 1439–1450. Doi: 10.1001/jama.2009.454

Pandey, A., Garg, S., Khunger, M., Garg, S., Kumbhani, D. J., Chin, K. M., & Berry, J. D. (2015). Efficacy and Safety of Exercise Training in Chronic Pulmonary Hypertension: Systematic Review and Meta-Analysis. *Circulation. Heart failure*, 8(6), 1032–1043. Doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002130

Pandey, A., Parashar, A., Moore, C., Ngo, C., Salahuddin, U., Bhargava, M., Kumbhani, D. J., Piccini, J. P., Fonarow, G. C., & Berry, J. D. (2017). Safety and Efficacy of Exercise Training in Patients With an Implantable Cardioverter-

Defibrillator: A Meta-Analysis. *JACC. Clinical electrophysiology*, 3(2), 117–126. Doi: 10.1016/j.jacep.2016.06.008

Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., & King, A. C. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273(5), 402–407. Doi: 10.1001/jama.273.5.402

Sears, S. F., Jr, & Conti, J. B. (2002). Quality of life and psychological functioning of icd patients. *Heart (British Cardiac Society)*, 87(5), 488–493. Doi: 10.1136/heart.87.5.488

Steinhaus, D. A., Lubitz, S. A., Noseworthy, P. A., & Kramer, D. B. (2019). Exercise Interventions in Patients With Implantable Cardioverter-Defibrillators and Cardiac Resynchronization Therapy: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 39(5), 308–317. Doi: 10.1097/HCR.0000000000000389

Swank, A. M., Horton, J., Fleg, J. L., Fonarow, G. C., Keteyian, S., Goldberg, L., Wolfel, G., Handberg, E. M., Bensimhon, D., Illiou, M. C., Vest, M., Ewald, G., Blackburn, G., Leifer, E., Cooper, L., Kraus, W. E., & HF-ACTION Investigators (2012). Modest increase in peak VO₂ is related to better clinical outcomes in chronic heart failure patients: results from heart failure and a controlled trial to investigate outcomes of exercise training. *Circulation. Heart failure*, 5(5), 579–585. Doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.111.965186

van Ittersum, M., de Greef, M., van Gelder, I., Coster, J., Brügemann, J., & van der Schans, C. (2003). Fear of exercise and health-related quality of life in patients with an implantable cardioverter defibrillator. *International journal of rehabilitation research. Internationale Zeitschrift für Rehabilitationsforschung. Revue internationale de recherches de readaptation*, 26(2), 117–122. Doi:10.1097/00004356-200306000-00006

Yancy, C. W., Jessup, M., Bozkurt, B., Butler, J., Casey, D. E., Jr, Drazner, M. H., Fonarow, G. C., Geraci, S. A., Horwich, T., Januzzi, J. L., Johnson, M. R., Kasper, E. K., Levy, W. C., Masoudi, F. A., McBride, P. E., McMurray, J. J., Mitchell, J. E., Peterson, P. N., Riegel, B., ... American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (2013). 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *Circulation*, 128(16), e240–e327. Doi:10.1161/CIR.0b013e31829e8776

BÖLÜM V

Bel Ağrısında Güncel Fizyoterapi Ve Rehabilitasyon Yaklaşımları

Fatih ÖZYURT¹

Giriş

Bel ağrısı, kas-iskelet sistemi sorunları arasında en yaygın olanlardan biri olup, küresel sağlık sorunları listesinde üst sıralarda yer almaktadır. Yapılan epidemiyolojik çalışmalar, bel ağrısının yaşam boyu görülme oranının %60 ile %80 arasında değiştiğini ve bu durumun milyonlarca insanı etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, bireylerin yaşam kalitesini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda toplum genelinde iş gücü kayıplarına ve yüksek sağlık harcamalarına neden olur. Özellikle 30-50 yaş arası bireylerde bel ağrısının daha sık görüldüğü ve bu yaş grubunun aktif iş gücünde yer aldığı göz önüne alındığında, bu durum ekonomiye önemli ölçüde zarar vermektedir. Kadınlar, hormonal değişiklikler, gebelik ve

¹ Arş.Gör., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, Kırşehir Türkiye, Orcid: 0000-0002-0201-9798, fatih.ozyurt10@gmail.com

doğum sonrası süreç gibi biyolojik ve fizyolojik faktörler nedeniyle bel ağrısına daha yatkındır. Erkeklerde ise genellikle ağır kaldırma, fiziksel zorlanma ve iş kazaları bel ağrısına sebep olan başlıca faktörler arasında yer alır. Meslek grupları arasında ise özellikle ağır fiziksel işlerde çalışanlar, uzun süre oturarak ya da ayakta çalışmak zorunda kalan bireyler yüksek risk altındadır. Sosyoekonomik durum da bel ağrısının prevalansı üzerinde etkili bir faktördür; düşük gelirli bireylerde sağlık hizmetlerine erişimin sınırlı olması, bu sorunun tedavi edilemeden kronikleşmesine neden olabilir. Ayrıca obezite, sigara kullanımı, fiziksel zayıflık ve düşük fitness düzeyi gibi yaşam tarzı faktörleri de bel ağrısının risk faktörleri arasında yer almaktadır. Bel ağrısı, bireylerin sadece fiziksel sağlığını değil, aynı zamanda ruhsal ve sosyal refahını da olumsuz etkileyerek çok boyutlu bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bel ağrısına yönelik farkındalık ve önleme stratejilerinin eksikliği, bu sorunun daha da yaygın hale gelmesine neden olmaktadır. (Deyo et al., 2014)

Bel ağrısı, sağlık sistemine ciddi bir ekonomik ve lojistik yük getiren bir durumdur ve dünya genelinde en sık görülen sağlık problemlerinden biri olarak dikkat çeker. Özellikle kronikleşmiş bel ağrısı, bireylerin sağlık hizmetlerine başvurma sıklığını artırmakta ve bu durum sağlık sisteminde önemli bir yoğunluğa neden olmaktadır. Akut bel ağrısı genellikle birkaç hafta içinde kendiliğinden iyileşse de, kronik bel ağrısı daha uzun süreli tedaviler gerektirmekte ve bu durum tedavi maliyetlerini artırmaktadır. Doğrudan maliyetler arasında doktor ziyaretleri, görüntüleme testleri, ilaç tedavileri ve fizik tedavi hizmetleri yer almaktadır. Dolaylı maliyetler ise iş gücü kaybı, üretkenlik kaybı ve iş göremezlik ödemelerini içermektedir. Kronik ağrı nedeniyle işini

kaybeden bireyler, yalnızca maddi kayıplar yaşamaz, aynı zamanda ruhsal sağlıklarında da ciddi sorunlarla karşılaşabilir. Sosyal izolasyon, depresyon ve anksiyete gibi psikolojik etkiler, bireylerin tedavi süreçlerini daha da zorlaştırabilir (Beneciuk et al., 2019). Sağlık hizmetlerindeki yoğunluk, randevu sürelerinin uzamasına ve tedaviye erişimin gecikmesine neden olabilir.

1.Biyopsikosyal Model

Biyopsikososyal model, bel ağrısının değerlendirilmesi ve tedavisinde son yıllarda giderek daha fazla benimsenen bir yaklaşım olmuştur. Bu model, bel ağrısının yalnızca fiziksel bir sorun olmadığını, aynı zamanda bireyin psikolojik ve sosyal bağlamını da içeren çok yönlü bir problem olduğunu vurgulamaktadır (Mescouto et al., 2022). Geleneksel biyomedikal modeller, ağrıyı yalnızca yapısal ya da mekanik bir bozukluk olarak ele alırken, biyopsikososyal model ağrının kişisel algılar ve yaşam koşulları tarafından da şekillendiğini öne sürmektedir. Olumsuz psikolojik durumlar, bireyin ağrıya karşı toleransını düşürmekte ve fiziksel aktiviteden kaçınmasına neden olmaktadır (Verbunt et al., 2003). Sosyal bağlamda ise iş tatminsizliği, finansal sorunlar ve sosyal destek eksikliği gibi faktörler, bel ağrısının kronikleşmesine zemin hazırlayabilir. Biyopsikososyal model, bu tür çok yönlü etkileşimlerin hem değerlendirme hem de tedavi sürecine entegre edilmesini önermektedir. Fiziksel faktörler, örneğin kas-iskelet sistemi bozuklukları veya disk dejenerasyonu, bel ağrısının temel biyolojik bileşenleridir. Ancak, ağrı algısı merkezi sinir sistemi üzerinden psikolojik süreçlerle birleştiğinde, hastanın yaşadığı deneyim bireysel ve benzersiz hale gelir. Bu nedenle, fizik tedavi programlarında ağrının biyolojik boyutlarının yanı sıra hastanın psikolojik durumunu ve sosyal bağlamını anlamak büyük önem taşır.

Özellikle kronik bel ağrısında, biyopsikososyal modelin benimsenmesi, tedavi sonuçlarını iyileştirmek ve hastaların sağlık sistemine olan bağımlılığını azaltmak için hayati önem taşır.

2.Ağrının Mekanizmaları

Bel ağrısının mekanizmaları, nörolojik, biyomekanik ve psikolojik süreçlerin karmaşık bir etkileşiminden oluşmaktadır. Akut bel ağrısı genellikle dokuların hasar görmesi veya iltihaplanma gibi fiziksel nedenlerden kaynaklanırken, kronik bel ağrısı daha karmaşık mekanizmalarla ilişkilidir (O'sullivan & Lin, 2014). Kronik ağrıda periferik sinir sisteminden merkezi sinir sistemine kadar ağrının algılanmasını ve düzenlenmesini etkileyen değişiklikler meydana gelebilir. Periferik sinirlerdeki aşırı duyarlılık, hafif uyaranların bile ağrı olarak algılanmasına neden olabilir. Bu durum, "santral sensitizasyon" olarak adlandırılan ve ağrı algısının merkezi sinir sistemi seviyesinde artmasına yol açan bir mekanizmayla ilişkilidir (Sanzarelli et al., 2016). Psikolojik mekanizmalar ise ağrının algılanmasını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Ağrıyı felaketleştirme, ağrıya karşı aşırı korku geliştirme ve fiziksel aktiviteden kaçınma gibi düşünce kalıpları, ağrının şiddetini ve süresini artırabilir. Örneğin, bir birey ağrıyı "tehlikeli" olarak algıladığında, bu durum ağrıyı daha yoğun bir şekilde hissetmesine ve ağrıyı önlemek için hareketsiz kalmasına neden olabilir (Wertli et al., 2014). Multimodal tedavi yaklaşımları, hem fiziksel hem de psikolojik mekanizmaları hedef alarak daha etkili sonuçlar sağlayabilir. Egzersiz terapisi, hem ağrıyı hafifletmek hem de kas ve eklem fonksiyonlarını iyileştirmek için kullanılabilir. Psikolojik müdahaleler ise hastanın ağrıya olan algısını ve bu algının davranışlarını nasıl etkilediğini değiştirmeyi hedefler. Bu şekilde,

bel ağrısının karmaşık mekanizmalarına yönelik bütüncül bir tedavi yaklaşımı benimsenmiş olur.

Anamnez

3.Fizik Tedavide Kanıta Dayalı Yaklaşım

Fizik tedavide kanıta dayalı yaklaşım, bilimsel araştırmalarla desteklenen yöntemlerin uygulanmasını ve bireyselleştirilmiş tedavi planlarının oluşturulmasını amaçlar. Bu yaklaşım, yalnızca teorik bilgilerle değil, aynı zamanda yüksek kaliteli klinik çalışmaların sonuçlarına dayanarak en etkili tedavi yöntemlerini belirlemeyi sağlar. Kanıta dayalı uygulamalarda, öncelikle hasta odaklı bir bakış açısı benimsenir; bu, tedavinin yalnızca ağrıyı azaltmaya değil, hastanın yaşam kalitesini artırmaya yönelik olması gerektiğini ifade eder (Ramond-Roquin et al., 2015). Bel ağrısı için uygulanan bir tedavi, hastanın günlük aktivitelerine daha kolay adapte olmasını sağlamalı ve uzun vadede kalıcı çözümler sunmalıdır. Kanıta dayalı yaklaşım, klinik deneylerin yanı sıra sistematik incelemeler ve meta-analizlerden elde edilen sonuçlara da büyük önem verir. Özellikle bel ağrısı tedavisinde egzersiz terapisi, manipülasyon, elektroterapi ve multidisipliner yaklaşımlar gibi yöntemlerin etkinliği üzerine yapılan araştırmalar, bu yaklaşımın temelini oluşturur. Kanıta dayalı yaklaşımın bir diğer önemli unsuru, klinik deneyim ve hasta tercihlerini bilimsel verilerle birleştirebilmesidir. Kanıta dayalı yaklaşım, fizik tedavi alanında daha etkili, daha güvenli ve daha uygun maliyetli çözümler sunmayı mümkün kılar.

4.Bel Ağrısında Fizik Tedavi Uygulamaları

4.1.Egzersiz Terapisi

Egzersiz terapisi, bel ağrısı tedavisinde en etkili yöntemlerden biri olarak kabul edilir ve hem akut hem de kronik

durumlarda uygulanabilir. Bu tedavi yöntemi, kas gücünü artırmak, esnekliği geliştirmek ve postüral hizayı iyileştirmek için tasarlanmış çeşitli hareketleri içerir (Van Middelkoop et al., 2010). Aerobik egzersizler, özellikle bel ağrısının azaltılmasında ve genel fiziksel kondisyonun iyileştirilmesinde önemli bir role sahiptir. Yürüme, yüzme ve bisiklet gibi düşük etkili aerobik aktiviteler, bel bölgesine aşırı yük bindirmeden kardiyovasküler sağlığı artırabilir (Meng & Yue, 2015). Bunun yanı sıra, kuvvetlendirme egzersizleri, bel ve karın kaslarını hedef alarak omurgayı destekleyen yapıları güçlendirmeye odaklanır. Özellikle core kaslarının güçlendirilmesi, omurga stabilitesini artırır ve tekrarlayan bel ağrısı riskini azaltır(Nayyab et al., 2021). Esneklik egzersizleri, kas gerginliğini azaltarak hareket aralığını artırır ve hastanın günlük aktivitelerine daha rahat devam etmesini sağlar (Purepong et al., 2012). Yoga ve pilates gibi egzersizler, hem fiziksel hem de zihinsel rahatlama sağlayarak ağrı kontrolünde etkili olabilir (Cramer et al., 2013). Egzersiz terapisi, hastanın ihtiyaçlarına ve ağrının şiddetine göre bireyselleştirilmelidir. Örneğin, akut dönemde düşük yoğunluklu hareketler tercih edilirken, kronik dönemde daha yoğun ve kompleks egzersiz programlarına geçilebilir. Ayrıca, egzersizlerin düzenli ve kontrollü bir şekilde yapılması, tedavinin başarısını artıran en önemli faktörlerden biridir. Egzersiz terapisi sadece fiziksel faydalar sağlamakla kalmaz; aynı zamanda hastanın öz güvenini artırır ve ağrı korkusunu azaltır. Ağrıyla başa çıkma becerilerini geliştirmek için hastaların düzenli olarak egzersiz yapması teşvik edilmelidir (Hayden et al., 2021). Egzersiz programlarının başarısı, hastanın uyumuna ve fizyoterapistin yönlendirmesine bağlıdır. Ayrıca, bu tür tedavi yöntemlerinin uzun vadeli etkileri, hastaların yaşam kalitesini iyileştirme açısından oldukça önemlidir.

4.2.Manuel Terapi Teknikleri

Manuel terapi, ellerle uygulanan özel tekniklerden oluşan ve bel ağrısının tedavisinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu teknikler, omurga hareketliliğini artırmayı, kas gerginliğini azaltmayı ve ağrıyı hafifletmeyi amaçlar. Mobilizasyon ve manipülasyon teknikleri, eklem hareket açıklığını artırarak sertleşmiş eklemleri serbest bırakmaya odaklanır. Manipülasyon, genellikle hızlı ve küçük bir kuvvetle uygulanan bir tekniktir ve özellikle akut mekanik bel ağrısında etkili olabilir (Shipton, 2018). Mobilizasyon ise daha yavaş ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilir ve kronik ağrılı hastalarda tercih edilir. Ayrıca, yumuşak doku masajı, kas spazmlarını azaltmak ve dolaşımı iyileştirmek için uygulanır. Bu teknik, özellikle ağrılı kas düğümlerini (trigger point) hedef alarak kas gevşemesine yardımcı olur. Araştırmalar, manuel terapinin egzersizle kombine edildiğinde daha etkili olduğunu göstermektedir (Hidalgo et al., 2014). Manipülasyon sonrası uygulanan kuvvetlendirme egzersizleri, omurga stabilitesini artırır ve tedavinin uzun vadeli başarısını destekler. Manuel terapi aynı zamanda hastaya rahatlatma hissi sağlayarak, tedaviye olan güvenini artırabilir. Ancak, bu tekniklerin uygulanmasında dikkatli olunmalı ve uygun hasta seçimi yapılmalıdır. Özellikle osteoporoz veya omurga kırığı gibi durumlar manuel terapi için kontrendikasyon oluşturabilir. Uygulama sırasında hasta ile iletişim kurmak ve geribildirim almak, terapinin güvenliğini ve etkinliğini artırır. Manuel terapi, kısa vadeli ağrı kontrolü sağlarken, uzun vadeli sonuçlar için diğer tedavi yaklaşımlarıyla desteklenmelidir.

4.3.Elektroterapi Yöntemleri

Elektroterapi, bel ağrısı tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir diğer etkili yöntemdir. Bu tedavi, elektrik akımlarının vücuda

uygulanmasıyla ağrı yönetimi sağlar ve iyileşme süreçlerini destekler. Elektroterapi yöntemleri, çeşitli enerji formlarını kullanarak ağrıyı hafifletmeye, kas fonksiyonlarını artırmaya ve iyileşme sürecini hızlandırmaya yardımcı olur. Elektriksel akımlar, sinirlerin ağrı iletimi üzerindeki etkisini değiştirerek ağrıyı hafifletebilir ve kaslarda gevşemeyi sağlar. TENS (Transkütanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu) en yaygın elektroterapi tekniklerinden biridir (Wu et al., 2018). TENS, düşük frekanslı elektrik akımları ile sinirlerin ağrı iletim yollarını bloke eder, bu da ağrının azalmasına yol açar. TENS'in kullanımı, özellikle kronik bel ağrısı çeken hastalar için etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bir diğer elektroterapi yöntemi ise interferans akımıdır. Bu yöntem, iki farklı frekansta elektrik akımlarının birleştirilmesiyle elde edilir ve derin dokularda ağrı yönetimi sağlamak için kullanılır. İnterferans akımı, genellikle daha derin kaslarda etki gösterdiği için, bel ağrısının kas kaynaklı olduğu durumlarda etkilidir (Facci et al., 2011). Diğer bir popüler elektroterapi yöntemi ise ultrason tedavisidir. Ultrason, ses dalgaları kullanarak derin doku ısıtması yapar ve bu, kas spazmlarını azaltarak ağrıyı hafifletir. Ayrıca, ultrason tedavisi kan dolaşımını artırarak iyileşme süreçlerini hızlandırabilir (Haile et al., 2021). Elektroterapi, aynı zamanda iyileşme sürecini hızlandırmaya yönelik bir dizi farklı modaliteyi de içerir. Elektriksel uyarılar, hücre yenilenmesini ve kollajen üretimini artırarak dokuların onarılmasını sağlar. Elektroterapi tedavisi, genellikle manuel terapi veya egzersizle kombinasyon halinde kullanılır ve bu sayede tedavi daha etkili hale gelir. Kalp pilleri veya metal implantları olan hastalar elektroterapi yöntemlerinden bazılarına karşı kontrendikasyon gösterebilir. Elektroterapi yöntemlerinin çoğu, ağrıyı anında hafifletebilir, ancak uzun vadeli

sonuçlar için bu tedavi yaklaşımları, diğer fiziksel terapi yöntemleriyle birleştirilmelidir. Elektroterapi, özellikle akut ağrılı hastalarda hızlı rahatlama sağlarken, kronik bel ağrısı tedavisinde etkili sonuçlar için diğer tedavi seçenekleriyle entegre edilmelidir.

4.4.Sıcak ve Soğuk Uygulamalar

Sıcak ve soğuk uygulamaları, bel ağrısı tedavisinde yaygın olarak kullanılan ve genellikle hızlı rahatlama sağlayan etkili yöntemlerdir. Her iki tedavi de ağrıyı hafifletmek, kasları gevşetmek ve iltihaplanmayı kontrol altına almak için kullanılır, ancak etkileri uygulama amacına ve ağrının türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Fuentes-León et al., 2016). Sıcak uygulamaları, kas spazmlarını azaltmak ve kan akışını artırmak için kullanılır. Sıcak, dokuya derinlemesine nüfuz eder ve kan damarlarını genişleterek oksijen ve besin maddelerinin taşınmasını hızlandırır, bu da iyileşme sürecini hızlandırır. Akut olmayan ağrılar için, sıcak su torbaları, elektrikli ısıtıcılar ya da sıcak banyo gibi yöntemler tercih edilebilir. Ayrıca, sıcak uygulamalar kaslardaki gerginliği azaltarak, özellikle bel bölgesinde hissedilen sertlik ve ağrıyı hafifletir. Sıcak tedavi, aynı zamanda stres ve gerginliği azaltarak, psikolojik rahatlama da sağlar. Soğuk uygulamalar ise genellikle akut ağrılar ve iltihaplanmalar için daha uygundur. Soğuk, damarları daraltarak kan akışını sınırlayarak şişliği ve iltihaplanmayı azaltır. Ayrıca, soğuk uygulamalar sinir uçlarındaki ağrı iletiminin azalmasına yardımcı olarak anlık ağrı kesici etki sağlar. Bu nedenle, akut yaralanmalar ve yeni başlayan bel ağrıları için soğuk kompresler, buz torbaları ya da soğuk jel kullanımı yaygın bir tercih olur (French et al., 2006). Soğuk uygulamalar aşırı uzun süreli kullanılmamalıdır çünkü dokuların aşırı soğuması, kan akışının durmasına neden olabilir. Bu yöntemler genellikle düşük maliyetli, evde uygulanabilir tedavi

seçenekleri sunar, ancak doğru zamanlamada ve doğru dozda yapılması önemlidir. Özellikle kronik bel ağrısı yaşıyan hastalarda, sıcak ve soğuk tedavileri, egzersiz ve manuel terapi gibi diğer fiziksel tedavi yöntemleriyle kombin edilerek daha etkili sonuçlar elde edilebilir.

4.5.Kinezyolojik Bantlama Yöntemleri

Kinezyoloji bantlama, bel ağrısı gibi kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknik, elastik yapıda özel bantların deri üzerine uygulandığı bir yöntemdir ve genellikle kas fonksiyonlarını iyileştirmeye, ağrıyı azaltmaya ve iltihaplanmayı hafifletmeye yardımcı olur (Nelson, 2016). Kinezyoloji bantları, kasları ve eklemleri destekleyerek hareketin daha rahat ve kontrollü yapılmasını sağlar, aynı zamanda ağrıyı azaltarak iyileşme sürecini hızlandırır. Bel ağrısında bantlama, özellikle kas gerginliklerinin ve kas spazmlarının neden olduğu ağrıları hafifletmek için etkili olabilir. Bandın elastik yapısı, kasın hareketlerini taklit ederek kasları sınırlamadan destekler ve bu sayede tedavi sürecinde herhangi bir hareket kısıtlaması oluşmaz. Kinezyoloji bantlarının kullanımı, kasların normal fonksiyonlarını sürdürürken ağrıyı azaltır ve kas tonusunu düzenler. Bu yöntem, bel ağrısı çeken hastalarda genellikle egzersizle birlikte uygulanır ve tedavi sürecinin daha verimli hale gelmesini sağlar. Kinezyoloji bantlarının etkisi, deri altındaki sinir reseptörlerinin uyarılması ve kan dolaşımının artması ile ortaya çıkar. Bu bantlama yöntemi, bel bölgesinde kaslarda gevşeme sağlar ve kasların fazla gerilmesini engeller. Ayrıca, bantlama, kaslarda sıvı birikimini azaltarak ödemi kontrol altına alabilir. Bantlama yönteminin bir avantajı, hastaların günlük aktivitelerini kısıtlamadan tedavi olmalarına olanak tanımasıdır. Bantlar, suya dayanıklıdır ve uzun süreli kullanımda

dahi etkinliklerini korur, bu da hastaların tedaviye sadık kalmalarını sağlar. Kinezyoloji bantlaması, genellikle ağrıyı hızla azaltan ve uzun vadeli iyileşmeyi destekleyen non-invaziv bir tedavi seçeneğidir (Sheng et al., 2019).

4.6.Multidisipliner Yaklaşım

Multidisipliner yaklaşım, bel ağrısı tedavisinde farklı uzmanlık alanlarının bir araya gelerek ortak bir tedavi planı oluşturduğu bir yöntemdir. Bu yaklaşım, fizik tedavi, ortopedi, nöroloji, psikoloji, ve ağrı yönetimi gibi çeşitli alanlardaki uzmanların bir arada çalışmasını sağlar. Bel ağrısı genellikle çok faktörlü bir rahatsızlık olup, fiziksel, psikolojik ve sosyal etmenlerin birleşiminden kaynaklanabilir. Multidisipliner tedavi, fiziksel tedavi yöntemlerinin yanı sıra psikolojik danışmanlık, ergonomi eğitimi, egzersiz programları, ilaç tedavisi ve gerektiğinde cerrahi müdahaleyi içerebilir. Psikolojik destek, özellikle kronik bel ağrısı yaşayan hastalarda oldukça önemli bir bileşendir, çünkü ağrıyı yönetme becerileri, hastanın genel iyilik halini etkileyebilir. Multidisipliner yaklaşım, tedavi sürecinin her aşamasında hastanın bireysel ihtiyaçlarına odaklanır ve tedavi sürecini hastanın yaşam tarzına göre uyarlayarak etkinliğini artırır. Ayrıca, multidisipliner yaklaşımla birden fazla uzman hastanın tedaviye dahil olduğu için, tedavi süreci daha kapsamlı hale gelir ve tüm yönleriyle ele alınır. Araştırmalar, multidisipliner tedavi yaklaşımlarının, yalnızca ağrıyı yönetmekle kalmayıp aynı zamanda hastaların uzun vadeli yaşam kalitesini de artırdığını göstermektedir. Bu yöntem, tedavi sürecinde hastaların motive olmalarını sağlar ve tedaviye daha fazla uyum göstermelerini teşvik eder. Sonuç olarak, multidisipliner yaklaşım, bel ağrısı tedavisinde en etkili ve kalıcı sonuçları elde etmek için önemli bir strateji olarak öne çıkar (Kamper et al., 2015).

4.7.Teknolojik Yöntemler ve Gelişmeler

Teknolojik yöntemler ve gelişmeler, bel ağrısının tedavisinde önemli bir rol oynamaya başlamıştır ve bu alandaki yenilikler, tedavi süreçlerini daha etkili, hızlı ve güvenli hale getirmektedir. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, bel ağrısı tedavisi için yeni araçlar, cihazlar ve yazılımlar geliştirilmiş olup, bu yöntemler daha hassas, hedeflenmiş ve kişiye özel tedavi sunabilmektedir. Sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) teknolojileri, özellikle fiziksel terapi alanında devrim yaratmaktadır. Bu teknolojiler, hastaların tedavi sırasında doğru hareketleri öğrenmelerini, kaslarını nasıl kullanacaklarını ve doğru postürü benimsemelerini destekler. VR uygulamaları, hastalara ağrı yönetimi eğitimi verirken, aynı zamanda tedaviye yönelik motivasyonu artırır (Brea-Gomez et al., 2021). Teknolojik gelişmeler, bel ağrısının tedavisinde sadece daha hızlı iyileşmeyi sağlamanın ötesinde, tedavi süreçlerini daha konforlu ve hasta odaklı hale getirmektedir. Ancak bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için, hastaların ve sağlık profesyonellerinin bu yeni teknolojilere uyum sağlaması gerekmektedir. Dolayısıyla, teknolojik gelişmelerin bel ağrısı tedavisinde başarılı bir şekilde

4.8.Fiziksel Aktivite

Fiziksel aktivite, bel ağrısının tedavisinde temel bileşenlerden biridir. Düzenli fiziksel aktivite, beldeki kasları güçlendirir, esnekliği artırır ve postürü düzeltir, böylece ağrıyı azaltır ve tekrarlayan bel ağrısı ataklarını önler. Bel ağrısı çeken bireyler, genellikle hareketsiz kalma eğilimindedirler, ancak bu durum kas zayıflığına, eklem sertliğine ve postür bozukluklarına yol açabilir (Jakobsson et al., 2023). Bu nedenle, doğru fiziksel aktiviteler, iyileşme sürecinin önemli bir parçasıdır. Fiziksel terapi

ve egzersiz programları, kas güçlendirmeyi, postüral dengeyi, vücut farkındalığını ve esnekliği hedef alır. Özellikle bel kasları, karın kasları ve kalça kaslarını güçlendiren egzersizler, belin stabilitesini artırarak ağrıyı azaltabilir. Core kas grubu dediğimiz karın ve sırt kaslarının güçlendirilmesi, belin desteklenmesini sağlayarak, gün boyunca karşılaşılan streslere karşı direncin artmasına yardımcı olur. Fiziksel aktiviteler, aynı zamanda kan akışını artırarak iyileşmeyi hızlandırır, kasların oksijen ve besin maddelerinin daha verimli şekilde taşınmasını sağlar (Heneweer et al., 2011). Bunun yanında, fiziksel aktivite, endorfin salgılar, bu da doğal bir ağrı kesici etkisi yaratır ve kişinin ruh halini iyileştirir. Egzersiz programları, kişinin yaşına, bel ağrısının tipine ve tedaviye verdiği yanıtı göre kişiselleştirilmelidir. Akut bel ağrısı yaşayan bir kişi için başlangıçta düşük yoğunluklu egzersizler önerilebilirken, kronik bel ağrısı olan bir hasta için daha yoğun kuvvetlendirme ve esneme egzersizleri planlanabilir. Yürüyüş, yüzme veya düşük yoğunluklu bisiklet gibi aktiviteler, düşük etkili egzersizler olup, ağrıya neden olmadan genel kas kuvvetini ve dayanıklılığını artırabilir. Ancak egzersizlerin doğru şekilde yapılması önemlidir. Yanlış formda yapılan hareketler, daha fazla ağrıya veya yeni yaralanmalara yol açabilir. Ayrıca, düzenli egzersizlerin yanı sıra, esneme hareketleri de oldukça faydalıdır. Kasların esnekliği arttıkça, kas gerginliği azalır ve beldeki ağrılar hafifler. Günlük yaşamda, egzersizler yalnızca ağrıyı yönetmekle kalmaz, aynı zamanda yaşam kalitesini artırır, stres seviyelerini düşürür ve kişiyi fiziksel olarak daha aktif hale getirir. Sonuç olarak, egzersiz ve fiziksel aktivite, bel ağrısı tedavisinin temel taşlarından ve uzun vadeli iyileşme için vazgeçilmezdir.

4.9.Cerrahi Müdahale ve İleri Tedavi Seçenekleri

Cerrahi müdahale ve ileri tedavi seçenekleri, bel ağrısının tedavisinde, özellikle konservatif tedavi yöntemleriyle iyileşme sağlanamayan hastalar için önemli bir alternatiftir. Genellikle bel ağrısı, fiziksel terapi, egzersiz, ilaç tedavisi gibi non-cerrahi yöntemlerle tedavi edilmeye çalışılır, ancak bazen bu yöntemler yeterli olmaz ve cerrahi müdahale gerekli hale gelir. Cerrahi müdahale, özellikle disk hernisi, spinal stenoz, bel fıtığı gibi durumlarda önerilebilir. Bu tür vakalarda, cerrahi operasyonlar ağrıyı hedef almak ve yapısal problemleri düzeltmek amacıyla uygulanır. Mikrodisektomi, bel fıtığının tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir cerrahi tekniktir ve bu işlemde, hasar görmüş diskten veya sinir köklerinden basıncı azaltmak için küçük bir kesiden girilir. Aynı şekilde, spinal füzyon (omurga kaynaştırma) işlemi, omurlar arasındaki hareketi sınırlayarak ağrıyı azaltır ve omurganın stabilitesini artırır. İleri tedavi seçenekleri arasında minimal invaziv cerrahi yöntemler de bulunmaktadır. Bu yöntemler, hastaların daha hızlı iyileşmesini ve daha az postoperatif ağrı hissetmelerini sağlar. Endoskopik cerrahi yöntemler, bel ağrısı tedavisinde minimal kesilerle yapılan ve daha kısa iyileşme süreleri sunan bir tedavi seçeneğidir (Baliga et al., 2015). Bunlar, özellikle disk problemlerinin tedavisinde kullanılır. Bir diğer ileri tedavi seçeneği ise PRP (Platelet Rich Plasma) tedavisidir. Bu tedavi, hastanın kendi kanından elde edilen plazma ile bel bölgesindeki dokulara enjeksiyon yaparak iyileşmeyi hızlandırmayı hedefler (Xuan et al., 2020). Uygun hastalarda doğru cerrahi yöntemler, ağrıyı kontrol altına alabilir ve hastaların yaşam kalitesini büyük ölçüde iyileştirebilir.

4.10.Tedavi Sürecinde Hasta Eğitimi

Tedavi sürecinde hasta eğitimi, bel ağrısının tedavisinin temel bileşenlerinden biridir çünkü hastaların tedavi sürecine aktif katılımı, iyileşme oranlarını doğrudan etkiler. Bel ağrısının yönetilmesinde, hastaların ağrının doğasını, tedavi seçeneklerini, egzersizlerin önemini ve günlük yaşam aktivitelerinde alabilecekleri önlemleri anlamaları büyük bir fark yaratabilir. Eğitim, hastaların tedaviye olan bağlılıklarını artırırken, aynı zamanda yanlış bilgilendirmeyi de ortadan kaldırır. Birçok hasta, ağrıyı yönetmek için yanlış yöntemlere başvurur veya yanlış tedaviye yönlendirilir. Bu nedenle, hastaların tedavi sürecine dair doğru bilgi alması, tedaviye uyumlarını ve sonuçları iyileştirebilir. Tedavi sürecindeki eğitim, genellikle fiziksel terapi eğitimi, doğru egzersiz teknikleri, ağrı yönetimi stratejileri ve yaşam tarzı değişikliklerini içerir (Engers et al., 2008). Hastalara ağrı yönetimi konusunda, çeşitli stratejiler hakkında bilgi verilmelidir. Bunlar arasında doğru duruş, ergonomik oturma düzenlemeleri, aktivite sıklığı ve dinlenme yöntemleri gibi günlük yaşam alışkanlıkları yer alır. Ayrıca, egzersizlerin tedavi sürecindeki rolü de hasta eğitiminde vurgulanmalıdır. Bel ağrısını yönetmek için yapılan egzersizlerin doğru şekilde uygulanması, tedavi sürecinin etkinliğini büyük ölçüde artırır. Hastalar, egzersizlerin ağrıyı azaltmak ve beldeki kasları güçlendirmek için ne kadar önemli olduğunu anlamalıdır. Ayrıca, hasta eğitiminde ağrıya dair beklentilerin yönetilmesi de kritik bir yer tutar. Ağrının tamamen yok olmasının her zaman mümkün olmayabileceği, ancak ağrının yönetilebileceği ve yaşam kalitesinin iyileştirilebileceği konusunda hastalar bilgilendirilmelidir. Tedavi sürecindeki eğitim, ayrıca hastaların psikolojik durumu üzerinde de önemli bir etki yaratır. Bel ağrısı

eken birçok hasta, ağrının Şiddeti nedeniyle kaygı, depresyon ve stres yaşayabilir. Bu durumda, hastaların tedavi sürecine dair olumlu bir tutum geliştirebilmeleri için psikolojik eğitim de verilmelidir. Hastalara, ağrı ile başa çıkma stratejileri, stres yönetimi, gevşeme teknikleri ve psikolojik destek konusunda da bilgi sunulmalıdır. Hasta eğitimi, aynı zamanda ağrıya yönelik yanlış inançları ortadan kaldırmaya yardımcı olur. Tedavi sürecinin başından sonuna kadar hastaların sürekli olarak bilgilendirilmesi, tedaviye olan güveni artırır ve sürecin başarısını yükseltir. Eğitimin etkili olabilmesi için, hastaların eğitimde aktif rol alması sağlanmalı ve sorularını sormaları teşvik edilmelidir. Hasta eğitimi, bel ağrısının tedavisinde sadece fiziksel değil, aynı zamanda psikolojik ve duygusal bir yönü de kapsayan önemli bir aşamadır. Bu eğitim, tedavi sürecinin her aşamasında hastanın daha bilinçli, katılımcı ve iyileşmeye odaklı olmasını sağlar.

4.11.Bel Ağrısının nlenmesi

Bel ağrısının önlenmesi, tedavi sürecinden çok daha geniş bir kavramdır ve insanların günlük yaşam alışkanlıklarında yapacakları basit değişikliklerle bel ağrısının önlenmesi mümkün olabilir. Bel ağrısının birçok farklı nedeni olmakla birlikte, genellikle yanlış postür, aşırı yüklenme, uzun süreli hareketsizlik, yanlış kaldırma teknikleri ve yetersiz kas gücü gibi faktörler ağrıya yol açar. Bu nedenle, bel ağrısını önlemek için bireylerin hem fiziksel hem de yaşam tarzı değişikliklerine odaklanması gerekmektedir. Öncelikle, doğru postür ve ergonomi, bel sağlığını korumak için kritik öneme sahiptir. Günlük aktivitelerde doğru oturma, kalkma, yatma ve yürüyüş teknikleri, belin üzerindeki gereksiz yükü azaltır ve ağrı riskini önler. Çalışma ortamlarında ergonomik düzenlemeler yapmak da bel sağlığını korumak için önemli bir adımdır. Örneğin,

uzun süreli masa başı çalışanlar için doğru sandalye seçimi, ekran yüksekliği, ayakta durma sürelerinin dengelenmesi gibi önlemler bel ağrısının gelişmesini engelleyebilir (Steffens et al., 2016).

Bir diğer önemli önleme stratejisi, düzenli egzersiz yapmaktır. Bel kaslarını güçlendiren, esnekliği artıran ve vücut postürünü iyileştiren egzersizler, bel ağrısının oluşumunu engelleyebilir. Özellikle sırt, karın ve bacak kaslarını güçlendiren egzersizler, omurganın daha stabil ve dayanıklı olmasını sağlar. Yüzme, yoga, pilates gibi aktiviteler, kasları güçlendirirken aynı zamanda rahatlatıcı bir etki de yaratır. Bununla birlikte, doğru kaldırma teknikleri de bel ağrısını önlemede büyük bir rol oynar. Ağır yük kaldırırken doğru teknikler kullanmak, omurgaya binen basıncı azaltır. Bu teknikler arasında dizlerin bükülmesi, yükü vücuda yakın tutarak kaldırılması ve belin bükülmemesi gerektiği vurgulanır. Ayrıca, ağrısız aktivitelerde de vücut duruşuna dikkat edilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Ayrıca, yaşam tarzı faktörleri de bel ağrısının önlenmesinde önemli bir rol oynar. Obezite, bel ağrısının en yaygın nedenlerinden biridir çünkü fazla kilo, omurgaya ekstra yük bindirir (Shiri et al., 2010). Bu nedenle, sağlıklı bir diyet ve düzenli fiziksel aktivite, bel sağlığını korumada yardımcı olur. Yetersiz uyku da bel ağrısının nedenlerinden biridir, çünkü uyku sırasında vücudun dinlenmesi ve iyileşmesi gerekir. Yetersiz uyku, kasların iyileşmesini engelleyebilir ve ağrıya neden olabilir. Uyku düzeni, uygun yatak ve yastık seçimi de bel sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca, stres de bel ağrısını tetikleyebilecek bir faktördür. Stres altında kaslar gerilir ve bu da bel bölgesinde ağrıya yol açabilir. Stresin yönetilmesi, bel ağrısının önlenmesinde önemli bir stratejidir.

ve gevşeme teknikleri, meditasyon, derin nefes alma gibi yöntemler stresin azaltılmasına yardımcı olabilir.

Bel ağrısının önlenmesinde eğitim çok önemlidir. Toplumda bel sağlığına dair farkındalık oluşturmak, bireylerin doğru bilgiye sahip olmalarını sağlar ve sağlıklı alışkanlıklar geliştirmelerine yardımcı olur. Bu bağlamda, okulda, iş yerinde veya sağlık kuruluşlarında verilen eğitimler, bel ağrısının önlenmesine katkı sağlar. İnsanlar, bel sağlığını koruma konusunda ne kadar bilinçli olurlarsa, bel ağrısının gelişme riski o kadar azalır. Sonuç olarak, bel ağrısının önlenmesi, yaşam tarzı değişiklikleri, doğru alışkanlıklar ve eğitimle mümkündür. Her birey, basit ama etkili stratejilerle bel ağrısını önleyebilir ve sağlıklı bir yaşam sürdürebilir.

Sonuç

Bel ağrısı, bireylerin yaşam kalitesini olumsuz etkileyen, yaygın ve karmaşık bir sağlık sorunudur. Fiziksel terapi, bel ağrısının tedavisinde önemli bir rol oynamakta ve hastaların iyileşmesine katkı sağlamaktadır. Bu kitap bölümünde, bel ağrısının tedavisinde fizik tedavinin etkinliğini değerlendiren bir dizi konu ele alınmıştır. Fizik tedavi, bel ağrısının tedavisinde egzersiz, manuel terapi, postür eğitimi ve hareket terapisi gibi farklı yaklaşımlar sunarak, hastaların ağrılarının yönetilmesine ve fonksiyonel kapasitelerinin artırılmasına yardımcı olmaktadır. Bel ağrısının tedavisinde multidisipliner bir yaklaşım önemlidir. Birden fazla uzmanlık alanından sağlık profesyonellerinin işbirliği, hastaların daha iyi bir tedavi süreci geçirmesini sağlar ve tedaviye dair daha geniş bir perspektif sunar. Bu yaklaşım, bel ağrısının hem fiziksel hem de psikolojik boyutlarını ele alır, böylece tedavi süreci daha kapsamlı ve etkili olur. Bel ağrısının önlenmesi, tedavinin en az

kadar önemli bir aşamadır. Sağlıklı yaşam alışkanlıkları, doğru postür, egzersiz ve stres yönetimi gibi faktörler, bel ağrısının oluşumunu engellemekte büyük bir rol oynamaktadır. Bel ağrısının önlenmesi, hastaların ağrısız ve sağlıklı bir yaşam sürmelerine olanak tanır. Bu bağlamda, bel ağrısının tedavisinde alınacak önlemler ve uygulanacak tedavi yöntemleri kadar, bireylerin yaşam tarzları ve sağlık bilinci de oldukça önemlidir.

Kaynaklar

Baliga, S., Treon, K., & Craig, N. J. A. (2015). Low back pain: current surgical approaches. *Asian Spine Journal*, 9(4), 645.

Beneciuk, J. M., Ballengee, L. A., & George, S. Z. (2019). Treatment monitoring as a component of psychologically informed physical therapy: A case series of patients at high risk for persistent low back pain related disability. *MUSCULOSKELETAL SCIENCE AND PRACTICE*, 41, 36–42.
<https://doi.org/10.1016/j.msksp.2019.03.004>

Brea-Gomez, B., Torres-Sanchez, I., Ortiz-Rubio, A., Calvache-Mateo, A., Cabrera-Martos, I., Lopez-Lopez, L., & Valenza, M. C. (2021). Virtual Reality in the Treatment of Adults with Chronic Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH*, 18(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph182211806>

Cramer, H., Lauche, R., Haller, H., & Dobos, G. (2013). A systematic review and meta-analysis of yoga for low back pain. *The Clinical Journal of Pain*, 29(5), 450–460.

Deyo, R. A., Dworkin, S. F., Amtmann, D., Andersson, G., Borenstein, D., Carragee, E., Carrino, J., Chou, R., Cook, K., & DeLitto, A. (2014). Report of the National Institutes of Health task force on research standards for chronic low back pain. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 37(7), 449–467.

Engers, A. J., Jellema, P., Wensing, M., van der Windt, D. A. W. M., Grol, R., & van Tulder, M. W. (2008). Individual patient

education for low back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1.

Facci, L. M., Nowotny, J. P., Tormem, F., & Trevisani, V. F. M. (2011). Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and interferential currents (IFC) in patients with nonspecific chronic low back pain: randomized clinical trial. *Sao Paulo Medical Journal*, 129, 206–216.

French, S. D., Cameron, M., Walker, B. F., Reggars, J. W., & Esterman, A. J. (2006). Superficial heat or cold for low back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1.

Fuentes-León, P., Jara-Poblete, N., Bastías-Sánchez, P., Vitzel, K. F., & Marzuca-Nassr, G. N. (2016). Heat transfer by three types of hot pack and its implication on the flexibility of the lower back: a randomized, controlled trial. *Fisioterapia e Pesquisa*, 23(2), 201–209.

Haile, G., Hailemariam, T. T., & Haile, T. G. (2021). Effectiveness of ultrasound therapy on the management of chronic non-specific low back pain: a systematic review. *Journal of Pain Research*, 1251–1257.

Hayden, J. A., Ellis, J., Ogilvie, R., Stewart, S. A., Bagg, M. K., Stanojevic, S., Yamato, T. P., & Saragiotto, B. T. (2021). Some types of exercise are more effective than others in people with chronic low back pain: a network meta-analysis. *Journal of Physiotherapy*, 67(4), 252–262.

Heneweer, H., Staes, F., Aufdemkampe, G., van Rijn, M., & Vanhees, L. (2011). Physical activity and low back pain: a

systematic review of recent literature. *European Spine Journal*, 20, 826–845.

Hidalgo, B., Detrembleur, C., Hall, T., Mahaudens, P., & Nielens, H. (2014). The efficacy of manual therapy and exercise for different stages of non-specific low back pain: an update of systematic reviews. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 22(2), 59–74.

Jakobsson, M., Hagströmer, M., Lotzke, H., von Rosen, P., & Lundberg, M. (2023). Fear of movement was associated with sedentary behaviour 12 months after lumbar fusion surgery in patients with low back pain and degenerative disc disorder. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(1), 874. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06980-z>

Kamper, S. J., Apeldoorn, A. T., Chiarotto, A., Smeets, R. J. E. M., Ostelo, R. W. J. G., Guzman, J., & van Tulder, M. (2015). Multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation for chronic low back pain: Cochrane systematic review and meta-analysis. *Bmj*, 350.

Meng, X.-G., & Yue, S.-W. (2015). Efficacy of aerobic exercise for treatment of chronic low back pain: a meta-analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 94(5), 358–365.

Mescouto, K., Olson, R. E., Hodges, P. W., & Setchell, J. (2022). A critical review of the biopsychosocial model of low back pain care: time for a new approach? *Disability and Rehabilitation*, 44(13), 3270–3284.

Nayyab, I., Ghous, M., Shakil Ur Rehman, S., & Yaqoob, I. (2021). The effects of an exercise programme for core muscle

strengthening in patients with low back pain after Caesarian-section: A single blind randomized controlled trial. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 71(5), 1319–1325. <https://doi.org/10.47391/JPMA.596>

Nelson, N. L. (2016). Kinesio taping for chronic low back pain: A systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 20(3), 672–681.

O'sullivan, P., & Lin, I. (2014). Acute low back pain. *Pain*, 1(1), 8–13.

Purepong, N., Jitvimonrat, A., Boonyong, S., Thaveeratitham, P., & Pensri, P. (2012). Effect of flexibility exercise on lumbar angle: a study among non-specific low back pain patients. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16(2), 236–243.

Ramond-Roquin, A., Bouton, C., Bègue, C., Petit, A., Roquelaure, Y., & Huez, J.-F. (2015). Psychosocial risk factors, interventions, and comorbidity in patients with non-specific low back pain in primary care: need for comprehensive and patient-centered care. *Frontiers in Medicine*, 2, 73.

Sanzarello, I., Merlini, L., Rosa, M. A., Perrone, M., Frugiuele, J., Borghi, R., & Faldini, C. (2016). Central sensitization in chronic low back pain: a narrative review. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 29(4), 625–633.

Sheng, Y., Zhouying, D., Qiang, Q. U., Wenhua, C., & Bo, Y. U. (2019). Kinesio taping in treatment of chronic non-specific low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Rehabilitation Medicine (Stiftelsen Rehabiliteringsinformation)*, 51(10).

Shipton, E. A. (2018). Physical therapy approaches in the treatment of low back pain. *Pain and Therapy*, 7(2), 127–137.

Shiri, R., Karppinen, J., Leino-Arjas, P., Solovieva, S., & Viikari-Juntura, E. (2010). The association between obesity and low back pain: a meta-analysis. *American Journal of Epidemiology*, 171(2), 135–154.

Steffens, D., Maher, C. G., Pereira, L. S. M., Stevens, M. L., Oliveira, V. C., Chapple, M., Teixeira-Salmela, L. F., & Hancock, M. J. (2016). Prevention of low back pain: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Internal Medicine*, 176(2), 199–208.

Van Middelkoop, M., Rubinstein, S. M., Verhagen, A. P., Ostelo, R. W., Koes, B. W., & van Tulder, M. W. (2010). Exercise therapy for chronic nonspecific low-back pain. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 24(2), 193–204.

Verbunt, J. A., Seelen, H. A., Vlaeyen, J. W., van de Heijden, G. J., Heuts, P. H., Pons, K., & Knottnerus, J. A. (2003). Disuse and deconditioning in chronic low back pain: concepts and hypotheses on contributing mechanisms. *European Journal of Pain*, 7(1), 9–21.

Wertli, M. M., Eugster, R., Held, U., Steurer, J., Kofmehl, R., & Weiser, S. (2014). Catastrophizing—a prognostic factor for outcome in patients with low back pain: a systematic review. *The Spine Journal*, 14(11), 2639–2657.

Wu, L.-C., Weng, P.-W., Chen, C.-H., Huang, Y.-Y., Tsuang, Y.-H., & Chiang, C.-J. (2018). Literature review and meta-analysis of transcutaneous electrical nerve stimulation in treating chronic back pain. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, 43(4), 425–433.

Xuan, Z., Yu, W., Dou, Y., & Wang, T. (2020). Efficacy of platelet-rich plasma for low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery*, 81(06), 529–534.

BÖLÜM VI

Omuz Muayenesi İçin Özel Klinik Testler

Atahan TURHAN¹

Giriş

Omuz problemleri, toplumda en sık görülen kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarındandır (Hodgetts & Walker, 2021). Genel popülasyonun yaklaşık %10'u yaşamları boyunca en az bir kez omuz problemleri yaşadığını bildirmiştir (Ay & Doğan, 2009). Omuz problemlerinde ağrı, güçsüzlük ve eklem hareket açıklığı kısıtlılığı sıklıkla görülmektedir. Bu durum kişinin yaşam kalitesini ve günlük aktivitelerini gerçekleştirme yeteneğini ciddi şekilde etkilemektedir (Urwin et al., 1998). Omuz problemlerini kas, kemik, ligament,

¹ Öğr. Gör. Dr. Atahan TURHAN, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Pilot Sağlık Koordinatörlüğü. Jeotermal Kaynaklı Rehabilitasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi. Kırşehir, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9510-925X, atahanturhan@hotmail.com

tendon, bursa ve eklemi etkileyen dejeneratif sorunlar oluşturmaktadır (Carmichael & Hart, 1985).

Omuz problemleri olan bireyleri değerlendirmelerde birçok zorluklar yaşandığı görülmektedir. Bunun sebebi ise omuz problemlerinin benzer klinik özellikler göstermesi ve rahatsızlıklara sebep olabilecek birçok etyolojinin var olmasıdır (Van der Windt, Koes, De Jong, & Bouter, 1995). Bundan dolayı omuz problemlerinin tanısını belirlemek ve buna uygun tedavi programı hazırlamak için klinik değerlendirmelerde kullanılan özel klinik testler önem kazanmaktadır (Hegedus et al., 2012).

1. Spesifik Omuz Klinik Testleri

1.1. Subakromial Sıkışma Sendromu Klinik Testleri

1.1.1. Neer Testi

Neer testi, subakromial sıkışma sendromunu saptamak için kullanılan testtir. Test, hasta ayakta ya da oturur pozisyonda yapılır. Hastanın skapulası bir el ile stabilize edilerek skapular rotasyon önlenir. Diğer el ile ise hastanın koluna internal rotasyonda pasif olarak fleksiyon ve abduksiyon arasında bir açıda öne doğru elevasyona yaptırılır. Bu durumda tuberkulum majus ile akromionun ön-alt kenarı arasında kalan mesafe daralarak sıkışmaya neden olur. Hareket boyunca omzun ön ya da yan bölgelerinde ağrının bulunması testin pozitif olduğunu gösterir (Dutton, 2004).

1.1.2. Hawkins Testi

Hastanın kolu ve dirseği 90 derece fleksiyonda iken hastaya zorlu internal rotasyon hareketi yaptırılır. Bu hareket ile tuberkulum majus korakromiyal ligamentin altına doğru itilir. Test sırasında ağrının olması testin pozitif olduğunu gösterir (Flynn, Cleland, & Whitman, 2008).

1.1.3. Ağrılı Ark Bulgusu

Hastadan koluna aktif olarak yapabileceği en son seviyeye kadar abduksiyon yaptırması ve daha sonra kolunu başlangıç pozisyonuna geri getirmesi istenir. Hastanın abduksiyon hareketi sırasında 60 ile 120 derece arasında ağrı hissetmesi durumunda test pozitif olarak değerlendirilir. 120 dereceden sonra meydana gelen ağrılarda akromiyoklavikular eklem patolojileri düşünülmelidir (Kessel & Watson, 1977).



1.1.4. Yocum Testi

Hastanın ağrılı kolu adduksiyona, dirseği ise fleksiyona getirilerek eli ile sağlam omzunun tutulması sağlanır. Daha sonra hastanın dirseğini yukarı kaldırması istenilerek omuza aktif dirençli fleksiyon hareketi yaptırılır. Bu hareket sırasında ağrının olması testin pozitif olduğunu gösterir (Yocum, 1983).

1.2. Supraspinatus Testleri

1.2.1. Jobe Testi (Empty Can Test)

Hastanın omzu 90 derece abduksiyon, 30 derece horizontal adduksiyon ve tam iç rotasyonda pozisyonlandırılıp dirençli kol elevasyonu yapması istenir. Hareket sırasında görülen ağrı ya da kuvvetsizlik durumunda test pozitif olup supraspinatus kası

tendonunda lezyonu gösterir (Gillooly, Chidambaram, & Mok, 2010).



1.2.2. Full Can Testi

Hastanın omzu 90 derece abduksiyon, 30 derece horizontal adduksiyon ve 45 derece dış rotasyonda pozisyonlandırılıp hastadan dirence karşı kol elevasyonu yapması istenir. Hastanın hareket sırasında ağrı şikâyeti durumu testin pozitif olup supraspinatus kasında lezyon olduğunu gösterir (Itoi, Kido, Sano, Urayama, & Sato, 1999).

1.2.3. Kol Düşme Testi (Drop Arm)

Hastanın omzu pasif olarak 90 derece abduksiyona götürülür. Daha sonra hastadan kolunu aynı düzlemde yavaşça kendi yanına indirmesi söylenir. Hasta kolunu tutamayıp ağırlı bir şekilde kolu düşerse testin pozitif olduğu ve özellikle supraspinatus olmak üzere rotator manşet rüptürü olduğu düşünülür (Buckup & Buckup, 2005).

1.3. İnfraspinatus Testleri

1.3.1. Patte Testi

Hastanın omzu 90 derece abduksiyona, dirseği ise avuç içi öne bakacak şekilde 90 derece fleksiyona getirilip hastadan dirence karşı kolunu dış rotasyona getirmesi istenir. Hareket sırasında ağrı ya da güçsüzlüğün ortaya çıkması İnfraspinatus kası tendonunda lezyon olduğu düşünülür (McCluskey III, 2000).



1.3.2. Dış Rotasyon Yetmezlik Belirtisi

Hastanın dirseği 90 derece fleksiyon, kolu 20 derece elevasyon ve kolu en son seviyede eksternal rotasyona pasif olarak götürülür. Daha sonra son seviyedeki eksternal rotasyonun derecesi, omuzdaki elastik gerilmeyi hafifletmek için 5 derece azaltılır. Hastanın el bileği serbest bırakılıp dirseği desteklenerek hastadan bu pozisyonu koruması istenir. Hastanın kolunu bu pozisyonda koruyamayıp başlangıç pozisyonuna geri getirmesi durumunda test pozitif olarak kabul edilir (Castoldi, Blonna, & Hertel, 2009).

1.3.3. Dış Rotasyon Direnç Testi

Hastanın kolu gövdeye bitişik ve dirsek 90 derece fleksiyondayken hastaya dirençli dış rotasyon yaptırılır. Hareket sırasında hastanın ağrı ve güçsüzlük hissetmesi durumunda test pozitif olarak kabul edilir (Castoldi et al., 2009).

1.4. Subskapularis Testleri

1.4.1. Gerber Lift-off Testi

Hasta ayaktayken elinin palmar tarafı dışa bakacak şekilde omurga lomber bölgesinin ortasına götürmesi istenir. Muayene eden kişi, bu pozisyonda hastadan elini arkadan kaldırarak internal rotasyon yapmasını ister. Hasta bu hareketi gerçekleştirirken muayene eden kişi karşı direnç uygular. Hasta dirence karşı koyamayıp güçsüzlük ve ağrı hissedip, hareketi gerçekleştirmek için dirseğini ve omzunu uzatıyorsa test pozitif olarak kabul edilir. Bu durumda hastanın Subskapularis kasında lezyon olduğu düşünülür (Greis, Kuhn, Schultheis, Hintermeister, & Hawkins, 1996).

1.4.2. İç Rotasyon Yetmezlik Belirtisi (Lag Sign)

Hastadan linin palmar tarafı dışa bakacak şekilde omurga lomber bölgesinin ortasına yerleştirmesi istenir. Muayene eden kişi hastanın kolunu kontrolünü dirsekten ve el bileğinden sağlayarak el bileğini lomber bölgeden bir miktar uzaklaştırır. Daha sonra hastanın dirseğine destek sürdürülürken el bileği serbest bırakılır ve hastaya bu pozisyonu aktif olarak koruması talimatı verilir. Hastanın el bileği başlangıç pozisyonuna hemen geri dönerse subskapularis kasında tam bir yırtık, yakınına geri dönerse kısmi bir subskapularis yırtığı düşünülebilir (Hertel, Ballmer, Lambert, & Gerber, 1996).

1.4.3. Abdominal Kompresyon Testi (Belly-Press Test)

Hasta dirseği 90 derece fleksiyonda iken avuç içi karnında (ksifoid çıkıntının altı) olacak şekilde pozisyonlandırılır. Hastadan omuz internal rotasyonu hareketi ile elini bastırması yönünde talimat verilir. Subscapularis kasında disfonksiyon mevcutsa hasta bu hareketi bilek fleksiyonu, omuz adduksiyonu ve omuz ekstansiyonu ile gerçekleştirmeye çalışıp ağrı ve güçsüzlük hisseder. Bu durumda hasta dirseğini gövdesinin arkasına düşürür ve test pozitif olarak kabul edilir. Hastanın dirseği gövdesinin önünde kalırsa test negatif olarak değerlendirilir (Tokish, Decker, Ellis, Torry, & Hawkins, 2003).

1.5. Teres Minör Testleri

1.5.1. Hornblower Belirtisi

Hastanın omzu 90 derece abduksiyona, dirseği ise 90 derece fleksiyon ve eksternal rotasyona getirilir. Hastadan bu pozisyonunu koruması istenir. Eğer teres minör kasında yırtık var ise hasta bu pozisyonu koruyamaz ve kol iç rotasyona gider (Walch, Boulahia, Calderone, & Robinson, 1998).

1.6. Biceps Tendon Testleri

1.6.1. Speed Testi

Hastanın omzu 90 derece öne elevasyona, dirseği tam ekstansiyona ve ön kolu supinasyona pozisyonlandırılır. Muayene eden kişi, bu pozisyonunda omuza aşağı doğru manuel direnç uygularken hastadan dirence karşı omuz fleksiyonu yaptırması istenir. Biceps tendonunda patoloji mevcutsa biceps tendonunda veya biceps oluşunda ağrı oluşur ve test pozitif olarak kabul edilir (Bennett, 1998).

1.6.2. Yergason Testi

Hastanın dirseği 90 derece fleksiyonda, ön kolu pronasyonda pozisyonlandırılır. Muayene eden kişi bir eli ile hastanın dirseğini stabilize ederken, diğer eli ile hastanın el bileğini kavrar. Hastadan dirence karşı ön kolunu supinasyon pozisyonuna getirirken aynı anda omzunu eksternal rotasyona getirmesi istenir. Bisipital olukta ağrı hissi oluşursa biceps patolojisinden ya da SLAP lezyonundan şüphelenilir ve test pozitif kabul edilir (Hattam & Smeatham, 2010).

1.7. Akromioklavikuler Eklem Testi

1.7.1. Horizontal Addüksiyon Testi

Hastanın dirseği ekstansiyonda, omzu ise 90 derece fleksiyonda pozisyonlandırılır. Muayene eden kişi bir eli ile hastanın omzunu stabilize ederken diğer eliyle de hastanın dirseğini kavrar. Hastanın omzu karşı omuza doğru tam adduksiyona götürölür. Akromioklavikuler eklemden görölün ağrı hissi eklemden patoloji bulgusu olduğunu gösterir ve test pozitif kabul edilir (Park, Yokota, Gill, El Rassi, & McFarland, 2005).

1.8. Labral Testleri

1.8.1. Active Biceps Kompresyon Testi (O'Brien's Test)

Hastanın omzu 90 derece fleksiyon ve 10-15 derece arası adduksiyona pozisyonlandırılır. Daha sonra hastadan başparmağı yeri gösterecek şekilde omzunu döndürmesi (kolu tam bir iç rotasyonda, dirsek ise pronasyonda) istenir. Muayene eden kişi aşağı yönde direnç uygularken hastadan bu pozisyonunu koruması söylenir. Aynı test hasta kolunu tam bir eksternal rotasyona alması ile tekrarlanır. Birinci testte ağrı ya da klik sesi artarken ikinci testte ağrı ya da klik sesinin azalması durumunda test pozitif olarak kabul edilir. Testin pozitif olması akromioklavikuler eklem patolojisi ya da

SLAP lezyonunu akla getirir. Yüzeyel ağrı akromioklavikular eklem patolojisini, derin ağrı ise SLAP lezyonu ile ilgili patolojileri düşündürür (O'brien, Pagnani, Fealy, McGlynn, & Wilson, 1998).

1.8.2. Kim Testi

Hasta otururken kolu 90 derece abduksiyonda pozisyonlandırılır. Muayene eden kişi hastanın dirseğini ve kolunun proksimal bölgesinin lateral tarafından tutar. Daha sonra hastanın kolu posteriora çekilerek dirsekten aksiyel kuvvet uygulanır. Bununla birlikte kol 45 derece yukarı kaldırılıp kola aşağı ve arkaya doğru kuvvet uygulanır. Aniden başlayan bir posterior omuz ağrısı sonucu, humerus başının klik sesine bakılmaksızın test pozitif olarak kabul edilir. Bu durumda posteroinferior labral lezyonundan şüphelenilir (Kim, Park, Jeong, & Shin, 2005).

1.9. İnstabilite/Kapsül Testleri

1.9.1. Korku-Kaygı-Endişe Testi (Apprehension Test)

Hasta supin pozisyonunda muayene masasında yatarken kol 90 derece abduksiyonda, dirsek 90 derece fleksiyona pozisyonlandırılır. Daha sonra muayene eden kişi hastayı dikkatlice izleyerek kola yavaşça eksternal rotasyon uygular. Hastanın bu hareketten korkması omuzunun çıkacağı endişesine sahip olduğunu gösterir ve test pozitif olarak kabul edilir. Hastanın bu hareket ile birlikte ağrısının olması fakat korkmaması, rotator manşetinin posterior sıkışması gibi instabiliteden başka bir patolojiye işaret edebilir (Bushnell, Creighton, & Herring, 2008).

1.9.2. Jobe Relokasyon Testi (Jobes Relocation Test)

Korku-Kaygı-Endişe Testi'ndeki gibi, hasta supin pozisyonunda muayene masasında kol 90 derece abduksiyonda, dirsek 90 derece fleksiyona pozisyonlandırılır. Muayene eden kişi

bu pozisyonda humerus başı üzerinden posteriora doğru bir kuvvet uygulanır. Hastanın kaygısı veya ağrısı azalırsa test pozitif olarak kabul edilir (Speer, Hannafin, Altchek, & Warren, 1994).

1.9.3. Yükleme ve Yer Değiştirme Testi (Load and Shift Test)

Hasta otururken muayene eden kişi bir eliyle hastanın skapulasını toraksa sabitlerken, diğer el ile posterior glenohumeral eklem ve humerus başı boyunca yerleştirir. İşaret parmağı glenohumeral eklem üzerinde olmalıdır. Daha sonra humerus başını anterior ve posteriora doğru hareket ettirmek için kuvvet uygulanır. Anteriordaki normal hareket humerus başının mesafesinin yarısı olup daha fazla hareket glenohumeral eklem stabilitesinde bir problemi işaret eder ve test pozitif olarak kabul edilir (Dutton, 2004).

1.9.4. Sulkus Bulgusu

Hasta ayakta ya da otururken omzu nötral pozisyonda konumlandırılır. Muayene eden kişi bu pozisyonda humerusun distal kısmını posterior yönde çeker. Humerus başı aşağı yönde hareket ettiğinde subakromial boşlukta sulkus görünümü 1 cm'den fazla olduğunda inferior glenohumeral eklem instabilitesinde problem görülür ve test pozitif olarak kabul edilir (Greiwe, 2015).

1.9.5. Norwood Baskı Testi (Norwood Stress Test)

Hasta supin pozisyonda kolu 90 derece abduksiyon ve dış rotasyonda olacak şekilde pozisyonlandırılır. Muayene eden kişi hastanın dirseğini ve bileğini kavrayıp hastanın göğsüne doğru kolu adduksiyona alırken humerusa aksiyel bir yük uygulanır. Daha sonra muayene eden kişi aksiyel yük ve adduksiyonu koruyarak kolu son aralığa kadar dış rotasyona götürür. Hastanın posterior omuz ağrısı veya endişesi yaşamaması durumunda test pozitif kabul edilir ve bu

durum posterior kapsül instabilitesini düşündürür (Hattam & Smeatham, 2010).

Kaynaklar

Ay, S., & Doğan, Ş. K. (2009). Omuz ağrılı hastalarda farklı analjezik akımların etkinliğinin karşılaştırılması. *Medical Journal of Süleyman Demirel University*, 16(3), 1-5.

Bennett, W. F. (1998). Specificity of the Speed's test: arthroscopic technique for evaluating the biceps tendon at the level of the bicipital groove. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 14(8), 789-796.

Buckup, K., & Buckup, J. (2005). *Clinical tests for the musculoskeletal system*: Thieme.

Bushnell, B. D., Creighton, R. A., & Herring, M. M. (2008). The bony apprehension test for instability of the shoulder: a prospective pilot analysis. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 24(9), 974-982.

Carmichael, S. W., & Hart, D. L. (1985). Anatomy of the shoulder joint. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 6(4), 225-228.

Castoldi, F., Blonna, D., & Hertel, R. (2009). External rotation lag sign revisited: accuracy for diagnosis of full thickness supraspinatus tear. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 18(4), 529-534.

Dutton, M. (2004). *Orthopaedic examination, evaluation, and intervention* (Vol. 1): McGraw-Hill Medical.

Flynn, T. W., Cleland, J., & Whitman, J. (2008). Users' guide to the musculoskeletal examination: fundamentals for the evidence-based clinician. *Louisville, KY: Evidence in Motion*.

Gillooly, J. J., Chidambaram, R., & Mok, D. (2010). The lateral Jobe test: A more reliable method of diagnosing rotator cuff tears. *International journal of shoulder surgery*, 4(2), 41.

Greis, P. E., Kuhn, J. E., Schultheis, J., Hintermeister, R., & Hawkins, R. (1996). Validation of the lift-off test and analysis of subscapularis activity during maximal internal rotation. *The American journal of sports medicine*, 24(5), 589-593.

Greiwe, M. (2015). *Shoulder and Elbow Trauma and its Complications: Volume 1: The Shoulder*: Woodhead Publishing.

Hattam, P., & Smeatham, A. (2010). *Special tests in musculoskeletal examination: an evidence-based guide for clinicians*: Elsevier Health Sciences.

Hegedus, E. J., Goode, A. P., Cook, C. E., Michener, L., Myer, C. A., Myer, D. M., & Wright, A. A. (2012). Which physical examination tests provide clinicians with the most value when examining the shoulder? Update of a systematic review with meta-analysis of individual tests. *British journal of sports medicine*, 46(14), 964-978.

Hertel, R., Ballmer, F., Lambert, S., & Gerber, C. (1996). Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 5(4), 307-313.

Hodgetts, C., & Walker, B. (2021). Epidemiology, common diagnoses, treatments and prognosis of shoulder pain: A narrative review. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 42, 11-19.

Itoi, E., Kido, T., Sano, A., Urayama, M., & Sato, K. (1999). Which is more useful, the “full can test” or the “empty can test,” in

detecting the torn supraspinatus tendon? *The American journal of sports medicine*, 27(1), 65-68.

Kessel, L., & Watson, M. (1977). The painful arc syndrome. Clinical classification as a guide to management. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 59(2), 166-172.

Kim, S.-H., Park, J.-S., Jeong, W.-K., & Shin, S.-K. (2005). The Kim test: a novel test for posteroinferior labral lesion of the shoulder—a comparison to the jerk test. *The American journal of sports medicine*, 33(8), 1188-1192.

McCluskey III, G. M. (2000). Classification and diagnosis of glenohumeral instability in athletes. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 8(2), 158-169.

O'brien, S. J., Pagnani, M. J., Fealy, S., McGlynn, S. R., & Wilson, J. B. (1998). The active compression test: a new and effective test for diagnosing labral tears and acromioclavicular joint abnormality. *The American journal of sports medicine*, 26(5), 610-613.

Park, H. B., Yokota, A., Gill, H. S., El Rassi, G., & McFarland, E. G. (2005). Diagnostic accuracy of clinical tests for the different degrees of subacromial impingement syndrome. *JBJS*, 87(7), 1446-1455.

Speer, K. P., Hannafin, J. A., Altchek, D. W., & Warren, R. F. (1994). An evaluation of the shoulder relocation test. *The American journal of sports medicine*, 22(2), 177-183.

Tokish, J. M., Decker, M. J., Ellis, H. B., Torry, M. R., & Hawkins, R. J. (2003). The belly-press test for the physical examination of the subscapularis muscle: electromyographic

validation and comparison to the lift-off test. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 12(5), 427-430.

Urwin, M., Symmons, D., Allison, T., Brammah, T., Busby, H., Roxby, M., . . . Williams, G. (1998). Estimating the burden of musculoskeletal disorders in the community: the comparative prevalence of symptoms at different anatomical sites, and the relation to social deprivation. *Annals of the rheumatic diseases*, 57(11), 649-655.

Van der Windt, D., Koes, B. W., De Jong, B. A., & Bouter, L. M. (1995). Shoulder disorders in general practice: incidence, patient characteristics, and management. *Annals of the rheumatic diseases*, 54(12), 959-964.

Walch, G., Boulahia, A., Calderone, S., & Robinson, A. H. (1998). The 'dropping' and 'hornblower's' signs in evaluation of rotator-cuff tears. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 80(4), 624-628.

Yocum, L. A. (1983). Assessing the shoulder: history, physical examination, differential diagnosis, and special tests used. *Clinics in sports Medicine*, 2(2), 281-289.

BÖLÜM VII

Metabolik Sendrom ve Fiziksel Aktivite

Merve FIRAT¹

Giriş

Metabolik sendrom, son yılların en önemli halk sağlığı sorunlarından biridir. Bireyde metabolik sendromun varlığı diyabet ve kardiyovasküler hastalık riskini önemli ölçüde artırır. Bu sendrom tek bir hastalık değil, kardiyovasküler hastalık için bir dizi risk faktörüdür. Bu risk faktörleri için kriterler yıllar içinde değişmiş ve sağlık örgütleri tarafından farklı şekilde tanımlanmıştır (Chomiuk, Niezgoda, Mamcarz, & Śliż, 2024). En yaygın kabul gören tanımda bileşen olarak abdominal obezite, serum trigliserid ve glikoz düzeyinde yükselme, kan basıncında artış ve yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL-C) seviyelerinde düşüş yer alır. Bu

¹Dr. Öğr. Üyesi., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu, Kırşehir/ Türkiye, ORCID: 0000-0001-8296-3158, mervefirat@ahievran.edu.tr

bileşenlerden üç veya daha fazlasının varlığı klinik tanımı oluşturur (Tablo 1) (Grundy, 2016).

Tablo 1. Metabolik sendrom tanı kriterleri

Ölçüm	Kesme noktaları
Bel çevresi	Kadınlarda ≥ 88 cm Erkeklerde ≥ 102 cm
Trigliserid düzeyi	≥ 150 mg/dL
Yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL-C) düzeyi	Kadınlarda <50 mg/dL Erkeklerde <40 mg/dL
Kan basıncı	Sistolik kan basıncı ≥ 130 mmHg ve/veya diyastolik kan basıncı ≥ 85 mmHg
Açlık kan glikozu	≥ 100 mg/dL

Metabolik sendrom, genetik ve çevresel faktörler arasındaki karmaşık etkileşimlerin bir sonucudur. Metabolik sendromun patofizyolojisi ve kesin mekanizması hala belirsiz olmasına rağmen, pozitif enerji dengesi ve obezite ana nedenler gibi görünmektedir (Kütükcü et al., 2022). Aşırı enerji alımı ve yetersiz fiziksel aktivite düzeyi sonucu yetersiz enerji dengesi oluşmaktadır ve bu durum obezite ve metabolik sendromun gelişmesinde önemli rol oynar. Obezite için tedavi seçenekleri arasında yaşam tarzı değişiklikleri, farmakoterapi ve bariatrik cerrahi yer alır. Fiziksel aktivitenin

artırılması ve kalori alımının azaltılmasını içeren yaşam tarzı müdahaleleri metabolik sonuçları iyileştirir. Erken dönemde egzersizin yaşama dahil edilmesi, fiziksel uygunluğun iyileştirilmesine, daha iyi glisemik kontrole ve lipid profiline yol açar. Ayrıca fiziksel aktivitenin artırılması daha iyi yaşam kalitesi, insülin duyarlılığında iyileşme, kilo kaybı, kemik kütlesi üzerinde olumlu etkilerin görülmesi ve daha iyi vücut kompozisyonuyla ilişkilidir (Chomiuk et al., 2024). Bu nedenle fizyoterapistlerin metabolik sendromun yönetiminde etkin bir şekilde rol alması gerekmektedir (Mastwyk, Taylor, Lowe, Dalton, & Peiris, 2024).

Metabolik sendromun her klinik bileşeni fiziksel aktivite ile iyileştirilebilir. Fiziksel aktivite, iskelet kasları tarafından üretilen ve enerji harcaması gerektiren herhangi bir bedensel hareket olarak tanımlanır. Egzersiz ise tekrarlı, planlı, yapılandırılmış ve bir amaca yönelik gerçekleştirilen fiziksel aktivitenin bir alt kategorisi olarak kabul edilir. Düzenli ve orta şiddette gerçekleştirilen fiziksel aktivite insülin duyarlılığını, lipid profilini, kan basıncını ve vücut kompozisyonunu iyileştirmeye katkıda bulunur (Chomiuk et al., 2024).

Dünya Sağlık Örgütü kronik hastalığı olan bireylerde sağlık yararlarını elde edebilmek için haftada en az 150 dakika orta şiddette aerobik fiziksel aktivite veya 75 dakika yüksek şiddette aerobik fiziksel aktivite veya orta ve yüksek şiddette aktivitenin kombinasyonunu önermektedir. Ek sağlık yararları nedeniyle haftada 2 veya daha fazla gün büyük kas gruplarını içeren orta veya yüksek şiddette dirençli egzersizlerin de dahil edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Sedanter geçirilen süreler sınırlandırılmalı ve bunun yerine düşük şiddette fiziksel aktiviteler tercih edilmelidir. Bu programlar bireysel olarak bireyin durumu göz önüne alınarak

planlanmalıdır. Bireyin fiziksel kapasitesi düşük ise zaman içinde planlanan fiziksel aktivitenin frekansı, şiddeti ve süresi kademeli olarak artırılmalıdır. Haftada fiziksel olarak aktif geçirilen süreler arttıkça daha fazla sağlık yararları elde edilebilir (Bull et al., 2020).

1. Obezite ve Fiziksel Aktivite

Obezite, beden kitle indeksinin 30 kg/m^2 ve üzeri olması ile tanımlanan yağ dokularında aşırı yağ birikmesidir. Beden kitle indeksi $25\text{-}30 \text{ kg/m}^2$ aralığında olan kişiler aşırı kilolu, 40 kg/m^2 ve üzeri olanlar ise morbid obez olarak sınıflandırılır. Obezite, kanser, inme, metabolik hastalık, kalp yetmezliği ve diğer kardiyovasküler problemlerin görülme riskinin artmasıyla ilişkilidir ve bu durum obezitenin görülme sıklığını ve yaygınlığını azaltma ihtiyacını ortaya koymaktadır. Obez bireylerde kilo vermenin yollarından biri yağ dokusunun azaltılmasıdır ve obezitede görülen olumsuz kardiyometabolik komorbiditelerin azaltılması için gereklidir. Yağ dokusunu etkili bir şekilde azaltabilen iki yöntem vardır ve bunlar diyet ve enerji harcaması değişikliğidir (Niemi, Rewane, & Algotar, 2023).

Visseral yağ, insülin direncine, tip 2 diyabet ve ateroskleroza yol açan sistemik inflamasyonun nedenlerinden biridir. Yağsız vücut kütlelerinin insülin uyarılı glikoz alımının büyük bir kısmını oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle daha fazla yağsız vücut kütlelerinin glikoz homeostazisi üzerinde daha iyi bir etkiye sahip olduğu varsayımı ortaya çıkmıştır. Ayrıca, yağsız vücut kütlesi ile istirahat enerji harcaması arasındaki ilişki göz önüne alındığında, daha yüksek yağsız vücut kütlelerinin daha yüksek istirahat enerji harcaması yoluyla aşırı yağ birikimine karşı koruyucu bir etkisi vardır. Ayrıca yağ kütleindeki azalma metabolik sendrom ve insülin

direncinin gelişimi ile ilişkili olan değişiklikler olan adiponektin düzeylerinin artmasını ve sitokin profillerinin iyileşmesini sağlar (Chomiuk et al., 2024).

Fiziksel aktivitenin enerji dengesini (enerji alımı ile enerji harcaması arasındaki denge) ve dolayısıyla vücut ağırlığı düzenlemesini etkileyebileceği çeşitli potansiyel yollar vardır. Yaygın bir yol, fiziksel aktivitedeki artışa eşlik edebilen ve enerji açığına yol açan ve sonrasında vücut ağırlığı düzenlemesini etkileyen toplam enerji harcamasındaki artıştır. Diğer faktörler arasında enerji alımını etkileyen sinyal yolları da yer alabilir. Bazı sinyaller enerji alımında artışa, bazıları ise enerji alımında azalmaya neden olabilir. Ek olarak, fiziksel aktivite hem yağ dokusunda hem de kas dokusunda değişikliklere neden olabilir ve bu durum genel enerji dengesini ve dolayısıyla vücut ağırlığı düzenlemesini etkileyebilir (Jakicic, Rogers, Davis, & Collins, 2018).

2022 yılında yayınlanan bir sistematik derleme ve meta-analizde düzenli aerobik egzersizin kontrol grubuna kıyasla bel çevresini 3,2 cm azalttığı sonucuna varılmıştır. Bel çevresindeki değişiklik, visseral yağ dokusundaki değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca yüksek şiddetteki egzersiz orta şiddette uygulanan egzersizle kıyaslandığında bel çevresinde daha fazla bir azalmaya neden olmuştur. Bu bulgular, düzenli aerobik egzersizin bel çevresi ve visseral yağ dokusunda orta düzeyde azalmaya yol açtığını ve daha yüksek şiddette egzersizin orta şiddette egzersize göre daha fazla fayda sağlayabileceğini düşündürmektedir (Armstrong et al., 2022).

Yetişkinlerde aerobik egzersiz, dirençli egzersiz ve kombine egzersizin abdominal subkutan yağ doku üzerine etkileri kontrol grubuyla karşılaştırıldığında tüm eğitim modalitelerinin abdominal

subkutan yağ doku üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Aerobik ve dirençli egzersiz eğitiminin sonuçlar üzerinde birbirine üstünlüğü görülmezken, eğitim kombine uygulandığında yalnız aerobik egzersiz eğitimi ve dirençli egzersiz eğitimine göre abdominal subkutan yağ dokusunu azaltmada daha etkili olduğu belirtilmiştir (Yarizadeh, Eftekhari, Anjom-Shoae, Speakman, & Djafarian, 2021).

Güncel bir çalışmada haftada yaklaşık 500 dakika orta-yüksek şiddette ve yaklaşık 30-35 dakika yüksek şiddette fiziksel aktivitenin abdominal obezite nedeniyle kardiyovasküler hastalık geçirme riskini azalttığı raporlanmıştır. Benzer sonuçları elde etmek için en azından orta şiddette yaklaşık 15 kat daha fazla fiziksel aktiviteye ihtiyaç duyulmaktadır (Sanchez-Lastra et al., 2024).

2. Kan Glikozu ve Fiziksel Aktivite

Sürekli düzenlenmesi gereken önemli bir metabolik parametre kan glikozudur. Yüksek kan glikoz düzeyleri, birçok vücut sisteminde uzun vadeli komplikasyonlarla ilişkilidir ve çeşitli metabolik ve kardiyovasküler hastalıklar için önemli bir risk faktörüdür. Kan glikozunun optimum yönetimi, özellikle tip 2 diyabet ve metabolik sendromu olan bireylerde büyük bir zorluk teşkil etmektedir. Kan glikozunu yönetmek için benimsenen stratejiler arasında, düzenli egzersiz düşük maliyetli ve çok etkili bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır (Thomas et al., 2024).

İnsülin direnci ve β -hücre disfonksiyonu tip 2 diabetes mellitus gelişiminin temel metabolik kusurlarıdır. Fiziksel aktivite ve β -hücre fonksiyonu arasındaki mekanizma henüz tam olarak anlaşılmamıştır. Ancak, egzersiz müdahalelerinin ve doğru diyet yönetiminin metabolik stresi azaltarak β -hücre fonksiyonunu

koruyabileceği gösterilmiştir. Egzersiz eğitiminin β -hücre sağlığını korumada potansiyel bir rolü vardır ve bu nedenle hastalık riski taşıyan veya hastalıktan etkilenen bireylerde diyabet başlangıcını önlemek veya geciktirmek için etkili bir stratejiyi temsil eder. Ayrıca fiziksel aktivite, β -hücre yetmezliğini önlemek için farmakolojik etkinliği destekler (Di Murro et al., 2023).

Prediyabetli ve tip 2 diyabetli hastalarda egzersizin glisemik kontrol üzerine etkilerini inceleyen çalışmaların çoğunda aerobik egzersize odaklanmıştır. Aerobik egzersiz, fonksiyonel kapasite ve vücut yağında azalma gibi olumlu etkilerinin yanı sıra, insülin duyarlılığını ve vasküler fonksiyonu artırır. American College of Sports Medicine ve American Diabetes Association kılavuzları, haftada en az 3 güne yayılmış ve aktiviteye ardışık 2 günden fazla ara verilmeden gerçekleştirilen haftada en az 150 dakika orta ila yüksek şiddette aerobik egzersiz önermektedir. Bu sıklık önerisinin temel nedeni aerobik egzersizin insülin duyarlılığı üzerindeki yaklaşık 48 saate kadar süren yararlı etkileridir (Syeda, Battillo, Visaria, & Malin, 2023).

Genel olarak aerobik ve dirençli egzersiz eğitiminin tek başına kan glikoz kontrolünün ve kardiyovasküler risk faktörlerinin (kan basıncı artışı) önlenmesinde veya yönetiminde olumlu etkileri bulunmaktadır. Aerobik ve dirençli egzersiz eğitimi kombine uygulandığında vücut kompozisyonu (beden kitle indeksi ve vücut yağ yüzdesi), kan basıncı (sistolik ve diyastolik kan basıncı) ve kan glikozu üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir (Ambelu & Teferi, 2023).

Güncel bir çalışmada prediyabetli bireylerde hem aerobik hem de dirençli egzersiz eğitiminin bozulmuş glikoz düzenlemesini

kontrol edebileceği, aerobik egzersizle karşılaştırıldığında dirençli egzersiz eğitiminin glikolize serum proteini ve insülin direncini iyileştirmesi açasından üstün olabileceği belirtilmiştir (Luo, Wang, Li, Zhang, & Li, 2023).

Bir çalışmada haftada sadece 7,5 dakikalık yüksek şiddette düşük hacimli gerçekteştirilen sprint aralıklı eğitim, diyabetli hastalarda kan glikozunu kontrol etmeye ve diyabetli olmayan yetişkinlerde insülin duyarlılığını iyileştirmeye yardımcı olmak için zamandan tasarruf sağlayan bir egzersiz stratejisi olabileceği sonucuna varılmıştır. Diyabetli hastalarda orta şiddette egzersiz eğitiminin aksine, yüksek şiddette egzersiz eğitiminin egzersiz sırasında ve hemen sonrasında hipoglisemi riskini azalttığı görölmüştür (Adams, 2013).

3. Kan Basıncı ve Fiziksel Aktivite

Kan basıncı, kalp ve damar hastalıklarının teşhisinde, önlenmesinde ve tedavisinde önemli rol oynayan, kardiyovasküler sağlığın önemli bir göstergesidir. Kan basıncı değerlerini etkileyebilecek birçok faktör vardır. Bunlar arasında yaşam tarzı, genetik faktörler, beslenme ve bireyin fiziksel aktivite düzeyi yer alır. Son yıllarda, fiziksel aktivitenin kan basıncı üzerindeki etkisini araştıran çalışmalara olan ilgi artmıştır. Bilimsel çalışmalar, düzenli fiziksel aktivitenin kan basıncını düzenlemede önemli bir rol oynayabileceğini öne sürmektedir (Kołodziej et al., 2024). Egzersiz, hipertansiyonun önlenmesi ve tedavisi için yaşam tarzı değişikliklerinin en önemli bileşenlerinden biridir. Yapılan çalışmalarda egzersizin kan basıncı üzerinde yararlı etkilerini tutarlı bir şekilde göstermektedir, hipertansiyonu olan kişilerde sistolik ve

diyastolik kan basıncında 5-7 mmHg'ye kadar azalma görülmektedir (Hegde & Solomon, 2015).

Egzersiz kan basıncı üzerine etkisi tek bir seansta bile görülebilmektedir. Egzersizin akut etkisi incelendiğinde bireylerin ve egzersizin özelliklerine bakılmaksızın, egzersiz seansından sonraki saatlerde kan basıncında bir azalma görüldüğü raporlanmıştır. Bununla birlikte egzersizin antihipertansif ilaç kullanmayan ve fiziksel olarak aktif olan kişilerde koruyucu bir strateji olarak yapıldığında hipotansif etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür (Carpio-Rivera, Moncada-Jiménez, Salazar-Rojas, & Solera-Herrera, 2016).

Hipertansif bireylerde orta şiddette aerobik egzersizin sistolik ve diyastolik kan basıncını azalttığı ve bu bireylerin günde 30-60 dakika orta şiddette aerobik egzersiz uygulamasının önemi bildirilmiştir. Bununla birlikte doz-cevap ilişkisi incelendiğinde kan basıncı üzerinde en önemli değişikliklerin haftada 150 dakika uygulanan aerobik egzersiz eğitiminde olduğu görülmüştür (Jabbarzadeh Ganjeh et al., 2023).

2022 yılında yayınlanan bir meta-analizde aerobik egzersiz eğitimin süresine bakılmaksızın kan basıncını azaltabildiği vurgulanmıştır (Fu et al., 2022).

Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz eğitimi kan basıncını azaltmada orta şiddetli aerobik egzersiz eğitime alternatif olarak uygulanabilmektedir. Bir meta-analizde yüksek şiddette aralıklı egzersiz eğitim ile orta şiddette sürekli egzersiz eğitiminin istirahat kan basıncını azaltmada benzer etkileri olduğu raporlanmıştır. Fakat, yüksek şiddette aralıklı egzersiz eğitiminin gündüz sistolik kan

basıncını azaltmada orta şiddette sürekli egzersiz eğitiminden daha üstün olabileceği de belirtilmiştir (Li et al., 2022).

Dirençli egzersiz eğitimiyle birlikte de kan basıncında iyileşme görülebilmektedir. 2023 yılında yayınlanan sistematik derleme ve meta-analizde dirençli egzersiz eğitiminin kan basıncını azalttığı ve bu azalmanın en fazla olduğu eğitim programlarının özelliği incelendiğinde orta ve yüksek şiddette, haftada en az 2 kez ve en az 8 hafta gerçekleştirilen programlarda olduğu görülmüştür (Correia et al., 2023).

Hipertansif bireylerde kombine uygulanan aerobik ve dirençli egzersiz eğitiminin kan basıncını azalttığı ve daha yüksek şiddet ve daha fazla hacimle daha büyük hipotansif etkiler beklediği belirtilmiştir (Schneider, Domingues, Umpierre, Tanaka, & Ferrari, 2023).

Dirençli hipertansiyonu olan bireylerde egzersizin akut etkileri incelendiğinde aerobik, dirençli ve kombine uygulanan egzersiz eğitim seansının egzersiz sonrası sistolik ve diyastolik hipotansiyona yol açtığı ve özellikle egzersiz kombine uygulandığında hipotansiyon sürelerinin daha uzun sürdüğü gözlemlenmiştir (Pires et al., 2020).

4. Kan Lipidleri ve Fiziksel Aktivite

Dislipidemi kardiyovasküler hastalık için primer bir risk faktörüdür. Medikal tedavi dislipidemi yönetiminin temel taşı olmasına rağmen yaşam tarzı değişiklikleriyle bu sürecin desteklenmesi gerekmektedir. Gerekli yaşam tarzı değişiklikleri diyet yönetimi ve fiziksel aktivitedir. Diyet yönetimi, hepatik lipid üretimini azaltan, enerji dengesini sağlayan ve ilaçlarla ilişkili maliyetleri ve yan etkileri azaltan doymuş yağ alımını sınırlamayı

içerir (Smart et al., 2024). Fiziksel aktivite ise anormal düzeyde bulunan yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL-C), düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL-C) ve trigliseridler (TG) ile karakterize aterosklerotik dislipidemi üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Bu dislipidemi, aşırı visseral yağlanmadan kaynaklanan, tip 2 diyabet gelişimiyle ilişkili olan ve kardiyovasküler komplikasyon olasılığını artıran metabolik sendromun özelliklerinden biridir (Trejo-Gutierrez & Fletcher, 2007).

Egzersiz lipit profili üzerindeki etkisinin altında yatan mekanizmalar belirsiz olmasına rağmen, egzersizin iskelet kaslarının glikojen yerine lipitleri kullanma yeteneğini artırdığı ve böylece plazma lipit seviyelerini düşürdüğü görülmektedir. Bunlarla birlikte lesitin kolesterol asiltransferaz artışı, HDL-C ester transferinden sorumlu enzimlerin artışı, lipoprotein lipaz aktivitesinde artışlar ve ortaya çıkan enerji harcaması diğer mekanizmalar arasında yer alabilir. HDL-C’de artış meydana gelmesi için 1,100 kcal enerji harcamasının gerektiği ve bu artışın lipoprotein lipaz aktivitesinde önemli artışlarla birlikte gerçekleştiği belirtilmiştir. Kolesterolün vücuttan uzaklaştırılmasına ‘ters kolesterol taşınması’ adı verilir. Bu süreç, akut ve kronik egzersizden sonra lesitin kolesterol asiltransferazdaki artışlar ve kolesterol ester transfer proteinindeki azalmalar sonucu kolesterolü dolaşımdan uzaklaştırarak gerçekleşir (Mann, Beedie, & Jimenez, 2014).

Egzersiz eğitim hacmi ve doz-cevap ilişkisi incelendiğinde haftada 1200 ila 2200 kcal enerji harcaması gerektiren egzersiz programları genellikle HDL-C düzeylerini 2 ila 8 mg/dL arasında yükseltmede ve TG düzeylerini 5 ila 38 mg/dL arasında düşürmede etkilidir. Bununla birlikte kesitsel çalışmalar egzersiz hacmindeki ek

artışlarla daha büyük değişikliklerin beklenebileceğini göstermektedir (Durstine et al., 2001).

Kodama ve arkadaşları HDL-C düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir yükselmenin meydana geldiği minimum egzersiz hacminin haftada 900 kcal enerji harcaması veya toplam 120 dakika egzersiz süresiyle oluştuğunu ifade etmiştir. Egzersiz süresindeki her 10 dakikalık artış, HDL-C seviyesinde yaklaşık 1,4 mg/dL (0,36 mmol/L) net artışa karşılık gelmektedir. Egzersizin beden kitle indeksi nispeten daha düşük ($<28 \text{ kg/m}^2$) ve daha yüksek TG düzeyine sahip olanlarda ($\geq 220 \text{ mg/dL}$ [$\geq 5,7 \text{ mmol/L}$]) daha etkili olduğu da öne sürülmüştür (Kodama et al., 2007).

Haftada 5 gün 30-60 dakika orta şiddette fiziksel aktivite (haftada 7,5-15 MET) lipid parametrelerinde (trigliserid, HDL-C, HDL-C dışı kolesterol, apolipoprotein B) anlamlı iyileşmelere neden olmuştur (Caro et al., 2013).

Yapılan bir çalışmada iskelet kas kütlesindeki artışın HDL-C düzeyini artırarak ve LDL-C/ HDL-C oranını azaltarak lipid bileşenlerinin iyileştirilmesinde ek bir fayda sağlayabileceği sonucuna varılmıştır (Ji, Kim, & Lee, 2022).

Sonuç

Metabolik sendrom dünya çapında giderek daha fazla insanın etkilenmesine neden olan kardiyometabolik bir hastalıktır. Metabolik sendromun tüm bileşenleri, diyet ve fiziksel aktiviteyi içeren yaşam tarzı değişiklikleriyle değiştirilebilir. Bireyin ihtiyacına ve hedeflere göre uygun fiziksel aktivite programları oluşturularak metabolik sendrom kontrol altına alınabilir.

Kaynaklar

Adams, O. P. (2013). The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 113-122.

Ambelu, T., & Teferi, G. (2023). The impact of exercise modalities on blood glucose, blood pressure and body composition in patients with type 2 diabetes mellitus. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 153.

Armstrong, A., Jungbluth Rodriguez, K., Sabag, A., Mavros, Y., Parker, H. M., Keating, S. E., & Johnson, N. A. (2022). Effect of aerobic exercise on waist circumference in adults with overweight or obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 23(8), e13446.

Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., . . . Chou, R. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451-1462.

Caro, J., Navarro, I., Romero, P., Lorente, R. I., Priego, M. A., Martínez-Hervás, S., . . . Ascaso, J. F. (2013). Metabolic effects of regular physical exercise in healthy population. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*, 60(4), 167-172.

Carpio-Rivera, E., Moncada-Jiménez, J., Salazar-Rojas, W., & Solera-Herrera, A. (2016). Acute effects of exercise on blood pressure: a meta-analytic investigation. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 106, 422-433.

Chomiuk, T., Niezgoda, N., Mamcarz, A., & Śliż, D. (2024). Physical activity in metabolic syndrome. *Frontiers in physiology*, *15*, 1365761.

Correia, R. R., Veras, A. S. C., Tebar, W. R., Rufino, J. C., Batista, V. R. G., & Teixeira, G. R. (2023). Strength training for arterial hypertension treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Scientific reports*, *13*(1), 201.

Di Murro, E., Di Giuseppe, G., Soldovieri, L., Moffa, S., Improta, I., Capece, U., . . . Brunetti, M. (2023). Physical activity and type 2 diabetes: in search of a personalized approach to improving β -cell function. *Nutrients*, *15*(19), 4202.

Durstine, J. L., Grandjean, P. W., Davis, P. G., Ferguson, M. A., Alderson, N. L., & DuBose, K. D. (2001). Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise: a quantitative analysis. *Sports Medicine*, *31*, 1033-1062.

Fu, Y., Feng, Q., Wei, Y., Fan, L., Pan, Y., Ji, J., & Lin, C. (2022). Meta-analysis of the effect of aerobic training on blood pressure in hypertensive patients. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2022.

Grundy, S. M. (2016). Metabolic syndrome update. *Trends in cardiovascular medicine*, *26*(4), 364-373.

Hegde, S. M., & Solomon, S. D. (2015). Influence of physical activity on hypertension and cardiac structure and function. *Current hypertension reports*, *17*, 1-8.

Jabbarzadeh Ganjeh, B., Zeraattalab-Motlagh, S., Jayedi, A., Daneshvar, M., Gohari, Z., Norouzasl, R., . . . Kordi, R. (2023). Effects of aerobic exercise on blood pressure in patients with

hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized trials. *Hypertension Research*, 1-14.

Jakicic, J. M., Rogers, R. J., Davis, K. K., & Collins, K. A. (2018). Role of physical activity and exercise in treating patients with overweight and obesity. *Clinical chemistry*, 64(1), 99-107.

Ji, M., Kim, Y., & Lee, S. (2022). Skeletal Muscle Mass is Associated with HDL Cholesterol Levels and the Ratio of LDL to HDL Cholesterol in Young Men: A Pilot Study. *Journal of Men's Health*, 18(8), 171.

Kodama, S., Tanaka, S., Saito, K., Shu, M., Sone, Y., Onitake, F., . . . Kondo, K. (2007). Effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol: a meta-analysis. *Archives of internal medicine*, 167(10), 999-1008.

Kołodziej, W., Mańdziuk, D., Żuchowski, M., Niewinna, P., Zaroda, P., Dąda, P., . . . Pawlik, P. (2024). The Influence of Various Types of Physical Activity on Blood Pressure. A Literature Review. *Quality in Sport*, 16, 52494-52494.

Kütükcü, E. Ç., Durukan, B. N., Uyar, H., Kasap, F. R., Ertürk, N., Kayalı, S., & Vardar-Yağlı, N. (2022). Cardiac Rehabilitation in Metabolic Syndrome: An Update Review. *Turkish Journal of Endocrinology & Metabolism*, 26(3).

Li, L., Liu, X., Shen, F., Xu, N., Li, Y., Xu, K., . . . Liu, Y. (2022). Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on blood pressure in patients with hypertension: A meta-analysis. *Medicine*, 101(50), e32246.

Luo, X., Wang, Z., Li, B., Zhang, X., & Li, X. (2023). Effect of resistance vs. aerobic exercise in pre-diabetes: an RCT. *Trials*, 24(1), 110.

Mann, S., Beedie, C., & Jimenez, A. (2014). Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. *Sports Medicine*, 44, 211-221.

Mastwyk, S., Taylor, N. F., Lowe, A., Dalton, C., & Peiris, C. L. (2024). Metabolic syndrome is prevalent and undiagnosed in clients attending private practice physiotherapy: a cross-sectional study. *Physiotherapy*.

Niemiro, G., Rewane, A., & Algotar, A. (2023). Exercise and Fitness Effect On Obesity.[Updated 2022 Jun 5]. *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*.

Pires, N. F., Coelho-Júnior, H. J., Gambassi, B. B., de Faria, A. P. C., Ritter, A. M. V., de Andrade Barboza, C., . . . Júnior, H. M. (2020). Combined aerobic and resistance exercises evokes longer reductions on ambulatory blood pressure in resistant hypertension: a randomized crossover trial. *Cardiovascular therapeutics*, 2020(1), 8157858.

Sanchez-Lastra, M. A., Ding, D., Cruz, B. D. P., Dalene, K. E., Ayán, C., Ekelund, U., & Tarp, J. (2024). Joint associations of device-measured physical activity and abdominal obesity with incident cardiovascular disease: a prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 58(4), 196-203.

Schneider, V. M., Domingues, L. B., Umpierre, D., Tanaka, H., & Ferrari, R. (2023). Exercise characteristics and blood pressure

reduction after combined aerobic and resistance training: a systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Journal of Hypertension*, 41(7), 1068-1076.

Smart, N. A., Downes, D., Van Der Touw, T., Hada, S., Dieberg, G., Pearson, M. J., . . . Goodman, S. P. (2024). The Effect of Exercise Training on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 1-12.

Syeda, U. A., Battillo, D., Visaria, A., & Malin, S. K. (2023). The importance of exercise for glycemic control in type 2 diabetes. *American Journal of Medicine Open*, 9, 100031.

Thomas, E., Ficarra, S., Nakamura, M., Drid, P., Trivic, T., & Bianco, A. (2024). The Effects of Stretching Exercise on Levels of Blood Glucose: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports medicine-open*, 10(1), 15.

Trejo-Gutierrez, J. F., & Fletcher, G. (2007). Impact of exercise on blood lipids and lipoproteins. *Journal of clinical lipidology*, 1(3), 175-181.

Yarizadeh, H., Eftekhar, R., Anjom-Shoae, J., Speakman, J. R., & Djafarian, K. (2021). The effect of aerobic and resistance training and combined exercise modalities on subcutaneous abdominal fat: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Advances in Nutrition*, 12(1), 179-196.

BÖLÜM VIII

Fizyoterapide Derin Öğrenme

Ömer Alperen GÜRSES

Giriş

Derin öğrenme, yapay zekanın bir alt dalı olarak insan beyninin çalışma biçiminden ilham alır. Çok katmanlı sinir ağlarıyla, verilerin derin özelliklerini öğrenmek ve bu özellikleri sınıflandırma, tahmin veya karar verme gibi görevlerde kullanmak mümkündür. Temelinde, giriş verileri daha soyut ve anlamlı temsillere dönüştürmek için ardışık katmanlar kullanır. Bu süreç, bir görüntüyü veya bir hareketi yüksek düzeyde kavramsal bir temsile dönüştürmek için algoritmaların büyük miktarda veriyle eğitilmesini gerektirir. Derin öğrenmenin başarısı, özellikle büyük veri setleri ve güçlü işlem kaynaklarının mevcut olduğu durumlarda artar(Liao, Vakanski, & Xian, 2020; Nogales, Rodríguez-Aragón, & García-Tejedor, 2024; Russell & Norvig, 2016).

Derin öğrenmenin temel unsurlarından biri, çok sayıda parametreye sahip olmasıdır. Bu parametreler, genellikle

milyonlarla ifade edilir ve ağın karmaşıklığını artırırken öğrenme kapasitesini de yükseltir. Ancak, bu durum aynı zamanda aşırı öğrenme gibi sorunlara neden olabilir. Aşırı öğrenme, modelin eğitim verisine çok iyi uyum sağlaması ancak yeni verilere karşı performansının düşük olması durumunda ortaya çıkar. Bu sorunun üstesinden gelmek için düzenlileştirme teknikleri, dropout gibi yöntemler ve daha fazla veri kullanımı gibi yaklaşımlar tercih edilir(Huang, Lin, Chen, Hwang, & Huang, 2020; X. Wei, Li, Zhang, & Li, 2019; Zhong, Liu, Han, Han, & Zhang, 2018).

Derin öğrenme yöntemleri, sadece görüntü veya sinyal verilerinde değil, dil işleme ve doğal dil anlama gibi alanlarda da etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin, Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN), görüntü işleme için tasarlanmışken, Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) ve Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN) gibi yöntemler, zaman serisi ve hareket analizi gibi ardışık veri türlerinde başarılıdır. Bu temel yapı taşları, fizyoterapi gibi uygulamalı alanlarda derin öğrenmenin etkinliğini artırmaktadır(Nogales et al., 2024).

1. Derin Öğrenme Algoritmalarının Temel İlkeleri

Derin öğrenme algoritmaları, büyük miktarda veri ile çalışarak öğrenme sürecini gerçekleştiren ve çok katmanlı yapılarla karmaşık problemleri çözeabilen bir yapay zeka dalıdır. Bu algoritmaların temel ilkeleri, veri işleme, model eğitimi, doğrulama ve performans değerlendirme gibi adımlardan oluşur. Derin öğrenme modelleri, çok katmanlı yapay sinir ağlarına dayanır ve özellikle büyük veri kümelerinde etkili bir şekilde öğrenim gerçekleştirebilir(Liao et al., 2020).

1.1. Veri İşleme: Derin öğrenme algoritmalarında kullanılan veriler, genellikle ham veri olarak elde edilir ve işlenerek modele

uygun bir formata getirilir. Bu süreç, veri temizleme, normalizasyon ve özellik çıkarımı gibi adımları içerir. Örneğin, hareket analizinde kullanılan veriler, genellikle iskelet yapıları veya zaman serileri şeklinde modellenir ve gürültüden arındırılır(Huang et al., 2020).

1.2. Yapay Sinir Ağları: Derin öğrenmenin temelini oluşturan yapay sinir ağları, birbirine bağlı yapay nöronlardan oluşur. Bu nöronlar, giriş verilerini işler ve belirli bir görev için anlamlı sonuçlar üretir. Çok katmanlı yapılar, karmaşık problemlerde daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlar. Örneğin, bir CNN (Convolutional Neural Network), özellikle görüntü verilerinde etkili sonuçlar verirken, LSTM (Long Short-Term Memory) gibi modeller, zaman serisi verilerinde kullanılır(Ali et al., 2024; Liao et al., 2020).

1.3. Aktivasyon Fonksiyonları: Sinir ağlarında, her bir nöronun çıktısını belirlemek için aktivasyon fonksiyonları kullanılır. ReLU (Rectified Linear Unit) gibi fonksiyonlar, sinir ağına doğrusal olmayan özellikler kazandırarak daha karmaşık ilişkileri öğrenmesini sağlar. Bu, özellikle derin modellerin öğrenme kapasitesini artırır(Huang et al., 2020).

1.4. Eğitim Süreci: Derin öğrenme algoritmalarında eğitim, modelin giriş verilerinden öğrenme yapması için tasarlanmıştır. Eğitim sırasında, modelin çıktıları ile gerçek sonuçlar arasındaki farkı minimize etmek için bir kayıp fonksiyonu kullanılır. Bu süreçte, geri yayılım algoritması ve optimizasyon teknikleri (örneğin, Adam optimizasyonu) model parametrelerini günceller(Lee et al., 2024; Liao et al., 2020).

1.5. Veri Dağılımı ve Overfitting: Eğitim sırasında kullanılan veri, genellikle eğitim, doğrulama ve test setlerine

bölünür. Bu, modelin genel performansını ölçmek için gereklidir. Ayrıca, modelin eğitim verisine aşırı uyum sağlamasını (overfitting) önlemek için düzenleme yöntemleri (örneğin, dropout) kullanılır(Liao et al., 2020).

1.6. Derinlik ve Katmanlar: Derin öğrenme modelleri, giriş verilerini işleyen birden fazla katmandan oluşur. İlk katmanlar genellikle düşük seviyeli özellikleri öğrenirken, son katmanlar daha yüksek seviyeli soyutlamaları gerçekleştirir. Bu katmanlı yapı, modelin hem detaylara hem de genellemelere odaklanmasını sağlar(Liao et al., 2020).

1.7. Hiperparametre Optimizasyonu: Derin öğrenme modellerinde, öğrenme oranı, katman sayısı, nöron sayısı gibi hiperparametreler, model performansını büyük ölçüde etkiler. Bu parametrelerin optimize edilmesi, genellikle deneysel bir süreçtir ve modelin başarısını artırılabilir(Chen et al., 2021; Liao et al., 2020).

1.8. Modelin Genelleme Yeteneği: Derin öğrenme algoritmalarının temel ilkelerinden biri, modelin yalnızca eğitim verisine değil, yeni verilere de doğru bir şekilde genelleme yapabilmesidir. Bu nedenle, çapraz doğrulama gibi yöntemler, modelin genelleme yeteneğini değerlendirmek için kullanılır(Chen et al., 2021; Liao et al., 2020).

1.9. Transfer Öğrenimi: Derin öğrenmede transfer öğrenimi, önceden eğitilmiş bir modelin farklı bir problem için uyarlanmasını ifade eder. Özellikle küçük veri kümelerinde, transfer öğrenimi, eğitim sürecini hızlandırabilir ve daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir(Chen et al., 2021; Liao et al., 2020).

1.10. Performans Ölçütleri: Derin öğrenme algoritmalarının başarısı, doğruluk, F1 skoru, kesinlik gibi

performans ölçütleri ile değerlendirilir. Özellikle çok sınıflı problemler için bu ölçütler, modelin genel performansı hakkında bilgi verir(Liao et al., 2020; Turnea et al., 2024).

Derin öğrenme algoritmalarının temel ilkeleri, bu teknolojinin başarılı bir şekilde uygulanması için bir çerçeve sunar. Verinin işlenmesinden model eğitimi ve değerlendirmesine kadar her adım, modelin başarısını doğrudan etkiler. Bu ilkeler, hem akademik hem de endüstriyel uygulamalarda derin öğrenmenin gücünü en üst düzeye çıkarmak için gereklidir(Lee et al., 2024; Liao et al., 2020).

2. Derin Öğrenmede Kullanılan Verilerin Özellikleri, Analizi ve Rehabilitasyondan Örnekler

Derin öğrenme modellerinin başarısı büyük ölçüde kullanılan verilerin kalitesine ve bu verilerin uygun şekilde işlenmesine bağlıdır. Veriler, genellikle karmaşık yapılar içerir ve modelin öğrenme sürecini optimize etmek için uygun özellik çıkarma işlemleri gerektirir. Örneğin, fiziksel rehabilitasyon alanında kullanılan veriler, genellikle hareketlerin veya postürlerin zamansal ve mekansal verilerini içerir. Bu veriler; görüntüler, iskelet verileri, sinyaller veya termal görüntüler şeklinde olabilir(Ali et al., 2024; Huang et al., 2020). Ham verilerin analiz edilebilir hale getirilmesi, veri ön işleme ve özellik çıkarımı süreçleri ile başlar. Veri ön işleme sırasında, gürültü azaltma, normalleştirme ve eksik veri tamamlama gibi işlemler gerçekleştirilir. Örneğin, termal görüntülerle çalışırken, arka plan gürültüsünü azaltmak ve yalnızca hedef kas gruplarını vurgulamak için özel algoritmalar kullanılmıştır. Ayrıca, iskelet hareket verilerinde, her bir eklem noktasının pozisyonu ve hareket sırasındaki ilişkisi, özellik çıkarma

sürecinde önemli bir yer tutar(Chen et al., 2021; Lee et al., 2024; Turnea et al., 2024). Bu verilerden çıkarılan özellikler, modelin daha iyi performans göstermesi için optimize edilir. Örneğin, rehabilitasyon hareketlerinde zaman içinde gerçekleşen değişimleri yakalamak için hareketlerin zamansal sıralaması ve mekansal konumları birlikte analiz edilir. Bu süreç, derin öğrenme modellerinin karmaşık ilişkileri daha iyi öğrenmesini sağlar. Örneğin, hareketlerin frekans, hız, ivme gibi özellikleri, hareket kalitesinin değerlendirilmesinde etkili metriklerdir. Gaussian karışım modelleri ve otokodlayıcılar gibi yöntemler, bu özelliklerin daha düşük boyutlu temsillerini oluşturarak modelin performansını artırır(Liao et al., 2020).

Derin öğrenme modellerinin rehabilitasyon sürecindeki başarısı, kullanılan veri setlerinin kapsamlılığı ve doğruluğuna bağlıdır. Özellikle hareket analizi için kullanılan veri setlerinde, hem doğru hem yanlış hareket performanslarının dengeli şekilde yer alması önemlidir. Bu bağlamda, sağlıklı bireylerden toplanan verilerin yanı sıra, hastalardan toplanan verilere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu, modelin genelleme kapasitesini artırarak hem doğru hem de hatalı hareketler için yüksek doğruluk sağlar(Fragkiadaki, Levine, Felsen, & Malik, 2015; Liao et al., 2020). Ayrıca, veri artırma teknikleri, özellikle sekans verileri üzerinde çalışan derin öğrenme modellerinde modelin performansını artırmak ve daha dayanıklı hale getirmek için kritik bir öneme sahiptir. Egzersiz türlerini ve bireylerin çeşitliliğini artırarak daha büyük ve kapsamlı bir veri seti oluşturmak, bu süreçte önemli bir hedef olarak belirlenmiştir(Liao et al., 2020; Ordóñez & Roggen, 2016).

Farklı veri türleriyle çalışırken, uygun veri temsil yöntemlerinin seçimi de kritik öneme sahiptir. Örneğin, termal görüntüler, hareket sırasında kasların etkinliğini değerlendirirken, iskelet verileri hareketin doğruluğunu belirlemek için kullanılır. Bu tür verilerin analizi, doğru model eğitimi için sağlam bir temel oluşturur. Sonuç olarak, derin öğrenmede kullanılan verilerin dikkatli bir şekilde analizi, daha hassas ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar(Chen et al., 2021; Liao et al., 2020).

3. Fizyoterapide Derin Öğrenmenin Klinik Uygulamaları

Derin öğrenmenin fizyoterapiye entegrasyonu, hastaların değerlendirme süreçlerini daha objektif ve doğruluk oranı yüksek hale getirerek rehabilitasyon uygulamalarını dönüştürmektedir. Geleneksel değerlendirme yöntemleri genellikle fizyoterapistin gözlemleri ve manuel ölçümleri üzerine kuruludur. Ancak, bu yöntemler zaman alıcı olmasının yanı sıra insan hatasına açık bir yapı sergiler. Derin öğrenme tabanlı sistemler, hasta hareketlerini analiz etmek ve hareket doğruluğunu değerlendirmek için otomatik bir yaklaşım sunar. Örneğin, MediaPipe gibi kütüphaneler ve OpenCV yardımıyla geliştirilen sistemler, hastaların hareket paternlerini algılayabilir ve belirli egzersizler sırasında doğru postürleri tanımlayabilir(Deotale, Verma, Suresh, & Kumar, 2023; Dr. Shrinivasrao B Kulkarni, 2024). Bu tür sistemler, hastanın egzersiz sırasında yaptığı hareketlerin doğruluğunu değerlendirmek için vücut noktalarını tespit ederek bu noktalar arasındaki açıları hesaplar. Açı hesaplamaları, egzersizin doğru yapıldığını belirler ve hastaya gerçek zamanlı sesli veya görsel geri bildirim sağlar. Örneğin, doğru bir hareket tespit edildiğinde sistem hastayı teşvik etmek için tekrar sayar ve başarılı bir performansı bildirir. Yanlış bir hareket algılandığında ise hareketin nasıl düzeltileceğine

dair öneriler sunar. Böyle bir sistem, hastanın evde rehabilitasyon yaparken bile doğru hareketleri öğrenmesini ve uygulamasını destekler(Ali et al., 2024; Deotale et al., 2023; Dr. Shrinivasrao B Kulkarni, 2024).

Rehabilitasyon sırasında derin öğrenme algoritmalarının kullanılması, sadece doğru hareketlerin tespit edilmesini sağlamaz, aynı zamanda hastanın ilerlemesini izlemek için veriler toplar. Sistem, hastanın tamamladığı tekrar sayısını, hareket doğruluğunu ve zamanlama bilgilerini kaydeder. Bu veriler, hem hasta hem de fizyoterapist için değerli bilgiler sunar ve gerektiğinde tedavi planının yeniden düzenlenmesine olanak tanır(Huang et al., 2020; Lee et al., 2024).

Özellikle, Red-Green-Blue (RGB) videolar kullanılarak yapılan derin öğrenme çalışmaları, yüksek maliyetli derinlik sensörlerine alternatif olarak dikkat çekmektedir. Derin öğrenme algoritmaları, yalnızca RGB videolar kullanarak hastanın 3D eklem hareketlerini tahmin edebilir. Örneğin, ResNet gibi derin öğrenme modelleri, hasta hareketlerini analiz etmek için kullanıldığında düşük maliyetli ve erişilebilir bir çözüm sunar. Bu yöntem, evde rehabilitasyon uygulamaları için önemli bir avantaj sağlar ve hastaların tedaviye erişimini kolaylaştırır(Ali et al., 2024; W. Wei, Mcelroy, & Dey, 2020).

Ayrıca, rehabilitasyon sürecinde hastaların motivasyonunun artırılması ve tedaviye uyumlarının sağlanması kritik bir öneme sahiptir. Derin öğrenme tabanlı geri bildirim sistemleri, hastaların hatalarını anında düzeltmelerine yardımcı olurken, başarılarını da teşvik eder. Bunun yanında, hastaların gelişimlerini görselleştiren grafikler veya istatistikler sunarak, sürece olan bağlılıklarını artırır

ve uzun vadeli iyileşmeyi destekler(Dr. Shrinivasrao B Kulkarni, 2024).

Telerehabilitasyon uygulamalarında da derin öğrenme, hastaların fizyoterapist gözetiminde olmadan bile doğru hareketleri yapabilmelerini sağlamaktadır. Bu sistemler, hastaların evlerinde veya uzaktan rehabilitasyon yapmalarını kolaylaştırır ve sağlık hizmetlerine erişim imkanını artırır. Ayrıca, düşük maliyetli teknolojilerle birleşen derin öğrenme algoritmaları, kırsal alanlarda veya mobilite kısıtlamaları olan hastalar için önemli bir çözüm sunar(Dr. Shrinivasrao B Kulkarni, 2024).

Sonuç

Sonuç olarak, fizyoterapide derin öğrenmenin klinik uygulamaları, rehabilitasyon süreçlerini daha verimli, doğru ve hasta dostu bir hale getirmektedir. Gelecekte, daha geniş veri setleri ve daha gelişmiş algoritmaların kullanımıyla bu tür sistemlerin daha da etkili olması beklenmektedir. Böylece, fizyoterapistlerin iş yükü azalacak ve hastaların iyileşme süreçleri hızlanacaktır.

Kaynakça

Ali, M., Ullah, S. I., Ullah, K., Almutairi, S., Amin, M., & Syed, I. (2024). Classification of physiotherapy exercise of stroke patients using deep transfer learning and fuzzy logic: A novel approach. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(10), 102940.

Chen, K., Zhang, D., Yao, L., Guo, B., Yu, Z., & Liu, Y. (2021). Deep learning for sensor-based human activity recognition: Overview, challenges, and opportunities. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(4), 1-40.

Deotale, D., Verma, M., Suresh, P., & Kumar, N. (2023). Physiotherapy-based human activity recognition using deep learning. *Neural Computing and Applications*, 35(15), 11431-11444.

Dr. Shrinivasrao B Kulkarni, A. K., Akash Shetty, Shashank Bidarakatti, Taranath Sangresakoppa. (2024). Analysis of Physiotherapy Practices using Deep Learning. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. doi:10.22214/ijraset.2024.61194

Fragkiadaki, K., Levine, S., Felsen, P., & Malik, J. (2015). *Recurrent network models for human dynamics*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE international conference on computer vision.

Huang, C.-H., Lin, C.-F., Chen, C.-A., Hwang, C.-H., & Huang, D.-C. (2020). *Real-time rehabilitation exercise performance evaluation system using deep learning and thermal image*. Paper presented at the 2020 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC).

Lee, K., Kim, J.-H., Hong, H., Jeong, Y., Ryu, H., Kim, H., & Lee, S.-U. (2024). Deep learning model for classifying shoulder pain rehabilitation exercises using IMU sensor. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 21(1), 42.

Liao, Y., Vakanski, A., & Xian, M. (2020). A deep learning framework for assessing physical rehabilitation exercises. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28(2), 468-477.

Nogales, A., Rodríguez-Aragón, M., & García-Tejedor, Á. J. (2024). A systematic review of the application of deep learning techniques in the physiotherapeutic therapy of musculoskeletal pathologies. *Computers in Biology and Medicine*, 172, 108082.

Ordóñez, F. J., & Roggen, D. (2016). Deep convolutional and lstm recurrent neural networks for multimodal wearable activity recognition. *Sensors*, 16(1), 115.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). Artificial intelligence: a modern approach. Malaysia. In: Pearson Education Limited London, UK:.

Turnea, M., Gheorghita, A., Rotariu, M., Ilea, M., Arotaritei, D., Duduca, I., & Condurache, I. (2024). 708 A Deep Learning Approach for Classification of Physiotherapy Exercises Using Segmentation of Techniques. *Balneo and PRM Research Journal*, 15(2).

Wei, W., Mcelroy, C., & Dey, S. (2020). Using sensors and deep learning to enable on-demand balance evaluation for effective physical therapy. *IEEE Access*, 8, 99889-99899.

Wei, X., Li, W., Zhang, M., & Li, Q. (2019). Medical hyperspectral image classification based on end-to-end fusion deep neural network. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 68(11), 4481-4492.

Zhong, J., Liu, Z., Han, Z., Han, Y., & Zhang, W. (2018). A CNN-based defect inspection method for catenary split pins in high-speed railway. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 68(8), 2849-2860.

BÖLÜM VIII

Fizyoterapi ve Makine Öğrenimi

Ömer Alperen GÜRSES

1. Yapay Zeka ve Makine Öğreniminin Tarihçesi

Yapay zeka ve makine öğrenimi, 20. yüzyılın ortalarından itibaren teknolojik ve bilimsel gelişmelerin merkezinde yer almıştır. Alan Turing'in 1950 yılında önerdiği "Turing Testi," makinelerin insan gibi düşünme kapasitesini sorgulayan ilk çalışmalardan biri olarak kabul edilmektedir(Reis, de Carvalho, de Assis Neves, Nogueira, & Meziat-Filho, 2024). 1956 yılında Dartmouth Konferansı'nda yapay zeka terimi tanımlanmış ve bu alanın temelleri atılmıştır(Chmait & Westerbeek, 2021). İlk yıllarda, yapay zeka araştırmaları, daha çok sembolik yöntemlere dayanan bilgi tabanlı sistemlere odaklanmıştır. Örneğin, 1960'larda Carnegie Mellon Üniversitesi'nde geliştirilen "Logic Theorist," matematiksel teoremleri ispatlamak için kullanılan ilk bilgisayar programlarından biri olmuştur(BOX, 2007). 1970'lerde ise, uzman sistemler gibi bilgi tabanlı araçlar, ticari ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaya

başlanmıştır. 1980'lerde sinir ağları ve geri yayılım algoritmasının geliştirilmesiyle birlikte, makine öğrenimi alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu gelişme, özellikle sağlık sektöründe veri analizi ve modelleme süreçlerinde yeni uygulamaların önünü açmıştır. Veri işleme kapasitesindeki artış, büyük veri setlerinin analizine olanak sağlamış ve yapay zeka modellerinin farklı sektörlerde uygulanmasına zemin hazırlamıştır(Kim et al., 2023; Mahmoud et al., 2023; Oliver et al., 2020).

1990'larda büyük veri analitiği ve bilgisayar gücündeki ilerlemeler, yapay zekanın mühendislik, tıp ve ekonomi gibi çeşitli alanlarda kullanılmasını sağlamıştır. Özellikle, destek vektör makineleri ve rastgele ormanlar gibi algoritmalar, genetik verilerin analizinde etkili araçlar olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunun yanı sıra, lojistik regresyon ve diğer istatistiksel yöntemler, makine öğreniminin temelini oluşturan modeller olarak öne çıkmıştır(Haug & Drazen, 2023; Khera & Kumar, 2020).

21. yüzyılın başlarında, derin öğrenme yöntemleri yapay zekanın en popüler alt dallarından biri haline gelmiştir. Konvolüsyonel sinir ağları ve geri yayılım algoritmaları, özellikle tıbbi görüntüleme ve doğal dil işleme gibi alanlarda başarılı sonuçlar vermiştir. Derin öğrenmenin uygulama alanları, müşteri hizmetlerinden eğitime kadar geniş bir yelpazeye yayılmıştır(Arrowsmith, Burns, Mak, Hardisty, & Whyne, 2022; Chae, Kim, Lee, & Park, 2020).

Son yıllarda, yapay zeka ve makine öğreniminin disiplinler arası uygulamaları giderek artmıştır. Özellikle, fizik tedavi ve rehabilitasyon gibi spesifik sağlık alanlarında bu teknolojiler, kişiselleştirilmiş tedavi planları geliştirmek ve hasta sonuçlarını

iyileştirmek için kullanılmaktadır. Büyük veri analitiği ve yapay zekanın birleşimi, hastalık teşhisinden tedavi süreçlerine kadar birçok alanda devrim yaratmayı vaat etmektedir. Yapay zeka ve makine öğrenimi, teorik bir araç olmaktan çıkıp pratik ve inovatif çözümler sunan bir teknoloji haline gelmiştir. Bu teknolojiler, sadece araştırma laboratuvarlarında değil, günlük hayatta da bireylerin yaşam kalitesini artırmada önemli bir rol oynamaktadır(Davids, Lidströmer, & Ashrafiyan, 2022; Kanzler, Lamers, Feys, Gassert, & Lambercy, 2022; Roller, Wininger, Leard, & Crane, 2018).

2. Klinik Araştırmalarda Makine Öğreniminin Geçmişi ve Gelişimi

Makine öğrenimi, klinik araştırmalarda devrim yaratma potansiyeline sahip bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. Bu teknolojinin ilk yıllarında, genellikle istatistiksel modeller ve sınıflandırıcılar kullanılarak biyomedikal verilerin analizi gerçekleştirilmiştir. Örneğin, 1990'larda lojistik regresyon gibi yöntemler, hastalık risklerini tahmin etmek ve hasta sonuçlarını analiz etmek için yaygın bir şekilde uygulanmıştır(Kim et al., 2023).

2000'li yıllarda, bilgisayar işlem gücündeki artış ve veri saklama kapasitesindeki iyileşmeler, makine öğrenimi algoritmalarının daha karmaşık veri kümelerine uygulanmasını mümkün kılmıştır. Genetik dizilimlerin analizi gibi büyük veri setleriyle çalışan yöntemler, biyoinformatik alanında büyük ilerlemeler sağlamıştır(Chmait & Westerbeek, 2021). Aynı dönemde, rastgele ormanlar ve destek vektör makineleri gibi algoritmalar, kanser teşhisi ve prognozu gibi kritik alanlarda kullanılmaya başlanmıştır(Khera & Kumar, 2020).

Makine öğreniminin klinik araştırmalardaki güncel uygulamaları, büyük veri analitiği ve derin öğrenme yöntemleri sayesinde daha kapsamlı bir hale gelmiştir. Özellikle tıbbi görüntülemede kullanılan makine öğrenimi algoritmaları, radyolojik görüntülerdeki küçük detayları algılayarak insan hatalarını azaltmıştır(Boyer, Burns, & Whyne, 2023). Göğüs kanseri ve diğer onkolojik hastalıklarda bu teknolojiler, teşhis doğruluğunu artırarak erken müdahale fırsatlarını geliştirmiştir(Erickson, Korfiatis, Akkus, & Kline, 2017).

Klinik araştırmalarda makine öğreniminin bir diğer önemli uygulama alanı, kişiselleştirilmiş tıp yöntemleridir. Bu yöntemler, hastanın genetik profiline ve sağlık geçmişine dayalı olarak en uygun tedavi seçeneklerini sunmayı amaçlamaktadır(Baek et al., 2021). Örneğin, Parkinson hastalarında yürüyüş analizi yapmak ve tedaviye uygun egzersizleri öneren sistemler, makine öğrenimi tabanlı algoritmalar sayesinde mümkün hale gelmiştir(Kanzler et al., 2022).

Makine öğrenimi algoritmaları, tedavi etkinliğini artırmanın yanı sıra klinik araştırmalarda veri analizini hızlandırma yeteneğine de sahiptir. Büyük veri analitiği ile hasta sonuçları arasında anlamlı ilişkiler bulunabilirken, doğal dil işleme yöntemleri de hasta geri bildirimlerini analiz etmek için kullanılmaktadır. Örneğin, sensörlerden elde edilen zaman serisi verilerinin analizi, rehabilitasyon süreçlerinde önemli rol oynamaktadır(Salcedo-Bernal, Villamil-Giraldo, & Moreno-Barbosa, 2016).

3. Fizyoterapi Klinik Uygulamalarında Makine Öğrenimi

Makine öğrenimi ve yapay zeka, fizyoterapi klinik uygulamalarında tedavi süreçlerini yeniden şekillendiren yenilikçi

teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu teknolojiler, hastaların bireysel özelliklerine dayalı kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarını mümkün kılmaktadır(Arrowsmith et al., 2022). Özellikle kronik hastalıkların ve nörolojik bozuklukların tedavisinde, makine öğrenimi algoritmaları, hasta sonuçlarını iyileştirme potansiyeli taşımaktadır(Ng & Andrysek, 2023).

Fizyoterapi kliniklerinde kullanılan makine öğrenimi sistemleri, sensörlerden ve giyilebilir cihazlardan toplanan verileri analiz ederek hastaların hareket kalıplarını değerlendirmektedir(Khera & Kumar, 2020). Örneğin, Parkinson hastalarının yürüyüş analizinde kullanılan yapay zeka algoritmaları, hareket bozukluklarını tespit ederek tedavi planlarını optimize etmektedir. Bu sistemler, hastaların evde gerçekleştirdiği egzersizlerin doğru bir şekilde yapılmasını izlemek için de kullanılmaktadır(Chae et al., 2020; Roller et al., 2018).

Makine öğrenimi, rehabilitasyon sürecinde yalnızca tedavi planlarının oluşturulmasını değil, aynı zamanda hastaların ilerlemesini izlemeyi de kolaylaştırır. Atalet ölçüm birimi sensörlerinden elde edilen zaman serisi verileri, denge ve hareket analizinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu tür sensörler, amputasyon sonrası rehabilitasyon süreçlerinde protez kullanımını değerlendirmek için de kullanılmaktadır(Monge, Ribeiro, Raimundo, Postolache, & Santos, 2023).

Fizyoterapi uygulamalarında, yapay zeka tabanlı sanal terapist sistemleri de dikkat çekmektedir. Bu sistemler, hastaların egzersiz performanslarını izlemek ve geri bildirim sağlamak için tasarlanmıştır(Davids et al., 2022). Örneğin, Kinect tabanlı cihazlar, hastaların hareketlerini analiz ederek postür ve hareket doğruluğu

hakkında bilgi sağlamaktadır(Chmait & Westerbeek, 2021). Bu tür sistemler, özellikle evde tedaviye uyumu artırırken, yanlış hareketlerin önlenmesini de sağlamaktadır(Boyer et al., 2023).

Makine öğreniminin fizyoterapi kliniklerinde bir diğer önemli katkısı, duygusal ve psikolojik faktörlerin değerlendirilmesidir. Hastaların stres seviyeleri ve tedaviye olan motivasyonları, biyometrik veriler kullanılarak analiz edilebilmektedir. Örneğin, deri iletkenliği ve kalp atış hızı değişkenliği gibi biyometrik sinyaller, terapistlere hastanın duygusal durumu hakkında bilgi vermektedir(Romaniszyn-Kania et al., 2021).

Egzersizlerin optimizasyonunda, makine öğrenimi algoritmaları, büyük veri setlerinden anlamlı bilgiler çıkararak kişiselleştirilmiş programlar oluşturmaktadır. Örneğin, hastanın fiziksel yeteneklerine dayalı olarak belirlenen egzersiz planları, tedavi sürecinin her aşamasında güncellenebilmektedir. Bu durum, hem terapistlerin iş yükünü azaltmakta hem de tedavi etkinliğini artırmaktadır(Ng & Andrysek, 2023).

Fizyoterapi klinik uygulamalarında makine öğreniminin bir diğer avantajı, hastalıkların erken teşhisine olanak tanınmasıdır. Örneğin, osteoartrit gibi kronik rahatsızlıkların ilerleme hızını tahmin eden algoritmalar, önleyici tedbirlerin alınmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, kas-iskelet sistemi bozukluklarının tedavisinde kullanılan bu sistemler, hastaların bağımsızlıklarını artırmaya yönelik çözümler sunmaktadır(Kim et al., 2023; Mahmoud et al., 2023).

Rehabilitasyon teknolojileri arasında, video tabanlı analizler ve poz algılama sistemleri de öne çıkmaktadır. Örneğin, OpenPose ve BlazePose gibi algoritmalar, hareket analizinde yüksek doğruluk

sağlamaktadır(Arrowsmith et al., 2022). Bu tür sistemler, özellikle nörolojik rahatsızlıkların tedavisinde de etkili bir araç olarak kullanılmaktadır(Kanzler et al., 2022).

4. Yapay Zeka ile Yenilikçi Fizyoterapi Çözümleri

Yapay zeka ve makine öğrenimi, fizyoterapi alanında yenilikçi çözümler sunarak tedavi süreçlerini kökten değiştirme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, özellikle kişiselleştirilmiş tedavi planları ve hasta uyumunun artırılması gibi konularda öne çıkmaktadır(Davids et al., 2022). Örneğin, yapay zeka tabanlı sistemler, hastaların hareket kısıtlılıklarını analiz ederek bireysel tedavi hedefleri belirlenmesine yardımcı olmaktadır(Arrowsmith et al., 2022).

Kronik rahatsızlıklar ve nörolojik bozukluklar, yapay zeka teknolojilerinin etkili bir şekilde kullanılabildiği alanlar arasında yer almaktadır. Parkinson hastalarında yapay zeka tabanlı egzersiz takip sistemleri, hastaların hareket hatalarını analiz ederek gerçek zamanlı geri bildirim sağlamaktadır(Davids et al., 2022). Bu sistemler, hastaların evde gerçekleştirdikleri egzersizlerin doğruluğunu artırarak, tedavi sürecinin etkinliğini önemli ölçüde yükseltmektedir(Ng & Andrysek, 2023).

Yapay zeka ve makine öğrenimi, egzersiz terapilerinin optimizasyonunda büyük bir rol oynamaktadır. Giyilebilir sensörlerden ve video tabanlı sistemlerden elde edilen veriler, hastaların hareketlerini detaylı bir şekilde analiz ederek doğru tekniklerin uygulanmasını sağlamaktadır(Monge et al., 2023). Örneğin, IMU sensörleri ve kamera tabanlı sistemler, postür analizi yaparak kas dengesizliklerini ve hareket bozukluklarını tespit etmektedir(Monge et al., 2023).

Tedavi süreçlerinde yapay zeka, yalnızca fiziksel ilerlemeyi değil, aynı zamanda hastaların duygusal durumlarını da değerlendirme kapasitesine sahiptir. Kalp atış hızı değişkenliği (HRV) ve deri iletkenliği (EDA) gibi biyometrik sinyaller, hastanın tedaviye uyumu ve motivasyonu hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu tür bilgiler, terapistlerin tedavi planlarını daha kapsamlı bir şekilde düzenlemesine olanak tanımaktadır(Romaniszyn-Kania et al., 2021).

Yapay zeka destekli tedavi planlama sistemleri, büyük veri analitiği ve doğal dil işleme yöntemlerini birleştirerek hasta bazlı farklılıkları göz önünde bulundurmaktadır. Örneğin, genetik profillere dayalı tedavi planları, bireysel ihtiyaçlara göre şekillendirilebilmektedir(Kim et al., 2023). Bu, yalnızca tedavi etkinliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda hastaların tedaviye olan güvenini de pekiştirmektedir(Mahmoud et al., 2023).

Ampute hastalar için geliştirilen yapay zeka tabanlı yürüyüş analiz sistemleri, protez kullanımını optimize etmek ve yürüme dengesini geliştirmek için kullanılmaktadır. Bu sistemler, hastaların günlük aktivitelerinde daha bağımsız olmalarına yardımcı olmaktadır(Ng & Andrysek, 2023).

Sanal terapi sistemleri, fizyoterapistlerin iş yükünü azaltırken hastaların tedaviye erişimini artırmaktadır. Bu tür sistemler, kamera tabanlı poz algılama algoritmaları ve makine öğrenimi modelleri ile desteklenmektedir(Arrowsmith et al., 2022). Kinect sensör tabanlı sistemler, hastaların hareketlerini gerçek zamanlı olarak analiz ederek hataları düzeltme imkanı sunmaktadır(Chmait & Westerbeek, 2021).

Egzersiz terapilerinin optimizasyonunda, yapay zeka tabanlı algoritmalar hastaların tedavi hedeflerine ulaşma sürelerini kısaltmaktadır. Örneğin, rehabilitasyon süreçlerinde kullanılan öneri sistemleri, hastaların egzersiz motivasyonlarını artırmayı amaçlamaktadır. Bu durum, özellikle tedaviye düşük uyum gösteren hastalarda büyük bir fark yaratmaktadır(Romaniszyn-Kania et al., 2021).

Yapay zekanın fizyoterapi alanında sunduğu yenilikçi çözümler, aynı zamanda maliyet etkinliği sağlamaktadır. Tedavi süreçlerinin otomasyonu ve uzaktan izlenmesi, sağlık sistemlerindeki kaynakların daha verimli kullanılmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, bu tür sistemlerin erişilebilirliği, kırsal ve dezavantajlı bölgelerdeki hastaların tedaviye erişimini artırmaktadır(Wei, McElroy, & Dey, 2019).

5. Kişiselleştirilmiş Tıp ve Makine Öğrenimi ile Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Optimizasyonu

Kişiselleştirilmiş tıp, makine öğrenimi teknolojilerinin desteğiyle sağlık hizmetlerinde birey odaklı bir yaklaşım sunmaktadır. Bu alanda geliştirilen algoritmalar, hastaların genetik yapılarından günlük aktivite seviyelerine kadar birçok faktörü analiz ederek bireysel tedavi planları oluşturmayı mümkün kılmaktadır. Makine öğrenimi, egzersiz terapilerinin bireysel farklılıkları dikkate alarak optimize edilmesine olanak tanımaktadır(Kim et al., 2023; Mahmoud et al., 2023).

Bireyselleştirilmiş egzersiz planları, hastaların kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına göre özel olarak düzenlenmektedir. Örneğin, osteoartrit hastalarında kullanılan makine öğrenimi algoritmaları, ağrı seviyeleri ve hareket kısıtlılıklarına dayalı olarak

en uygun egzersizleri önerir. Aynı zamanda, bu algoritmalar tedavi sırasında hastanın ilerlemesini izleyerek gerektiğinde tedavi hedeflerini güncelleyebilmektedir(Kim et al., 2023).

Makine öğrenimi modelleri, rehabilitasyon süreçlerinde büyük veri analitiği ile desteklenmektedir. Sensörlerden ve giyilebilir cihazlardan elde edilen veriler, egzersizlerin etkinliğini ölçmek ve bireysel performansı değerlendirmek için kullanılmaktadır. Örneğin, IMU sensörlerinden alınan zaman serisi verileri, hastanın postür ve hareket doğruluğunu analiz ederek yanlış tekniklerin düzeltilmesine yardımcı olmaktadır(Monge et al., 2023; Ng & Andrysek, 2023).

Kronik rahatsızlıkların tedavisinde kişiselleştirilmiş egzersiz planlarının önemi büyüktür. Parkinson hastalarında, yürüyüş analizi ve hareket bozukluklarını değerlendiren makine öğrenimi algoritmaları, hastaların tedaviye uyumunu artırmak için tasarlanmıştır. Bu algoritmalar, aynı zamanda hastaların günlük aktivitelerinde bağımsızlık kazanmalarını sağlayarak yaşam kalitesini(Arrowsmith et al., 2022; Monge et al., 2023).

Egzersiz tedavisinin optimizasyonunda kullanılan öneri sistemleri, hastaların fiziksel ve duygusal durumlarına göre tedavi planlarını uyarlamaktadır. Örneğin, rehabilitasyon süreçlerinde motivasyonu düşük olan hastalar için daha kısa süreli ve basit egzersizler önerilirken, ilerleme gösteren hastalar için daha yoğun programlar uygulanabilmektedir. Bu durum, tedavi etkinliğini artırırken, hastaların tedaviye olan bağlılıklarını da güçlendirmektedir(Kim et al., 2023).

Makine öğrenimi tabanlı sistemler, bireylerin genetik profillerini analiz ederek tedavi planlarını daha hassas bir şekilde

uyarlamaktadır. Genetik yatkınlıklar, hastalık riskleri ve bireysel biyolojik farklılıklar, kişiselleştirilmiş tıp yaklaşımında dikkate alınan önemli faktörlerdir. Örneğin, genetik analizler sonucunda belirli egzersizlerin etkili olup olmayacağı tahmin edilebilmektedir(Baek et al., 2021; Chmait & Westerbeek, 2021).

Tedavi planlarının kişiselleştirilmesinde, yapay zeka tabanlı sanal terapist sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, hastaların evde gerçekleştirdikleri egzersizleri izlemek ve gerektiğinde geri bildirim sağlamak için kullanılmaktadır. Özellikle, Kinect tabanlı hareket algılama sistemleri, hastaların hareketlerini detaylı bir şekilde analiz ederek tedavi süreçlerini optimize etmektedir(Kim et al., 2023).

Egzersiz tedavisinin optimizasyonu, sadece fiziksel sağlıkla sınırlı kalmaz. Makine öğrenimi, hastaların stres seviyelerini ve duygusal durumlarını analiz ederek daha bütüncül bir tedavi yaklaşımı sunar. Örneğin, deri iletkenliği ve kalp atış hızı değişkenliği gibi biyometrik veriler, hastanın duygusal durumunu değerlendirmek için kullanılmaktadır(Arrowsmith et al., 2022; Wei et al., 2019).

6. Makine Öğrenimi ile Tedavi Planlarının Geliştirilmesindeki Sınırlamalar

Makine öğrenimi, fizyoterapi alanında tedavi planlarının geliştirilmesinde önemli fırsatlar sunmakla birlikte, bazı sınırlamalar ve zorluklar da barındırmaktadır. Bu sınırlamalar, genellikle algoritmaların doğruluğu, veri eksikliği, etik kaygılar ve pratik uygulamalardaki teknik sorunlarla ilişkilidir. Makine öğrenimi'nin tedavi planlarının geliştirilmesindeki en temel sınırlamalardan biri, kullanılan algoritmaların doğruluğudur. Algoritmalar genellikle

büyük miktarda veri ile eğitilmek zorundadır; ancak bu veri setlerinin kalitesi ve temsiliyet oranı genellikle sınırlıdır. Örneğin, bazı çalışmalar, veri setlerinin belirli bir hasta grubunu aşırı temsil ettiğini ve bu durumun modellerin genelleştirilebilirliğini olumsuz etkilediğini göstermiştir(Arrowsmith et al., 2022; Davids et al., 2022).

Bir diğer önemli sorun, veri eksikliği ve bu eksikliğin modeller üzerindeki etkisidir. Özellikle fizyoterapi gibi spesifik bir alanda, yeterli miktarda ve kaliteli veri toplamak oldukça zordur. Giyilebilir cihazlardan elde edilen veriler, hastaların tüm hareket paternlerini yansıtmayabilir veya veriler eksik olabilir. Bu durum, algoritmaların eğitim süreçlerinde eksik ya da yanıltıcı bilgiye dayanmasına yol açabilir(Boyer et al., 2023; Monge et al., 2023).

Algoritma önyargıları, makine öğreniminin tedavi planları üzerindeki bir diğer sınırlamasıdır. Örneğin, algoritmaların eğitildiği veri setlerinde cinsiyet, yaş veya etnik köken gibi faktörlerin dengesiz dağılımı, modellerin sonuçlarını önyargılı hale getirebilir. Bu tür önyargılar, özellikle farklı hasta gruplarında tedavi planlarının etkinliğini azaltabilir(Baek et al., 2021).

Makine öğreniminin bir başka sınırlaması, fizyoterapide kullanılan algoritmaların şeffaflık ve anlaşılabilirlik düzeyidir. "Kara kutu" olarak adlandırılan karmaşık modeller, terapistlerin tedavi planlarının nasıl oluşturulduğunu tam olarak anlamasını zorlaştırabilir. Bu durum, terapistlerin algoritmalara güvenini azaltabilir ve tedavi süreçlerinde insan-tekil iş birliğini zorlaştırabilir(Kanzler et al., 2022).

Teknik sorunlar da makine öğrenimi uygulamalarının yaygınlaşmasında önemli engellerdir. Özellikle, giyilebilir cihazlar

ve video tabanlı sistemlerde veri kaybı veya cihaz uyumluluğu gibi problemler sıkça karşılaşılmaktadır. Ayrıca, ev ortamında kullanılan sistemlerde aydınlatma, çevresel gürültü ve hareket algılama zorlukları, algoritmaların doğruluğunu etkileyebilir(Boyer et al., 2023).

Etik ve gizlilik sorunları, makine öğreniminin tedavi planlarında kullanımıyla ilgili bir diğer önemli sınırlamadır. Hasta verilerinin toplanması ve işlenmesi sırasında, veri güvenliği ve mahremiyetin korunması kritik bir öneme sahiptir. Bazı durumlarda, hasta verilerinin yanlış bir şekilde anonimleştirilmesi veya kötüye kullanımı, yasal ve etik sorunlara yol açabilir(Char, Abràmoff, & Feudtner, 2020).

Makine öğrenimi tabanlı sistemlerin klinik uygulamalara entegrasyonu da önemli zorluklar yaratmaktadır. Özellikle, mevcut sağlık sistemleri ve altyapılar, bu tür teknolojilerin entegrasyonu için yeterince uygun olmayabilir. Bunun yanı sıra, makine öğrenimi sistemlerinin klinik ortamlarda nasıl test edileceği ve etkinliğinin nasıl değerlendirileceği konusunda da net bir çerçeve bulunmamaktadır. Makine öğrenimi'nin sınırlamalarından biri de maliyet faktörüdür. Gelişmiş cihazlar, yazılımlar ve algoritmaların geliştirilmesi ve sürdürölmesi, yüksek maliyetlere yol açabilir. Bu durum, özellikle düşük gelirli veya sağlık hizmetlerine sınırlı erişimi olan bölgelerde, makine öğrenimi tabanlı sistemlerin benimsenmesini zorlaştırmaktadır(Haug & Drazen, 2023; Wei et al., 2019).

7. Gelecekteki Araştırmalar İçin Öneriler

Makine öğrenimi ve yapay zeka teknolojilerinin fizyoterapi ve rehabilitasyon alanındaki uygulamalarını daha da geliştirmek için

gelecekteki araştırmalarda bir dizi kritik alan ele alınmalıdır. Makine öğrenimi algoritmalarının doğruluğunu artırmak için büyük ve temsili veri setlerine ihtiyaç vardır. Fizyoterapi hastalarının farklı yaş, cinsiyet, etnik köken ve hastalık türlerine göre verilerinin toplanması, algoritmaların genelleştirilebilirliğini artıracaktır(Arrowsmith et al., 2022; Wei et al., 2019). Özellikle evde yapılan fizyoterapi egzersizlerinden elde edilen veriler, algoritmaların günlük yaşam koşullarında nasıl çalıştığını anlamak için değerlidir. Makine öğrenimi algoritmalarının "kara kutu" doğasını çözmek, terapistlerin bu sistemlere güvenini artıracaktır. Bunun için açıklanabilir yapay zeka modelleri geliştirilmelidir. Bu modeller, terapistlere algoritmaların nasıl çalıştığını anlamada yardımcı olabilir. Hasta verilerinin toplanması ve işlenmesi sırasında, veri gizliliği ve etik standartların korunması kritik öneme sahiptir. Araştırmacılar, verilerin anonimleştirilmesi ve güvenliğinin sağlanması için yenilikçi yöntemler geliştirmelidir. Ayrıca, yapay zeka modellerinin önyargısız çalışmasını sağlamak için daha çeşitli ve dengeli veri setleri kullanılmalıdır(Boyer et al., 2023; Char et al., 2020; Kanzler et al., 2022). Gelecekte, makine öğrenimi tabanlı sistemlerin evde bakım ve uzaktan rehabilitasyon uygulamaları için optimize edilmesi gerekmektedir. Örneğin, hastaların evde yaptıkları egzersizleri değerlendiren ve geri bildirim sağlayan sistemler geliştirilmelidir. Bu sistemler, evde rehabilitasyonu daha etkili ve erişilebilir hale getirebilir(Alaraj & Alshammari, 2020). Fizyoterapi, mühendislik ve bilişim alanlarının ortaklaşa çalışması, daha yenilikçi ve kullanıcı dostu çözümler geliştirilmesini sağlayabilir. Bu işbirlikleri, hem akademik araştırmalarda hem de endüstriyel uygulamalarda yeni ufuklar açabilir. Giyilebilir cihazlar ve sensör teknolojileri, fizyoterapi uygulamalarında önemli bir rol

oynamaktadır. Gelecekte, bu cihazların daha küçük, daha uygun maliyetli ve daha hassas hale getirilmesi hedeflenmelidir. Örneğin, atalet ölçüm birimi sensörleri gibi cihazların fizyoterapi uygulamalarına entegrasyonu artırılabilir(Davids et al., 2022; Monge et al., 2023).

Makine öğrenimi algoritmaları, hastaların genetik, biyometrik ve davranışsal özelliklerini dikkate alarak daha kişiselleştirilmiş tedavi planları sunabilir. Özellikle kronik hastalıklar ve nörolojik bozukluklar gibi durumlarda, tedavi süreçlerinin bireye özel hale getirilmesi önemlidir(Baek et al., 2021; Kanzler et al., 2022). Gelecekteki araştırmalarda, hastaların uzun vadeli tedavi sonuçlarını incelemek için makine öğrenimi sistemleri kullanılabilir. Bu, tedavi planlarının etkinliğini daha iyi değerlendirmek ve gerekirse ayarlamalar yapmak için faydalı olacaktır. Fizyoterapi uygulamalarında gerçek zamanlı veri analitiği, hastaların durumu hakkında anlık geri bildirim sağlamak için kritik öneme sahiptir. Örneğin, hareket analiz sistemleri, egzersiz sırasında hastanın postürünü ve hareket paternlerini gerçek zamanlı olarak değerlendirebilir(Arrowsmith et al., 2022; Ng & Andrysek, 2023).

Sonuç

Makine öğrenimi ve yapay zeka teknolojileri, fizyoterapi ve klinik araştırmalar alanında büyük yenilikler sunmaktadır. Bu teknolojiler, hastalıkların teşhisinden bireyselleştirilmiş tedavi planlarına kadar geniş bir yelpazede uygulanarak, hem hasta sonuçlarını iyileştirme hem de tedavi süreçlerini optimize etme potansiyeline sahiptir. Yapay zeka tabanlı sistemler, fizyoterapi ve rehabilitasyonun evde devamlılığını destekleyerek fizyoterapistlerin iş yükünü azaltmakta ve hastaların bağımsız rehabilitasyon

süreçlerine katılımını artırmaktadır. Bununla birlikte, veri eksikliği, algoritma önyargıları ve etik sorunlar gibi sınırlamalar, bu teknolojilerin yaygın kullanımı önündeki en büyük engellerden bazılarıdır. Bu zorlukların aşılması, multidisipliner iş birliği ve gelişmiş veri güvenliği standartlarının benimsenmesini gerektirmektedir.

Sonuç olarak, yapay zeka ve makine öğrenimi, fizyoterapi uygulamalarında kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarını mümkün kılarken, tedavi süreçlerini daha etkili ve erişilebilir hale getirmektedir. Gelecekte bu teknolojilerin daha geniş bir hasta kitlesine hitap etmesi, fizyoterapi ve rehabilitasyonun sınırlarını yeniden tanımlayacaktır.

Kaynakça

Alaraj, R., & Alshammari, R. (2020). Utilizing machine learning to recognize human activities for elderly and Homecare. *Acta Informatica Medica*, 28(3), 196.

Arrowsmith, C., Burns, D., Mak, T., Hardisty, M., & Whyne, C. (2022). Physiotherapy exercise classification with single-camera pose detection and machine learning. *Sensors*, 23(1), 363.

Baek, K.-W., Park, J.-J., Gim, J.-A., Baek, K.-W., Park, J.-J., & Gim, J.-A. (2021). Machine Learning Application in Genomic, Exercise, and Vital Datasets. *Exercise Science*, 30(2), 131-146.

BOX, M. I. A. (2007). As quoted on a Web page at the Carnegie Mellon computer science department, computer scientist and AI pioneer Allen Newell described his work this way. *Artificial Intelligence: Mirrors for the Mind*, 19.

Boyer, P., Burns, D., & Whyne, C. (2023). Evaluation of at-home physiotherapy: machine-learning prediction with smart watch inertial sensors. *Bone & Joint Research*, 12(3), 165-177.

Chae, S. H., Kim, Y., Lee, K.-S., & Park, H.-S. (2020). Development and clinical evaluation of a web-based upper limb home rehabilitation system using a smartwatch and machine learning model for chronic stroke survivors: prospective comparative study. *JMIR mHealth and uHealth*, 8(7), e17216.

Char, D. S., Abràmoff, M. D., & Feudtner, C. (2020). Identifying ethical considerations for machine learning healthcare applications. *The American Journal of Bioethics*, 20(11), 7-17.

Chmait, N., & Westerbeek, H. (2021). Artificial intelligence and machine learning in sport research: An introduction for non-data scientists. *Frontiers in sports and active living*, 3, 682287.

Dauids, J., Lidströmer, N., & Ashrafian, H. (2022). Artificial Intelligence for Physiotherapy and Rehabilitation. In *Artificial Intelligence in Medicine* (pp. 1789-1807): Springer.

Erickson, B. J., Korfiatis, P., Akkus, Z., & Kline, T. L. (2017). Machine learning for medical imaging. *radiographics*, 37(2), 505-515.

Haug, C. J., & Drazen, J. M. (2023). Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023. *New England Journal of Medicine*, 388(13), 1201-1208.

Kanzler, C. M., Lamers, I., Feys, P., Gassert, R., & Lambercy, O. (2022). Personalized prediction of rehabilitation outcomes in multiple sclerosis: a proof-of-concept using clinical data, digital health metrics, and machine learning. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 60(1), 249-261.

Khera, P., & Kumar, N. (2020). Role of machine learning in gait analysis: a review. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 44(8), 441-467.

Kim, S., Kosorok, M. R., Arbeeve, L., Schwartz, T. A., Callahan, L. F., Golightly, Y. M., . . . Allen, K. D. (2023). Precision Medicine–Based Machine Learning Analyses to Explore Optimal Exercise Therapies for Individuals With Knee Osteoarthritis: Random Forest-Informed Tree-Based Learning. *The Journal of Rheumatology*, 50(10), 1341-1345.

Mahmoud, H., Aljaldi, F., El-Fiky, A., Battecha, K., Thabet, A., Alayat, M., . . . Ibrahim, A. (2023). Artificial Intelligence machine learning and conventional physical therapy for upper limb outcome in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 27(11).

Monge, J., Ribeiro, G., Raimundo, A., Postolache, O., & Santos, J. (2023). AI-based smart sensing and AR for gait rehabilitation assessment. *Information*, 14(7), 355.

Ng, G., & Andrysek, J. (2023). Classifying changes in amputee gait following physiotherapy using machine learning and continuous inertial sensor signals. *Sensors*, 23(3), 1412.

Oliver, J. L., Ayala, F., Croix, M. B. D. S., Lloyd, R. S., Myer, G. D., & Read, P. J. (2020). Using machine learning to improve our understanding of injury risk and prediction in elite male youth football players. *Journal of science and medicine in sport*, 23(11), 1044-1048.

Reis, F. J., de Carvalho, M. B. L., de Assis Neves, G., Nogueira, L. C., & Meziat-Filho, N. (2024). Machine Learning Methods in Physical Therapy: A Scoping Review of applications in clinical context. *Musculoskeletal Science and Practice*, 103184.

Roller, D., Wininger, M., Leard, J., & Crane, B. (2018). Data-driven decision making in doctor of physical therapy curricula part I: Program-level analysis. *Journal of Physical Therapy Education*, 32(4), 368-375.

Romaniszyn-Kania, P., Pollak, A., Bugdol, M. D., Bugdol, M. N., Kania, D., Mańka, A., . . . Mitas, A. W. (2021). Affective

state during physiotherapy and its analysis using machine learning methods. *Sensors*, 21(14), 4853.

Salcedo-Bernal, A., Villamil-Giraldo, M., & Moreno-Barbosa, A. (2016). Clinical data analysis: An opportunity to compare machine learning methods. *Procedia Computer Science*, 100, 731-738.

Wei, W., McElroy, C., & Dey, S. (2019). Towards on-demand virtual physical therapist: Machine learning-based patient action understanding, assessment and task recommendation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 27(9), 1824-1835.

