



HACETTEPE
ÜNİVERSİTESİ



FİZYOTERAPİ SEMİNERLERİ

2018-1

Editörler

Prof. Dr. Ayşe Karaduman

Prof. Dr. Özlem Ülger

Doç. Dr. Naciye Vardar Yağlı

Doç. Dr. Muhammed Kılınç

Doç. Dr. Selen Serel Arslan

ISBN: 978-605-88879-1-6

H.Ü.S.B.F. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Yayınıdır.



"Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından desteklenmektedir."

Proje No: 013 D09 401 001-356

FİZYOTERAPİ SEMİNERLERİ
© 2018-1

H.Ü.S.B.F. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Yayınıdır.

Dizgi ve Tasarım

Gözde KEMERÖZ USGURLU

gozde@uskur.com.tr

Uskur Yazılım

www.uskur.com.tr

ISBN

978-605-88879-1-6

Web Sitesi

www.fizyoterapiseminerleri.hacettepe.edu.tr

"Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından desteklenmektedir."

Proje No: 013 D01 401 001

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ayşe Karaduman
Doç. Dr. Özlem Ülger
Doç. Dr. Naciye Vardar Yağlı
Doç. Dr. Muhammed Kılınç
Doç. Dr. Selen Serel Arslan

DANIŞMA KURULU*

Prof. Dr. Tülin Düger
Prof. Dr. F. Gül Şener
Prof. Dr. Ayşe Karaduman
Prof. Dr. Hülya Arıkan
Prof. Dr. Nuray Kırdı
Prof. Dr. Fatih Erbahçeci
Prof. Dr. Filiz Can
Prof. Dr. Ayşe Livanelioğlu
Prof. Dr. Edibe Ünal
Prof. Dr. Türkan Akbayrak
Prof. Dr. Mintaze Kerem Günel
Prof. Dr. Kadriye Armutlu
Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay
Prof. Dr. Sibel Aksu Yıldırım
Prof. Dr. Zafer Erden
Prof. Dr. Nilgün Bek
Prof. Dr. Öznur Yılmaz
Prof. Dr. Deniz İnal İnce
Prof. Dr. Nezire Köse
Prof. Dr. Özlem Ülger
Prof. Dr. Akmer Mutlu
Doç. Dr. İrem Düzgün
Doç. Dr. Tüzün Fırat
Doç. Dr. Semra Topuz
Doç. Dr. Songül Atasavun Uysal
Doç. Dr. Sevil Bilgin
Doç. Dr. Çiğdem Ayhan
Doç. Dr. Melda Sağlam

Doç. Dr. Naciye Vardar Yağlı
Doç. Dr. Serap Özgül
Doç. Dr. Muhammed Kılınç
Doç. Dr. Hande Güney Deniz
Doç. Dr. Gürsoy Coşkun
Doç. Dr. Gizem İrem Kınıklı
Doç. Dr. İpek Alemdaroğlu
Doç. Dr. Numan Demir
Doç. Dr. Ebru Çalık Kütükcü
Doç. Dr. Gülcan Harput
Doç. Dr. Elif Turgut
Doç. Dr. Gözde Yağcı
Doç. Dr. Selen Serel Arslan
Yrd. Doç. Dr. Ayla Fil Balkan
Öğr. Gör. Aydın Meriç
Dr. Öğr. Üyesi Yeliz Salcı
Dr. Fzt. Hilal Hotaman Keklice
Dr. Fzt. Özgün Kaya Kara
Dr. Fzt. Aynur Demirel
Dr. Fzt. Ceren Orhan
Dr. Fzt. Ender Ayvat
Dr. Fzt. Pınar Kısacık

Fizyoterapi Seminerleri e-kitabı
mesleğimizin gelişmesine emek veren tüm fizyoterapistlere ithaf edilmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sağlıklı Erişkinlerde Egzersiz Eğitimi ve Uygulamaları

Dr. Fzt. Özden ÖZKAL, Doç. Dr. Naciye VARDAR-YAĞLI.....1

Radyoterapi Kaynaklı Trismus ve Rehabilitasyonu

Uzm Fzt Hasan Erkan KILINÇ, Prof Dr Ayşe KARADUMAN 11

Pediyatrik Rehabilitasyon’da Teknoloji Tabanlı Güncel Yaklaşımlar

Fzt. Doğan PORSNOK..... 16

Akut İskemik İnme Sonrası Erken Mobilizasyon Uygulamaları

Uzm Fzt Ecem KARANFİL, Prof Dr Kadriye ARMUTLU..... 27

Fizyoterapist Bakış Açısıyla Diyagnostik Ultrason

Uzm Fzt Esra DÜLGER..... 34

Spinal Kord Yaralanmalarında Rehabilitasyon: Elektrik Stimulasyonu Uygulamaları

Uz. Fzt. Hatice ÇETİN, Uz. Fzt. Barış ÇETİN. Yar.Doç.Dr. Ceren YARAR-FISHER 39

Protez Kullananlarda Kognitif Düzey ve Yürüyüş

Uzm. Fzt. Elif KIRDI..... 47

Fizyoterapi Ve Rehabilitasyonda Hareket Analiz Yöntemleri

Uzm. Fzt. Sibel BOZGEYİK, Prof. Dr. Volga BAYRAKCI TUNAY 52

Transkranyal Manyetik Stimülasyon ve Nörolojik Rehabilitasyonda Uygulama Alanları

Fzt Ali Naim CEREN, Prof Dr Ayşe LİVANELİOĞLU 58

Ankilozan Spondilit’li Hastalarda Pulmoner Etkilenim

Uzm. Fzt. Songül BAĞLAN YENTÜR, Uzm. Fzt. N. Gizem TORE, Doç. Dr. Deran OSKAY 71

Alt Ekstremitte Klinik Biyomekanik Özellikleri

Uzm. Fzt. Fatma AYVAT, Uzm. Fzt. Hikmet KOCAMAN, Prof. Dr. Özlem GÜVEN ÜLGER 75

Erişkin Kas Hastalıklarında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Yaklaşımları

Uzm Fzt Gülşah SÜTÇÜ, Prof Dr Sibel AKSU YILDIRIM..... 83

Koruyucu Rehabilitasyonda Fizyoterapi

Uzm. Fzt. Merve AKÇİL BULGUROĞLU, Prof. Dr. A. Ayşe KARADUMAN..... 89

Kol Salınımının Yürüyüşe Etkisi

Doç. Dr. Semra TOPUZ.....105

Sağlıklı Erişkinlerde Egzersiz Eğitimi ve Uygulamaları

Exercise Training and Applications in Healthy Adults

Dr. Fzt. Özden ÖZKAL¹, Doç. Dr. Naciye VARDAR-YAĞLI¹

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

E-mail: ozdenozkal@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Düzenli fiziksel aktivite ve egzersiz sağlıklı kadınlarda ve erkeklerde çok sayıda fiziksel ve mental yararlar ile ilişkilidir. Egzersiz ve fiziksel aktivite koroner kalp hastalığı, inme, tip 2 diyabet, kanserin bazı türleri (kolon ve meme kanseri gibi) gelişme riskini azaltır. Düzenli egzersiz programı aerobik, dirençli, esneklik ve nöromotor egzersiz eğitimi içermelidir. Amerikan Spor Hekimleri Birliği sağlıklı erişkinlere günde ≥ 30 dk haftada ≥ 5 gün ve toplamda ≥ 150 dk orta şiddetli aerobik egzersiz veya günde ≥ 20 dk haftada ≥ 3 gün toplamda ≥ 75 dk şiddetli aerobik egzersiz veya, toplamda $\geq 500-1000$ Met dk orta şiddetli ve şiddetli aerobik egzersiz önermektedir. Erişkinler haftada 2-3 kez her bir büyük kas grubu için dirençli egzersiz ve denge, koordinasyon, çeviklik için nöromotor egzersiz yapmalıdır. Esneklik egzersizleri her bir büyük kas-tendon grupları için hafta ≥ 2 kez (toplam 60 sn) önerilir. Egzersiz programı kişiye özel olarak hazırlanmalıdır ve bireyin fiziksel aktivite düzeyine, fiziksel fonksiyonlarına, sağlık durumuna, egzersize yanıtlarına ve temel amaçlarına göre modifiye edilmelidir.

Anahtar kelimeler: aerobik egzersiz, direnç eğitimi, esneklik

ABSTRACT

Regular physical activity and exercise are associated with many physical and mental health benefits in healthy men and women. Exercise and physical activity decrease the risk of developing coronary heart disease, stroke, type 2 diabetes and some types of cancer (e.g. colon and breast cancer). A program of regular exercise should include cardiorespiratory, resistance, flexibility and neuromotor exercise training. The American College of Sports Medicine recommends that healthy individuals engage in moderate aerobic exercise training for ≥ 30 min.d on ≥ 5 d.wk for a total of ≥ 150 min.wk or vigorous-intensity aerobic exercise training for ≥ 20 min.d on ≥ 3 d.wk for a total of ≥ 75 min.wk, or a combination moderate and vigorous intensity exercise a total of $\geq 500-1000$ Met. min.wk. Adults should perform resistance exercise for each of the major muscle groups on 2-3 d.wk and neuromotor exercise for balance, coordination and agility. Flexibility exercise is recommended for each muscle-tendon groups (a total of 60s) on ≥ 2 d.wk. The exercise program should be prepared for each person specially and exercise program should be modified according to an individual's level of physical activity, physical functions, health status, exercise responses and main purpose.

Key words: aerobic exercise, flexibility, resistance training.

1. GİRİŞ

Amerikan Spor Hekimleri Birliği, Amerikan Kalp Birliği ve Amerikalılar için Fiziksel Aktivite Rehberi (2008) sağlıklı erişkinlerde tüm yaş gruplarında kişiye özel planlanmış egzersiz reçetesi önermektedir. Birey egzersize başlamadan sağlık personeli tarafından detaylıca muayene edilmelidir. Bireyin günlük fiziksel aktivite alışkanlığı, sağlık statüsü, egzersize yanıtları ve egzersiz yapmadaki temel amacı detaylıca değerlendirilmelidir. Sağlıklı erişkinlerde fiziksel aktivite ve egzersizin en temel amacı fiziksel sağlığın ve uygunluğun korunma-

sı, artırılmasıdır (1). Egzersiz ve fiziksel aktivite ile kardiyak ve pulmoner sistem üzerine olumlu etkilerinin yanı sıra, koroner kalp hastalıkları risk faktörlerini, morbidite ve mortaliteyi, anksiyete ve depresyonu azaltarak kişinin daha sağlıklı ve iyi bir ruh haline sahip olmasına yardımcı olur. Egzersiz programı sağlık profesyoneli tarafından kişiye özel olarak planlanmalı ve aerobik egzersiz eğitimi, dirençli egzersiz eğitimi, esneklik egzersizleri ve nöromotor egzersizler gibi çok çeşitli egzersiz tiplerini içermelidir (1, 2).

2. SAĞLIĞIN TANIMI

Toplum var olduğundan bu yana hayatta kalmak için savaşılmaktadır. Hayatta kalabilmeyi başaran toplumların ikinci amacı ise sağlıklı olarak hayatın sürdürülmesidir. Sağlıklı olmak, temel bir ihtiyaçtır ve onsuz diğer mal ve hizmetlerin anlamı yoktur. Sağlığın vazgeçilmez bir servet olması temel özelliğidir (WHO 1981). Genel olarak sağlık, hasta ya da sakat olmama durumu olarak tanımlansa da en geçerli tanım Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ-WHO) kuruluş anayasasında kullanılan sağlık tanımıdır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ-WHO) 'nün 1948'deki tanımına göre "sağlık yalnızca hastalık ya da sakatlığın olmayışı değil, bedence, ruhça ve sosyal yönden tam iyilik durumudur" denilmektedir.

Sağlığın sürdürülmesinde etken birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörleri inceleyecek olursak; %10 sosyal koşullar, %8 tıbbi koşullar, %7 iklimsel koşullar, %15 kalıtsal koşullar;

%60 yaşam şeklinin etken faktörler olduğu bilinmektedir. Bu koşulları göz önünde bulundurduğumuzda %60'lık dilim olan yaşam şeklinin değiştirilebilir olması sağlıklı olmak için en büyük avantajdır. Yaşam şeklini belirleyen en önemli faktörlerden olan beslenme ve egzersiz, sağlıklı olmanın önkoşulunu oluşturmaktadır (3).

3. EGZERSİZ İLE İLİŞKİLİ TERİMLER

Fiziksel Aktivite: Günlük yaşam içerisinde, iskelet kasları kullanılarak yapılan ve enerji harcamasını gerektiren her hareket fiziksel aktivite olarak tanımlanır. Enerji harcanması, kilokalori (kcal) veya kilojoule (kJ) olarak ölçülür (4).

Egzersiz: Düzenli, planlanmış ve tekrarlı fiziksel aktivitelerdir (4).

Fiziksel Fonksiyon: Günlük yaşamdaki fiziksel aktiviteleri yapabilme kapasitesidir (4).

Fiziksel Uygunluk: Kardiyorespiratuar uygunluk, kassal uygunluk ve esneklik parametrelerini kapsayan fiziksel aktivitenin performansı ile ilgilidir. Fiziksel uygunluk, sağlıklı ilişkili fiziksel uygunluk ve performansla ilişkili fiziksel uygunluk olarak iki başlıkta toplanabilir. Fiziksel uygunluk düzeyini değerlendirmeden önce kişinin sağlık durumunu ve yaşam tarzını bilmek önemlidir (4).

Sağlıkla İlişkili Fiziksel Uygunluk

- Vücut kompozisyonu
- Kardiyorespiratuar uygunluk
- Kassal uygunluk
- Esneklik

- Nöromusküler relaksasyon

Performanla İlişkili Fiziksel Uygunluk

- Hız
- Çeviklik
- Reaksiyon Zamanı
- Denge, koordinasyon
- Güç (1, 5)

MET: Yapılan aktivitenin şiddetini belirlemede ise enerji harcamasına (kj/dk), oksijen tüketimine (kg başına L/dk veya mL/dk) veya istirahat durumları ile ilgili olarak metabolik eşdeğere (MET) göre ifade edilir. MET, vücut ağırlığının birimi başına gerekli oksijen tüketimi olarak ifade edilir (mL/kg/dk).

1 MET istirahat oksijen tüketimine eşittir. 1 MET= 3.5 mL/kg/dk dir (2, 5)

MET-dakika: Fiziksel aktiviteyi devam ettirdiği süre ile hesaplanır. (METs x dakika)(2, 5)

4. EGZERSİZİN FAYDALARI

- Santral ve periferel adaptasyonlarda maksimal oksijen tüketimini artırır.
- İskelet kaslarındaki kapillarizasyonu artırır.
- Submaksimal yoğunluktaki egzersizde myokardial oksijen tüketimi, kalp hızı, kan basıncını azaltır.
- Semptomların başlama eşiğini yükseltir.
- Koroner arter hastalığı risk faktörlerini azaltır
- İstirahat SKB, DKB azaltır.
- HDL ve trigliserit düzeyini azaltır.
- • Total vücut yağını ve intra abdominal yağı azaltır.
- İnsülin ihtiyacını azaltır.
- Glukoz toleransını geliştirir.
- Mortalite ve morbiditeyi azaltır.
- Anksiyete ve depresyonu azaltır.
- Fiziksel fonksiyonu artırır.
- İyi hissetme ruh hali kazandırır.
- Kognitif fonksiyonları geliştirir, demans gelişme riskini azaltır.
- İş, rekreasyonel ve spor aktivite performanslarını geliştirir.
- Düşme ve yaralanma riskini azaltır.(5, 6)

4.1. Primer Koruma: Primer korumada öncelikli olarak akut kardiyak olaylar önlenir. Yüksek fiziksel aktivite koroner arter hastalıklarından kaynaklanan ölüm oranını azaltır. Aynı zamanda kar-

diyovasküler hastalıklar, koroner arter hastalıkları, kanser ve tip 2 diyabet oranını azaltır (1, 2, 5).

4.2. Sekonder Koruma: Sekonder koruma ise önceden geçirilmiş kardiyak bir olayı olan bireyde olayın tekrarlanmasını önlemek ve risk faktörlerini kontrol altına almaktır. Bu evrede kardiyak rehabilitasyona alınan bireylerde kardiyovasküler mortalite ve risk faktörleri azalır (1, 2, 5).

Egzersizin Faydalarının Kanıt Düzeyleri

		Kanıt Düzeyi
Sağlığa Faydaları	Düzenli egzersiz yapmak sağlıklı erişkinlerde sedanter yaşam biçimini azaltmak için hayati önem taşır.	A
Egzersize Yanıt	Standart egzersiz dozuna bireyler yanıtlar farklılık içerir	A
Egzersiz Yönetimi	Aerobik ve dirençli egzersiz eğitimi fiziksel uygunluğu ve sağlığı geliştirmek için önerilir.	A
	Esneklik egzersizleri eklem hareket açıklığını korur ve artırır	A
	Nöromotor egzersizler ve çok yönlü aktiviteler (yoga vb) fiziksel fonksiyonları korur/artırır	B
	Nöromotor egzersizler orta yaş ve genç erişkinlerde faydalıdır	D

A: Randomize Kontrollü Çalışmalar (çok veri)
B: Randomize Kontrollü Çalışmalar (limitli veri)
C: Randomize Kontrollü Olmayan Çalışma
D: Panel Fikir Birliği Kararı

5. EGZERSİZ ÖNCESİ DEĞERLENDİRME

Egzersiz programı öncesinde bireyin muhtalaka detaylı klinik muaynesinin yapılması uygun olacaktır. Kardiyorespiratuar enduransının, kuvvet ve endurans değerlendirmesinin, esneklik değerlendirmesinin ve vücut kompozisyonu değerlendirmesinin mutlaka yapılması gereklidir. Elde edilen veriler doğrultusunda kişiye özel uygun egzersiz programı çizilmelidir (1).

6. FİZİKSEL İNAKTİVİTE

Fiziksel inaktivite ve mortalite arasında doğru orantılı bir ilişki vardır WHO verilerine göre fiziksel inaktivite mortaliteye neden olan etmenler arasında 4. sırada yer almaktadır. WHO'ne göre dünyada 1.5 milyar insan yeterince aktif değildir. Bu konuda yapılmış bir çalışmaya göre fiziksel inaktivite %6 koroner arter hastalıklarına, % 7 tip 2 diabete, %10 meme kanserine, %10 kolon kanserine,

%8 prematür ölüme neden olmaktadır. 2008 yılında 57 milyon kişinin 5.3 milyonu hareketsizlikten ölmüştür. Her yıl bu rakam 530000-1.3 milyon artacaktır. Fiziksel inaktivite ekarte edilebilirse tüm dünyadaki yaşam süresi 0.68 yıl artacaktır (7).

7. FİZİKSEL AKTİVİTEYİ NASIL ARTIRALIM

Kronik hastalıklardan korunmak ve yaşla beraber azalan fiziksel fonksiyonu geliştirmek için fiziksel aktiviteyi artırmak gereklidir. Bunun için gözetimli fiziksel aktivite uygulamaları tercih edilmelidir. Ancak bunun için bireyde davranış değişikliği geliştirmek gereklidir. Fakat bu davranış değişikliği zordur. Bu konuda kanıtlanmış olan model transteorik modeldir. Bu modele göre davranış değişikliği 5 evrede gerçekleşir. 1. Evrede kişide ne niyet vardır ne de aktivite vardır. 2. Evreye gelindiğinde niyetlenme vardır ancak aktivite yoktur. 3. Evre hazırlanma evresidir. Bir miktar aktivite vardır ancak yeterli değildir. 4. Evre aktif olunan dönemdir. Bu evrenin en az 6 ay sürmesi beklenir. Son evre ise sürdürme evresidir ve bu evrenin en az 6 ay sürdüğü evredir. Bu evrelerin sonunda davranış değişikliği gerçekleşir (8).

8. SAĞLIK İÇİN NE KADAR FİZİKSEL AKTİVİTE?

Fiziksel aktivitenin şiddetini belirlemede kullanılan yaygın terimler; hafif veya düşük, orta, şiddetli ve çok şiddetli olarak bilinmektedir. Amerikan Spor Hekimliği Birliği (ASHB)'ne göre fiziksel aktivite şiddetinin sınıflandırılması MET'e göre tanımlanmıştır(9).

- Hafif < 3 MET
- Orta şiddetli 3-6 MET
- Şiddetli 6-8 MET
- Çok şiddetli > 8 MET

Fiziksel aktivitenin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler; direkt kalorimetre, indirekt kalorimetre, çift katmanlı su yöntemi, davranışsal gözlem, fiziksel aktivite günlükleri ve anketleridir. Objektif olarak değerlendirmede hareket sensörleri (pedometre, akselerometre gibi) ve kalp hızı monitorizasyonu kullanılır. Klinik kullanım kolaylığı ve ulaşılabilirliği nedeni ile en sık olarak anketler tercih edilmektedir.

Uluslararası Fiziksel Aktivite Değerlendirme Anketi (IPAQ), fiziksel aktiviteyi değerlendirmede en sık kullanılan, uzun ve kısa formu olan bir ankettir. Bu ankete göre MET cinsinden fiziksel aktivite düzeyi hesaplanarak düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç gruba ayrılır:

- Düşük düzey 600 MET dk/haftanın altı
- Orta düzey 600-3000 MET-dk/hafta arası
- Yüksek düzey 3000 MET-dk/hafta üstü şeklinde gruplandırılır (10).

Günlük yaşamdan bazı aktivitelerin MET düzeyleri aşağıda tabloda verilmiştir (11) :

Hafif Şiddetli Aktiviteler	MET
Uyku	0.9
Tv izleme	1
Hafif ev işleri (yemek hazırlama, toz alma)	1.5-3
Kişisel hijyen (duş alma, traş olma)	1.5-3
Yazı yazma, masa başı işler	1.8
Düşük tempoda yürüyüş (<3km/sa)	2.9
Orta Şiddetli Aktiviteler	MET
Sabit bisiklet kullanımı	3
Bahçe işleri (çim biçme vb)	3.3
Evde yapılan egzersizler	3.5
Normal yürüyüş temposu	3-5
Bisiklet kullanımı 89-12 km/sa)	4
Araba yıkama	4.5
Eşli danslar	4.8
Yüksek Şiddetli Aktiviteler	MET
Yürüyüş 6-7 km/sa	5-7
Merdiven çıkma (orta hızda)	6.5
Jogging	7
Koşu, ağırlık kaldırma egzersizleri, eşya taşıma, tenis	8
Yüzme	9
İp atlama	10

Birçok çalışma da; dozla ilişkili fiziksel aktivite seviyesinin sağlığa olan yararları gösterilmiştir. Daha yüksek fiziksel aktivite düzeyi daha fazla yarar sağlamaktadır. Prospektif kohort çalışmaları haftada 1000 kcal enerji harcaması yani orta şiddette yapılacak yaklaşık 150 dk fiziksel aktivitenin düşük kardiyovasküler hastalık riskiyle ilişkili olduğunu göstermiştir. 1000 kcal yaklaşık 68-91 kg ağırlığında bir birey için 3-5.9 MET yoğunluğunda haftada 10 MET saate eşittir. 10 MET saat haftada 3 veya daha fazla toplamda en az 75 dk ve her bir seans en az 20 dk 6 MET ve daha üstü fiziksel aktiviteye eşittir (12-14).

Amerikan Kalp Birliği Derneği ve Amerikan Spor Hekimleri Derneği haftalık 1000kcal'lık orta ve şiddetli fiziksel aktivitelerin kombinasyonundan oluşan enerji tüketimini önermektedir (15). Bazı

çalışmalar göstermektedir ki; 1000kcal'nin yarısı elde edildiğinde bile yani haftalık 500kcal düzeyinde fiziksel aktivite de bile sağlık açısından olumlu etkiler görülmektedir. Bu eşik değer kişiden kişiye farklılık göstermektedir (13, 14). Yapılan çalışmalarda; koşucularda VO2max geliştirmek için maksimale yakın (%95-%100 VO2max) egzersiz yoğunluğu gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. HDL, LDL, trigliserit düzeyindeki değişiklikler, insülin direnci, kan basıncı, glukoz intoleransı için egzersiz şiddeti eşik değerle ilgili çalışma çok az olduğu için net bir bilgi bulunmamaktadır. Egzersizde eşik değer bireyin uygunluk düzeyine bağlı olarak değişkenlik göstermekle beraber, kardiyorespiratuar uygunluğu artırmak için net bir eşik değer verisi bulunmamaktadır (1).

9. EGZERSİZ EĞİTİM PATERNİ FARKLILIK YARATIR MI?

Güncel rehberler en az 10 dk'lık bölümler şeklinde günlük en az 30 dk'yı tamamlayan fiziksel aktiviteyi önermektedir (2, 6, 15). Kısa süreli ve uzun süreli egzersiz paternlerinin vücut kompozisyonu, mental sağlık ve lipoproteinler üzerine etkileri karşılaştırıldığında sonuçlar yetersizdir. Sedanterlerde 10 dk ve altı süresince yapılan fiziksel aktivitenin sağlık ve uygunluk durumuna olumlu etkileri olduğu bilinse de, sonuçlar yetersizdir. Erkeklerde yapılan bir çalışmada kısa süreli egzersiz ile uzun süreli egzersizlerin kronik hastalıklarla ilişkisi incelenmiştir. 15 dk ve altı kısa süreli egzersiz olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak egzersiz süresinden se harcanan enerji miktarının kronik hastalıklarla daha yüksek ilişki içinde bulunduğu sonucuna varılmıştır (16).

Fiziksel aktiviteler genelde 'hafta sonu' gibi belirli bir gün aralığına toplanabilir. Yapılan bir çalışmada hafta sonu egzersiz yapanlar ile haftada 5 gün 30 dk egzersiz yapanlar karşılaştırıldığında (aynı yoğunluk ve şiddette 1400kcal/h, ventilatuar eşik %90) kardiyorespiratuar uygunluk üzerine benzer etkiler gösterdiği bulunmuştur. Egzersiz paterninde kullanılan diğer bir terim ise aralıklı eğitimidir. Sağlıklı erkeklerde yapılan bir çalışmada aralıklı egzersiz eğitimi devamlı egzersiz eğitimine göre (aynı süre haftada 150 dk) kardiyorespiratuar uygunluk ve glukoz düzeylerinde daha etkili bulunurken, dinlenme kalp hızı, vücut kompozisyonu, total kolesterol ve HDL düzeylerinde daha az etkili bulunmuştur (17-19).

Fiziksel aktivite paterni içerisinde yer alan bir diğer davranış biçimi sedanter davranış biçimidir. Düşük enerji harcamasının olduğu aktiviteler se-

danter davranış biçiminin en önemli belirleyicisidir. Uzun süreli televizyon izleme, oturma aktivitesi, bilgisayar kullanma sedanter davranış biçimi olarak adlandırılabilir. Sedanter davranış biçimi olarak çok zaman harcanması, koroner kalp hastalıkları ve depresyon için artmış risk oranına, artmış kan basıncı, azalmış lipoprotein aktivitesi ve kronik hastalık için risk teşkil eden glukoz, insülin, lipoprotein gibi belirleyicilerin kan düzeylerinin bozulmasına neden olur (20-23).

Günlük adım sayısının egzersiz reçetesi oluşturmak için kullanılıp kullanılmayacağı da bir diğer tartışma konusudur. Pedometreler son zamanlarda oldukça popüler ve fiziksel aktiviteye teşvik açısından etkili bir yöntemdir. Pedometreler ile günlük adım sayısı hakkında bilgi sahibi olmamıza rağmen, yürüyüşün kalitesini hesaplamak imkansızdır. Yürüyüşün süresi, hızı yokuş inip çıkma gibi aktiviteler hakkında bilgi vermez. Yüksek kan basıncı olan bireylerde yapılan bir çalışmada günlük 10.000 adım altındaki fiziksel aktivite düzeyi kan basıncında 4mmHg'lık bir düşüşe sahiptir. Orta şiddette fiziksel aktivite için 100-120 adım/dk hızda yürüyüş önerilir. Egzersiz reçetesi olarak dk'da en az 100-120 adım ve 30 dk süreli yürüyüş önerilmektedir (24).

10. EGZERSİZİN KASSAL UYGUNLUK ÜZERİNE YARARLARI

Yüksek kas kuvveti, daha iyi kardiyometabolik risk faktör profili, daha düşük mortalite oranı ve daha az sayıda kardiyovasküler olay gelişme riski ile yakından ilişkilidir (25, 26). Düzenli dirençli egzersiz eğitim programı ile vücut kompozisyonunda, kan glukoz düzeyinde, insülin direncinde ve kan basıncında olumlu etkiler sağlanır(27-30). Aynı zamanda metabolik sendromun engellenmesinde de etkilidir. Dirençli egzersiz eğitimi ile kas kuvveti, kemik mineral yoğunluğu ve içeriği artırılır. Osteoporoz önlenir. Muskuloskeletal hastalıkların oluşma riski azaltılır, ağrı azaltılır, anksiyete ve depresyon azaltılır (31).

11. NE TİP EGZERSİZLER KASSAL UYGUNLUĞU GELİŞTİRİR?

Konsentrik ve egzentrik kas aktivitelerini içeren dinamik egzersizler kassal uygunluk üzerine faydalıdır. Kas aktiviteleri sırt, gövde, omuz, kalça, bacak gibi çoklu büyük kas gruplarını içine alacak şekilde düzenlenmelidir. Kas kuvvet dengesizliğini önlemek için agonist-antagonist kas grupları birlikte çalıştırılmalıdır. Dirençli egzersiz eğitimi doğ-

Aerobik Egzersizin Kanıt Düzeyleri

	Aerobik Egzersiz	Kanıt Düzeyi
Sıklık	Haftada ≥ 5 orta şiddetli veya ≥ 3 yüksek şiddetli veya $\geq 3-5$ orta ve şiddetli	A
Şiddet	Erişkinler için orta ve yüksek şiddette egzersiz önerilir	A
	Düşük ve orta şiddetli egzersizler sedanter bireyler için faydalıdır	B
Süre	Günlük 30-60 dk, haftalık 150 dk orta şiddetli egzersiz Günlük 20-60 dk, haftalık 75 dk yüksek şiddetli veya kombinasyonu	A
	Sedanter bireylerde gün: ≥ 20 dk hafta: ≥ 150 dk egzersiz faydalıdır	B
Tip	Büyük kas gruplarını içeren ritmik, sürekli egzersiz	A
Yoğunluk	Haftada $\geq 500-1000$ MET dk tavsiye edilir	C
	Pedometre ile günlük > 10.000	B
	Belirtilen yoğunlukların altında kalmak da faydalıdır	C
Patern	Egzersizler tek seferde aralıksız olarak veya en az 10 dk olacak şekilde bölünerek yapılabilir	B
İlerleme	İstenilen hedefe ulaşana kadar şiddet süre ve sıklığı kademe kademe artırılması uygundur	B
	Tüm bu yaklaşımlar muskuloskeletal yaralanma ve KKH ile ilgili olayları azaltır	D

A: Randomize Kontrollü Çalışmalar (çok veri)
B: Randomize Kontrollü Çalışmalar (limitli veri)
C: Randomize Kontrollü Olmayan Çalışma
D: Panel Fikir Birliği Kararı

ru nefes teknikleriyle beraber kombine edilmelidir. Konsentirik fazda ekspirasyon, egzentirik fazda inspirasyon şeklinde çalışılmalı ve valsava manevrasından kaçınılmalıdır (32).

Kassal kuvvet kazanımı için aslında tek set çalışmak bile çoğu zaman yeterli olmaktadır. Ancak literatürde 2-4 set şeklinde çalışmanın uygun olduğu belirtilmiştir. Her bir set arası 2-3 dk'lık dinlenme peryotları olmalıdır (5, 32). Önerilen egzersiz şiddeti 1RM'in %60-80'idir. Spora yeni başlayanlarda orta-yüksek şiddetli 1RM %60-70'i önerilirken, uzun süredir spor yapanlarda yüksek şiddetli 1 RM'in ≥ 80 'i önerilmektedir. Her bir set 8-12 tekrar olmalı, kas yorgunluğunu tetiklemeli, ancak tükenmişlik derecesinde yorgunluk yaratmamalıdır. 1RM'in % 50'inde çalışıldığı durumlarda 15-25 tekrar çalışılmalı ve toplamda en fazla 2 set şeklinde olmalıdır (1, 5, 32). Metaanaliz sonuçlarına göre, kuvvet kazanımı için dirençli egzersiz

eğitimi hafta 2-3 kez yapılmalıdır. Seanslar arasında 48-72 saatlik bir süre olmalıdır. Bu süre kas kuvveti ve hipertrofisi için moleküler adaptasyonları uyarmak için gerekli olan süredir (33) .

Algılanan egzersiz şiddetini ölçmek için Borg skalası, konuşma testi, OMNI skalası kardiyorespiratuar uygunluk ve kassal uygunluk için kullanılabilir (34-36). Borg skalası ile kardiyorespiratuar egzersiz şiddeti (%VO₂max, %HRmax ,laktat düzeyi) arasında güçlü bir ilişki vardır. Konuşma testinin kardiyorespiratuar egzersiz şiddeti ventilatuar eşik, oksijen tüketimi, laktat düzeyi ile orta dereceli ilişkisi bulunmaktadır. Feeling skalası özellikle egzersiz şiddetinin kişinin kendisinin düzenlemesi gerektiği durumlarda (yürüyüş vb) kullanılan etkili bir yoldur (37).

Dirençli Egzersiz Eğitimi Kanıt Düzeyleri

	Dirençli Egzersiz Eğitimi	Kanıt Düzeyi
Sıklık	Her bir major kas grubu eğitimi haftada 2-4 kez yapılmalıdır	A
Şiddet	1 RM'in %60-70 inde verilen eğitim kas kuvvetini geliştirir.	A
	Eğitilmiş sporcularda 1RM'in ≥ 80 inde verilen eğitim kas kuvvetini geliştirir	A
	Yaşlı bireylerde başlangıçta 1 RM'in %40-50 sinde verilen eğitim kas kuvvetini geliştirir.	A
	Sedanter bireylerde 1RM'in %40-50 sinde verilen eğitim kas kuvvetini geliştirir- mede faydalı olabilir	D
	1 RM'in % 50 sinde verilen eğitim kas enduransını geliştirir.	A
Süre	Spesifik bir süre tanımlanmamıştır	
Tip	Büyük kas gruplarını içermesi önerilir	A
	Egzersizler için vücut ağırlığı ve çeşitli egzersiz ekipmanı kullanılır	A
Tekrar	Erişkinlerde kuvvet için 8-12 tekrar önerilmektedir	A
	Orta yaş veya yaşlılarda 10-15 tekrar önerilmektedir	A
	Kassal endurans için önerilen tekrar 15-20 tekrardır	A
Set	Kas kuvvet ve güç gelişimi içine önerilen 2-4 settir	A
	2 set ve daha azı kassal endurans için yeterlidir	A
	Yeni egzersize başlayanlar ve yaşlılarda 2 set ve daha azı etkilidir.	A
Patern	Her bir set arası 2-3 dk dinlenme periyodu olmalıdır	B
	Her bir seans arası en az 48 saat olmalıdır	A
İlerleme	İlerleyici bir protokol izlenmesi önerilir	A

- A: Randomize Kontrollü Çalışmalar (çok veri)
 B: Randomize Kontrollü Çalışmalar (limitli veri)
 C: Randomize Kontrollü Olmayan Çalışma
 D: Panel Fikir Birliği Kararı

12. ESNEKLİK EGZERSİZLERİNİN FAYDALARI

Yaşla beraber esneklik tüm yaş gruplarında azalmaktadır. Bu yüzden egzersiz eğitimi programı içerisinde mutlaka esneklik egzersizlerine yer verilmelidir (1, 5, 32). Egzersiz postüral stabiliteyi ve dengeyi geliştirir (38). Düzenli bir şekilde yapıldığında muskuloskeletal yaralanmaları ve bel ağrısını önler. Eklem hareket açıklığı esneklik egzersizlerini takiben akut dönemde geçici olarak artar, kronik dönemde kalıcı olarak artması ise haftada 2-3 kez 3-4 hafta düzenli yapılırsa gerçekleşir (1).

13. NE TİP EGZERSİZLER ESNEKLİĞİ ARTIRIR?

Esneklik egzersizlerinin birçok çeşidi bulunmaktadır: Balistik method, dinamik veya yavaş germeler, statik germeler (Aktif/pasif), aktif statik germe formunu içeren yoga, PNF teknikleri (kas-gevşe) (1). Balistik germe doğru uygulandığında statik germe ile benzer şekilde esnekliği artırır. Basketbol balistik hareketleri çok içermesi sebebiyle en çok önerilen aktivitedir. PNF ve statik germeler ile dinamik germelere göre eklem hareket açıklığında daha fazla hareket açıklığı elde edilir. PNF yöntemleri ile diğer yöntemlere göre daha fazla yarar sağlanabilir. Germe sürelerine baktığımızda; 10-30 sn'lik germeler daha uzun süreli germelerle oldukça benzer sonuçlar vermektedir. Ancak yaş arttıkça, daha uzun süreli germeler (30-60 sn) yapılmalıdır. PNF tekniklerinde %20-%75 maksimum kontraksiyonda 3-6 snlik kontraksiyonu takiben 10-30 sn lik germe önerilmektedir. Germe egzersizlerinin 3-12 hafta boyunca haftada 2-4 kez uygulanması önerilir. Omuz boyun gövde, sırt, kalça, bacak ve ayak bileği gibi bölgelerde, major kas-tendon ünitelerinde uygulanması gerekmektedir (39).

Germe Egzersizlerinin Kanıt Düzeyleri

	Germe Egzersizleri	Kanıt Düzeyi
Sıklık	Eklem hareket açıklığı kazanımı için haftada 2-3 kez uygulanması yeterlidir	B
Şiddet	Gerginlik ve hafif rahatsızlık hissedilen noktaya kadar devam edilir	C
Süre	Çoğu sağlıklı erişkin için 10-30 sn lik germe önerilir.	C
	Yaş arttıkça 30-60 sn germe daha faydalıdır.	C
	PNF germe için %20-75 te maksimal istemli 3-6 snlik kontraksiyonu takiben 10-30 sn germe	B
Tip	Büyük kas-tendon ünitelerine uygulanması önerilir	B
	Statik, dinamik, balistik PNF germe çeşitlerinin hepsi etkilidir.	B
Süre	60 sn	B
Patern	Her bir egzersiz 2-4 tekrar önerilmektedir	B
	Esneklik egzersizlerinin en etkili olduğu dönem; özellikle hot-pack gibi sıcaklık uygulamaları veya aerobik egzersizin ısınma peryodunu takibendir.	A
Progresyon	Optimal bir progresyon bilinmemektedir	

A: Randomize Kontrollü Çalışmalar (çok veri)
 B: Randomize Kontrollü Çalışmalar (limitli veri)
 C: Randomize Kontrollü Olmayan Çalışma
 D: Panel Fikir Birliği Kararı

14. NÖROMOTOR EGZERSİZ EĞİTİMİNİN FAYDALARI

Fonksiyonel uygunluk eğitimi olarak da adlandırılan nöromusküler egzersiz eğitimi, denge, koordinasyon, yürüyüş, çeviklik ve proprioseptif eğitimi içerir. Tai chi, yoga nöromotor egzersiz, dirençli egzersiz eğitimi ve esneklik egzersiz eğitiminin bir kombinasyonudur. Nöromotor egzersizler özellikle yaşlı bireylerde dengeyi geliştirmek ve düşme riskini azaltmak için kullanılır. Nöromotor egzersizlerin genç erişkinlerde fiziksel fonksiyonlar üzerine etkisini gösteren çok az çalışma mevcuttur. İngilizcede yayınlanmış tek makale, tai chi'nin orta yaşlı erişkinlerin dengesinin gelişmesinde fayda gösterdiği bulunmuştur (1). Nöromotor egzersiz eğitiminin tipi, şiddeti ve süresi ile ilgili literatürde bir fikir birliği yoktur. Özellikle denge problemi olanlar ve düşme hikayesi olanlarda önerilmekte-

dir. Haftada ≥ 60 dk her seans en az $\geq 20-30$ dk haftada 2-3 kez önerilmektedir (1, 5).

Nöromuskuler Egzersiz Eğitiminin Kanıt Düzeyleri

	Nöromuskuler Egzersiz Eğitimi	Kanıt Düzeyi
Sıklık	Haftada 2-3 kez	B
Şiddet	Optimal şiddet belirlenmemiştir	
Süre	$\geq 20-30$ dk olmalıdır	B
Tip	Motor becerileri geliştiren egzersizleri (denge, çeviklik, yürüyüş, koordinasyon), proprioseptif egzersizleri tai chai ve yoga gibi çok yönlü egzersizleri içermelidir. Bu egzersizler yaşlı bireylerde düşme riskinin azaltılması ve fiziksel fonksiyonların artırılmasını sağlar.	B
	Genç ve orta yaşlılarda nöromuskuler egzersizlerin tam olarak etkinliği gösterilmemiş olsa da faydalı olduğunu söyleyen yayınlar vardır.	D
Progresyon	Optimal ilerleme metodu bilinmemektedir.	

A: Randomize Kontrollü Çalışmalar (çok veri)
 B: Randomize Kontrollü Çalışmalar (limitli veri)
 C: Randomize Kontrollü Olmayan Çalışma
 D: Panel Fikir Birliği Kararı

15. EGZERSİZE UYUM VE EGZERSİZİN SÜREKLİLİĞİ

Erişkinler arasında en popüler fiziksel aktivite yürüyüştür. Erişkinlerin %7 sinden daha azı uygun şiddet ve frekansta yürüyüş egzersizi yapmaktadırlar. Rhodes ve ark. yaptığı bir metaanaliz çalışmasında egzersiz reçetesi ile ilişkili faktörlerin (egzersiz süresi, şiddeti, sıklığı vb) egzersize uyumu etkilemediğini ya da çok az etkilediğini göstermiştir. Egzersize yeni başlayanlar için orta şiddetli fiziksel aktivitenin şiddetli aktiviteye göre egzersiz sürekliliğini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Egzersiz tipinin (aerobik, dirençli, yürüyüş, koşu) egzersiz sürekliliği konusunda bir etkisinin olmadığı bilinmektedir. Gözlem altında yapılan, gözlem altında yapılmayan, ev programı olarak verilen egzersiz eğitimlerinin egzersize uyum ve egzersiz sürekliliği açısından bir fark yaratmadığı gösterilmiştir. Ev programının daha az maliyetli olmasından dolayı daha avantajlı olduğu bilinmektedir. Egzersiz araçları kullanımının (pedometre, telekomünikasyon cihazları), fiziksel aktivite süresinin artmasına olumlu etkisi olduğu bilinmektedir. Bireyin daha önceden egzersiz alışkanlığının olmasının ve

bir eğitmenle beraber çalışmasının duygu durumuna olumlu etkisi olduğu için egzersize uyumu artırdığı bilinmektedir (40).

Bireylerin yapmaktan hoşlandıkları fiziksel aktiviteleri yapmasının duygu durumuna olan olumlu etkisinin egzersiz sürekliliğini olumlu yönde etkilediği gösterilmiştir. Egzersiz şiddetinin ventilatuar eşığının üstünde olmasının bireyde negatif etkiler ortaya çıkardığı, ancak ventilatuar eşığının altında çalışılmasının egzersiz sürekliliğini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Müzik, televizyon, eğitmen gibi çevresel faktörlerin bireyin duygu durumunu olumlu yönde etkilediği ve egzersiz sürekliliğini geliştirdiği düşünülmektedir (1).

Egzersize Uyum ve Sürekliliğinin Kanıt Düzeyleri

Egzersize Uyum ve Süreklilik	Kanıt Düzeyi
Belirli bir teoriye dayalı egzersizler kısa süreli egzersizin kabulü ve devamlılığında etkilidir.	B
Orta şiddette egzersiz uygulamaları egzersizin devamlılığını geliştirir	B
Sağlık personeli gözetiminde egzersiz uygulamaları egzersizde sürekliliği artırır	C

A: Randomize Kontrollü Çalışmalar (çok veri)
 B: Randomize Kontrollü Çalışmalar (limitli veri)
 C: Randomize Kontrollü Olmayan Çalışma

16. EGZERSİZE BAĞLI OLUŞAN RİSKLER

Egzersize bağlı oluşan en sık rastlanan komplikasyonlar muskuloskeletal yaralanmalardır. Egzersizin tipi ve şiddetini yaralanmanın insidansını belirleyen en önemli faktördür. Yürüyüş ve orta şiddetli fiziksel aktiviteler en düşük muskuloskeletal yaralanma insidansına sahip egzersiz çeşitleridir. Sporculara baktığımızda ise; ülkede en popüler spor hangisiyse, en sık ani ölüme o spor dalında rastlanmaktadır. Egzersize yeni başlayan bireylerde ilk birkaç hafta normalin üzerinde egzersiz yüklemesi yapıldıysa, muskuloskeletal yaralanmalar, kas ağrısı ve aşınma, yıpranmalar meydana gelebilir. Rhabdomyolysis sıklıkla karşımıza çıkmasa da egzersizle ilişkilidir. İskelet kas hasarından kaynaklanır ve akut böbrek yetmezliği, kardiyak aritmi ve ani ölümle sonuçlanabilir. MI ve ani kardiyak ölümler özellikle yüksek şiddetli egzersiz (koşu, yorucu spor dalları) eğitimlerinde tetiklenmektedir (41). Birey sedanter ise KKH için risk faktörlerini içeriyorsa başlangıç yüklemesi düşük dozlarda olup kademeli olarak egzersiz şiddeti artırılmalıdır. Muskuloskeletal yaralanmaları ve komplikasyonla-

rı azaltmak için, egzersiz programı içerisinde ısınma, soğuma ve germe egzersizlerine yeterince yer verilmelidir. Egzersiz öncesi sağlık değerlendirmesi ve medikal öyküleri detaylı olarak alınmış olmalıdır. Egzersiz şiddeti kademeli olarak artırılmalıdır (1, 5, 9).

Egzersizin Risklerinin Kanıt Düzeyleri

		Kanıt Düzeyi
Egzersizin Riskleri	Egzersiz artmış muskuloskeletal yaralanmaları ve kötüleşmiş KKH ile ilişkileri	B
	Egzersizin faydaları erişkinlerde var olan risklerden ağır basmaktadır	C
	Isınma, soğuma, esneklik egzersizleri ve egzersiz şiddetini kademeli olarak artırma egzersiz sırasında oluşabilecek KKH'na bağlı olayları ve muskuloskeletal yaralanma riskini azaltır.	C
	Konusunda uzman profesyonelle danışmak kronik hastalık ve durumlarla ilişkili risk faktörlerini azaltır	D
Egzersiz Öncesi Klinik Muayene	KVH olaylarının semptomları hakkında tarama yapılması ve bunlarla ilgili eğitim verilmesi, ciddi ve istenmeyen olayların riskini azaltabilir.	C

A: Randomize Kontrollü Çalışmalar (çok veri)
 B: Randomize Kontrollü Çalışmalar (limitli veri)
 C: Randomize Kontrollü Olmayan Çalışma
 D: Panel Fikir Birliği Kararı

17. SONUÇ

Sağlık için egzersiz bir önkoşuldur. Egzersiz sağlık açısından koruyucudur. Sağlıklı erişkinlerde aerobik egzersiz eğitimi, dirençli egzersizler, esneklik ve nöromusküler egzersizlerden oluşan egzersiz reçetesi sağlığın sürekliliğinin sağlanması için bir gerekliliktir. Egzersiz reçetesi fizyoterapistler tarafından kişiye özel olarak hazırlanmış olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(7):1334-59.
- Control CfD, Prevention. US Department of Health and

Human Services Physical activity guidelines for Americans 2008. Washington, DC. 2008.

- Organization WH. The world health report 2000: health systems: improving performance: World Health Organization; 2000.
- Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*. 1985;100(2):126.
- Medicine ACoS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
- Murphy MH, McNeilly AM, Murtagh EM. Session 1: Public health nutrition: Physical activity prescription for public health. *Proc Nutr Soc*. 2010;69(1):178-84.
- Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *The lancet*. 2012;380(9838):219-29.
- Prochaska JO, Velicer WF. The transtheoretical model of health behavior change. *American journal of health promotion*. 1997;12(1):38-48.
- Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, et al. Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *Jama*. 1995;273(5):402-7.
- Saglam M, Arikan H, Savci S, Inal-Ince D, Bosnak-Guculu M, Karabulut E, et al. International physical activity questionnaire: reliability and validity of the Turkish version. *Perceptual and motor skills*. 2010;111(1):278-84.
- Bakanlığı TS. Türkiye Fiziksel Aktivite Rehberi 2014. Ankara: Kuban Matbaacılık Yayıncılık Sağlık Bakanlığı Yayın. 2015(940).
- Lee I-M, Rexrode KM, Cook NR, Manson JE, Buring JE. Physical activity and coronary heart disease in women: Is no pain, no gain passé? *Jama*. 2001;285(11):1447-54.
- Manson JE, Greenland P, LaCroix AZ, Stefanick ML, Mouton CP, Oberman A, et al. Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *New England Journal of Medicine*. 2002;347(10):716-25.
- Tanasescu M, Leitzmann MF, Rimm EB, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB. Exercise type and intensity in relation to coronary heart disease in men. *Jama*. 2002;288(16):1994-2000.
- Haskell WL, Lee I-M, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007;116(9):1081.
- Lee I-M, Sesso HD, Paffenbarger RS. Physical activity and coronary heart disease risk in men. *Circulation*. 2000;102(9):981-6.
- Ciolac EG, Bocchi EA, Bortolotto LA, Carvalho VO, Greve JM, Guimarães GV. Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertension Research*. 2010;33(8):836-43.
- Croft L, Bartlett JD, MacLaren DP, Reilly T, Evans L, Matthey DL, et al. High-intensity interval training attenuates the exercise-induced increase in plasma IL-6 in response to acute exercise. *Applied Physiology, Nutrition,*

- and Metabolism. 2009;34(6):1098-107.
19. Gormley SE, Swain DP, High R, Spina RJ, Dowling EA, Kotipalli US, et al. Effect of Intensity of Aerobic Training on VO₂ max. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(7):1336.
 20. Warren TY, Barry V, Hooker SP, Sui X, Church TS, Blair SN. Sedentary behaviors increase risk of cardiovascular disease mortality in men. *Medicine and science in sports and exercise*. 2010;42(5):879.
 21. Teychenne M, Ball K, Salmon J. Sedentary behavior and depression among adults: a review. *International journal of behavioral medicine*. 2010;17(4):246-54.
 22. Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population-health science of sedentary behavior. *Exercise and sport sciences reviews*. 2010;38(3):105.
 23. Wijndaele K, Healy GN, Dunstan DW, Barnett AG, Salmon J, Shaw JE, et al. Increased cardio-metabolic risk is associated with increased TV viewing time. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010;42(8):1511-8.
 24. Marshall SJ, Levy SS, Tudor-Locke CE, Kolkhorst FW, Wooten KM, Ji M, et al. Translating physical activity recommendations into a pedometer-based step goal: 3000 steps in 30 minutes. *American journal of preventive medicine*. 2009;36(5):410-5.
 25. Jurca R, Lamonte MJ, Church TS, Earnest CP, Fitzgerald SJ, Barlow CE, et al. Associations of muscle strength and fitness with metabolic syndrome in men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004;36(8):1301-7.
 26. Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Medicine and science in sports and exercise*. 2005;37(11):1849.
 27. Hunter GR, McCarthy JP, Bammann MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports medicine*. 2004;34(5):329-48.
 28. Sillanpää E, Laaksonen DE, Häkkinen A, Karavirta L, Jensen B, Kraemer WJ, et al. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *European journal of applied physiology*. 2009;106(2):285-96.
 29. Brooks N, Layne JE, Gordon PL, Roubenoff R, Nelson ME, Castaneda-Sceppa C. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *International journal of medical sciences*. 2007;4(1):19.
 30. Castaneda C, Layne JE, Munoz-Orians L, Gordon PL, Walsmith J, Foldvari M, et al. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes care*. 2002;25(12):2335-41.
 31. Slemenda C, Heilman DK, Brandt KD, Katz BP, Mazuca SA, Braunstein EM, et al. Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? *Arthritis & Rheumatology*. 1998;41(11):1951-9.
 32. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34(2):364-80.
 33. Bickel CS, Slade J, Mahoney E, Haddad F, Dudley GA, Adams GR. Time course of molecular responses of human skeletal muscle to acute bouts of resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2005;98(2):482-8.
 34. Borg GA, Noble BJ. Perceived exertion. *Exercise and sport sciences reviews*. 1974;2(1):131-54.
 35. Persinger R, Foster C, Gibson M, Fater DC, Porcari JP. Consistency of the talk test for exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004;36(9):1632-6.
 36. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003;35(2):333-41.
 37. Hardy CJ, Rejeski WJ. Not what, but how one feels: The measurement of affect during exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 1989;11(3):304-17.
 38. Costa PB, Graves BS, Whitehurst M, Jacobs PL. The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(1):141-7.
 39. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Physical therapy*. 1997;77(10):1090-6.
 40. Van den Berg MH, Schoones JW, Vlieland TPV. Internet-based physical activity interventions: a systematic review of the literature. *Journal of medical Internet research*. 2007;9(3).
 41. Clarkson PM. Exertional rhabdomyolysis and acute renal failure in marathon runners. *Sports medicine*. 2007;37(4-5):361-3.

Radyoterapi Kaynaklı Trismus ve Rehabilitasyonu

Radiotherapy-induced Trismus and Its Rehabilitation

Uzm Fzt Hasan Erkan KILINÇ, Prof Dr Ayşe KARADUMAN

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Yutma Bozuklukları Ünitesi, Ankara

E-mail: erkankilinc86@hotmail.com

ÖZET

Trismus, ağız açma mesafesinin 35 mm'den az olması olarak tanımlanmaktadır. Çene bölgesinin travmaları, temporomandibular eklem/disk problemleri, çiğneme kaslarının spazmı ve baş boyun kanserleri sonrası alınan radyoterapiler gibi bir çok faktör trismusa sebep olabilmektedir. Hem görülme sıklığının fazlalığı hem de etkilerinin yıkıcılığı bakımından baş boyun bölgesine alınan radyoterapi, trismus sebepleri arasında büyük öneme sahiptir. Bu bölgeye radyoterapi alan hastaların ortalama %38-42'sinde trismus gelişmektedir. Baş boyun kanserleri sonrası trismus sebeplerinin başında; masseter ve medial pterygoid kaslarındaki fibroz doku gelişimi ve temporomandibular eklemdaki kalsifikasyonları gelmektedir. Radyoterapi kaynaklı trismus tedavisinde farklı yöntemler mevcuttur. Bunlar genel olarak, botulinum toksin enjeksiyonu, hiperbarik oksijen tedavisi, cerrahi uygulamalar, ağız açma aparatlarının kullanımı ve egzersiz yaklaşımlarıdır. Radyoterapi kaynaklı trismusta egzersiz yaklaşımları genel olarak ağız açma aparatları ile birlikte uygulanmaktadır. Bu hasta grubunda radyoterapinin negatif etkileri geniş bir zaman aralığına yayıldığı için, rehabilitasyon programlarında da bu sürecin göz önünde bulundurulması çok önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Trismus, radyoterapi, fizyoterapi

ABSTRACT

Trismus means that the mouth opening distance is less than 35 mm. The traumas of the jaw region, temporomandibular joint / disc problems, spasm of the masticatory muscles and radiotaries after head and neck can cause trismus. Radiotherapy, which is taken into the head and neck region in terms of both the high incidence and the destructiveness of its effects, has a great importance among the causes of trismus. Trismus develops in approximately 38-42% of patients receiving radiotherapy to this region. The main causes of trismus after head and neck cancers are fibrosis tissue development in masseter and medial pterygoid muscles and calcifications in temporomandibular joint. There are different methods in the treatment of radiotherapy-induced trismus. They are botulinum toxin injection, hyperbaric oxygen therapy, surgery, use of mouth opening apparatus and exercise approaches. In radiotherapy-induced trismus, exercise approaches are generally used with mouth opening apparatus. Because the negative effects of radiotherapy are spread over a wide range of time in this patient group, it is very important to consider this process in rehabilitation.

Key words: Trismus, radiotherapy, physiotherapy

1. GİRİŞ

Trismus genel anlamda ağız açma kısıtlılığı olarak tanımlanmaktadır. Sağlıklı bireylerde maksimum ağız açma miktarı yaş, cinsiyet, vücut yapısı gibi etmenlerden etkilenmektedir. Bu yüzden maksimum ağız açma miktarı üzerine farklı rakamlar ortaya konmaktadır. Trismus için ağız açma kısıtlılığındaki objektif değerler tartışmalı bir konudur. Yetişkinlerde ön keser dişler arası maksimum ağız açma mesafesi 23-71 mm arasında değişmektedir. Bazı kaynaklarda bu mesafe erkekler için 43 mm, kadınlar için 41 mm olarak tanımlanmıştır. Ancak, literatürdeki ortak uzlaşma maksimum ağız açma

miktarının 35 mm'den az olması halinde trismus olarak nitelendirileceği yönündedir (1-4)

Trismus; çiğneme, konuşma, gülme, esneme, oral hijyen ve pulmoner fonksiyonlar gibi parametreleri etkilemekte; dolayısıyla kişilerin fiziksel, psikolojik ve sosyal açıdan çeşitli problemlerle karşı karşıya kalmasına sebep olmaktadır (5-7).

2. TRİSMUS İNSİDANSI

Trismus oluşumundaki en temel sebeplerden bir tanesi baş boyun kanserleridir. Baş boyun kanserlerindeki trismus insidansı, hastalık teşhis

5. TRİSMUSTA TEDAVİ SEÇENEKLERİ

Radyoterapi kaynaklı trismus rehabilitasyonunda rehabilitasyon zamanı oldukça önemlidir. Baş boyun kanserli hastalarda, radyoterapinin fibrotik doku oluşturma etkisi, tedavi bitiminden 2. seneye kadar devam ettiği için, rehabilitasyon süresi tüm bu dönemi kapsamalıdır (20). Cerrahi takiben radyoterapi alan hastalarda, trismus rehabilitasyonun; radyoterapi öncesi, esnasında ve sonrasında kapsayan dönemlerde alınmasının pozitif etkileri vurgulanmıştır. Rehabilitasyona radyoterapi sonrası ne kadar geç başlanırsa sonuçların o oranda yetersiz olacağı da bilinmektedir (8).

Trismus tedavisinde çok çeşitli tedavi yaklaşımları mevcuttur. Bunlar botulinum toksin enjeksiyonu, hiperbarik oksijen tedavisi, cerrahi uygulamalar, ağız açma aparatlarının kullanımı ve egzersiz yaklaşımlarıdır.

Literatüre bakıldığında, botulinum toksin uygulaması ve hiperbarik oksijen tedavisinin trismuslu olgularda bir faydası gösterilememiştir (21-23). Ayrıca mandibula yüksekliğinin cerrahi yolla azaltılması gibi tedavi seçeneklerinin nadiren de olsa kullanıldığı ve ağız açıklığını arttırmada kısmen etkili olduğu bildirilmiştir (24).

Dijksra ve arkadaşlarının (25) yaptığı bir çalışmada, radyoterapi kaynaklı trismus hastaları ve radyoterapi kaynaklı olmayan trismus hastalarına, manuel fizyoterapi teknikleri ile birlikte oral aparey kullanmış ve sonuçta radyoterapi ile ilgili olmayan trismusta çok daha pozitif sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışma da radyoterapinin ağız açma kapasitesi üzerine çok daha yıkıcı ve kalıcı etkiler bıraktığını gözler önüne seren bir kanıt niteliğindedir.

Trismusta oral apareyler çok farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bunlar birleştirilmiş dil basacağı, spiral aparat ve ters kerpiten mantığıyla çalışan, TheraBite, Spring Bite gibi cihazları içinde barındıran geniş bir yelpazede bulunmaktadır (Resim2-6). Bu cihazların hemen hepsi pasif germe yöntemiyle ağız açıklığını korumayı ya da artırmayı amaçlamaktadır. Literatürde bu cihazların trismus üzerine pozitif etkileri olduğuna dair çalışmalar mevcuttur (25-27).



Resim 2. Birleştirilmiş Dil Basacağı (28)



Resim 3. Spiral Aparat (28)



Resim 4. TheraBite Aparatı (28)



Resim 5. Dyansplit TrismusAparatı (28)



Resim 6. Spring Bite Aparatı (28)

Trismusta aparey kullanımıyla ilgili ilk çalışmalardan olan Buchbinder ve arkadaşlarının (29) yaptığı çalışmada, radyoterapi alan trismus hastalarında, TheraBite aparatı kullanımının maksimum ağız açma kapama egzersizlerine üstünlüğü vurgulanmıştır.

Trismus rehabilitasyonunda kullanılan fizyoterapi teknikleri; pasif germe, aktif hareket açıklığı hareketleri ve temporomandibular eklem mobilizasyonlarıdır (28, 30).

Trismus rehabilitasyonunda yer alan fizyoterapi teknikleri genellikle ağız açma aparatları ile birlikte kullanılmaktadır. Bu durumun temel sebepleri;

- Çalışılan bölgenin oldukça dar bir alan olması ve genellikle ağız açma genişliğinin bu aparatlar dışında manuel herhangi bir müdahaleye izin vermemesi,
- Trismus neden olan en yaygın sebebin, masseter ve medial pterygoid gibi kuvvetli kasların fibrotik dönüşümü olması ve bu kasların manuel olarak uzun süre mobilize edilmesinin
- çok fazla kuvvet ve dayanıklılık gerektirmesi,
- Hastaların pasif germe yapabilen bu aparatları evde ve sosyal hayatta kendi başlarına kullanabilmesi ve rehabilitasyonun da uzun bir dönemi kapsadığı göz önüne alındığında, maliyetin göreceli olarak düşük olması olarak gösterilebilir.

Radyoterapi kaynaklı trismus tedavisinde yalnızca egzersiz eğitiminin kullanıldığı çalışmalar oldukça limitlidir. Bu çalışmaların birinde Grandi ve arkadaşları (26) radyoterapi seansları süresince iki ayrı egzersiz programının etkinliklerini incelemiştir. Sonuçta iki programın da trismus üzerine olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir. Ancak bu çalışmada radyoterapi sonrası izlem süresi sonuçları belirtilmemiştir.

6. SONUÇ

Trismus; kişinin direkt olarak konuşma, beslenme, nefes alma gibi yaşamsal faaliyetlerinde ciddi oranda problemlere sebep olmaktadır. Radyoterapi kaynaklı trismus, diğer trismus türlerinden çok daha farklı bir patofizyolojiye ve prognoza sahip olduğu için rehabilitasyon programı, tüm parametreler göz önünde bulundurularak çok dikkatli bir şekilde planlanmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Lee R, Slevin N, Musgrove B, Swindell R, Molasiotis A. Prediction of post-treatment trismus in head and neck cancer patients. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2012;50(4):328-32.
2. Mezitis M, Rallis G, Zachariades N. The normal range of mouth opening. *J Oral Maxillofac Surg.* 1989;47(10):1028-9.

3. Steelman R, Sokol J. Quantification of trismus following irradiation of the temporomandibular joint. *Mo Dent J.* 1986;66(6):21-3.
4. Agerberg G, Osterberg T. Maximal mandibular movements and symptoms of mandibular dysfunction in 70-year old men and women. *Sven Tandlak Tidskr.* 1974;67(3):147-63.
5. Weber C, Dommerich S, Pau HW, Kramp B. Limited mouth opening after primary therapy of head and neck cancer. *Oral Maxillofac Surg.* 2010;14(3):169-73.
6. Fischer DJ, Epstein JB. Management of patients who have undergone head and neck cancer therapy. *Dent Clin North Am.* 2008;52(1):39-60, viii.
7. Ichimura K, Tanaka T. Trismus in patients with malignant tumours in the head and neck. *J Laryngol Otol.* 1993;107(11):1017-20.
8. Kamstra JJ, van Leeuwen M, Roodenburg JL, Dijkstra PU. Exercise therapy for trismus secondary to head and neck cancer: A systematic review. *Head Neck.* 2017;39(1):160-9.
9. Pauli N, Johnson J, Finizia C, Andrell P. The incidence of trismus and long-term impact on health-related quality of life in patients with head and neck cancer. *Acta Oncol.* 2013;52(6):1137-45.
10. Nguyen TD, Panis X, Froissart D, Legros M, Coninx P, Loirette M. Analysis of late complications after rapid hyperfractionated radiotherapy in advanced head and neck cancers. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1988;14(1):23-5.
11. Ahmad M, Schiffman EL. Temporomandibular Joint Disorders and Orofacial Pain. *Dent Clin North Am.* 2016;60(1):105-24.
12. <https://www.webmd.com/oral-health/ss/slideshow-tmj-tmd-overview> [
13. McNeill C. Management of temporomandibular disorders: concepts and controversies. *J Prosthet Dent.* 1997;77(5):510-22.
14. Louise Kent M, Brennan MT, Noll JL, Fox PC, Burri SH, Hunter JC, et al. Radiation-induced trismus in head and neck cancer patients. *Support Care Cancer.* 2008;16(3):305-9.
15. Mazon JJ, Ardiet JM, Haie-Meder C, Kovacs G, Levendag P, Peiffert D, et al. GEC-ESTRO recommendations for brachytherapy for head and neck squamous cell carcinomas. *Radiother Oncol.* 2009;91(2):150-6.
16. Overgaard J, Hansen HS, Specht L, Overgaard M, Grau C, Andersen E, et al. Five compared with six fractions per week of conventional radiotherapy of squamous-cell carcinoma of head and neck: DAHANCA 6 and 7 randomised controlled trial. *Lancet.* 2003;362(9388):933-40.
17. Rao SD, Saleh ZH, Setton J, Tam M, McBride SM, Riaz N, et al. Dose-volume factors correlating with trismus following chemoradiation for head and neck cancer. *Acta Oncol.* 2016;55(1):99-104.
18. Stubblefield MD. Radiation fibrosis syndrome: neuromuscular and musculoskeletal complications in cancer survivors. *PM R.* 2011;3(11):1041-54.
19. Jiang C, Guo F, Li N, Liu W, Su T, Chen X, et al. Multipadded anterolateral thigh chimeric flap for reconstruction of complex defects in head and neck. *PLoS One.* 2014;9(9):e106326.
20. Goldstein M, Maxymiw WG, Cummings BJ, Wood RE. The effects of antitumor irradiation on mandibular

- opening and mobility: a prospective study of 58 patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(3):365-73.
21. Teguh DN, Levendag PC, Noever I, Voet P, van der Est H, van Rooij P, et al. Early hyperbaric oxygen therapy for reducing radiotherapy side effects: early results of a randomized trial in oropharyngeal and nasopharyngeal cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2009;75(3):711-6.
 22. Hartl DM, Cohen M, Julieron M, Marandas P, Janot F, Bourhis J. Botulinum toxin for radiation-induced facial pain and trismus. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008;138(4):459-63.
 23. King GE, Scheetz J, Jacob RF, Martin JW. Electrotherapy and hyperbaric oxygen: promising treatments for postradiation complications. *J Prosthet Dent.* 1989;62(3):331-4.
 24. Tsai CY, Ali RS, Wei FC, Chang YM. Reducing mandibular height to increase mouth opening in unreleasable trismus. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010;68(7):1628-30.
 25. Dijkstra PU, Sterken MW, Pater R, Spijkervet FK, Roodenburg JL. Exercise therapy for trismus in head and neck cancer. *Oral Oncol.* 2007;43(4):389-94.
 26. Grandi G, Silva ML, Streit C, Wagner JC. A mobilization regimen to prevent mandibular hypomobility in irradiated patients: an analysis and comparison of two techniques. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2007;12(2):E105-9.
 27. Kamstra JI, Roodenburg JL, Beurskens CH, Reintsema H, Dijkstra PU. TheraBite exercises to treat trismus secondary to head and neck cancer. *Support Care Cancer.* 2013;21(4):951-7.
 28. Cohen EG, Deschler DG, Walsh K, Hayden RE. Early use of a mechanical stretching device to improve mandibular mobility after composite resection: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(7):1416-9.
 29. Buchbinder D, Currivan RB, Kaplan AJ, Urken ML. Mobilization regimens for the prevention of jaw hypomobility in the radiated patient: a comparison of three techniques. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993;51(8):863-7.
 30. Li XH, Liao YP, Tang JT, Zhou JM, Wang GH. [Effect of early rehabilitation training on radiation-induced trismus in nasopharyngeal carcinoma patients]. *Ai Zheng.* 2007;26(9):987-90.

Pedriatrik Rehabilitasyon’da Teknoloji Tabanlı Güncel Yaklaşımlar

Technology Based Current Approaches in Pediatric Rehabilitation

Fzt. Doğan PORSNOK

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Gelişimsel ve Erken Fizyoterapi Ünitesi

E-mail: doganporsnok@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Teknolojinin var olmasıyla beraber günümüze kadar teknolojiye yaşanan gelişmeler insan yaşantısı üzerinde büyük etkilere sahiptir. Günümüzde geline son noktada ise ileri teknolojinin rehabilitasyonda kullanılması önem kazanmış olmakla birlikte modern toplumun ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Yetişkin nörolojik tanıli hastalarda sıklıkla kullanılmaya başlanan teknolojik destekli uygulamalar, pediatri alanında da yer bulmaya başlamıştır. Kaydedilen ilerlemeler doğrultusunda başta robotik sistemler, sanal gerçeklik uygulamaları ve tele-rehabilitasyon olmak üzere gelecek adına umut vaat eden uygulamalar pediatrik rehabilitasyonda tanımlanmaya başlanmıştır. Bu sistemler, heyecan verici ve zorlayıcı aktivitelerle, eğlenceli bir terapötik ortam yaratarak egzersiz motivasyonunu artırmaktadır. Pediatrik nöro-rehabilitasyonda kullanılan teknolojik sistemler yoğun, tekrarlı ve görev odaklı aktivitelerle elde edilen motor öğrenme prensiplerine dayanmaktadır. Teknolojik tabanlı uygulamalarla çocuklarda ambulasyon ve üst ekstremité fonksiyonlarında önemli kazanımlar elde edileceği vurgulanmaktadır. Sonuç olarak pediatrik rehabilitasyonda teknolojik tabanlı yaklaşımların kullanımı, maliyet ve ulaşılabilirlik açısından zorlayıcı olsa da, bu problemin aşılmasıyla birlikte gelecek için umut vericidir ve büyük bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte elde edilen kanıtlar teknolojik sistemlerin pediatrik rehabilitasyonda kullanılmasını desteklese de daha büyük katılımlı ve iyi tasarlanmış çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Pediatrik Rehabilitasyon, Teknoloji, Robotik Rehabilitasyon, Sanal Gerçeklik, Telerehabilitasyon

ABSTRACT

Today, the use of advanced technology in rehabilitation has gained great importance and has become an integral part of modern society. Technology-assisted practices, which are often used in adult neurological patients, have also begun to take place in pediatric rehabilitation. In the direction of the advances in the field, promising applications, especially robotic systems, virtual reality applications and telerehabilitation, have started to be defined in pediatric rehabilitation. These systems enhance the motivation of exercise by creating exciting therapeutic environments with exciting and challenging activities. The technological systems used in pediatric neurorehabilitation are based on motor learning principles that are achieved through intensive, repetitive, task-oriented activities. It is emphasized that technological based applications will achieve significant gains in ambulation and upper extremity functions in children. In conclusion, the use of technologically based approaches in pediatric rehabilitation is challenging in terms of costeffectiveness and treatment availability, but with the overcoming of this problem, it is promising for the future and has great potential. Although the scientific evidence confirms the use of technological systems in pediatric rehabilitation, well-established studies are clearly needed in the field.

Key Words : Pediatric Rehabilitation, Technology, Robotic Rehabilitation, Virtual Reality, Telerehabilitation

1. GİRİŞ

Teknoloji kavramı, doğal kaynakların basit bir araç olarak insanlar tarafından kullanılmasıyla başladı. İkinci Dünya Savaşı’ndan itibaren temel bilimsel çalışmalar artan bir oranda hız kazandı. 1980’den sonra biyoloji, tıp ve malzeme alanında o zamana kadar görülmeyen bir bilgi patlaması yaşandı. Teknoloji alanında bugün geline en son

nokta “**ileri teknoloji**”dir. Günümüzde geline son noktada ileri teknolojinin rehabilitasyonda kullanılması büyük önem kazanmış ve modern toplumun ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (1).

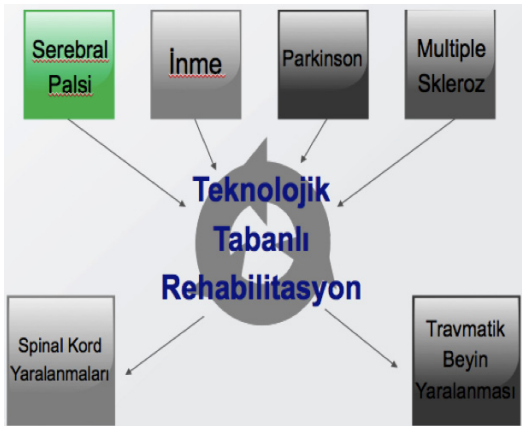
Teknolojik gelişmelerle birlikte güncel pediatrik nöro-rehabilitasyon uygulamaları yüksek yoğunluklu, tekrarlı ve göreve spesifik egzersizlerle motor öğrenme prensibine odaklanmıştır (2). Tek-

noloji tabanlı rehabilitasyon uygulamalarında başlıca; robotik sistemler, sanal gerçeklik uygulamaları, tele-rehabilitasyon ve web tabanlı uygulamalar kullanılmaktadır. Robotik sistemler, başta Serebral Palsi'li (SP) ve edinsel beyin hasarlı (EBH) çocuklarda olmak üzere pediatrik rehabilitasyonda fonksiyonel becerileri geliştirmek ve iyileştirmek için etkili bir araç olarak ön plana çıkmıştır ve gelecek için büyük umut vaat etmektedir. Sanal gerçeklik uygulamaları katılımcılarına gerçekmiş hissi veren, bilgisayarlar tarafından yaratılan dinamik bir ortamla karşılıklı iletişim olanağı tanıyan, üç boyutlu bir simülasyondur ve pediatrik popülasyonda özellikle son on yıldır tedavi aracı olarak kullanılmaktadır. Tele-rehabilitasyon ve web tabanlı uygulamalar ise mesafe, zaman ve maliyet engellerini en aza indirgeyerek hastalara ve klinisyenlere hizmet vermek için ortaya çıkan yöntemlerdir (3).

2. GÜNÜMÜZDE REHABİLİTASYONDA TEKNOLOJİ KULLANIMI

Engelli bireylerin ihtiyaçlarını karşılayarak yaşam kalitesini artırmak, günümüz teknolojisinin evriminde anahtar noktadır (1).

Günümüzde nörolojik, ortopedik, romatizmal vb. hastalıklara sahip, kas-iskelet sistemi ve sinir sistemine ait sorunları olan hastalar ve sağlıklı bireyler fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarından fayda görmektedir (4). Nöroloji alanında da teknolojik tabanlı rehabilitasyon uygulamaları yetişkin grupta başta inme (5) olmak üzere Parkinson (6), Multipl Skleroz (7), travmatik beyin yaralanması, spinal kord yaralanmaları (5) ve pediatrik grupta ise özellikle SP (8) başta olmak üzere diğer özür gruplarında da giderek artan oranda kullanılmaktadır.



Şekil 1: Teknoloji Tabanlı Rehabilitasyon Kullanımı

2.1. Rehabilitasyonda Teknoloji Tabanlı Uygulamaların Avantajları

Bir zamanlar pahalı ve hantal oldukları düşünülen teknolojik sistemlerin son yıllarda kullanımı kolaylaşmış ve günlük tıbbi uygulamalarda kullanılabilir hale gelmiştir. Teknolojik sistemlerin gelişerek pediatrik rehabilitasyona girmesiyle çocukların başta motor gelişimi desteklenmekte, eğlenceli aktivitelerle rehabilitasyonda motivasyonları artmaktadır (9). Teknolojik uygulamaların avantajlarını aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Teknolojik rehabilitasyonda eğitilen görevler veya hareketler gerçek dünyadaki görev ve hareketlerle benzerlik gösterir. Bu nedenle görev odaklı ve göreve özeldir (10).
- Teknolojik rehabilitasyon uygulamaları; (i) Görsel veya işitsel feedback miktarı ve kapsamı, (ii) Oyun ve görevlerin süresi veya sıklığı gibi parametrelerin kullanıcının ihtiyacına göre uyarlanmasına izin vererek tedavi parametrelerini bireyselleştirme fırsatı sunar (11).
- Teknolojik rehabilitasyonda görsel veya işitsel geri bildirimler görev performansı ve sonuçlar hakkında bilgi sağlar (12).
- Teknolojik rehabilitasyon müdahaleleri uygulama süresini, yoğunluğunu ve sıklığını artırarak çocuklara hareketi çok sayıda deneyimleme imkanı sunar (13).
- Çocuklara sosyal etkileşim, kabul ve oyunlarda bariyerleri kaldırma olanağı vererek sağlıklı yaşlılarıyla aynı oyunları oynama şansı tanır(14).
- Pediatrik rehabilitasyonda, motivasyonu sağlayan mekanizmaya bakılmaksızın tedavi sonuçlarının başarıya ulaşmasının primer sebebi motivasyondur. Teknolojik rehabilitasyon uygulamalarıyla çocukların motivasyonu artırılmaktadır (10,12).

2.2 Pediatrik Rehabilitasyonda Teknoloji Tabanlı Uygulamalar

Pediatrik rehabilitasyonda günümüzde pek çok teknoloji tabanlı uygulama kullanılmaktadır. Pediatrik rehabilitasyonda teknoloji tabanlı bu uygulamaların kullanılmasının çok sayıda amacı mevcuttur. Bunları genel olarak aşağıdaki gibi açıklayabiliriz:

- Yeni nöral yolların kurulması, ayna nöronların aktivasyonu veya imitasyon sistemiyle nöroplastisiteden faydalanmak (15),
- Yoğun egzersiz, çok tekrarlı ve görev odaklı

motor aktiviteler ile motor öğrenme (2),

- Fonksiyonun optimum seviyede kazanımı (16),
- Motivasyonu artırarak terapiye aktif katılımın sağlanması (10,12),
- Gerçek zamanlı duyuşsal geri bildirim sağlanması (12),
- Tedavide çocuk ve fizyoterapistin olası tükenmişliğini azaltmak (17),
- Fiziksel aktivite düzeyini artırmak hedeflenmektedir (16).

Teknoloji ve rehabilitasyon birlikteliği ile çocuklarda; denge ve koordinasyon eğitimi, duyu eğitimi, kas kuvvet eğitimi, fonksiyonel aktivite eğitimi gerçekleştirilir ayrıca fonksiyonel kapasite ve sağlık durumu geliştirilir (16).

Pediyatrik rehabilitasyonda kullanılan teknolojik tabanlı yaklaşımları Şekil 2’de gösterildiği gibi 4 ana başlık altında incelenmektedir.



Şekil 2. Pediyatrik Rehabilitasyonda Teknolojik Tabanlı Uygulamalar

2.2.1 Robotik Sistemler

Robot, en temel tanımıyla yeniden programlanabilir, multi-fonksiyonel, harekete manipülatör edici olarak tasarlanmış materyal ya da parça, görevleri yerine getirmek için çeşitli hareket programları ile özelleştirilmiş cihazlar bütünü olarak tanımlanmaktadır (18).

Robotik teknoloji daha hızlı, daha güçlü, yeni bilimsel yaklaşımlar, kapsamlı elektro-mekanik bileşenler ile son yıllarda oldukça gelişmiştir. Bu gelişmeler ile birlikte "Robotik teknoloji" rehabilitasyon alanında kullanılabilir olmuştur (19).

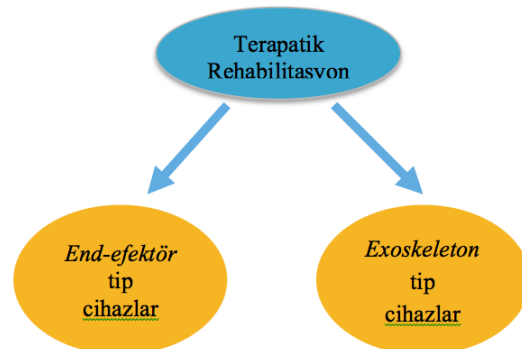
Robot yardımcı rehabilitasyon özellikle son 20 yılda büyük ilerleme gösteren bir teknolojidir. Robotik rehabilitasyon cihazları özellikle yoğun, tekrarlı ve görev odaklı aktivitelerle motor öğren-

me prensiplerine dayanır (20). Bu durum, özellikle daha yüksek nöroplastisite yeteneklerine sahip pediyatrik popülasyonda iyi sonuçlar elde etmek için önemlidir. Çocuklarda fonksiyonel becerileri artırmak, korumak, iyileştirmek, hastaların bağımsızlığını ve ekonomik maliyetlerini azaltmak için yeni tedavi yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (21). Robot yardımcı rehabilitasyon başta SP ve edinsel beyin hasarlı (EBH) çocuklar olmak üzere pediyatrik rehabilitasyonda fonksiyonel becerileri geliştirmek için etkili olacağı konusunda umut vadeden yaklaşımlardan biridir (22). Rehabilitasyon robotları, kontrollü, yoğun, görev odaklı ve bilişsel açıdan ilgi çekici eğitim sağladıkları bilinmektedir. Üst veya alt ekstremitte fonksiyonlarında önemli limitasyonlara sahip pediyatrik grupta kullanılırken de belirli bir başarı düzeyini ve olumlu etkileşimi sağlamak için bu cihazların kademeli desteğinden yararlanılabilmektedir (23).

a) Alt Ekstremitte Robotları

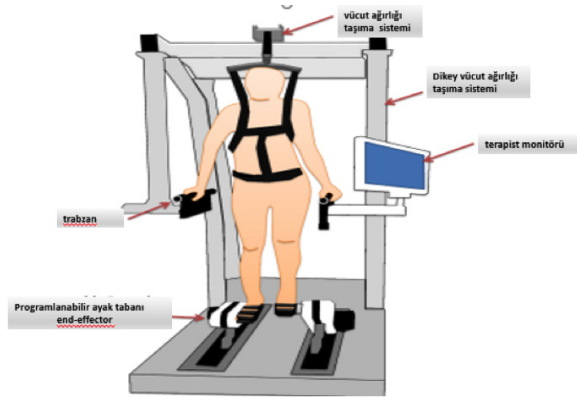
Nöromotor rehabilitasyonun başlıca hedeflerinden biri, hastaların bağımsızlıklarını ve yaşam kalitelerini artırmalarına olanak tanıdığı için, hareket yeteneğinin geliştirilmesidir. Geleneksel olarak fizik tedavi, alt ekstremitte rehabilitasyonunda kritik bir rol oynamaktadır. Robotik sistemler nörolojik bozuklukların ve özellikle alt ekstremitte fonksiyonlarından yürüyüş paterninin geliştirilmesinde önde gelen bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır (24). Çocuklarda robotik yardımcı rehabilitasyon kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda sıklıkla alt ekstremitte robotlarına yönelik olduğu görülmektedir.

Terapötik rehabilitasyon robotları, hareketli bir zemin platformu ile birlikte sabit bir yapı kullanılarak uygulanır ve geleneksel terapileri otomatikleştirmek amacıyla geliştirilmiştir (25). Çocuklarda da terapötik rehabilitasyonda kullanılan alt ekstremitte robotları iki başlık altında incelenmektedir; (i) *end-efektör* tip cihazlar, (ii) *exoskeleton* tip cihazlar (Şekil 3).



Şekil 3. Terapötik rehabilitasyon robotları (26)

End-efektör tip cihazlar; ekstremiteler distal segmentlerine mekanik kuvvet uygulayarak çalışır. Kolay kurulum avantajları vardır. Bu cihazların dezavantajı, anormal hareket paternlerine yol açan ekstremitelerin proksimal eklem kontrolünde limitasyona sahip olmalarıdır (26). Bu cihazlar yalnızca ayaklar üzerinde hareket ederler, böylece uyluk ve shaft sürtünme olmaksızın hareket eder ve exoskeleton cihazlarla yapılan eğitimden daha yüksek oranda bağımsız yürüme sağlarlar (27). *End-efektör* tip cihazlardan alt ekstremiteler rehabilitasyonunda en sık kullanılan ve hastaların yürüme becerisini tekrarlı egzersizle geliştirmeyi amaçlayan *gait trainer*, hastanın ağırlığını vücut ağırlığı destek sistemiyle azaltır. Bununla birlikte hastaların alt ekstremiteleri yürüyüşün duruş ve salınım fazlarını simüle eden ayak tablası üzerinde pozisyonlanır (Şekil 4) (8).



Şekil 4. *Gait Trainer* (28)

Smania ve ark.'larının SP'li çocuklarda tekrarlı lokomotor eğitimin yürüme fonksiyonu üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada diplejik ve tetraplejik SP'li çocuklar rastgele yöntem ile çalışma ve kontrol grubu olarak ayrılmıştır. Çalışma grubuna iki hafta boyunca haftada 5 gün *gait trainer* ile yürüme eğitimi, kontrol grubuna ise konvansiyonel tedavi uygulanmıştır. Çalışma grubunun yürüme hızı ve endüransı kontrol grubundan anlamlı olarak farklı ve daha iyi bulunmuştur. Ayrıca çalışma grubunda yürüme hızı ve adım uzunluğu parametrelerinde anlamlı gelişmeler saptanmıştır. Sonuç olarak *gait trainer* ile tekrarlı lokomotor yürüme eğitimiyle diplejik ve tetraplejik SP'li çocuklarda yürüme hızı ve endüransı anlamlı derecede artmıştır. Tedavi sonrasında elde edilen bu gelişmelerin tedaviden bir ay sonra yapılan takip değerlendirmelerinde de devam ettiği gözlemlenmiştir (8).

Exoskeleton tip cihazlar; anatomik pozisyona uygun giyilebilir robot şeklinde tasarlanmıştır. Kişinin eklem yeri ve kilosuna göre özel yerleştirme

yapılır. Ayrıca *end-efektör* tip cihazlara göre yapıları daha karmaşık ve pahalıdır (26). Exoskeleton tip cihazlardan en bilineni ve en sık kullanılanı olan lokomat da bireysel olarak hastanın anatomisine uygun bir şekilde ayarlanabilir. Ayrıca *lokomat* ile çocuğun kendi kas kuvvetini algılayarak motivasyonunun arttığı ve başarı hissi duymalarının sağlandığı düşünülmektedir. *Lokomat*, 2 bacaklı motorlu bir dış iskelet, vücut ağırlığı destek sistemi ve senkronize bir treadmillden oluşur (Şekil 5) (29).



Şekil 5. *Lokomat* (30)

Borggraefe ve ark.'ları tarafından yapılan bir çalışmada *lokomat* kullanımının SP'li çocuklar ile adolesanlarda ayakta durma ve yürüme performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 20 bilateral SP'li çocuk *lokomat* ile 3 hafta boyunca tedaviye alınmıştır. Çalışma sonunda *lokomat* eğitiminin pozitif etkiler gösterdiği, bilateral SP'li çocukların ayakta durma ve yürüme yeteneklerinde anlamlı gelişmeler olduğu belirtilmiştir. Bu gelişmeler 6 ay sonra yapılan değerlendirmelerde de devam etmiştir. Elde edilen sonuçlar ile yürüme parametrelerinde görülen gelişmeler görev odaklı öğrenmenin normal fizyolojik yürüme paternini hiç öğrenmeyen SP'li çocuklara adapte edilebileceği gösterilmiştir. Ayrıca 3 haftalık *lokomat* eğitiminden sonra motor performansta önemli gelişmeler başarılabileceği ve motor yetersizliğin şiddetinin tedavi sonucunu etkileyeceği bildirilmiştir (31). Druzicki ve ark.'ları tarafından yapılan başka bir çalışmada spastik diplejik SP'li çocuklarda robot yardımlı lokomotor eğitimin yürüme üzerine etkileri araştırılmıştır. Deney grubuna *lokomat* eğitimi, kontrol grubuna da konvansiyonel tedavi dört hafta boyunca uygulanmıştır. Tedavi sonrası değerlendirmede yürüyüşün *temporospatial* ve kinematik parametreleri açısından her iki grupta da başlangıçtaki sonuçlara göre hafif artış olsa da hem gruplar arası hem de grup içi anlamlı fark

bulunamamıştır. Bununla birlikte çalışmada çeşitli limitasyonlardan dolayı, elde edilen sonuçların ek çalışmalarla desteklenmesi gerekliliği vurgulanmıştır (32).

Exoskeleton tip cihazlar bir çok ticari isimle anılmakla birlikte pediatrik alanda ve nörolojik rehabilitasyonda *lokomat* dışında, *Innowalk*, *Innowalk-Pro*, *ReoAmbulator*, alt ekstremité destekli exoskeletonlar (*LOPES*), ve *ALEX* sıklıkla kullanılmaya başlanan modern cihazlardır. Kaba Motor Fonksiyon Sınıflama Sistemi- GMFCS skorları III – V arasında değişen beş çocuğun *Innowalk*'u 4 hafta boyunca haftada 5 gün/30 dakika kullandıkları bir çalışma yapılmıştır. Çalışmanın sonunda, 5 çocuğun dördünde kas kitlesinde artış, tüm çocukların postüral kontrollerinde gelişmeler bulunmuştur. Bununla birlikte, çocukların ailelerinin % 72.2'si çocuklarının *Innowalk*'u kullanırken eğlendiğini, %85.1'i de *Innowalk*'un çocuğun fonksiyonelliğini sürdürmesine yardımcı olduğunu belirtmiştir (Şekil 6) (33).



Şekil 6. Innowalk (33)

b) Üst Ekstremité Robotları

Üst ekstremité rehabilitasyonu hastaların bağımsızlık seviyelerini ve yaşam kalitelerini artırmayı amaçlayan uygulamalar içermektedir. Üst ekstremitéde robotik cihazların 2 ana uygulama alanı dikkat çekmektedir; bunlardan birincisi hastaların temel günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirmelerini sağlayan, ikincisi ise fiziksel egzersiz yapmalarını sağlayan uygulamalardır. Günümüzde pediatrik üst ekstremité rehabilitasyonu amacıyla kullanılan sınırlı sayıda robotik sistem mevcuttur. Bu cihazlar, hedefe yönelik görevler ve uzanma hareketleriyle el ve kol fonksiyonlarını geliştirmek için kullanılır (Şekil 7) (34).



Şekil 7. Üst ekstremité kol- bilek rehabilitasyon sistemi (30)

Üst ekstremité rehabilitasyonu için kullanılan robotlar aktif, pasif, taktil ve yönlendirici olarak farklı şekillerde harekete yardım sağlayabilmektedir. Bunlar kullanım amacına göre hareketi kolaylaştırarak veya zorlaştırarak, dokunma hissi ile kullanıcıyla etkileşime girerek ve feedback sağlayarak harekete yardımcı olurlar (35). Literatüre baktığımızda, Frascarelli ve ark.'ları tarafından yapılan bir çalışmada beyinde konjenital veya edinilmiş bir hasar sonucu kronik üst ekstremité motor yetersizliği olan hastalarda robotik rehabilitasyon uygulamasının etkisi araştırılmıştır. Çalışmaya dahil edilen 12 çocuğa 6 hafta boyunca haftada 3 kez üst ekstremité düzlemsel uzanma egzersizleri yaptırılmıştır. Çalışma sonucunda, üst ekstremité motor yetersizliği olan çocuklarda robotik rehabilitasyon uygulamasının ekstremité motor yeteneklerinde önemli artış sağladığı, motivasyonel, oyun tecrübeleri ile daha eğlenceli, daha iyi algılama elde edildiği gösterilmiştir. Bu çalışmayla ayrıca kısa dönem hedeflere yönelik robotik rehabilitasyon ile üst ekstremité motor yeteneklerin önemli ölçüde geliştirilebileceği belirtilmiştir (36).

Pediatrik popülasyonda üst ekstremité rehabilitasyonunda en çok kullanılan robotik sistemler ve SP'de kullanıldıkları çalışmalar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Üst Ekstremitte Rehabilitasyonunda Kullanılan Robotik Sistemler (29)

Cihaz	Hasta Sayısı	Terapi ve Değerlendirmeler	Sonuçlar
<i>InMotion2</i> (23)	12	8 hafta boyunca haftada 2 kez robotik uygulama	QUEST ve FMA skorlarında gelişme
<i>InMotion3</i>	-	-	Literatürde SP alanında çalışma yok
<i>Haptic Master</i> (37)	9	Sürekli üst ekstremitte egzersizleri ve uzanmalar	Melbourne Değerlendirmesine (MA) göre artmış motor aktiviteler
<i>Armeo</i> (38)	11	Robot ile el tutma , bırakma aktiviteleri ve sürekli aktiviteler. 2 hafta - 70 dakikalık seanslar	MA ve Box and Block Test (BBT) kullanılmış ve SP'li çocuklarda üst ekstremitte. transfer, tutma becerilerinde gelişmeler
<i>YouGrabber</i> (39)	17	Çalışma grubunda(YouGrabber) 10 kullanıcı el kavrama ve bırakma aktiviteleri, el bileği pronasyon ve supinasyon , omuz uzanmaları – 45 dakikalık 12 seans	Kavrama kuvveti ve lateral kavrama kuvveti için dinamometre, BBT ve Nine Hole Peg Test kullanılmış, BBT test sonuçlarında çalışma grubunda kontrol grubuna göre daha iyi gelişmeler
<i>ReaPlan</i> (40)	16	Robotik grupta 8 kullanıcı 8 hafta boyunca haftada 2 gün robotik rehabilitasyon 3 gün de konvansiyonel terapi seansları	QUEST ve PEDI ile değerlendirme yapılmış, sonuçlar robotik terapi alan grupta kontrol grubuna göre daha iyi ve etkiler uzun süreli

QUEST : Quality Of Upper Extremity Skills Test FMA: Fugl-Meyer Assessment
 MA : Melbourne Assessment PEDI : Pediatrik Evaluation Of Disability Inventory

Günümüze kadar pediatrik alanında üst ekstremitte rehabilitasyonunda kullanılan robotların önemli bir limitasyonu olarak etkilenmiş omuz ve dirsek rehabilitasyonu üzerine odaklanmış olması görülmektedir. Literatürde ön kol, el bileği ve elin distal hareketleri için kullanılan rehabilitasyon robotları ile yapılan çalışma sayısı yetersiz olduğu bildirilmekte ve gelecekte robotik uygulamaların distal el fonksiyonları üzerine etkisini inceleyecek çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (41).

2.2.2 Sanal Gerçeklik Uygulamaları

Sanal gerçeklik (SG), katılımcılarına gerçekmiş hissi veren, bilgisayarlar tarafından yaratılan dinamik bir ortamla karşılıklı iletişim olanağı tanıyan, üç boyutlu bir simülasyon olarak tanımlanmaktadır (42). SG prensipleri; sanal ortamda oluşturulan duyuşal girdi, günlük yaşama uygun aktiviteler, adaptif öğrenme ve re-organizasyonu modüle etmek için görsel, somatosensöriyel ve işitsel feedback kombinasyonunu içermektedir (43). Son yıllarda, SG uygulamaları pediatrik popülasyonda bir tedavi aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır (44).

SG uygulamalarının iki karakteristik özelliği; (i) çocuğun görme, ses, dokunma ve bazen de koklama yoluyla çevreyi keşfetmesini sağlayan etkileşim ve (ii) çocuğun üretilen sanal ortamın içinde hissetmesi anlamına gelen immersion olarak belirtilmektedir. Etkileşim ve immersion birlikte, çocuğun sanal çevre içerisinde olduğunu hissetmesini sağlayan anahtar faktörlerdir (45,46). Geleneksel tedavi yöntemlerine göre rehabilitasyonda SG kul-

lanımının tekrarlı hareket, performansla dair geri bildirim vermesi ve motivasyon sağlaması açısından avantajları olduğu bildirilmektedir. Ayrıca aktif katılım gerektiren bir uygulama olması nedeniyle geleneksel tedavilere tamamlayıcı yönde hasta ve terapistte potansiyel yararlar sunmaktadır (47).

Pediatrik rehabilitasyon ile ilgili SG sistemleri çeşitli ara yüzleri ve rehabilitasyona özgü pahalı teknolojilerden, düşük maliyetli, hazır oyun sistemlerine kadar uzanmaktadır (48). Sensörlü eldivenler kullanarak taktik geri bildirim sağlayan yeni sistemler veya robotlar pediatrik gruba özel olarak tasarlanmış güncel teknolojiler olarak görülmektedir. Taktik geri bildirim sağlanması teorik olarak duyuşal-motor bağlantıların aktivasyonunu sağlayarak sanal nesnelerle daha gerçekçi bir etkileşime olanak tanımaktadır (11,13).

Kullanıcının sistemle ne kadar etkileşim içinde olduğuna ve immersion derecesine göre farklı birçok SG uygulaması çeşidi olduğu belirtilmektedir. SG sistemlerini tanımlamak ve sınıflandırmak, SG terapisinin motor yetersizliği olan çocukların rehabilitasyonunda uygulanması konusunda klinisyenleri bilgilendirmek amacıyla yapılan sistematik bir derlemede, ticari amaçla ve rehabilitasyon amacıyla kullanılan üçer uygulama çeşitli özellikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışmaya göre, pediatrik rehabilitasyonda kullanılan SG uygulamaları hareketin farklı niteliklerine odaklanmakta ve birçok farklı amaca yönelik sistemler kullanılmaktadır. Klinisyenlerin hedef ve sistem belirlerken; hız, kontrol ve hareket derecesi gibi faktörlere odakla-

arak karar vermeleri gerekmektedir (49).

Pourazar ve ark.'larının 30 hemiplejik SP'li çocuğu dahil ettikleri randomize kontrollü çalışmada SG eğitiminin reaksiyon zamanı üzerine etkisini araştırılmıştır. Çalışma grubuna SG eğitimi verilirken kontrol grubuna da evde ailesi gözetiminde fizyoterapi programı verilmiştir. Dört hafta sonunda elde edilen bulgulara çalışma grubunun hem basit, hem de diskriminatif reaksiyon zamanının kontrol grubundan anlamlı olarak daha az olduğu bulunmuştur (50). Won ve ark.'ları tarafından yapılan sistematik derlemede ise SG uygulamaları ile literatürde prosedural ağrı ve gerginlik ile akut ve kronik ağrı üzerinde yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Çalışma SG gerçeklik uygulamalarının çocuklarda ağrıyı modüle etmek için eşsiz fırsatlar sunan yeni bir teknoloji olduğu, literatürde yapılan çalışmalarda da akut ve prosedural ağrıyı anlamlı derecede azalttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte pediatrik hastaların yaşam kalitesine etkisini daha iyi anlamak için SG uygulamalarının pediatrik ağrı tedavisinde kullanılmasını araştırılan ileri çalışmalara ihtiyaç duyulduğu da belirtilmektedir (51). Bu sonuçlar ile pediatrik rehabilitasyonda kullanılan SG uygulamaları, inme ve SP'den etkilenen çocukların nöro-rehabilitasyonunu kolaylaştırırken kronik ağrı çeken pediatrik hastalarda da düzeltici fizyolojik ve psikolojik bir çevre oluşturarak kullanılabileceği gösterilmiştir (52).

Son yıllarda robotik yardımcı yürüme eğitimi robotlarıyla beraber üst ekstremitate fonksiyonlarını geliştirmeye yönelik kullanılan SG'e dayalı bilgisayar destekli uygulamaların birlikte kullanımı pediatrik alanda da artarak kullanılmaktadır (Şekil 8) (41). Çocukların zenginleştirilmiş bir ortamda aktif olarak katılımı ve motivasyonu duyuşal-motor öğrenme sürecinde aktif rol oynayan bu robotik ve SG sistemlerinin birlikte kullanıldığı uygulamalar umut verici olarak görülmektedir (53).



Şekil 8. Robotik&SG Yardımlı Üst Ekstremitate Rehabilitasyonu (54)

Fasoli ve ark.'ları çalışmalarında robotik terapinin SP'de kullanılabilirliği ve hemiplejik SP'li

çocukların üst ekstremitate fonksiyonlarına olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmaya edinsel beyin yaralanması ve SP tanısı olan hemiplejik 12 çocuk dahil edilmiş ve 8 hafta boyunca haftada 2 kez terapi uygulanmıştır. Her seansta etkilenen üst ekstremiteleriyle 640 tekrarlı olmak üzere, robotik yardımcı SG uygulaması yardımıyla hedefe yönelik düzlemsel uzanma hareketleri yaptırılmıştır. Gelişmeler *Quality of Upper Extremity Skills Test* (QUEST) ve *Fugl-Meyer Upper Limb* (FMA) testleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda robotik terapi ve SG uygulamasının birlikte kullanılması orta ve ciddi şiddetli etkilenen hemiplejik SP'li çocuklarda fonksiyon ve koordinasyonu geliştirmede yeni bir seçenek olabileceği belirtilmiştir (23). Brüttsch ve ark.'ları tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise Lokomat ile yürüme eğitimi sırasında farklı destekleyici koşulların motor sonuçlar üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmaya 4 – 18 yaş arası farklı nörolojik yürüme bozukluğu olan 10 çocuk ve sağlıklı 8 çocuk dahil edilmiştir. Çocuklar Lokomat üzerinde 4 farklı şekilde yürütülmüştür: (1) Desteksiz normal yürüme, (2) Aktif katılım sağlamak için terapist yönergeleri, (3) Aktif olarak yürümeyi motive edici SG uygulamasıyla, (4) Terapist yönergeleriyle birlikte SG kombinasyonu ile yürüme. Çalışma sonunda terapistin yönergeleriyle, SG destekli ve her ikisinin kombinasyonu ile yapılan eğitimin her iki grupta da motor sonuçlar üzerine olumlu etkileri görülmüştür (55). Yapılan başka bir çalışmada da SG destekli treadmill eğitiminin spastik SP'li çocuklarda kas kuvveti, kaba motor fonksiyonlar, dinamik denge, yürüme hızı ve endüransını kontrol grubundan anlamlı olarak daha iyi geliştirdiği bulunmuştur (56).

2.2.3 Tele-rehabilitasyon Uygulamaları ve Web Tabanlı Uygulamalar

a) Tele-rehabilitasyon Uygulamaları

Teknolojideki gelişmelerle birlikte özellikle kırsal alanlarda yaşayan ve sağlık hizmetlerine erişimi zor olan hastalara ev ortamında medikal ve terapötik destek verilebilmektedir. Tele-rehabilitasyon (TR) uygulamaları ilk kez 1959 yılında ortaya çıkmış olup, mesafe, zaman ve maliyet engellerini en aza indirgeyerek hastalara ve klinisyenlere hizmet vermek için ortaya çıkan bir yöntemdir (57). TR, uzaktan rehabilitasyon hizmetleri sunmakta ve ilk olarak hastanede rehabilite edilen, daha sonra da evde rehabilitasyona devam etmesi gereken tüm hastalar için geçerli olduğu bildirilmektedir. Bu bakımdan TR uygulamaları büyük şehirlerden uzak köylerde yaşayan insanlar için sağlık hizmetlerinin sunum maliyetlerini düşürmede büyük bir potansiyel olarak görülmekte ve insanlara da rehabili-

tasyon merkezine gelmelerine gerek kalmadan, uzaktan uzman gözetiminde evde tedavi alma fırsatı sunmaktadır (58).

TR'un geleneksel modeli servis sağlayıcılar (sağlık çalışanları) ve uzaktaki hasta arasında video konferans etkileşimleri ile başladı. Son yıllarda bu model genişledi ve teknolojik gelişmelerle birlikte TR uygulamaları büyük bir çeşitlilik göstermeye başladı. Günümüzde TR'da kullanılan teknolojiler; telefonlar, video konferans, sensörler, personel dijital yardımcılar ve akıllı telefonlar, sanal gerçeklik sistemleri ve robotiklerden oluşmaktadır (59).

TR uygulamasının nörolojik rehabilitasyon, fiziksel engeli olan başta inme, omurilik yaralanması ve SP'li hastalar ile konuşma ve dil bozukluklarının rehabilitasyonunda kullanılabileceği belirtilmektedir (60). Çocuklarda uygulanan TR uygulamalarının motivasyonu artırdığı düşünülmektedir. Ayrıca TR uygulamaları çocuğun evdeki yaşam ritmi ile de uyumlu olup çocuğun doğal çevresinde rehabilite edilme imkanı vermektedir. Özellikle yaşam boyu rehabilitasyon ihtiyacı olan çocuklar için oldukça yardımcı olduğu belirtilmektedir (Şekil 8) (61).



Şekil 8. Evde TR uygulamaları (62)

TR uygulamaları rehabilitasyonun bir kısmını hastaneden hastanın evine kadar taşısa da tüm hastalar bu tedavi programına dahil edilemez. Epilepsi, spastisite, duyu bozukluğu, bilişsel ve bilinç bozuklukları donanım ve TR sistemlerinin kullanımını sınırlandırabileceğinden bu uygulamanın yapılabileceği çocukların dikkatli seçilmesi gerekmektedir (61).

Literatürde TR uygulamalarının nörolojik ve pediatrik alanına uygunluk ve etkisini araştırarak, çalışmaların sayısının giderek artmakta olduğu görülmektedir. Golomb ve ark.'ları sanal gerçeklik destekli TR uygulamasının el fonksiyonu ve ön kol kemik mineral yoğunluğuna etkisini araştırmışlardır. Çalışmaya hemiplejik SP'li 3 çocuk dahil edilmiştir. Olguların evine internet üzerinden takip

edilebilen hareketleri yaparken takacağı sensörlü eldiven ve Playstation-3 oyun konsolu içeren TR sistemi kurulmuştur. Hastalar 3 ay boyunca haftada 5 gün 30 dakika etkilenmiş taraf ile çalıştırılmıştır. Hastaların el fonksiyonları Jebsen el fonksiyon testi, kavrama kuvveti Jamar dinamometresi, ince motor beceri ve koordinasyon Bruininks-Oseretsky Motor Beceriklik Testi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca olguların ilgili motor alandaki aktivasyon değişiklikleri saptamak için fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) kullanılmış, kemik dansitesi ise DXA ve periferik nicel bilgisayarlı tomografi (pQCT) ile ölçülmüştür. Çalışma sonucunda 3 çocukta da etkilenmiş ekstremitelerde kavrama kuvvetinde, Jebsen el fonksiyon testi parametrelerinde gelişmeler saptanmıştır. Çocukların 2'sinde hemiplejik taraf önkolda kemik mineral yoğunluğu artmıştır. Sonuç olarak sanal gerçeklik destekli TR uygulamasının el fonksiyonlarını ve kemik dansitesini geliştirdiği vurgulanmıştır (15). Başka bir çalışmada fizyoterapist ile web kamera ve servislerle bağlantı kurularak SP'li çocuklarda el hareketlerini geliştirmek amacıyla TR programı uygulanmıştır. Çocuklara evde manipulatif parmak ve bilek egzersizleri terapist tarafından takip edilerek yaptırılmıştır. Çalışma sonunda çocukların el fonksiyonlarında anlamlı gelişmeler olmuştur ve elde edilen bu sonucun evde rehabilitasyona devam etmesi gereken tüm hastalar için geçerli olduğu bildirilmiştir (61).

b) Web Tabanlı Uygulamalar

Bilgisayarlar yaklaşık 30 yıldır zihinsel sağlık değerlendirmesi ve tedavisinde kullanılmaktadır (63). Rehabilitasyon alanında kullanımları henüz yaygın olmamakla beraber internet kullanımındaki artış ve tele-rehabilitasyon uygulamalarının yararlarına bakıldığında olumlu etkilerinin olacağı düşünülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun yapmış olduğu araştırmada, son 10 yılda Türkiye'de internet kullanan hane oranının %20 seviyelerinden %80 seviyelerine ulaştığı görülmüştür. Bu da rehabilitasyonda web tabanlı uygulamaların önemini ve uygulanabilirliğini göstermektedir. Tüm rehabilitasyon alanlarında olduğu gibi pediatrik rehabilitasyonda da web tabanlı uygulamalar kullanılmaya başlanmıştır. Mitchell ve ark.'ları web destekli egzersizlerin hemiparetik SP'li çocuklarda aktivite kapasitesi ve performansı üzerindeki etkinliğini araştırdıkları çalışmada 102 hemiparetik SP'li çocuk 2 gruba ayrılarak deney grubuna web tabanlı bir egzersiz programı olan *MITII* (*Move it to improve it*) egzersiz sistemi, kontrol grubuna ise geleneksel tedavi programı uygulanmıştır. *MITII* programı kişiye özel programlar hazırlanan ve terapistle e-mail, telefon veya video-konferans yoluyla iletişim kurulabilen bir egzersiz sistemidir.

Çalışma sonunda web tabanlı egzersizler uygulanan grupta fonksiyonel kuvvet ve yürüme endüransı kontrol grubuna göre daha iyi çıkmıştır. Hemiparetik SP'li çocuklarda web tabanlı egzersizler ve sanal eğitimcilerin aktivite kapasitesi, fonksiyonel kuvvetlendirme ve yürüme endüransını geliştirmede etkili olduğu bildirilmiştir (64).

3. SONUÇ

Pediyatrik rehabilitasyonda teknolojik tabanlı yaklaşımlar farklı düzeylerde fonksiyonel gelişmeler sağlamaktadır. Yeni, ümit vadeden, dinamik, eğlenceli bu uygulamaların, konvansiyonel/geleneksel tedavileri tamamlayıcı olduğu düşünülmektedir. Maliyetin azalması ve artan erişim kolaylığı ile, klinisyenler bu teknolojik sistemlerin potansiyelini keşfedecek, aile ve hastaların da tedaviden memnuniyeti artacaktır. Araştırmacılar ve klinikte çalışan fizyoterapistler bu alandaki güncel gelişmeleri takip etmelidirler.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında, değerli bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan ve her zaman desteklerini hissettiğim hocam Prof. Dr. Ayşe Livanelioğlu'na, danışman hocam Doç. Dr. Akmer MUTLU'ya, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımını esirgemeyen Uzm. Fzt. Bilge Nur YARDIMCI'ya çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Liu, J., Luo, L., Zhang, R., Huang, T. (2013) Patient satisfaction with electronic medical/health record: a systematic review. *Scand J Caring Sci*, 27 (4), 785–791.
2. Damiano, D., (2006) Activity, activity, activity: Rethinking our physical therapy approach to cerebral palsy. *Phys Ther*, 86, 1534-1540.
3. Brochard, S., Robertson, J., Médée, B., & Remy-Neris, O. (2010) What's new in new technologies for upper extremity rehabilitation? . *Current opinion in neurology*, 23(6), 683-687.
4. Tarakçı, D. (2015) The Application of Virtual Reality with Game Consoles in Pediatric Rehabilitation. *Türkiye Klinikleri J Physiother Rehabil-Special Topics* 2015;1(1), 30-34.
5. Lange, B., Flynn, S., Proffitt, R., Chang, C.Y., & "Skip" Rizzo, A. (2010) Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. *Topics in stroke rehabilitation*, 17(5), 345-352.
6. Galli, M., Cimolin, V., De Pandis, M. F., Le Pera, D., Sova, I., Albertini, G., ... & Franceschini, M. (2016) Robot-assisted gait training versus treadmill training in patients with Parkinson's disease: a kinematic evaluation with gait profile score. *Functional neurology*, 31(3), 163.

7. Pompa, A., Morone, G., Iosa, M., Pace, L., Catani, S., Casillo, P., ... & Grasso, M. G. (2017) Does robot-assisted gait training improve ambulation in highly disabled multiple sclerosis people? A pilot randomized control trial. *Multiple Sclerosis Journal*, 23(5), 696-703.
8. Smania, N., Bonetti, P., Gandolfi, M., Cosentino, A., Waldner, A., Hesse, S., ... & Munari, D. (2011) Improved gait after repetitive locomotor training in children with cerebral palsy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 90(2), 137-149.
9. Varma, C., Shrikiran, A., Suneel, M., & Karthick, A. (2012) *Virtual Reality As A Tool In Pediatric Rehabilitation*.
10. Chen, Y. P., Kang, L. J., Chuang, T. Y., Doong, J. L., Lee, S. J., Tsai, M. W., et al. (2007) Use of virtual reality to improve upper-extremity control in children with cerebral palsy: a single-subject design. *Physical Therapy*, 87(11), 1441-1457.
11. Qiu, Q., Ramirez, D., Saleh, S., Fluet, G., Parikh, H., Kelly, D., et al. (2009) The New Jersey Institute of Technology Robot-assisted Virtual Rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with cerebral palsy: a feasibility study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 6(1), 40.
12. Huber, M., Rabin, B., Docan, C., Burdea, G., AbdelBaky, M., & Golomb, M. (2010) Feasibility of modified remotely monitored in-home gaming technology for improving hand function in adolescents with cerebral palsy. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(2), 526-534.
13. Wille, D., Eng, K., Holper, L., Chevrier, E., Hauser, Y., Kiper, D., et al. (2009) Virtual reality-based paediatric interactive therapy system (PITS) for improvement of arm and hand function in children with motor impairment – a pilot study. *Developmental Neurorehabilitation*, 12(1), 44.
14. Reid, D. T., & Campbell, K. (2006) The use of virtual reality with children with cerebral palsy: a pilot randomized trial. *Therapeutic Recreation Journal*, 40(4), 255-268.
15. Golomb, M. R., McDonald, B. C., Warden, S. J., Yonkman, J., Saykin, A. J., Shirley, B., ... & Barkat-Masih, M. (2010) In-home virtual reality videogame telerehabilitation in adolescents with hemiplegic cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(1), 1-8.
16. Levac, D., Rivard, L., & Missiuna, C. (2012) Defining the active ingredients of interactive computer play interventions for children with neuromotor impairments: a scoping review. *Research in developmental disabilities*, 33(1), 214-223.
17. Brüttsch, K., Schuler, T., Koenig, A., Zimmerli, L., Mérillat, S., Lünenburger, L., ... & Meyer-Heim, A. (2010) Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 7(1), 15.
18. Xie, M., & Huston, R. L. (2004) Fundamentals of Robotics: Linking Perception to Action. Series in Machine Perception and Artificial Intelligence. *Applied Mechanics Reviews*, 57, B20.
19. Pignolo, L. (2009) *Robotics in neuro-rehabilitation*. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41(12), 955-960.
20. Van Peppen, R. P., Kwakkel, G., Wood-Dauphinee, S., Hendriks, H. J., Van der Wees, P. J., & Dekker, J. (2004) The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence?. *Clinical rehabilitation*, 18(8), 833-862.
21. Parkes, J., Caravale, B., Marcelli, M., Franco, F., & Colver, A. (2011) Parenting stress and children with cerebral

- palsy: a European cross-sectional survey. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 53(9), 815-821.
22. Krebs, H. I., Ladenheim, B., Hippolyte, C., Monterroso, L., & Mast, J. (2009) Robot-assisted task-specific training in cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(s4), 140-145.
23. Fasoli, S. E., Fragala-Pinkham, M., Hughes, R., Hogan, N., Krebs, H. I., & Stein, J. (2008). Upper limb robotic therapy for children with hemiplegia. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 87(11), 929-936.
24. Meyer-Heim, A., Ammann-Reiffer, C., Schmartz, A., Schaefer, J., Sennhauser, F. H., Heinen, F., ... & Borggraefe, I. (2009) Improvement of walking abilities after robotic-assisted locomotion training in children with cerebral palsy. *Archives of disease in childhood*.
25. Lunenburger, L., Colombo, G., Riener, R., & Dietz, V. (2005) Clinical assessments performed during robotic rehabilitation by the gait training robot Lokomat. In *Rehabilitation Robotics*, 2005. ICORR 2005. 9th International Conference on (pp. 345-348). IEEE.
26. Chang, W. H., & Kim, Y. H. (2013) Robot-assisted therapy in stroke rehabilitation. *Journal of stroke*, 15(3), 174-181.
27. Mehrholz, J., & Pohl, M. (2012). Electromechanical-assisted gait training after stroke: a systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices. *Journal of rehabilitation medicine*, 44(3), 193-199.
28. Calabrò, R. S., Cacciola, A., Bertè, F., Manuli, A., Leo, A., Bramanti, A., ... & Bramanti, P. (2016) Robotic gait rehabilitation and substitution devices in neurological disorders: where are we now?. *Neurological Sciences*, 37(4), 503-514.
29. Bayon, C., Raya, R., Lara, S. L., Ramirez, O., Serrano, I., & Rocon, E. (2016) Robotic therapies for children with cerebral palsy: a systematic review. *Translational Bio-medicine*.
30. Hocoma. Gait&balance . <https://www.hocoma.com/>. (erişim tarihi: nisan 2017)
31. Borggraefe, I., Schaefer, J. S., Klaiber, M., Dabrowski, E., Ammann-Reiffer, C., Knecht, B., ... & Meyer-Heim, A. (2010) Robotic-assisted treadmill therapy improves walking and standing performance in children and adolescents with cerebral palsy. *European journal of paediatric neurology*, 14(6), 496-502.
32. Druzbecki, M., Rusek, W., Snela, S., Dudek, J., Szczepanik, M., Zak, E., ... & Sobota, G. (2013). Functional effects of robotic-assisted locomotor treadmill therapy in children with cerebral palsy. *Journal of rehabilitation medicine*, 45(4), 358-363.
33. Made for Movement (2014) Innowalk | Made for Movement n.d. <http://madeformovement.com/products/innowalk#top>. (erişim tarihi: nisan 2017)
34. Frizzera, A., Ceres, R., Pons, J. L., Abellanas, A., & Raya, R. (2008) The smart walkers as geriatric assistive device. the symbiosis purpose. *Gerontechnology*, 7(2), 108.
35. Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-Troy, A., & Leonhardt, S. (2014) A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of neuro-engineering and rehabilitation*, 11(1), 3.
36. Frascarelli, F., Masia, L., Di Rosa, G., Cappa, P., Petrarca, M., Castelli, E., & Krebs, H. I. (2009) The impact of robotic rehabilitation in children with acquired or congenital movement disorders. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 45(1), 135-141
37. Jones, M. A., McEwen, I. R., & Hansen, L. (2003) Use of power mobility for a young child with spinal muscular atrophy. *Physical Therapy*, 83(3), 253-262.
38. Keller, J. W., & van Hedel, H. J. (2017) Weight-supported training of the upper extremity in children with cerebral palsy: a motor learning study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 87.
39. Van Hedel, H. J., Wick, K., Meyer-Heim, A., & Eng, K. (2011, June). Improving dexterity in children with cerebral palsy. In *Virtual Rehabilitation (ICVR), 2011 International Conference on*(pp. 1-2). IEEE.
40. Gilliaux, M., Renders, A., Dispa, D., Holvoet, D., Sapin, J., Dehez, B., ... & Stoquart, G. (2015) Upper limb robot-assisted therapy in cerebral palsy: a single-blind randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and neural repair*, 29(2), 183-192.
41. Fasoli, S. E., Ladenheim, B., Mast, J., & Krebs, H. I. (2012) New horizons for robot-assisted therapy in pediatrics. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 91(11), S280-S289.
42. Matiljevic, V., Secic, A., Masic, V., Sunic, M., Kolak, Z., & Znika, M. (2014) Virtual reality in rehabilitation and therapy. *Acta Clin. Croat*, 52(4), 453-457.
43. Adamovich, S. V., Fluet, G. G., Tunik, E., & Merians, A. S. (2009) Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation*, 25(1), 29-44.
44. Holden, M. K. (2005) Virtual environments for motor rehabilitation. *Cyberpsychology & behavior*, 8(3), 187-211.
45. Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003) *Virtual reality technology* (Vol. 1). John Wiley & Sons.
46. Self, T., Scudder, R.R., Weheba, G., & Crumrine, D. (2007) A virtual approach to teaching safety skills to children with autism spectrum disorder. *Topics in Language Disorders*, 27(3), 242-253.
47. Lanningham-Foster, L., Foster, R. C., McCrady, S. K., Jensen, T. B., Mitre, N., & Levine, J.A. (2009) Activity-promoting video games and increased energy expenditure. *The Journal of pediatrics*, 154(6), 819-823.
48. Mumford, N., Duckworth, J., Thomas, P. R., Shum, D., Williams, G., & Wilson, P. H. (2010) Upper limb virtual rehabilitation for traumatic brain injury: Initial evaluation of the elements system. *Brain injury*, 24(5), 780-791.
49. Galvin, J., & Levac, D. (2011) Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: describing and classifying virtual reality systems. *Developmental neurorehabilitation*, 14(2), 112-122.
50. Pourazar, M., Mirakhori, F., Hemayattalab, R., & Bagherzadeh, F. (2017) Use of virtual reality intervention to improve reaction time in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Developmental Neurorehabilitation*, 1-6.
51. Won, A. S., Bailey, J., Bailenson, J., Tataru, C., Yoon, I. A., & Golianu, B. (2017) Immersive Virtual Reality for Pediatric Pain. *Children*, 4(7), 52.
52. Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016) How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media Psychology*, 19(2), 272-309.
53. Sandlund, M., McDonough, S., & Häger-Ross, C. H. A. R. L. O. T. T. E. (2009) Interactive computer play in rehabilitation of children with sensorimotor disorders: a systematic review. *Developmental Medicine & Child*

Neurology, 51(3), 173-179.

54. Lifetecinc. Hand Robot. <https://www.lifetecinc.com/products/product.php?id=4647> (erişim tarihi: nisan 2017).
55. Brüttsch, K., Schuler, T., Koenig, A., Zimmerli, L., Mérillat, S., Lünenburger, L., ... & Meyer-Heim, A. (2010) Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 7(1), 15.
56. Cho, C., Hwang, W., Hwang, S., & Chung, Y. (2016) Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy. *The Tohoku journal of experimental medicine*, 238(3), 213-218.
57. Cooper, R. A., Fitzgerald, S. G., Boninger, M. L., Brienza, D. M., Shapcott, N., Cooper, R., & Flood, K. (2001) Telerehabilitation: Expanding access to rehabilitation expertise. *Proceedings of the IEEE*, 89(8), 1174-1193.
58. Brennan, D. M., Tindall, L., Theodoros, D., Brown, J., Campbell, M., Christiana, D., ... & Lee, A. (2011) A blueprint for telerehabilitation guidelines—October 2010. *Telemedicine and e-Health*, 17(8), 662-665.
59. McCue, M., Fairman, A., & Pramuka, M. (2010) Enhancing quality of life through telerehabilitation. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 21(1), 195-205.
60. Kairy, D., Lehoux, P., Vincent, C., & Visintin, M. (2009) A systematic review of clinical outcomes, clinical process, healthcare utilization and costs associated with telerehabilitation. *Disability and rehabilitation*, 31(6), 427-447.
61. Staszuk, A., Wiatrak, B., Tadeusiewicz, R. Y. S. Z. A. R. D., Karuga-Kuźniewska, E., & Rybak, Z. (2016) Telerehabilitation approach for patients with hand impairment. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 18.
62. The University of Queensland. Telerehabilitation. <http://health-clinics.uq.edu.au/telerehabilitation> (erişim tarihi: nisan 2017).
63. Greist, J. H., Laughren, T. P., Gustafson, D. H., Stauss, F. F., Rowse, G. L., & Chiles, J. A. (1973) A computer interview for suicide-risk prediction. *American Journal of Psychiatry*, 130(12), 1327-1332.
64. Mitchell, L. E., Ziviani, J., & Boyd, R. N. (2016) A randomized controlled trial of web-based training to increase activity in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 58(7), 767-773.

Akut İskemik İnme Sonrası Erken Mobilizasyon Uygulamaları

Early Mobilization Practice After Acute Ischemic Stroke

Uzm Ftz Ecem KARANFİL, Prof Dr Kadriye ARMUTLU

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi Ve Rehabilitasyon Bölümü

E-mail: ecemkaranfil@windowslive.com

ÖZET

İnme, her yıl 5,5 milyon insanın ölümüne ve birçok insanın kronik özürllülüğüne neden olan önemli bir küresel halk sağlığı sorunudur. İnme sonrası ölümlerin % 50'si hareketsizlik nedeniyle oluşan komplikasyonlardan (pnömoni ve venöz tromboemboli) kaynaklanmaktadır. Erken mobilizasyon uygulamaları, özellikle inme bakım ünitelerinin sağ kalım ve iyileşme faktörleri üzerine katkıda bulunmak için önerilen bir bakım bileşenidir. Bu makalede erken mobilizasyon kavramının tanımlanması, etki mekanizmaları, doğru zamanlaması ve uygulamalarıyla ilgili çeşitlilikler konusu ele alınacaktır.

Anahtar Kelimeler: mobilizasyon, iskemik inme, rehabilitasyon

ABSTRACT

Stroke is an important global public health issue that causes 5.5 million deaths each year (WHO 2003) and causes many people to have chronic disability. Half of post-stroke deaths result from complications caused by inactivity (pneumonia and venous thromboembolism). Early mobilization practices are a recommended maintenance component that contribution to survival and recovery factors of stroke care units. In this article, the definition of the concept of early mobilization, the mechanisms of action, the correct timing and the diversity of its applications will be discussed.

Key words: mobilisation, ischemic stroke, rehabilitation

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü tanımlamasına göre inme, vasküler nedenler dışında görünür bir neden olmaksızın, beyin kan akımının bozulması sonucunda fokal serebral fonksiyon kaybına ait belirti ve bulguların hızla yerleşmesi ve bu bulguların 24 saatten daha uzun sürmesi ile karakterize klinik bir sendromdur [1]. İnme, dünyada ölüm nedenleri arasında üçüncü sırada olup endüstrileşmiş toplumlarda, hastane başvurularında ve sağlık harcamalarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Uzun dönemde ortaya çıkan özrün en önemli nedenlerindendir ve inme sonrası özür, sadece hastanın yaşam kalitesini düşürmekle kalmayıp hasta yakınlarının yaşamını da etkileyerek önemli toplumsal ve sosyo-ekonomik sorunlara yol açmaktadır. Son yıllarda gelişme gösteren inme ünitelerindeki tedaviler disiplinlerarası bir ekip tarafından gerçekleştirilen eylem planıyla, özürllülüğü ve mortaliteyi azaltmada oldukça etkili olmuştur [2, 3]. İskemi sonrası akut dönem, nöroplastisite

açısından da oldukça hayatidir. Hayvan çalışmalarından elde edilen kanıtlar, iskemik yaralanmadan sonra, sinirsel iyileşmeyi destekleyen bir genetik, moleküler, hücrel ve elektrofizyolojik olayların tetiklendiğini göstermektedir. Erken dönem inme rehabilitasyonunun bir parçası olan mobilizasyon uygulamaları, son zamanlarda hem hayvan hem insan çalışmalarıyla literatürde geniş yer tutmaya başlamıştır [4].

2. SEREBRAL İSKEMİ

Beyin yeterli miktarda anlık oksijenlenmiş kan desteğine diğer organlardan daha fazla ihtiyaç duyar. Kan akımının 5 dakikadan uzun süre durması, geri dönüşümü olmayan hasara yol açar. Kandan yoksun beyin dokusunda iskemik nekroz veya infarkt gerçekleşir. İskemik dokunun kaderini belirleyen en önemli etkenler, iskeminin şiddeti ve süresidir [5].

Bir serebral arter tıkanığı zaman arterin beslediği alanın merkezindeki bölgedeki kan akımı kritik düzeyin altına düşer ve bu doku hızla nekroza gider. İskemik çekirdeği çevreleyen bölgelerde ise kollateral damarlarca sağlanan ve periferde doğru artış gösteren kan akımı bölgeleri mevcuttur. Bu alan, eğer iskemik durum düzeltilmezse birkaç saat içerisinde nekroza gitme potansiyeli vardır. Kan akımının azaldığı ancak kalıcı hasarın henüz oluşmadığı bu beyin bölgesine "penumbra" adı verilir [6].

Beyin hücreleri eksitotoksiste (glutamat), radikal hasarı (oksidatif stres, serbest radikaller) ve apoptotik yolların birlikteliği ile ölürlür. Oksijen ve glukoz eksikliğine bağlı beyinde ATP oluşuramazsa, enerji eksikliğine bağlı iyonik dengeler bozulur. Glutamat salınır ve geri alımı bozulur, eksitatuvar aminoasitler postsinaptik reseptörlere bağlanarak hücre içine artmış kalsiyum (Ca) girişine ve salınımına sebep olur. Oksidatif fosforilasyonun bozulması ve reaktif oksijen radikallerinin salınımı gibi mitokondriyal disfonksiyon sonrası; hücrelerin protein, lipid ve nükleik asitleri daha da fazla hasara uğrarlar. Bütün bu mekanizmalar sonucunda; dinamik ve hücreye özel yollar, iskemik hasarın süre ve şiddetine bağlı olarak, nekroz ya da apoptoz ya da her ikisi birlikte hücre ölümüne sebep olur [7].

3. SEREBRAL İSKEMİ SONRASI NÖROPLASTİSİTE

Beyin plastisitesi terimi, bireyin tüm yaşam süresi boyunca merkezi sinir sisteminde meydana gelen nöral bileşenlerin organizasyonundaki tüm değişiklikleri tanımlar [8]. Bu değişikliklerin yaşlanma, çevreye uyum, ve öğrenme mekanizmalarıyla da ilintili olduğu düşünülmektedir. Nöronal plastisite; anatomik, fonksiyonel veya beyin hasarına yanıt olarak adaptif modifikasyonlar temelinde de olabilmektedir. İskemik hasar etkilenen alandaki tüm sinir ağında değişikliğe neden olur. Bir çok çalışma ile serebral kortekste hasar sonucunda spontan beyin plastisitesi fenomenleri ortaya çıkmaktadır [9]. Tahrip olan sinir ağları, bağlantıların yeniden düzenlenmesini uyarır. Bu tür plastik olaylar, hasarlı hemisferdeki lezyon çevresindeki dokuların yanı sıra kontralateral hemisferde, subkortikal ve spinal bölgelerde de ortaya çıkmaktadır [10].

3.1. Kortikal Reorganizasyon

İnme sonrası nöroplastisitenin temel bileşenlerinden biri olan kortikal reorganizasyon, hasar görmüş hemisfer bölgesinin fonksiyonunun yeni alanlar tarafından üstlenilmesi ya da kullanılma-

yan yolların kullanılmaya başlanmasıyla gerçekleşir. Beyin hasarından sonra kortikal temsil reorganizasyonun, kortikal lezyonda iyileşmenin temeli için bir model olabileceği düşünülmektedir [11]. Farelerde, inme sonrası 1-3. Günde kontralateral ekstremitelerin stimülasyonu, ipsilateral kortekste aktivite üreterek duyuusal girdilerin sağlam hemisferde yeniden düzenlendiğini göstermektedir. İnmeden 1-2 hafta sonra hasar görmüş beyin fonksiyonlarını, perilezyonel bölgedeki kurtulmuş dokular üstlenmeye başlamaktadır [12].

3.2. Yapısal Değişiklikler Ve Rejenerasyon

İnme sonrası nöral plastisite ve fonksiyonel iyileşme, beyindeki yapısal değişikliklerle desteklenir. Hayvan modellerinde iskemik, perilezyonel kortekste ve lezyondan uzak bölgelerde yeni dendrit ve aksonların filizlenmesini uyarır. Sinaptogenezisi uyarıcı büyüme faktörü sinyalleri inme sonrası 3 gün gibi kısa bir zamanda ortaya çıkar ve 7-14. günde zirveye ulaşır [13, 14]. Ayrıca farelerde inme sonrası 10 gün içinde yeni vasküler yapıların oluşumunun uyarıldığı da bilinmektedir. İskemik penumbranın kollateral damarların gelişimiyle desteklenmesi de bu durumun sonucudur [15]. Yeni filizlenen damarlar, nöral kök hücrelerin rezervlerini subventriküler bölgeden enfarkt yatağına taşınmasını desteklemek için bir iskele olarak görev yapar [16].

3.3. Genetik Ve Epigenetik Değişiklikler

İnme sonrası en yaygın incelenen gen, beyin kaynaklı nörotrofik faktördür (BDNF). BDNF, proteinlerin sinir büyüme faktörü ailesinin üyelerindendir. İnme sonrası iyileşme; nörogenezis, nöronal farklılaşma ve serebral iskemik zarara cevap ve apoptozun baskılanması gibi çeşitli etkilere sahiptir [17]. BDNF'nin sinaptik plastisitede önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir [18]. Bu nedenle inme sonrası iyileşmede epigenetiğin rolü giderek dikkat çekmeye başlamıştır. Son araştırmalar mikroRNA (miRNA)'nın serebral iskemide moleküler yanıtta önemli bir rol oynadığını göstermektedir. miRNA, mesajcı RNA'ya bağlanarak ve onu sessizleştirme yoluyla gen ekspresyonunu düzenler. Metil-CpG-bağlayıcı protein 2 inme sonrası erken ve geç dönem sonuçlarda rol oynayan miRNA'nın temel hedefi olduğu düşünülen proteindir. Nöronlarda bol miktarda bulunan, nöronal büyüme ve maturasyonda yer alan bir transkripsiyon düzenleyicidir [19]. Genetik polimorfizmler ve diferansiyel gen regülasyonu, hem iyileşme için erken biyobelirteçlerin sağlanmasında hem de rehabilitasyonda oldukça önemlidir.

4. ERKEN MOBİLİZASYON KAVRAMI

'Erken' (saat, gün, hafta, ay) ve 'Mobilizasyon' (hücre, eklem, ekstremit ve insanların hareketi) kavramları için ortak bir anlam birliği yoktur. Bu yüzden başlıkla ilgili tanımlamanın yetersizliğinden dolayı bilgilerin sentezlenmesi limitlenmektedir. Örneğin; inme sonrası dönemde başlayan mobilite müdahalesini içeren bazı araştırmalarda, mobilizasyon, terapistler tarafından akut dönem boyunca uygulanan göreve özgü ayakta durma programı ve yürüyüş eğitimi gibi parametreleri içerirken; diğer durumlarda, sadece hastanın ekstremitelerinin yatak içerisindeki hareketi ve yatak kenarındaki oturmaları içermektedir. Aktivitelere başlama zamanı da oldukça değişken ve karar verilmesi güçtür. Ne yaptığımız (müdahale tipi, yoğunluğu, frekansı, miktarı) ve ne zaman yaptığımız, fayda ya da zarar dengelerini değiştirebilir [20]. Biz bu yazımızda inme sonrası en büyük klinik belirsizlik dönemi olan ilk 72 saat içerisinde başlayan yatak dışı müdahaleler üzerinde odaklandık.

5. ERKEN MOBİLİZASYONUN KISA TARİHÇESİ

Erken mobilizasyon, ilk olarak 1980'lerin ortalarında inme bakımı üzerine yapılan İsveç fikir birliği konferansında, Norveç ve İsveç'te birkaç yerel kılavuzla pratik edilmesi önerilerek tartışılmıştır. 1990'lı yılların başında İndredavik ve arkadaşlarının inme ünitelerinde erken rehabilitasyon ve mobilizasyon uyguladıkları hastalarda ölümler oranlarının azaldığını gösterdikleri çalışma ile erken mobilizasyon uygulamaları literatürde öne çıkmaya başlamıştır [21]. İnme ünitelerinde önemli bir bakım birleşeni olarak tartışılmaya başlanmasıyla 1994 yılından itibaren ulusal klinik kılavuzlarda yer almaya başladı. Geçtiğimiz 10 yılda inmeli hastalarda erken mobilizasyonun güvenilirliği, uygulanabilirliği ve etkililiği ile ilgili birçok randomize kontrollü çalışma yayımlandı. Erken mobilizasyon için sınırlı kanıtın olmasına rağmen, kılavuzlar son yıllarda önemli ölçüde değişti. Dünyada 30 akut inme kılavuzunun erken mobilizasyon ile ilgili önerileri incelendiğinde; 22 tanesi mobilizasyonun erken olmasını önerirken, 8 tanesi mobilizasyona inme sonrası ilk 24 saat içinde başlamayı önerdi. Fakat önerilerin dayandığı kanıt havuzları küçüktü. Önerilen uygulamalar (yatak dışında oturmak ve ayakta durmak, yürümek, günlük yaşam aktivitelerine aktif olarak katılmak vb.) ve ne zaman başlanacağı (stabil olduğu zaman, 24 saat içinde, 72 saat içinde vb.) konusundaki varyasyonlar inme sonrası ilk günlerdeki en iyi uygulama konusunda ki belirsizliği ortaya koymaktadır [20].

6. ERKEN MOBİLİZASYONUN FAYDALARI

6.1. Komplikasyonları Azaltmak

Hareketsizliğin birçok koşulda, kardiyovasküler, solunum, kas-iskelet ve bağışıklık sistemi üzerine iyileşmeyi yavaşlatması muhtemel zararlı etkileri olduğu bilinmektedir [22]. Enfeksiyon, derin ven tromboembolisi, pulmoner komplikasyonları önlemek ve azaltmak ve hastanede yatış sürelerini kısaltmak; erken mobilizasyonun temel faydalarındandır [23].

İnme ile ilişkili inaktiviteye bağlı sekonder değişiklikler; kardiyovasküler uygunluk kaybı, kas atrofisi, kas liflerinin çoğunun hızlı yorulan kas lifi tipine dönüşmesi, insüline dirençli lifler ve intramusküler yağ oranında artıştır [24]. Yatak istirahati sırasında uygun olmayan mobilizasyon ve pozisyonlamalar algonörodistrofi (kompleks bölgesel ağrı sendromu) gelişimine neden olabilmektedir [25]. Bu açıdan erken mobilizasyonun diğer potansiyel avantajları; omuz, sırt, kalça ağrılarının önlenmesidir [26].

6.2. Kortikal Plastisiteyi Desteklemek

Kortikal plastisite; yeni deneyimlere ve çevre koşullarına bağlı olarak, nöral yolların yeniden organize olma yeteneğidir. Erken dönemdeki plastisite; anatomik olarak var olan inaktif bağlantıların çalışmaya başlaması ya da inhibisyon mekanizmasının azaltılması ile inhibe edilmiş bölgelerin aktivasyonu (dakikalar/saatler içerisinde) ile sağlanır [27]. Klinik çalışmalar inme sonrası erken dönemde nöroplastisiteyi arttıran kritik bir döneme işaret etmektedir. İskemik enfarktin ipsilezyonel ve kontralezyonel alanları bu dönemde hiperekstetilebilir; aksonal filizlenme, dendritik uzantılar ve sinaptogenezisden sorumlu olan genler enfarkt alanının çevresinde yeniden düzenlenir; uzun süreli potensiyalizasyon artar; ve uyumsuz plastisite ve eksitotoksik süreçler bastırılır [28]. Rehabilitasyonun etkinliğinin zaman içerisinde azaldığı bilinmektedir, bu yüzden eğitimin erken başlaması iyileşme süreçlerini de hızlandırmaktadır [29]. Bu bulgular insanlarda inme sonrası erken mobilizasyon için biyolojik temel oluşturmaktadır fakat; ne zaman başlanması ve ne kadar uygulama yapılması gerektiği konusu belirsizliğini korumaktadır.

7. ERKEN MOBİLİZASYONUN OLASI ZARARLARI

Bazı klinisyenlerin, iskemik serebral otoregülasyonu etkileyecek kadar şiddetli olması duru-

munda, dik pozisyonun erken dönemde kurtarılabılır penumbra dokunun perfüzyonunu inhibe edebileceği yönünde endişeleri vardır. Penumbra dokudaki perfüzyon basıncının düşürülmesi iskemik core bölgesinin genişlemesine katkıda bulunduğu varsayılmaktadır [30]. Ancak kanıt düzeyi düşüktür. Horizontal pozisyonlamanın yeni kurulan leptomeningeal veya transkortikal kollateral kanalları aracılığıyla, iskemik penumbranın korunmasını desteklediği düşünülmektedir [31]. Baş pozisyon değişiklikleri sırasındaki serebral kan akış hızını transkraniyel doppler ile ölçen çalışmaları içeren bir sistematik derlemede, orta serebral arter oklüzyonu olan hastaların yatak başları 30 derece yükseltildiğinde serebral kan akış hızı azalmıştır [32]. Yapılan bir diğer çalışmada orta serebral arter iskemisi sonrası 6-16. saatler arasında değerlendirilen hastalarda herhangi bir pozisyondaki (-15°, 0°, 45°, 75°) serebral kan akış hızlarında bir farklılık bulunamamıştır ve serebral kan akış hızı ile olumlu nörolojik sonuçlar arasında da ilişki olmadığı bildirilmiştir [33].

Akut iskemik inmeli bireylerde, mobilizasyon sırasında artmış sempatik sinir sistemi aktivitesinin otonomik disfonksiyona ve bunun sonucunda da enfarkt alanında genişlemeye neden olabileceği gösterilmiştir. Fakat bu ilişkinin altında yatan mekanizma bilinmemektedir. Genellikle otonomik disfonksiyon inmeli bireylerde kan basıncı dalgalanmalarına neden olabilmektedir. Bu durum da serebral perfüzyonu değiştirebileceği düşünülmektedir [34].

Serebral dolaşımın hemodinamik değişikliklere uyum sağlayamaması ve kardiyak baroreseptör duyarlılığının bozulması, erken dik pozisyonlamayı sınırlandırabilmektedir [35].

Akut iskemik inme sonrasında artan kan basıncının hemodinamik yanıtı, penumbra perfüzyonunu iyileştirerek savunmasız beyin dokusunu koruyabilmektedir. Hastanın erken dönemdeki vertikalitesi arterial hipertansiyonun sürdürülmesini zorlaştırır [36]. Birçok çalışma, aktif hasta katılımı olmaksızın kullanılan tilt table uygulamasıyla pasif vertikal pozisyona gelmenin sıklıkla ortostatik hipotansiyonla sonuçlandığını bildirmektedir [37, 38]. Akut iskemik inme sonrası hastalar, beyin dokusunun en savunmasız olduğu ilk 2 gün yakın kan basıncı takibi yapılarak izlenmelidir.

8. ERKEN MOBİLİZASYON UYGULAMALARI

Kılavuzlar, daha az etkilenimi olan akut iskemik inme hastalarının tedavisinde, komplikasyonları önlemek için erken mobilizasyon önermekte-

dir [39]. Fakat erken mobilizasyona başlamak için, semptomların ortaya çıkışından ne kadar zaman sonra başlanacağı ve katılım kriterleri ile ilgili net bilgiler tanımlanmamıştır. Erken mobilizasyonun başlangıç fazlarında, dik pozisyonun hemodinamik ve fizyolojik stabilitesini sağlamak için yatak dışı aktivitelerden önce pasif olarak yatak başının elevasyonu çalışmaları yapılmaktadır [40]. Medikal durumun stabil olduğu ilk anda yatış pozisyonundan oturma pozisyonuna gelme, oturmada gövde kontrolü ve bağımsız oturma stimüle edilir. Yatak kenarında ve sandalyede oturma sürelerinin kademeli olarak arttırmak hedeflenir. Medikal durumun stabil olduğu ilk anda yatak dışı aktiviteler başlanır. Hastanın durumuna göre verilecek dış desteğin miktarına karar verilir. Ayakta durma, ayakta ağırlık aktarma ve adım alma gibi fonksiyonel aktiviteler odaklanılır [41].

Semptomların başlangıcının ilk 24 saatinde erken mobilizasyonun başlatılması nörolojik iyileşmeyi de etkileyebilmektedir. Sundseth ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada semptomların başlangıcının ilk 24 saatinde başlayan yatak dışı aktivitelerin, 24-48. saatler arasında başlayanaya göre hastaya yarar sağlayıp sağlamadığını araştırmışlardır ve ilk 24 saatte başlayan bu uygulamaların hastaların özlülük, mortalite ve bağımlılığını arttırdığını göstermişlerdir [42].

Şimdiye kadar bu konuda yapılan en büyük kontrollü çalışma Bernhardt ve arkadaşlarının beş ülkedeki 54 inme ünitesinden dahil edilen hastalar ile yapılmıştır. Sonuçta ilginç olarak, semptom başlangıcının ilk 24 saatinde başlayan standart bakıma ek olarak en az üç seans yatak dışı aktivite (oturma, ayakta durma ve yürüme) uygulamalarının, standart bakıma göre daha olumsuz sonuçlar doğurduğu (orta-şiddetli özlülük ya da ölüm) yönünde olmuştur. Bununla beraber gruplar arasında yardımsız yürümeye kadar geçen süreler aynı bulunmuştur [43, 44]. AVERT çalışması yoğun ve çok erken aktivite ile enfarkt alanındaki genişleme arasında bir ilişki için ön kanıt niteliğinde olabilir. Ancak Modifiye Rankin Skor'un güçlü bir sonuç ölçütü olamayacağı görüşü ve tedaviye cevabın inme alt tiplerine göre analiz edilmemiş olması çalışmanın limitasyonlarından. AVERT grubu, mobilizasyon için optimal zamanlama, sıklık ve aktivitelerin miktarı ile ilgili klinik bir rehber tanımlamak için doz-yanıt analizi yaparak, inme başlangıcından ilk mobilizasyona kadar geçen süre, günlük seans sayısı ve aktivite miktarını incelediler [45]. Bu analiz, mobilizasyon süresinin daha kısa ve daha sık olmasını önermiştir. Kişilerin tolerasyonuna göre, günde en az 2 seans (üst sınır olmaksızın) ve seans başına 10 dakikadan fazla olmamak kaydıyla yapılan mobilizasyon uygulama-

ların inme sonrası bağımsızlık kazanma şansını arttırabileceğini bildirmişlerdir.

Bir başka çalışmada, Chippala, AVERT'den sonra modellenen çok erken mobilizasyon protokolü kullanmıştır [46]. Standart bakıma ek olarak, inme başlangıcından ilk 24 saat sonra başlamak üzere, 7 gün boyunca, günde en az 2 kez, 5-30 dakikalık yatak dışı aktiviteler kullanılmıştır. Primer sonuç ölçütü olarak, ortalama 12. saatte mobilize edilen erken mobilizasyon grubunda, Barthel İndeksinde anlamlı derecede iyileşme gösterilmiştir. Küçük örneklem büyüklüğü ve 7 günlük kısa bir müdahalenin varlığının çalışmanın limitasyonlarından.

Hayvan modellerinde indüklenen inme sonrası ilk 24 saatte başlayan eğitimin, 1-5. günler arasında başlayanlara göre kötü kognisyon, kötü nörolojik fonksiyon ve ekstremiteler hareketlerinin iyileşmesinde yavaşlama ile sonuçlandığı gösterilmiştir [47]. Erken mobilizasyona başlangıç zamanlamasının, sonuçları etkileyebileceğini gösteren kanıtlarla, hastaların ilk 24 saat içinde mobilize edilmesine dikkatli yaklaşılmalıdır. İlk 24 saat sonrasındaki mobilizasyonlar daha güvenilir gibi görünse de pozisyon değişikliği ve aktivitelere cevaben hemodinamik ve fizyolojik tepkilerin dışında nörolojik durumun da dikkatli bir şekilde izlenerek vaka bazında ele alınması gerekmektedir.

9. ERKEN MOBİLİZASYON İÇİN GÜVENLİK KRİTERLERİ

Erken mobilizasyon uygulamalarının planlanmasında güvenlik kriterlerinin oluşturulması oldukça önem arz etmektedir. Ancak mevcut kılavuzlarda tedavinin başlangıcını ve progresyonunu yönlendiren ve ihtiyaç duyulan kriterlerle ilgili açık bir bilgi yer almamaktadır. Aşağıda yer alan durumlar literatürdeki çalışmaların dahil edilme ve dışlanma kriterleri göz önüne alınarak derlenmiştir [48].

- Servis izlemindeki ilk saatlerde erken kötüleşmesi olan bireyler,
- Sekonder intraserebral hemorajiye ait belirtileri, akut koroner sendromu ya da şiddetli kalp yetmezliği olan bireyler,
- Acil ameliyat gerektiren durumdaki bireyler,
- Eş zamanlı hızla ilerleyen bir hastalık teşhisi olan bireyler (terminal kanser gibi),
- Şüphelenilen ya da teşhisi konmuş alt ekstremiteler kırığı olan bireyler,
- Stabil olmayan fizyolojik durumda olan bireyler;
- Sistolik kan basıncının <90 mm Hg veya >200 mm Hg olması,

- Ortalama arteriyel basıncın <60 mm Hg ve >110 mm Hg olması,
 - Oksijen saturasyonunun <90% olması,
 - Solunum frekansının dakikada <5 veya >40 atım olması,
 - Dinlenme kalp hızının dakikada <40 ya da >130 atım olması,
 - Ateşin >38,5 oC olması
 - Mekanik ventilasyon parametrelerinin $FiO_2 > 0.6$ ve/veya PEEP > 10 cm H₂O olması,
- erken mobilizasyon programlarına dahil edilmemelidir.

10. SONUÇ

Erken mobilizasyon uygulamalarının fonksiyonel düzelme ve bağımsızlık düzeylerine olumlu etkisi son yıllarda giderek artan sayıda araştırmada gösterilmiştir. Ancak mobilizasyonun ne zaman ve ne kadar uygulanacağı hali hazırda klinisyenin deneyimi, hastanın stabilitesi ve kliniğine göre değişmekle birlikte, inme sonrası kritik dönem olan ilk 24 saate dikkat edilmelidir. Kanıta dayalı modern tıp uygulamaları ve standardizasyon için bu konuda yapılacak ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Bonita, R., *Epidemiology of stroke*. The Lancet, 1992. 339(8789): p. 342-344.
2. Bernhardt, J., B. Indredavik, and P. Langhorne, *When should rehabilitation begin after stroke?* International Journal of Stroke, 2013. 8(1): p. 5-7.
3. Trialists' Collaboration, S.U., *Organised inpatient (stroke unit) care for stroke*. Cochrane Database Syst Rev, 2007. 4(4).
4. Coleman, E.R., et al., *Early Rehabilitation After Stroke: a Narrative Review*. Current atherosclerosis reports, 2017. 19(12): p. 59.
5. Özdemir, A. and Ö.G.İ. Dağılımı, *Dünyada ve Türkiye'de santral sinir sisteminin damarsal hastalıkları*. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri, 2011: p. 17-20.
6. Ay, H., Dalkara T. *İskemik penubra ve terapötik zaman aralığını etkileyen faktörler*. Serebrovasküler Hastalıklar. 1st ed. Ankara: Gunes Tıp Kitapevleri, 2009: p. 29-36.
7. Lo, E.H., M.A. Moskowitz, and T.P. Jacobs, *Exciting, radical, suicidal: how brain cells die after stroke*. Stroke, 2005. 36(2): p. 189-192.
8. Sale, A., N. Berardi, and L. Maffei, *Enrich the environment to empower the brain*. Trends in neurosciences, 2009. 32(4): p. 233-239.
9. Gerloff, C., et al., *Multimodal imaging of brain reorganization in motor areas of the contralesional hemisphere of well recovered patients after capsular stroke*. Brain, 2005. 129(3): p. 791-808.

10. Alia, C., et al., *Neuroplastic changes following brain ischemia and their contribution to stroke recovery: novel approaches in neurorehabilitation*. Frontiers in cellular neuroscience, 2017. 11: p. 76.
11. Nudo, R.J., *Mechanisms for recovery of motor function following cortical damage*. Current opinion in neurobiology, 2006. 16(6): p. 638-644.
12. Dijkhuizen, R.M., et al., *Functional magnetic resonance imaging of reorganization in rat brain after stroke*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2001. 98(22): p. 12766-12771.
13. Stroemer, R.P., T.A. Kent, and C.E. Hulsebosch, *Neocortical neural sprouting, synaptogenesis, and behavioral recovery after neocortical infarction in rats*. Stroke, 1995. 26(11): p. 2135-2144.
14. Carmichael, S.T., *Cellular and molecular mechanisms of neural repair after stroke: making waves*. Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society, 2006. 59(5): p. 735-742.
15. Wei, L., et al., *Collateral growth and angiogenesis around cortical stroke*. Stroke, 2001. 32(9): p. 2179-2184.
16. Kojima, T., et al., *Subventricular zone-derived neural progenitor cells migrate along a blood vessel scaffold toward the post-stroke striatum*. Stem cells, 2010. 28(3): p. 545-554.
17. Ernfors, P., et al., *Molecular cloning and neurotrophic activities of a protein with structural similarities to nerve growth factor: developmental and topographical expression in the brain*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 1990. 87(14): p. 5454-5458.
18. Kleim, J.A., et al., *BDNF val66met polymorphism is associated with modified experience-dependent plasticity in human motor cortex*. Nature neuroscience, 2006. 9(6): p. 735.
19. Lusardi, T.A., et al., *Ischemic preconditioning regulates expression of microRNAs and a predicted target, MeCP2, in mouse cortex*. Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism, 2010. 30(4): p. 744-756.
20. Bernhardt, J., et al., *Early Mobilization After Stroke*. Stroke, 2015. 46(4): p. 1141-1146.
21. Indredavik, B., et al., *Benefit of a stroke unit: a randomized controlled trial*. Stroke, 1991. 22(8): p. 1026-1031.
22. Langhorne, P., J. Bernhardt, and G. Kwakkel, *Stroke rehabilitation*. The Lancet, 2011. 377(9778): p. 1693-1702.
23. Langhorne, P. and A. Pollock, *What are the components of effective stroke unit care? Age and ageing*, 2002. 31(5): p. 365-371.
24. Ivey, F.M., C.E. Hafer-Macko, and R.F. Macko, *Exercise rehabilitation after stroke*. NeuroRx, 2006. 3(4): p. 439-450.
25. Braus, D.F., J.K. Krauss, and J. Strobel, *The shoulder-hand syndrome after stroke: a prospective clinical trial*. Annals of neurology, 1994. 36(5): p. 728-733.
26. Allen, C., P. Glasziou, and C. Del Mar, *Bed rest: a potentially harmful treatment needing more careful evaluation*. The Lancet, 1999. 354(9186): p. 1229-1233.
27. Johansson, B.B., *Brain plasticity and stroke rehabilitation*. Stroke, 2000. 31(1): p. 223-230.
28. Murphy, T.H. and D. Corbett, *Plasticity during stroke recovery: from synapse to behaviour*. Nature Reviews Neuroscience, 2009. 10(12): p. 861-872.
29. Egan, K.J., et al., *Exercise reduces infarct volume and facilitates neurobehavioral recovery: results from a systematic review and meta-analysis of exercise in experimental models of focal ischemia*. Neurorehabilitation and neural repair, 2014. 28(8): p. 800-812.
30. Memezawa, H., et al., *Ischemic penumbra in a model of reversible middle cerebral artery occlusion in the rat*. Experimental Brain Research, 1992. 89(1): p. 67-78.
31. Christoforidis, G.A., et al., *Angiographic assessment of pial collaterals as a prognostic indicator following intra-arterial thrombolysis for acute ischemic stroke*. American Journal of Neuroradiology, 2005. 26(7): p. 1789-1797.
32. Olavarria, V.V., et al., *Head position and cerebral blood flow velocity in acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis*. Cerebrovascular Diseases, 2014. 37(6): p. 401-408.
33. Aries, M.J., et al., *Cerebral blood flow velocity changes during upright positioning in bed after acute stroke: an observational study*. BMJ open, 2013. 3(8): p. e002960.
34. Nozoe, M., et al., *Heart Rate Variability During Early Mobilization in Patients with Acute Ischemic Stroke*. European neurology, 2018. 80(1-2): p. 50-54.
35. Herisson, F., et al., *Early sitting in ischemic stroke patients (SEVEL): A randomized controlled trial*. PloS one, 2016. 11(3): p. e0149466.
36. Olkowski, B.F. and S.O. Shah, *Early mobilization in the neuro-ICU: how far can we go?* Neurocritical care, 2017. 27(1): p. 141-150.
37. Baltz, M., et al., *Tolerance of a tilt table protocol in an in-patient stroke unit setting: A pilot study*. Journal of neurologic physical therapy: JNPT, 2013. 37(1): p. 9.
38. Kuznetsov, A.N., et al., *Early poststroke rehabilitation using a robotic tilt-table stepper and functional electrical stimulation*. Stroke research and treatment, 2013. 2013.
39. Jauch, E., et al., *American Heart Association Stroke Council; Council on Cardiovascular Nursing; Council on Peripheral Vascular Disease; Council on Clinical Cardiology. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association*. Stroke, 2013. 44(3): p. 870-947.
40. Hanekom, S., et al., *The development of a clinical management algorithm for early physical activity and mobilization of critically ill patients: synthesis of evidence and expert opinion and its translation into practice*. Clinical rehabilitation, 2011. 25(9): p. 771-787.
41. Perme, C. and R. Chandrashekar, *Early mobility and walking program for patients in intensive care units: creating a standard of care*. American Journal of Critical Care, 2009. 18(3): p. 212-221.
42. Sundseth, A., B. Thommessen, and O.M. Rønning, *Outcome After Mobilization Within 24 Hours of Acute Stroke*. Stroke, 2012. 43(9): p. 2389-2394.
43. Bernhardt, J., et al., *Efficacy and safety of very early mobilisation within 24 h of stroke onset (AVERT): a randomised controlled trial*. Lancet, 2015. 386(9988): p. 46-55.
44. Langhorne, P., et al., *A Very Early Rehabilitation Trial after stroke (AVERT): a Phase III, multicentre, randomised controlled trial*. Health Technology Assessment (Winchester, England), 2017. 21(54): p. 1.
45. Bernhardt, J., et al., *Prespecified dose-response analysis for a very early rehabilitation trial (AVERT)*. Neurology,

2016. 86(23): p. 2138-2145.
46. Chippala, P. and R. Sharma, *Effect of very early mobilisation on functional status in patients with acute stroke: a single-blind, randomized controlled trial*. Clinical rehabilitation, 2016. 30(7): p. 669-675.
 47. Schmidt, A., et al., *Meta-analysis of the efficacy of different training strategies in animal models of ischemic stroke*. Stroke, 2014. 45(1): p. 239-247.
 48. Conceição, T.M.A.d., et al., *Safety criteria to start early mobilization in intensive care units. Systematic review*. Revista Brasileira de terapia intensiva, 2017. 29(4): p. 509-519.

Fizyoterapist Bakış Açısıyla Diyagnostik Ultrason

Diagnostic Ultrasound from a Physiotherapist Perspective

Uzm Fzt Esra DÜLGER

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi Ve Rehabilitasyon Bölümü

E-mail: esradulger@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Diyagnostik ultrason 1950'lerde ortaya çıkışından itibaren anatomik görüntüleme, kan akımı ölçümü ve tıbbın neredeyse tüm alanlarında kendine yer bulmuş olan bir uygulamadır. Ultrason cihazları daha küçük, daha ucuz ve daha kolay kullanılabilir hale geldikçe farklı disiplinlerdeki hekimler tarafından kullanımı da giderek yaygınlaşmıştır. Rehabilitatif ultrason ise fizyoterapistlerin ultrasonu tanı amacı gütmeksizin, değerlendirme ve geri bildirim amacıyla kullanmasını kapsar. Bu objektif, kullanımı kolay ve ucuz metod fizyoterapistler tarafından kullanılmalı ve fizyoterapi bilimi için daha yaygın hale getirilmelidir.

Anahtar kelimeler: ultrason, fizyoterapi, geri bildirim

ABSTRACT

Diagnostic ultrasound has took part in almost every field of medicine like anatomical screening and blood flow measurement since 1950's. It became more popular among different majors since the devices gets smaller, cheaper and easy to use. Rehabilitative ultrasound includes physiotherapists to use it for assessment and feedback without diagnostic purpose. This objective, easy to use and cheap method should be used by physiotherapists and it should become more widespread in physiotherapy science.

Keywords: ultrasound, physiotherapy, feedback

1. GİRİŞ

Diyagnostik ultrason, Dünya Sağlık Örgütü'nün 1998 yılında yayınladığı bir teknik raporda "hekimlerin ve ilgili sağlık profesyonellerinin tanı amaçlı kullanabileceği bir yöntem" olarak tanımlanmıştır. Yardımcı sağlık profesyonelleri dahilinde radyoloji teknikleri, ebeler ve hemşireler tanımlanmıştır.

Ultrason jinekolojide, karaciğer, safra kesesi, pankreas, dalak ve böbrekle ilgili hastalıkların tanısında, skrotal içeriklerin, mesanenin ve prostata incelenmesinde kullanılmaktadır. Son yıllarda özellikle kas iskelet sisteminde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır.

Ultrasonografinin hastada veya uygulayıcıda herhangi bir zararlı biyolojik etkisi bildirilmemiştir. World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology (WFUMB) üretilen cihazların frekans aralıklarını sabitleyerek güvenliği konusunda önlem almıştır.

Ultrason, medikal amaçlarla 50'li yıllardan itibaren kullanılmaya başlansa da rehabilitasyon biliminde kullanımı 80'li yıllarda Oxford Üniversitesi'nde Dr. Archie Young'un araştırma

takımında fizyoterapistlerin de yer almasıyla başlamıştır (1). Ardından büyük kas gruplarıyla ilgili çalışmalar yapılmış fakat yöntem çok pahalı bulunduğu için sürdürülmemiştir. Fizyoterapistler arasında ultrasonun tekrar gündeme gelmesi Hides ve arkadaşlarının lumbal multifidustaki atrofiyi ultrason ile görüntülemeleri (ağır ve hafif seviyede ve tarafta), ardından ağrı geçtikten sonra iyileşmenin otomatik olmadığı ve ilerleyen dönemdeki rekürrensi azaltmak için özel egzersiz programlarının gerektiğini ifade eden çalışmalarından köken alır. Ek olarak bu çalışmalar ultrasonun sağladığı geri bildirim ile yeniden öğrenme sürecinin fasilite edilebileceği ifade edilmiştir (2-4).

2. GENEL BİLGİLER

2006 yılında ilk kez diyagnostik ultrasonun fizyoterapistler tarafından kullanımı ile ilgili uluslararası bir toplantı düzenlenmiş ve bu toplantıya Avusturya, Kanada, İngiltere, İrlanda, Norveç ve Amerika'dan 13 üniversite katılmıştır. Bu sempozyumun amacı ultrasonun abdominal, pelvik ve paraspinal kaslardaki kullanımı için uygulama prensipleri geliştirmek ve ultrasonun fizyoterapist-

ler tarafından kullanımı için uluslararası ve ortak bir araştırma gündemi oluşturmak olarak ifade edilmiş ve ilk kez rehabilitatif ultrasonografi (RUSG) terimi tanımlanmıştır (5).

RUSG, "fizyoterapist tarafından kas ve ilgili yumuşak doku morfolojisi ve fonksiyonunun, egzersiz veya fiziksel bir görev esnasında değerlendirilmesi ve nöromusküler fonksiyonu geliştirmek için planlanan terapötik müdahalelerin uygulamasını desteklemek için kullanılan bir yöntem" olarak tanımlanmıştır (6).

Rehabilitatif ultrasonografi ile, "kas morfolojisi (kas uzunluğu, derinliği, çapı, kesitsel alanı, volümü, pennasyon açıları ve davranışı), kontraksiyon, doku hareketi ve deformasyon sonucu morfolojide oluşan değişimler ve bu değişimlerin komşu yapılara olan etkisi, kas dokusu yoğunluğunun nitel değerlendirmesi" mümkündür (8).

Diyagnostik ultrason ise ligament, tendon ve kas dokusuna hastalık veya yaralanmanın etkilerini inceler ve RUSG den daha farklı beceri ve eğitim gerektirir.

3. SES DALGASI YAYILIMININ TEMEL PRENSİPLERİ

3.1. Sesin fiziksel özellikleri

Ultrason, insan kulağının duyabileceği üst limit olan 20bin Hz den daha yüksek frekansa sahip

ses dalgasıdır. Görüntülemeye (1-20) MHz. arasındaki ses dalgaları kullanılır (7)

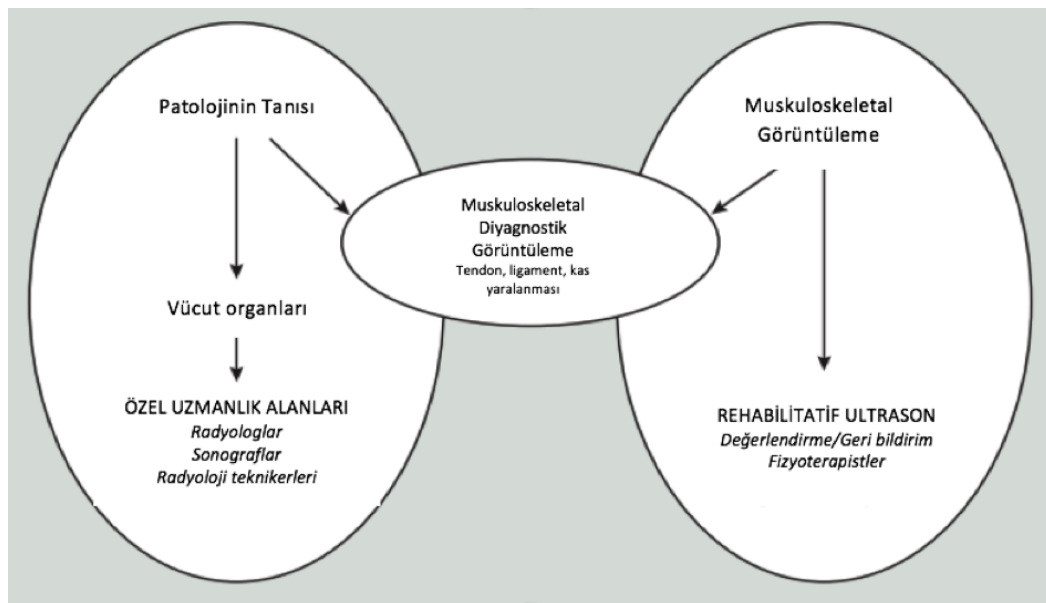
Ultrason dalgaları, partiküllerin titreşimiyle hareket eden mekanik dalgalardır. Ses kaynağı osilatör titreşimler yayarak ortamdaki partikülleri etkiler. Bu partiküller de komşu partikülleri etkiler ve etkileşim devam eder. Bu durum dalga yayılması olarak adlandırılır. Ses dalgasının ne kadar uzağa yayılacağı ve bir ekonun-yansımanın oluşup oluşmama durumu, ses kaynağının gücü, medyanın içerdiği sesin sayısı, şekli ve özellikleriyle ilgilidir. Bu durumlar penetrasyon ve atenuasyon prensipleriyle özetlenebilir (9).

3.2. Penetrasyon

Penetrasyon sesin hareket edebilme yeteneğini ifade eder ve ses dalgasının yoğunluk, frekans ve hızından etkilenir. Bir ultrason dalgasının yoğunluğu bir alana iletilen enerji seviyesini ifade eder; ve ultrason transduserinin toplam güç çıkışı (W), alanın bölünerek (cm²) elde edilir ve mW/cm² şeklinde ifade edilir.

US dalgasının yoğunluğu arttıkça penetre edebileceği derinlik, oluşturabileceği yansımanın kuvveti ve meydana getirebileceği potansiyel biyolojik etkiler de artar.

Frekans, dalganın 1 saniyede oluşturduğu osilasyonlardır ve hertz cinsinden ifade edilir. Sesin frekansı arttıkça ses dalgası daha az yayılma gösterir.



Şekil 1. Medikal ultrason görüntülemenin alanları (7)

Genel kural olarak frekans ne kadar düşükse ses dalgaları o kadar uzaga penetre olur. Sesin yumusak dokuda ortalama hızı suyla benzer (1485-1526 m/s) olarak 1540 m/s dir. Yağ dokusu yumusak dokudan daha az serttir. Bu sebeple yağ dousunda ses daha yavas hareket eder (1450 m/s). Kasta ses dalgası daha hızlı yayılır (1585 m/s and 3500m/s) (10)

3.3. Atenuasyon

Bir US dalgası yayıldıkça doku yoğunluğundaki değişimlerle karşılaşır. Her bir dokunun akustik empedans adı verilen sese karşı karakteristik bir direnci mevcuttur. Bu değer ortamın yoğunluğuna ve sesin geçebileceği hıza bağlıdır (9).

Farklı empedanstaki her bir arayüzde US dalgası enerji kaybeder. Sonuç olarak ses içerisindeki enerji kaybolana kadar penetre olur ve bu fenomen atenuasyon olarak adlandırılır ve yansıma, dağılma kırılma ve absorbsiyon esnasında gerçekleşir. Bir ses dalgası bir ara yüze girdiği zaman, yansıma olarak geri dönen kısmı görüntü elde etmede temel oluşturur. Yansımanın kuvveti, ortama, yüzeyin sertliğine, ses dalgasının geliş açısına ve ara yüzü oluşturan ortamların empedans farkına bağlıdır.

Atenuasyon, penetrasyonu limitler ve sonuç olarak da elde edilecek görüntünün derinliğini etkiler. Atenuasyon ve frekans arasında direkt bir ilişki vardır: bir US dalgasının frekansı arttıkça penetrasyonu yüzeyelleşir. Bunun tam aksine, atenuasyon arttıkça, yansıma ve dolayısıyla daha detaylı rezolüsyon yani daha ayrıntılı görüntü elde edilir. Sonuç olarak, tercih edilecek frekans görüntülenmek istenen alanın derinliğine dayanacaktır. 7.5-10.0 MHz gibi yüksek frekanslar, yüzeyel yapıları

(yüzeyel kaslar, ligament ve tendonlar) incelemek için uygunken, 3.5-5.0 MHz, daha derindeki yapılar(derin kaslar, mesane ve abdominal, pelvik komponentler) için uygundur.

Artefakt; Ultrason cihazları görüntüleri bir çok varsayım üzerine elde eder. Bunların bir kaçı; sesin düz bir sütun halinde hareket eder, ekonun amplitüdü karşılaştığı objenin yansıma ya da dağılma özellikleriyle direkt ilgilidir ve sesin dokularda hareket ettiği hız sabit bir 1540 m/s'dir. Bu varsayımlardan herhangi biri bozulursa yanlış anatomik görüntü açığa çıkar. Bu yanlışlıklar artefakt olarak adlandırılır ve aynı zamanda uygun olmayan uygunsuz ekipman ve görüntüleme tekniğinin de sonucu olabilir.

3.4. Ekipman

Ultrason cihazı temelde belli aralıklarla ses dalgası gönderen transducer (veya prob) ve görüntüleme sisteminde oluşan bir cihazdır. Görüntüleme sistemi probdan gelen elektrik sinyalleri işleyerek onları görüntü haline getirir. Transducer ya da prob; ses dalgaları üretir, ekoları alır ve bunları elektrik sinyallerine dönüştürür. Linear prob kare görüntü verir. Yüzeyel ve küçük bölgelerin görüntülenmesinde kullanılır. Konveks prob ise özellikle derin abdominal yapıların görüntülenmesinde kullanılır.

4. FİZYOTERAPİDE KULLANIM AMACI VE TEKNİKLER

B-Mode Ultrasonografi: B-mode (brightness- parlaklık modu) görüntülenen bölgenin karakteristikleri hakkında bilgi verir. Şekil, boyut,



Şekil 2. Arayüz farkının belirgin olarak görüldüğü kemik ve kas. Bu iki dokuda empedans farkının yüksek olmasının yanı sıra kemik ses dalgasının büyük bir kısmını sönmölüyor ve derin yapıların görülmesini engelliyor (7).

kompozisyon; dinlenmedeki durum ve komşu yapılarla olan ilişkisi; kas söz konusu olduğunda ise kasılma ile oluşan davranışı değerlendirmeye olanak sağlar. Bu özelliklerinden dolayı klinik rehabilitasyon sonuçlarına katkı sağlamakta ve tedavi müdahalesi sonrası kasın davranışı hakkında geri bildirim vermektedir. B- mode US ile; Uzunluk, derinlik, kesitsel alan gibi kas parametreleri değerlendirilebilir. Yaşlanma ve diğer faktörlere bağlı kas dejenerasyonu da değerlendirilebilmektedir (8).

Kas dejenerasyonu, su miktarında azalma, yağ ve fibröz içeriğin artmasıyla ilişkili olup daha büyük ekojenite ve kas kontürü, pennat paterni ve tendonunun sınırlarının kaybolmasıyla gözlenir. Dejenerasyonla ilişkili değişimlerin değerlendirilmesinde her ne kadar MRI altın standard olsa da servikal ve lumbal multifidus, rektus abdominis ve rotator cuff kaslarında B-mode US ile yapılan çalışmalar bildirilmiştir (11, 12). B-mode US'nin gerçek zamanlı oluşu, hastaya ve fizyoterapistte kontraksiyonu ve kontraksiyonun çevre dokulara olan etkisini direkt olarak izleme şansı verir. Fizyoterapistte, motor kontrol bozukluklarındaki ayrıntıları hastaya gösterme imkanı tanır. Geniş kapsamlı bir geri bildirim ve performans değerlendirmesi sağlar.

M-Mode Ultrasonografi: M mode (motion-hareket modu) US ile transducerin orta noktasından süregelen bir görüntü şeklinde bilgi toplar. M-mode yakın bir zamana kadar miyokardın ve kalp dalgalarının değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Endurans veya izometrik eğitim gibi farklı egzersiz uygulamaları sonrası sporcular ve sağlıklı bireylerin miyokardlarında fonksiyonel ve morfolojik değişiklikleri değerlendirmek için kullanılmıştır. Aynı zamanda diyafragma ekskursiyonu ve paralizisinin değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır (7).

Elastografi: Internal ve eksternal mekanik kuvvetlere yanıt olarak doku hareketini ölçmek için transdusere dokudan geri dönen yansımalarından üretilen elektrik sinyallerinin yeniden işlenmesi mümkündür. Elastografi ilk olarak palpasyonu zor veya gözden kaçırılabilir dokulardaki tümörleri saptamak için kullanılmıştır (tiroid, meme, karaciğer gibi). Elastografinin kas iskelet sistemine yönelik uygulamaları, gerilim, kompresyon, akupunktur iğnesi yoluyla manipülasyon gibi external mekanik girdilere yanıt olarak oluşan yer değiştirme ve gerilmeyi ölçmeyi içerir. Elastografi tekniği rehabilitatif amaçlarla kullanımı pek yaygın olmasa da kas ve çevresindeki konnektif dokunun biyomekanik özelliklerinin saptanması için potansiyel barındırmaktadır. Elastografi görüntüleri doğrudan doku elastitesini yansıtmaz ancak dokunun yer değiştirmesini ve gerilimi yansıtır. Lokal doku stresi hesaplanarak lokal doku sertliği hari-

tası oluşturulabilir. Dokunun haritalanması internal ve eksternal değişimlere verilen yanıtın değerlendirilmesine imkan sağladığı için doku davranışının anlaşılması için umut vadetmektedir (13, 14).

5. AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Ultrason, MR ve BT gibi diğer görüntüleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında çözünürlük açısından daha az gelişmiş gibi dursa da güvenli, ucuz, ulaşılabilir ve taşınabilir olması ve kasın statik ve dinamik durumlarını değerlendirmeye açık olması avantajlarını oluşturur. MR ile karşılaştırıldığında kas ve yağ dokusu değerlendirmesinde kıyaslanabilir durumdadır (8).

Aynı zamanda değerlendirme ve gözlemin eş zamanlı oluşu fizyoterapist ve hastaya geri bildirim olanağı sağlar. Objektif bir yöntem olması ile tedavi etkinliğinin ölçülmesinde güvenilir sonuçlar verir.

Ultrasonun uygulamadaki en büyük dezavantajı büyük oranda kullanıcıya bağımlı olmasıdır. Ancak; bu dezavantaj, ulaşılabilirlik ve uygulanabilirliğinin artırılarak klinik tecrübe kazanılması ile aşılabilir.

6. SONUÇ

Rehabilitatif ultrason, son yıllarda gerek cihazların ucuzlaması ve yaygınlaşması gerekse fizyoterapi bilimi için ucuz, görece ulaşılabilir ve objektif bir yöntem olması sebebiyle giderek yaygınlaşmaktadır. Fizyoterapistlerin bu alanda kendini kanıtlaması, tecrübe ve birikimi ile var olması, hem değerlendirme hem de geri bildirim açısından fizyoterapistin tedavi etkinliğine olumlu yönde katkıda bulunacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. Stokes M, Young A. Measurement of quadriceps cross-sectional area by ultrasonography: a description of the technique and its applications in physiotherapy. *Physiotherapy practice*. 1986;2(1):31-6.
2. Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine*. 2001;26(11):e243-e8.
3. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus Muscle Recovery Is Not Automatic After Resolution of Acute, First-Episode Low Back Pain. *Spine*. 1996;21(23):2763-9.
4. Hides J, Stokes M, Saide M, Jull G, Cooper D. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine*. 1994;19(2):165-72.
5. Teyhen D, Koppenhaver S. Rehabilitative ultrasound imaging. *Journal of physiotherapy*. 2011;57(3):196.
6. Teyhen DS. Rehabilitative ultrasound imaging: the

- roadmap ahead. JOSPT, Inc. JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA 22134-1540; 2007.
7. Teyhen D. Rehabilitative Ultrasound Imaging Symposium, May 8-10, 2006, San Antonio, Texas. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2006;36(8):A-1-A-17.
 8. Whittaker JL, Teyhen DS, Elliott JM, Cook K, Langevin HM, Dahl HH, et al. Rehabilitative ultrasound imaging: understanding the technology and its applications. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2007;37(8):434-49.
 9. Kremkau F. *Diagnostic ultrasound: Principles and instruments* WB Saunders Company. Philadelphia, PA. 2002.
 10. Michlovitz SL. *Thermal agents in rehabilitation*: Davis Publications; 1990.
 11. Campbell SE, Adler R, Sofka CM. Ultrasound of muscle abnormalities. *Ultrasound quarterly*. 2005;21(2):87-94.
 12. Tsubahara A, Chino N, Akaboshi K, Okajima Y, Takahashi H. Age-related changes of water and fat content in muscles estimated by magnetic resonance (MR) imaging. *Disability and rehabilitation*. 1995;17(6):298-304.
 13. Gennisson J-L, Catheline S, Chaffai S, Fink M. Transient elastography in anisotropic medium: application to the measurement of slow and fast shear wave speeds in muscles. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2003;114(1):536-41.
 14. Han L, Noble JA, Burcher M. A novel ultrasound indentation system for measuring biomechanical properties of in vivo soft tissue. *Ultrasound in medicine & biology*. 2003;29(6):813-23.

Spinal Kord Yaralanmalarında Rehabilitasyon: Elektrik Stimulasyonu Uygulamaları

Rehabilitation in Spinal Cord Injuries: Electrical Stimulation Applications

Uz. Fzt. Hatice ÇETİN¹, Uz. Fzt. Barış ÇETİN¹, Yar.Doç.Dr. Ceren YARAR-FISHER²

¹Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

²University of Alabama at Birmingham, Department of Physical Medicine and Rehabilitation

E-mail: haticebitirim@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Spinal kord yaralanmaları foramen magnumdan cauda equinaya kadar uzanan omuriliğin herhangi bir kes, zorlama veya kontüzyonu sonucu yaralanmasıdır. Spinal kord yaralanmalı hastalar için gelecekte kök hücre tedavileri, epidural stimulasyon ve ekzoskeletonlar gibi yeni tedavi girişimleri büyük bir potansiyele sahip olacaktır. Bu tedavi yöntemleri genellikle günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlığı artırmak için fonksiyon kaybını kompanse etmeye odaklandığı için, kas iskelet sistemini korumaya yönelik rehabilitasyon yaklaşımları yeni tedavi yaklaşımlarının avantajlarından faydalanılması konusunda kritik rol oynamaktadır. Kas kuvvetinin ve enduransın geliştirilmesi, kardiyovasküler enduransın artırılması, mitokondriyal biyogenezisi ve oksidatif fosforilasyonu sağlamak için elektrik stimülasyonu spinal kord yaralanmalı hastaların rehabilitasyonunda önemli yer tutmaktadır.

Anahtar kelimeler: spinal kord yaralanmaları, rehabilitasyon, elektrik stimülasyonu

ABSTRACT

Rehabilitation in Spinal Cord Injuries: Electrical Stimulation Modalities

Spinal cord injuries occur as a result of any incision, forcing, or contusion of the spinal cord extending from foramen magnum to the cauda equina. New treatment interventions such as stem cell treatments, epidural stimulation and exoskeletons will have great potential for patients with spinal cord injuries in the future. Rehabilitation approaches to protect the musculoskeletal system play a critical role in exploiting the advantages of new treatment approaches, as these treatment methods usually focus on compensating for loss of function to increase independence in daily living activities. Electrical stimulation is important for the rehabilitation of patients with spinal cord injury to improve muscle strength and endurance, increase cardiovascular endurance, mitochondrial biogenesis and oxidative phosphorylation.

Keywords: spinal cord injuries, rehabilitation, electric stimulation

1. GİRİŞ

Spinal kord yaralanmaları (SKY), foramen magnumdan cauda equinaya kadar uzanan omuriliğin herhangi bir kes, zorlama veya kontüzyonu sonucu yaralanmasıdır. SKY'li hastaların tedavisinde son yıllarda önemli gelişmeler gözlenmektedir. Kök hücre tedavileri, epidural stimulasyon ve ekzoskeletonlar gibi yeni tedavi girişimleri büyük bir potansiyele sahiptir. Çoğu SKY'li hasta kas-iskelet sistemi hasara uğraması ya da kasların korunamaması nedeniyle yeni tedavi girişimlerinin avantajlarından yararlanamayabilir veya tedavi yöntemleri etkili olmayabilir. Bu tedavi yöntemleri genellikle günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlığı artırmak için fonksiyon kaybını kompanse etmeye odaklanmakta ve kas iskelet sistemi ihmal edilmektedir. Bu nedenle kas iskelet sistemini korumaya yönelik rehabilitasyon yaklaşımları, yeni tedavi yaklaşımlarının avantajlarından

faydalanılması konusunda kritik rol oynamaktadır. Elektrik stimulasyonu, kas iskelet sistemini korumaya yönelik önemli fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımlarından biridir. Kas kuvvetinin artırılması, enduransın geliştirilmesi, bası yaralarının azaltılması, mesane fonksiyonlarının geliştirilmesi, kardiyovasküler enduransın artırılması, mitokondriyal biyogenezisi ve oksidatif fosforilasyonu sağlamak gibi çeşitli amaçlarla kullanılarak, SKY'li hastaların fizyoterapi ve rehabilitasyonunda önemli yer tutmaktadır.

2. SPİNAL KORD YARALANMALARI NEDİR?

Spinal kord yaralanmaları (SKY), foramen magnumdan cauda equinaya kadar uzanan omuriliğin herhangi bir kes, zorlama veya kontüzyonu sonucu yaralanmasıdır. SKY'nin dünyada görülen

en çok nedenleri arasında trafik kazaları, ateşli silah yaralanmaları, bıçak yaralanmaları, düşmeler ve spor yaralanmaları yer almaktadır (1). Her yıl, dünya genelinde yaklaşık 40 milyon kişi spinal kord yaralanması geçirmektedir. Bu kişilerin çoğunluğunu yaşları 20 ile 35 arasında değişen erkekler oluşturunurken, %1'ini çocuklar oluşturmaktadır (2). Yaralanma sonrası, spinal kord tarafından gerçekleştirilen fonksiyonlarda yaralanma seviyesine göre kayıplar meydana gelmektedir ve hastalar arasında ciddi özür problemlerine neden olmaktadır (3).

SKY'li hastalarda fonksiyonel seviye, yaralanma seviyesine bağlı olduğu kadar yaralanmanın komplet veya inkomplet olmasına bağlı olarak da değişiklik göstermektedir. Komplet yaralanma motor ve duyu fonksiyonlarının tamamen kaybedilmesi anlamına gelmektedir. İnkomplet yaralanma ise nörolojik seviyenin altında ve alt sakral bölgelerde duysal ve motor fonksiyonların kısmen korunması olarak tanımlanmaktadır (4).

3. SKY'NİN NÖROPATOLOJİSİ

Spinal kordun herhangi bir şekilde yaralanması sonucunda "primer yaralanma" adı verilen nörolojik hasar başlamaktadır. Bu mekanik yaralanma, birkaç dakika ya da birkaç hafta nörolojik hasara devam edecek olan "sekonder yaralanma" olarak adlandırılan bir dizi biyolojik olaylara sebep olur. Sonuç olarak da yaralanmayı takiben günler ya da aylar sonra ortaya çıkabilen, üst merkezleri de içeren nörolojik bozukluklara yol açabilen "kronik faz" süreci meydana gelir (5).

Spinal kord dokusunun yaralanmasını takiben çeşitli biyokimyasal mekanizmalarda değişiklikler meydana gelir (6);

Vasküler değişiklikler- hematoma, vazospazm, tromboz, otonöregülasyon kaybı, kan beyin bariyerinin bozulması ve inflammatuar hücrelerin infiltrasyonu meydana gelir. Bu da ödem, nekroz ve iskele miye neden olmaktadır.

Serbest radikal oluşumu ve lipid peroksidasyonu- spinal korddaki nöronlarda oksidatif ölüm meydana gelir, omurilik kan akışı azalır ve tekrar ödem ve inflammatuar cevap açığa çıkar. Serbest radikaller hücre membranındaki çoklu doymamış yağ asidi ile reaksiyona girerek sellüler ve subsellüler organel membranlardaki normal fosfolipid mimosininin bozulmasına ve peroksidasyonuna yol açar. Ayrıca lipid peroksidasyonu, ATPaz (Na^+ K^+) gibi temel metabolik enzimlerin işlevini bozan aldehyt ürünlerinin oluşumuna neden olur. Bu enzim aktivitesi nöronal eksitabilite açısından kritiktir ve enzim aktivitesindeki bozulma nöronal fonksiyon

kaybına yol açar ve sonucunda dokuda erimeye yol açabilir.

K^+ , Na^+ , Ca^{2+} -iyonik dengenin bozulması- hücre membranında depolarizasyona yol açar, intrasellüler Ca^{2+} miktarı artar ve sonucunda hücre ölümü gerçekleşir.

Glutamat eksitotoksitesi- SKY'yi takiben glutamat adı verilen ekstrasellüler aminoasit salınımı artar, bu durum da daha çok nöronal hücre ölümüne sebep olan glutamat reseptörlerinin aktivasyonuna yol açar.

Apoptozis- çeşitli gelişimsel veya travmatik yaralanmalar da dahil hastalık durumlarında programlı hücre ölümünün gerçekleşmesidir. SKY'yi takiben de apoptozis varlığıyla ilgili güçlü morfolojik ve biyokimyasal kanıtlar vardır. Nöron, oligodendrosit, mikroglia ve astrosit gruplarında apoptozis meydana gelir. Beyaz madde traktuslarındaki oligodendrositlerin ölümü haftalarca sürebilir ve yaralanma sonrası demiyelinizasyon sürecine de neden olabilir. SKY sonrası apoptozise neden olan medyatörler tam anlaşılmasına rağmen, mikroglialar ve ölen oligodendrositler arasında yakın bir ilişki bulunmuştur. Bu da mikroglial aktivasyonunun etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Inflammatuar yanıtlar- travmayı takiben mikroglialar aktif hale gelirken, lökositler fazla miktarda sitokinler ve reaktif oksijen salınımına başlar. Bu durum lökositlerin daha fazla salınımına ve daha fazla doku hasarına yol açar. Bununla birlikte, inflamasyonun nöral doku rejenerasyonunda önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar için temel anlaşılması gereken nokta, nörodejenerasyonu minimize edip aksonal rejenerasyonu artırmak için, sinir sistemi ve immün sistem arasındaki ilişkinin nasıl kontrol edileceğini öğrenmektir. Örneğin, TNF-, IL-1 ve IL-6 gibi inflammatuarların yaralanmadan 4 gün sonra, makrofaj infiltrasyonu, mikroglia aktivasyonu ve doku kaybını azalttığı belirtilirken, yaralanmadan 1 gün sonra ise bu maddelerin doku kaybını artırdığı belirtilmiştir. Bu nedenle, inflammatuar yanıtların zamanlaması, inflammatuar yanıtın yapıcı mı yoksa yıkıcı mı olacağının belirlenmesinde kritik rol oynayabilir.

Moleküler değişiklikler- yaralanma sonrası miyelinli aksonların yıkımı ve oligodendrosit hücrelerinin ölümü çok sayıda miyelin enfazına sebep olur. bunlardan en çok bilineni **Nogo-A** proteindir. Nogo-A nöron membranındaki reseptöre bağlandığında büyümeyi ve gelişmeyi inhibe eden bir membran proteindir. Bir diğer molekül olan **miyelinle-ilişkili glikoprotein**, beyaz madde rejenerasyonunun en güçlü inhibitörlerindenidir. **Proteoglikanlar** da SKY sonrası inhibitör profil sergileyen sekonder molekül grubudur (6).

4. SKY SONRASI NÖROPLASTİSİTE

Plastisite kelime anlamı olarak “şekil verilen” ve “değiştirilebilen” anlamına gelmektedir. Merkezi sinir sistemi de yaşam boyu plastisite yeteneğine yüksek oranda sahip olan bir yapıdır. İnsan ve hayvan modellerinde, öğrenme süreci, beceri kazanımı, nöronal reorganizasyon ve sinaptik oluşumlar gerçekleştiği belirtilmiştir. SKY’li bireylerde de benzer şekilde kortikal reorganizasyon gerçekleşmektedir. Örneğin; nucleus ruber (red nükleus) kol ve ayak kontrolünden sorumlu anatomik bölgedir. SKY sonrası sağ ve sol red nükleus arası yeni nöral yolların oluştuğu belirtilmiştir. Ayrıca nükleus cuneatusdaki duyu liflerinde aksonal fizilenmelerin olduğu bunun da somatosensoriyal kortekste ayak temsili alanın tekrar aktive olduğu da belirtilmiştir (7).

Nöral plastisitenin arkasındaki spesifik biyolojik mekanizmalar hala kesin olmamasına rağmen, plastisitenin sağlanmasında güçlü kanıt mekanizması eksitator sinapslarda GABAerjik inhibisyonun ortadan kaldırılmasıdır. GABA, beyindeki en önemli inhibitör nörotransmitterdir ve GABAerjik nöronlar motor kortekste, nöronal popülasyonun %25-30’unu oluşturmaktadır (8). GABA nörotransmitterinin kortikal reorganizasyonda önemli rol oynadığı, GABAerjik intrakortikal inhibitör döngünün azaldığı çalışmalarda belirtilmiştir (9, 10). Bu sonuçlar, SKY sonrası kortikal plastisitenin anlaşılması açısından yardımcı olabilir.

5. REHABİLİTASYONUNDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

SKY’li hastaların tedavi süreci, genellikle hastanın maksimum fonksiyonel potansiyelinin açığa çıkarılması hedeflenerek, kişinin yaralanma seviyesinin ve fonksiyonel kapasitesinin belirlenmesi, buna göre problem listesinin oluşturulması ve uygun tedavilerin tanımlanmasını içerir.

5.1. Elektrik stimulasyonu

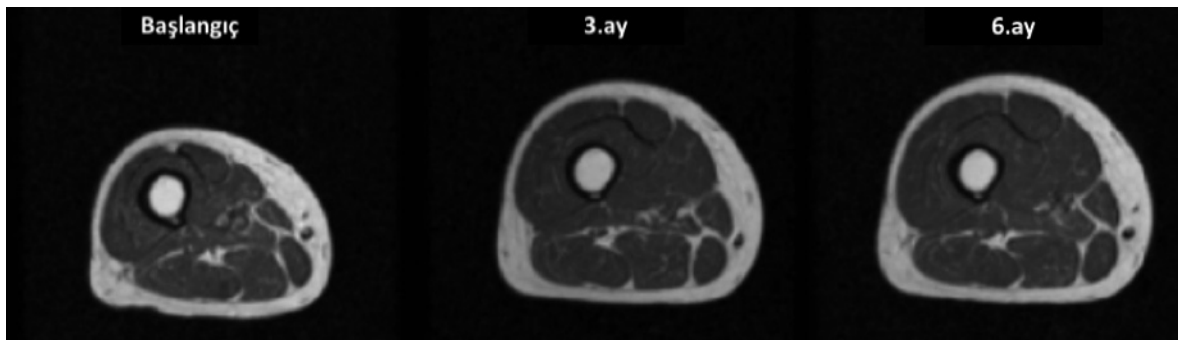
SKY’li hastalarda elektrik stimulasyonu terapik ve fonksiyonel çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Derin ven trombozunun (11) ve basınç yaralarının önlenmesi (12), paralize olan kaslarda kuvvetin ve kas kütlesinin artırılması (13), alt ekstremitte kaslarının enduransının geliştirilmesi (14) ve mitokondriyal biyogenezisi ve oksidatif fosforilasyonu sağlamak amacıyla tedavi programında yer almaktadır.

5.1.1. Nöromusküler Elektrik Stimulasyonu (NMES)

SKY’li hastaların tedavisinde son yıllarda önemli gelişmeler gözlenmektedir. Kök hücre tedavileri, epidural stimulasyon ve ekzoskeletonlar gibi yeni tedavi girişimleri büyük bir potansiyele sahiptir. Çoğu SKY’li hasta kas-iskelet sisteminde yoğun kütleli kas kaybı nedeniyle yeni tedavi girişimlerinin avantajlarından yararlanamayabilir veya tedavi yöntemleri etkili olmayabilir. Bu tedavi yöntemleri genellikle günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlığı artırmak için fonksiyon kaybını kompanse etmeye odaklanmakta ve kas iskelet sistemi ihmal edilmektedir (15). Bu nedenle kas iskelet sistemini korumaya yönelik rehabilitasyon yaklaşımları, yeni tedavi yaklaşımlarının avantajlarından faydalanılması konusunda kritik rol oynamaktadır.

Kuvvetlendirme eğitimi

NMES kas iskelet sistemi fonksiyonunun korunması ve geliştirilmesi açısından önemli bir yere sahiptir. 1999 yılında Gary A. Dudley, SKY’li hastaların tedavisinde NMES ile birlikte ilerleyici dirençli egzersizlerini kullanarak 8 hafta haftada 2 gün gibi kısa bir sürede bile, quadriceps femoris kasındaki atrofiyi engellediğini belirtmiştir (16). Daha sonrasında yapılan çalışmalarda ise, Manyetik Rezonans Görüntüleme ölçümlerinde quadriceps femoris kasının enine kesit alanında %35 artma ve kas mitokondriyal kapasitesinde %25 artma gözlemlendiği belirtilmiştir (17, 18) (Şekil 1).



Şekil 1: Temsili bir katılımcının quadriceps kas grubunun boyutundaki değişim (17)

Tablo 1: Dudley eğitim protokolü (15)

Seans	Tekrar	Set	Yükleme	Akım (mA)	Eklem hareketi
1.	1 set için 10 tekrar	4	0	70-200	90°ye kadar (en az 10°)
2.	1 set için 10 tekrar	4	0	70-200	90°ye kadar (en az 10°)
Haftalık	1 set için 10 tekrar	4	1 kg eklenir; önceki 2 seans- ta 40 tekrar başarılı şekilde tamamladıysa	70-200	90°ye kadar (en az 10°)
Son	1 set için 10 tekrar	4	Maksimum 9.1 kg	70-200	90°ye kadar (en az 10°)

İlk kez 1999 yılında yayınlanan Dudley protokolünün amacı katılımcıların, oturma pozisyonunda quadriceps femoris kasının 4 set olmak üzere 10 dinamik kontraksiyon yapmalarını sağlamaktır. Elektrik stimülasyonu 2 elektrodun (7.6 x 12.7 cm) vastus lateralisin proksimaline ve vastus medialisin distaline yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Her kontraksiyon için stimülasyon parametreleri; bifazik akım, 30-35 Hz ve 400-600 µsn şeklindedir. Eğitim sırasında tam diz ekstansiyonu açığa çıkarılması hedeflenerek (70-200 mA) akım artırılır ve diz ekstansiyonundan sonra ise hızla azaltılır (3-5 saniye içinde). Eğitim programında ilerleme protokolü Tablo 1'de gösterilmiştir.

SKY'li hastalarda paralizisi tablosu sonrası, iskelet kaslarında hızlı bir şekilde değişiklik meydana gelir. Kas boyutunun azalması, intramusküler yağ oranının da artmasına neden olur (19). Yapılan çalışmalarda kas boyutunun azalmasının ve intramusküler yağ oranının artmasıyla glikoz intoleransı, diabetes mellitus /metabolik sendrom, dislipidemi, kardiyovasküler hastalıklar ve osteoporoz gibi kronik hastalıklar arasında yakın bir ilişki olduğu belirtilmiştir (20-22). İskelet kaslarının oksidatif kapasitesinde azalmaya sebep olduğu farklı ölçüm yöntemleriyle gösterilmiştir (23, 24). Ayrıca paralizisi sonrasında elektrik stimülasyonuna cevap olarak kasta artmış yorgunluk gözlenir.

Nöromusküler elektrik stimülasyonu, SKY'li hastaların tedavisinde adaptif cevapların geliştirilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. NMES'nin iskelet kaslarında hipertrofi ve intramusküler yağ oranının azalmasını (15) sağladığı ayrıca in-vivo olarak iskelet kasın oksidatif kapasitesinde önemli gelişmelere yol açtığı belirtilmiştir (25). Sağlıklı kişilere kıyasla, bu gelişmeler önemli olmasına rağmen, iskelet kasın oksidatif kapasitesinin geliştirilmesi için yetersiz olduğu söylenebilir.

Endurans eğitimi

SKY'li hastaların tedavisinde NMES endurans eğitimi amacıyla kullanılmak istenildiğinde, elekt-

rik stimülasyonu farklı parametrelerde kullanılmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalarda endurans eğitimi için NMES atım ve geçiş süreleri 200-50 µsn, quadriceps femoris kasına uygulanarak kullanılmaktadır. Tedavi programında frekans 2 Hz'den 7 Hz'e, tedavi süresi 10 dakikadan 75 dakikaya, haftalık uygulama sıklığı ise 3 günden 5 güne şeklinde artırılarak ilerletilmektedir. Bir çalışmada 16 hafta uygulanırken, diğer bir vaka çalışmasında ise 24 hafta boyunca uygulanmaktadır (26, 27). Twitch kontraksiyonların iskelet kasında metabolik değişiklikler gösterdiği belirtilmiştir (26). SKY'li hastalarda, twitch kontraksiyonlar kullanılarak 16 hafta NMES endurans eğitimi protokolü uygulanan bir çalışmada, iskelet kasında oksidatif kapasitenin arttığı belirtilmiştir (27).

Bası yaraları için kullanılan Elektrik Stimülasyonu uygulamaları

Tekerlekli sandalye kullanan SKY'li hastalarda deriyle ilişkili sekonder problemler, özellikle de bası yaraları yaygın görülen bir problemdir. Bası yaraları tipik olarak sakrum ve tuberositas ischii gibi kemik çıkıntılar üzerine uzun süre basınç uygulanması sonucu hücre deformasyonu ile sonuçlanan, dokunun kanlanması ve oksijenlenmesini engelleyerek doku iskemisine ve nekroza sebep olur (28). Şekil 2'de bası yaralarının oluşumunda etkili intrinsik ve ekstrinsik faktörler belirtilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, ES ile kas aktivasyonu sağlanarak bası yarasına sebep olabilecek risk faktörleri azaltılabilir. ES ile birlikte paralize olan kasların aktivasyonu, oturma basıncını düşürebilir ve intrinsik faktörleri pozitif yönde etkileyebilir. Yapılan bir çalışmada, bifazik akım (50 Hz) kullanılarak, amplitüdün 1 saniye uyarı, 4 saniye dinlenme şeklinde (amplitüd maksimum 5-10 mA) düzenlenerek uygulanan ES' nin basınç haritalama sistemiyle ölçülerek tuberositas ischii üzerindeki basıncın azaldığı, kan akışının ve oksijenlenmenin arttığı belirtilmiştir (29). Başka bir çalışmada da bu sonucu destekleyecek şekilde maksimum oturma



Şekil 2: SKY’da bası yaralarının oluşma mekanizması (29).

basıncının azaldığı belirtilmiştir (30). Bir derleme çalışmasında ise bası yaralarının kapanmasını hızlandırılmasında ES’ nin etkili bir tedavi yöntemi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (31).

5.1.2. Fonksiyonel elektrik stimulasyonu

Üst ekstremité FES uygulamaları

Tetraplejisi olan SKY’li hastalarda, üst ekstremité fonksiyon limitasyonlarına bağlı günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştiremezler. El fonksiyonlarının tekrar kazandırılması SKY’li hastaların tedavisinde öncelikli amaçlardandır. FES dahil olmak üzere rehabilitasyon mühendisliğindeki gelişmeler, istenilen el fonksiyonunun kazanılmasına ve hareketliliğin artırılmasına yardımcı olabilir (32).

Bir derleme çalışmasında (33), FES veya FES ile birlikte konvansiyonel tedavi uygulanan ve üst ekstremité motor kontrol ve fonksiyonel gelişmelerin değerlendirildiği 5 çalışmaya yer verilmiştir (34-38) (Tablo 1).

Alt ekstremité FES uygulamaları

Alt ekstremité kaslarının elektrik stimulasyonu ile uyarılması, torakal SKY’li bireylerde, ayakta durabilmeyi, bireysel mobilite düzeyini artırılmasını, yaşam kalitesini ve genel sağlığın geliştirilmesini sağlamaktadır. İnkomplet yaralanmalı bireylerde ise yürüme performansı geliştirilebilir (12).

SKY’li hastalarda limitli aerobik kapasite, artmış kardiyovasküler açıdan risk teşkil etmektedir. Bu limitli aerobik kapasite, SKY seviyesi ve derecesiyle ilişkilidir. Özellikle T6 seviyesi ve üzeri yaralanmalı

bireylerde miyokardiyal yüklenme ve kontraktibilitesinin azalmasına ve bu durum da kalp hacminin ve debinin azalmasına yol açar (22). Ayrıca bu bireylerde viseral vaskülarizasyonun da zayıf olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte alt ekstremitelerde aktif-kas venöz pompasında da yetersizlik, venöz dönüşü ve kardiyak debiyi azaltır; sonuçta kan, alt ekstremitelerde birikir ve egzersiz sırasında kanın aktif kaslara redistribüsyonunda problem meydana getirir (39). Kardiyak debisi azalan bu hastalarda, bisiklet veya kol ergometresiyle uygulanan FES uygulamasının maksimum O₂ hacmini artırmada etkili olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (40, 41). Bir çalışmada SKY’li hastalar (i)kol ergometresi grubu, (ii) kol ergometresine ek olarak alt ekstremité FES grubu (FES hibrit grubu) ve (iii) kol ergometresine ek olarak alt ekstremité izometrik kontraksiyonlarla birlikte uygulanan FES grubu (FES izometrik hibrit grubu) şeklinde üç gruba ayrılarak çalıştırılmıştır. Hastaları SKY seviyesi T6’nın üzeri olan hastaları SKY-üst seviye ve T6’nın altı olan hastaları SKY-alt seviye olacak şekilde kendi içlerinde ayırmışlardır. SKY-alt seviye olan hasta grubunda, yapılan uygulamalar arasında bir fark gözlenmemesine rağmen; SKY-üst seviye olan hasta grubunda FES izometrik hibrit uygulamasının maksimum O₂ hacmini, sadece kol ergometresine göre daha çok arttırdığı, FES izometrik hibrit uygulamasıyla FES hibrit uygulaması arasında bir fark olmadığı belirtilmiştir (42). Bu nedenle kol ergometresinin, alt ekstremité FES uygulamasına kombine olarak uygulanmasının maksimum O₂ hacmini artırması açısından daha etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 1: Tedavi karakteristikleri, değerlendirme parametreleri ve sonuçlar

Çalışma	Toplam süre	Tedavi sıklığı	Tedavi süresi	Değerlendirme yöntemleri	Sonuçlar ve tartışma
Popovic ve ark. (34)	8 hafta	10 saat/ hafta	2 saat	FIM (kendine bakım) -ÜE alt skoru, TRI-HFT (0-7)	FES, konvansiyonel ÜE tedavisine kıyasla, özür seviyesinde önemli ölçüde azalma ve istemli kavramada gelişme sağlamıştır.
Kapadia ve ark. (35)	13-16 hafta	39 saat	*	TRI-HFT, GRASSP, FIM ve SCIM (kendine bakım); manuel kas testi	FES uygulamasıyla kronik inkomplet tetraplejili bireylerde, istemli el fonksiyonlarında büyük gelişmeler gözlenmiştir.
Thorsen ve ark. (36)	12 seans	*	2 saat	ARAT	FES'in terapatik bir araç olduğu kadar yardımcı bir araç olduğu belirtilmiştir.
Rohm ve ark. (37)	6 ay	2-3 kez/ hafta	30-45 dakika	GRT, GYA (kraker yeme, belge imzalama, dondurma yeme)	FES ve semi-aktif ortezleri bir arada bulunduran Hibrid FES sistemleri, el ve parmak fonksiyonlarının restorasyonu açısından kullanılması mümkündür.
Memberg ve ark.(38)	*	*	*	Çatalla yemek yemede başarı; burnu silme, dişleri fırçalamada yardıma ihtiyaç durumu	Herhangi bir problemle karşılaşmadığı, fakat bir katılımcının birkaç günlük yaşam aktivitelerini başarabilmesine rağmen, spastisite nedeniyle mobil kol desteğine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

* Belirtilmemiş, FIM: Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği, ÜE: Üst ekstremité, TRI-HFT: Toronto Rehabilitasyon Enstitüsü El Fonksiyon Testi, GRASSP: Graded Redefined Assessment of Strength, Sensitivity and Prehension, SCIM: Spinal Kord Bağımsızlık Ölçeği, ARAT: Action Research Arm Test, GRT: Kavrama-bırakma testi, GYA: Günlük Yaşam Aktiviteleri, FES: Fonksiyonel Elektrik Stimulasyonu

İnkomplet kronik SKY'li hastaların FES yardımcı yürüme ve aerobik/dirençli egzersiz (kontrol) eğitim gruplarına ayrılarak randomize kontrollü yapılan bir çalışmada, iki gruptaki bireylerin katılımında pozitif yönde gelişmeler olmasının yanı sıra, mobilite açısından FES grubunda kontrol grubuna göre daha çok gelişmeler gözlenmiştir (43). Bunun nedeninin kontrol grubundaki çalışmaya katılımı bırakan bireylerin FES grubuna göre daha fazla olması olabilir diye yorumlanmıştır ve ileride daha çok çalışmalar yapılması gerekliliği belirtilmiştir.

Mesane kontrolü için FES uygulamaları

Alt üriner sistem idrarın depolanması ve boşaltılması işlevini görür. SKY'yi takiben üst motor nöron lezyonu nedeniyle sakral sinir köklerinin hasarı sonucu, istemli kontrolde kayıplar meydana gelir ve alt üriner sistem hiperrefleksif hale gelir. İnkontinans, mesanede depolanan düşük hacimli idrarın detrusör kasının aşırı refleksif kasılmaları sonucunda ortaya çıkmaktadır. Eksternal *üretral sfinkter*, *detrusör-sfinkter* dissinerjisi açığa çıkararak işleme sırasında üretrada basınç arttıkça detrusör kasının kontraksiyonuyla eş zamanlı olarak refleksif kasılabilir. İnkoordine refleks ve yüksek mesane basıncı böbrek fonksiyonlarında bozulmalara yol açan inkontinans, idrar yapmada problem ve üretral reflüye neden olabilir. Sonuç olarak, mesane kont-

rol kaybı, SKY'li hastaların yaşam kalitesini ciddi yönde etkilemektedir (44). SKY'li hastalar ayakta durma ve yürümenin de ötesinde, tedavisini istedikleri öncelik sıralamasında mesane fonksiyonlarını belirtmektedir (32).

FES, mesane aktivasyonu ve üretral sfinkter inhibisyonu ile alt üriner sistem fonksiyonun geri kazanımını sağlar. Brindley yaklaşımı, mesane fonksiyonu için klinik olarak yaygın kullanılan ilk FES sistemidir (45). Bu yaklaşım, sakral köklerde motor afferentleri uyarak mesane kontraksiyonu sağlar. Sıvı akışının engellenmesinde eksternal üretral sfinkter ve detrusör kasının ko-kontraksiyonu önlemek için, tekrarlı stimülasyonlarla uyarılır. Her atımdan sonra çizgili eksternal üretral sfinkter kasları hızlı gevşerken, düz kas olan mesane kası daha yavaş gevşer; bu şekilde mesane basıncı korur ve idrar akışına neden olacak bir basınç oluşturur. Bu sistem binlerce SKY'li hastanın tedavisinde kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, istenmeyen mesane ve üretral refleksleri ortadan kaldırmak için dorsal rizotomi işleminin uygulanması gerekir. Bu yöntem, cinsel ve bağırsak fonksiyonlarını etkileyen istenen refleksleri ortadan kaldıracığı için SKY'li bireyler tarafından bu tedavi yönteminin kabul edilebilirliğini azaltabilir (46).

Fonksiyonel Elektrik Stimulasyonu için Kontrendikasyonlar (43)

- Kalp pili
- Hedeflenen kas bölgelerinde deri lezyonları veya kızarıklıklar
- FES uygulanacak bölgelerde Grade 3-4 bası yaraları
- Kontrol edilemeyen hipertansiyon
- Otonomik disrefleksi
- 15 dakikanın üzerinde ayakta durma sonucu gelişen ortostatik hipotansiyon

6. SONUÇ

SKY'li hastaların rehabilitasyonunda her geçen gün kök hücre tedavisi, robotik tedaviler, epidural stimulasyonlar gibi yeni gelişmeler olmaktadır. Bu tedavi yöntemleri genellikle günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlığı artırmak için fonksiyon kaybını kompanse etmeye odaklanmakta ve kas iskelet sistemi ihmal edilmektedir. SKY'li hastaların kas-iskelet sisteminin fonksiyonel kapasitesi korunmaması nedeniyle, SKY'li hastalar ileride bu yeni tedavi girişimlerinin avantajlarından yararlanamayabilir veya tedavi yöntemleri etkili olmayabilir. Bu nedenle kas iskelet sistemini korumaya yönelik rehabilitasyon yaklaşımları, yeni tedavi yaklaşımlarının avantajlarından faydalanılması konusunda kritik rol oynamaktadır. Özellikle fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında yaygın olarak kullanılan elektroterapi uygulamalarına SKY'li hastaların tedavi programında da önemli bir yer verilmelidir.

7. TEŞEKKÜR

Spinal kord yaralanmalı bireylerin fizyoterapi ve rehabilitasyonunu, yurt dışı deneyimleme konusunda büyük yardımları olan Prof. Dr. Ayşe Karaduman'a, akademik bilgi ve tecrübelerini bizimle paylaşan ve uygulamalı şekilde öğrenmemize katkı sağlayan Yar. Doç. Dr. Ceren Yazar-Fisher'a saygılarımızı ve teşekkürlerimizi iletiriz.

KAYNAKLAR

1. Yip PK, Malaspina A. Spinal cord trauma and the molecular point of no return. *Molecular neurodegeneration*. 2012;7(1):6.
2. Mahan ST, Mooney DP, Karlin LI, Hresko MT. Multiple level injuries in pediatric spinal trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2009;67(3):537-42.
3. Nas K, Yazmalar L, Şah V, Aydın A, Öneş K. Rehabilitation of spinal cord injuries. *World journal of orthopedics*. 2015;6(1):8.
4. Gibson KL. Caring for a patient who lives with a spinal cord injury. *Nursing* 2016. 2003;33(7):36-42.
5. Cramer SC, Lastra L, Lacourse MG, Cohen MJ. Brain motor system function after chronic, complete spinal cord injury. *Brain*. 2005;128(Pt 12):2941-50.
6. Silva NA, Sousa N, Reis RL, Salgado AJ. From basics to clinical: a comprehensive review on spinal cord injury. *Progress in neurobiology*. 2014;114:25-57.
7. Jain N, Catania KC, Kaas JH. Deactivation and reactivation of somatosensory cortex after dorsal spinal cord injury. *Nature*. 1997;386(6624):495-8.
8. Jones EG. GABAergic neurons and their role in cortical plasticity in primates. *Cereb Cortex*. 1993;3(5):361-72.
9. Jacobs KM, Donoghue JP. Reshaping the cortical motor map by unmasking latent intracortical connections. *Science*. 1991;251(4996):944-7.
10. Roy FD, Zewdie ET, Gorassini MA. Short-interval intracortical inhibition with incomplete spinal cord injury. *Clin Neurophysiol*. 2011;122(7):1387-95.
11. Merli G, Crabbe S, Paluzzi R, Fritz D. Etiology, incidence, and prevention of deep vein thrombosis in acute spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1993;74(11):1199-205.
12. Creasey GH, Ho CH, Triolo RJ, Gater DR, DiMarco AF, Bogie KM, et al. Clinical applications of electrical stimulation after spinal cord injury. Taylor & Francis; 2004.
13. Scremin AE, Kurta L, Gentili A, Wiseman B, Perell K, Kunkel C, et al. Increasing muscle mass in spinal cord injured persons with a functional electrical stimulation exercise program. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1999;80(12):1531-6.
14. Braz GP, Russold MF, Fornusek C, Hamzaid NA, Smith RM, Davis GM. Cardiorespiratory and Muscle Metabolic Responses During Conventional Versus Motion Sensor-Assisted Strategies for Functional Electrical Stimulation Standing After Spinal Cord Injury. *Artificial organs*. 2015;39(10):855-62.
15. Bickel CS, Yazar-Fisher C, Mahoney ET, McCully KK. Neuromuscular Electrical Stimulation-Induced Resistance Training After SCI: A Review of the Dudley Protocol. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*. 2015;21(4):294-302.
16. Dudley G, Castro M, Rogers S, Apple Jr D. A simple means of increasing muscle size after spinal cord injury: a pilot study. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1999;80(4):394-6.
17. Ryan TE, Brizendine JT, Backus D, McCully KK. Electrically induced resistance training in individuals with motor complete spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2013;94(11):2166-73.
18. Mahoney ET, Bickel CS, Elder C, Black C, Slade JM, Apple D, et al. Changes in skeletal muscle size and glucose tolerance with electrically stimulated resistance training in subjects with chronic spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2005;86(7):1502-4.
19. Gorgey A, Dudley G. Skeletal muscle atrophy and increased intramuscular fat after incomplete spinal cord injury. *Spinal cord*. 2007;45(4):304-9.
20. Elder C, Apple D, Bickel C, Meyer R, Dudley G. Intramuscular fat and glucose tolerance after spinal cord injury—a cross-sectional study. *Spinal Cord*. 2004;42(12):711-6.
21. Bauman WA, Spungen AM. Invited Review Carbohydrate And Lipid Metabolism In Chronic Spinal Cord Injury.

- ry. The journal of spinal cord medicine. 2001;24(4):266-77.
22. Bauman W, Spungen A. Coronary heart disease in individuals with spinal cord injury: assessment of risk factors. *Spinal Cord*. 2008;46(7):466-76.
23. McCully KK, Mulcahy TK, Ryan TE, Zhao Q. Skeletal muscle metabolism in individuals with spinal cord injury. *Journal of Applied Physiology*. 2011;111(1):143-8.
24. Erickson ML, Ryan TE, Young H-J, McCully KK. Near-infrared assessments of skeletal muscle oxidative capacity in persons with spinal cord injury. *European journal of applied physiology*. 2013;113(9):2275-83.
25. Gorgey AS, Shepherd C. Skeletal muscle hypertrophy and decreased intramuscular fat after unilateral resistance training in spinal cord injury: case report. *The journal of spinal cord medicine*. 2010;33(1):90-5.
26. Ryan TE, Erickson ML, Young H-J, McCully KK. Case report: endurance electrical stimulation training improves skeletal muscle oxidative capacity in chronic spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2013;94(12):2559-61.
27. Erickson ML, Ryan TE, Backus D, McCully KK. Endurance neuromuscular electrical stimulation training improves skeletal muscle oxidative capacity in individuals with motor-complete spinal cord injury. *Muscle & nerve*. 2017;55(5):669-75.
28. Smit CA, de Groot S, Stolwijk-Swuste JM, Janssen TW. Effects of Electrical Stimulation on Risk Factors for Developing Pressure Ulcers in People with a Spinal Cord Injury: A Focused Review of Literature. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2016;95(7):535-52.
29. Smit C, Zwinkels M, Van Dijk T, De Groot S, Stolwijk-Swuste J, Janssen T. Gluteal blood flow and oxygenation during electrical stimulation-induced muscle activation versus pressure relief movements in wheelchair users with a spinal cord injury. *Spinal cord*. 2013;51(9):694-9.
30. Dolbow D, Gorgey A, Dolbow J, Gater D. Seat pressure changes after eight weeks of functional electrical stimulation cycling: a pilot study. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*. 2013;19(3):222-8.
31. Lala D, Spaulding SJ, Burke SM, Houghton PE. Electrical stimulation therapy for the treatment of pressure ulcers in individuals with spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *International wound journal*. 2016;13(6):1214-26.
32. Anderson KD. Targeting recovery: priorities of the spinal cord-injured population. *Journal of neurotrauma*. 2004;21(10):1371-83.
33. Patil S, Raza WA, Jamil F, Caley R, O'Connor RJ. Functional electrical stimulation for the upper limb in tetraplegic spinal cord injury: a systematic review. *Journal of medical engineering & technology*. 2015;39(7):419-23.
34. Popovic MR, Kapadia N, Zivanovic V, Furlan JC, Craven BC, McGillivray C. Functional electrical stimulation therapy of voluntary grasping versus only conventional rehabilitation for patients with subacute incomplete tetraplegia: a randomized clinical trial. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2011;25(5):433-42.
35. Kapadia N, Zivanovic V, Popovic M. Restoring voluntary grasping function in individuals with incomplete chronic spinal cord injury: pilot study. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*. 2013;19(4):279-87.
36. Thorsen R, Dalla Costa D, Chiaramonte S, Binda L, Beghi E, Redaelli T, et al. A noninvasive neuroprosthesis augments hand grasp force in individuals with cervical spinal cord injury: The functional and therapeutic effects. *The Scientific World Journal*. 2013;2013.
37. Rohm M, Schneiders M, Müller C, Kreiling A, Kaiser V, Müller-Putz GR, et al. Hybrid brain-computer interfaces and hybrid neuroprostheses for restoration of upper limb functions in individuals with high-level spinal cord injury. *Artificial intelligence in medicine*. 2013;59(2):133-42.
38. Memberg WD, Polasek KH, Hart RL, Bryden AM, Kilgore KL, Nemunaitis GA, et al. Implanted neuroprosthesis for restoring arm and hand function in people with high level tetraplegia. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2014;95(6):1201-11. e1.
39. Krassioukov A, Claydon VE. The clinical problems in cardiovascular control following spinal cord injury: an overview. *Progress in brain research*. 2006;152:223-9.
40. Hettinga DM, Andrews BJ. Oxygen consumption during functional electrical stimulation-assisted exercise in persons with spinal cord injury. *Sports medicine*. 2008;38(10):825-38.
41. Verellen J, Vanlandewijck Y, Andrews B, Wheeler GD. Cardiorespiratory responses during arm ergometry, functional electrical stimulation cycling, and two hybrid exercise conditions in spinal cord injured. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2007;2(2):127-32.
42. Brurak B, Tørhaug T, Karlsen T, Leivseth G, Helgerud J, Hoff J. Effect of lower extremity functional electrical stimulation pulsed isometric contractions on arm cycling peak oxygen uptake in spinal cord injured individuals. *Journal of rehabilitation medicine*. 2013;45(3):254-9.
43. Hitzig S, Craven B, Panjwani A, Kapadia N, Giangregorio L, Richards K, et al. Randomized trial of functional electrical stimulation therapy for walking in incomplete spinal cord injury: effects on quality of life and community participation. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*. 2013;19(4):245-58.
44. Ho CH, Triolo RJ, Elias AL, Kilgore KL, DiMarco AF, Boggie K, et al. Functional electrical stimulation and spinal cord injury. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 2014;25(3):631-54.
45. Brindley G. An implant to empty the bladder or close the urethra. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1977;40(4):358-69.
46. Sanders PM, IJzerman MJ, Roach MJ, Gustafson KJ. Patient preferences for next generation neural prostheses to restore bladder function. *Spinal Cord*. 2011;49(1):113-9.

Protez Kullananlarda Kognitif Düzey ve Yürüyüş

Cognitive Level and Gait in Individuals with Prosthesis

Uzm. Fzt. Elif KIRDI

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye.

E-mail: elifkaragul@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Alt ekstremité amputasyonu, vücut yapı ve fonksiyonlarında önemli değişikliklerle sonuçlanan, bireyin yaşam kalitesini, sosyal ve mesleki yaşantısını tamamen etkileyen major bir travmadır. Vücut parçasının anatomik olarak kaybının yanı sıra amputasyon nedenine bağlı olarak komorbiditeler ve eşlik eden yaralanmalar da yaşam kalitesini tehdit etmektedir. Amputasyonu olan bireylerde sıklıkla ihmal edilen bir diğer komorbidite ise kognitif bozukluklardır. Amputasyonu olan bireylerin kognitif durumları sağlıklı bireylere göre daha kötüdür ve amputasyon yaşının artması nedeniyle kognitif bozukluk riski artmaktadır. Kognitif bozukluklar, ampute rehabilitasyonunu güçleştirmekte ve yürüyüşü olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle ampute rehabilitasyonunda kognitif düzey değerlendirilmeli ve rehabilitasyon sürecinde kognitif durumu geliştirmeye yönelik egzersizler eklenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Ampute, ampute rehabilitasyonu, kognitif, yürüyüş

ABSTRACT

Lower extremity amputation is a major trauma that completely affects the quality of life, social and professional life of the individual, resulting in significant changes in body structure and function. In addition to the anatomical loss of the body part, comorbidities and associated injuries also threaten the quality of life due to the cause of amputation. Another comorbidity that is frequently neglected in individuals with amputation is cognitive impairment. The cognitive status of individuals with amputation is worse than that of healthy individuals and the risk of cognitive impairment increases because of the increased age of amputation. Cognitive disorders make amputee rehabilitation difficult and negatively affect gait. For this reason, cognitive level should be assessed in amputee rehabilitation and during rehabilitation exercises to improve cognitive status should be added.

Keywords: Amputee, amputee rehabilitation, cognitive, gait

1. GİRİŞ

Başarılı bir lokomasyon için gerekli en temel üç parametre; progresyon, postural kontrol ve adaptasyon olarak tanımlanmaktadır. Progresyon; vücudun istenilen yönde hareketini meydana getiren ve alt ekstremiteler ile gövdenin ritmik kas aktivasyonunu sağlayan en temel lokomotor patern olarak tanımlanmakla birlikte aynı zamanda istemli hareketin başlatılması ve sona erdirilmesini de içermektedir. Postural kontrol, lokomasyon için uygun postürün oluşturulması ve sürdürülmesi ile hareket eden vücudun dinamik stabilitesini kapsamaktadır. Dinamik stabilite, yer reaksiyon kuvvetine karşı postürün korunmasının yanı sıra aynı zamanda beklenmeyen kuvvetlere karşı vücudun stabil kalmasını da sağlamaktadır. Üçüncü parametre ise yürüyüşün adaptasyonudur. Adaptasyon, amaca yönelik ve çevresel faktörlere yürüyüşün

uyumlandırılabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (1). Simetrik alterne yürüyüş paterni, bipedal yürüyüş için dinamik stabilitesinin iyi olması ve minimal kontrol ihtiyacının bulunması sayesinde en çok tercih edilen yürüyüş biçimi olmuştur (2).

2. YÜRÜYÜŞÜN NÖRAL KONTROLÜ

Lokomasyonun nöral kontrolünü belirlemek amacıyla yapılan ilk çalışmaların 1800'lü yılların sonlarına doğru Sherrington ve Mott tarafından yapıldığı belirlenmiştir. Hayvanlar üzerinde yapılan bu çalışmalarda, üst merkezlerin kontrolünü ortadan kaldırmak amacıyla spinal kolon hasarı oluşturulmuş ve alt ekstremitelerin alterne hareket paternine devam ettiği bildirilmiştir (3, 4). Daha sonra birçok çalışma da bu bulguları desteklemiş ve hareketin devam etmesine Graham Brown tara-

findan tanımlanan santral patern jeneratörlerinin yol açtığı düşünülmüştür. Santral patern jeneratörleri, spinal düzeyde hareketin kontrolünü sağlamaktadır ve alt ekstremitelerde ritmik fleksör ve ekstansör aktivite oluşumundan sorumludur (5, 6). Yürüyüşün spinal kontrolünün yanı sıra serebellum da yürüyüşün modülasyonunda önemli bir yere sahiptir. Dorsal ve ventral

spinocerebellar traktus, kaslardan ve santral patern jeneratörleri ile ilgili spinal nöronlardan gelen afferent bilgiyi serebelluma taşımaktadır. Serebellumun diğer bir fonksiyonu ise yürüyüşün otomatikliğinin sağlanmasıdır. Serebellumun medial bölgesi somatosensoryal, görsel ve vestibuler sistemlerden gelen bilgileri alır ve değerlendirir. Orta serebellar bölge, ekstremitelerden gelen somatosensoryal bilgi sayesinde yürüyüşü regüle ederken lateral serebellar bölge ise daha çok görsel bildirimleri kullanarak yürüyüşün modülasyonunda görevlidir (7).

Lokomasyonun serebral kontrolünde ise suplemer motor bölge, medial primer sensorimotor bölge, striatum, prefrontal korteks ve premotor korteksin etkili olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (8-11). Yürüyüş hızı arttığında sensorimotor korteksin aktivitesinin değişmediği, ancak premotor ve prefrontal korteks aktivitesinde artış olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (11).

3. YÜRÜYÜŞ VE KOGNİTİF SÜREÇLER

Postür ve lokomasyon, genellikle otomatik olarak tanımlanmakla birlikte güncel literatürde bilişsel kontrolün de etkin rol oynadığı yarı otomatik bir kontrolden söz edilmektedir (12).

Aksiyal kasların kontrolü, bilateral alt ve üst ekstremitelerin koordineli bir şekilde yürüyüşe adaptasyonu, denge ve postürün devamlılığının sağlanması ve görsel, vestibuler, propriyoseptif ve diğer duylardan gelen bilgilerin yürüyüşe entegrasyonu için bilişsel kontrol, lokomasyon için önemli komponentlerden biridir. Oturma ve ayaklar omuz genişliğinde açık bir şekilde ayakta duruş pozisyonunda minimum bilişsel kontrol ihtiyacı bulunurken tandem pozisyonunda durma, yürürken engel geçme ve eksternal pertürbasyonlara uyum sağlama gibi pozisyonlarda kognitif gereklilikler artmaktadır (13-16).

3.1. Amputasyonu olan bireylerde kognitif süreçler

Amputasyon cerrahileri, tarih boyunca sıklıkla uygulanan medikal yöntemlerden biri olmuştur.

Geçmişte sıklıkla hayat kurtarmak amacıyla gerçekleştirilen amputasyon cerrahileri, 19. yüzyılda antisepsi, asepsi ve anestezi yöntemlerinin gelişmesiyle cerrahi bir prosedür olarak tıpta yerini almış ve mümkün olan en çok dokunun korunmasıyla gerçekleştirilmeye başlanmıştır (17). 2008 yılında yayınlanan bir çalışmada, Amerika'da 2005 yılında 1,6 milyon ampute olduğu bildirilmiş ve bu sayının 2050 yılında 3,6 milyona çıkacağı öngörülmüştür. Sağlık koşullarında iyileşme ve ortalama yaşam süresindeki yükselmenin bu artışa yol açtığı belirtilmiştir (18). Gelişmiş ülkelerde en sık görülen amputasyon nedenleri sırasıyla; dolaşım bozukluklarına bağlı amputasyonlar, travma ve tümör olarak bildirilmektedir. Gelişmekte olan ülkelere ise en sık görülen amputasyon nedeninin, travma olduğu dikkat çekmektedir. Alt ekstremitelerde üst ekstremitelerden 11 kat daha fazla amputasyon cerrahisi görülmektedir; erkekler, kadınlardan daha sık amputasyon cerrahisi geçirmektedir. Amputasyonun yaşla birlikte arttığı, 65 ve üstü yaşlara sahip kişilerde amputasyon riskinin %71 oranında olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (19, 20). Ortalama amputasyon yaşının artması sonucunda kognitif problemler açısından risk artmakta ve rehabilitasyon güçleşmektedir.

Yaşlanmayla birlikte birçok fizyolojik sistem üzerinde değişiklikler meydana gelmektedir(21). Görsel sistemde derinlik algısının kaybı, akomodasyonda azalma ve görme alanının kaybı gibi değişiklikler gözlenirken vestibuler sistemde ise primer ve sekonder vestibuler nöronlarla santral vestibuler yapılarda fizyolojik değişiklikler görülmektedir. Somatosensoryal duyuda görülen değişiklikler özellikle pozisyon ve kinestezi hissinin bozulması ile karakterize iken motor fonksiyonlarda yaşla birlikte kas kitlesi, kas kuvvetinde azalmalar görülmektedir(22-26).

Motor ve duysal sistemlerde görülen bozulmalarla birlikte kognitif süreçlerde de değişiklikler meydana gelmektedir. Yaşla ilgili kognitif süreçlerde, kişiden kişiye farklılaşan sosyokültürel faktörler, bireylerin önceki tecrübeleri ve kognitif düzeyleri gibi unsurlardan etkilenebilen bir değişim görülmektedir. Semantik hafıza ve prosedüral hafıza sadece patoloji varlığında azalmakla birlikte işlem hızı, bölünmüş dikkat, çalışan hafıza ve episodik hafıza nöral dejenerasyona bağlı olmaksızın azalmaktadır(27).

Yaşlanmanın getirdiği motor, duysal ve kognitif değişimlere amputasyon cerrahilerinin getirdiği problemler de eklenmektedir. Amputasyonu olan bireylerin rehabilitasyonu, ampute edilen ekstremiteden gelen propriyoseptif geribildirim olmadan ayakta durma, yürüme, transfer aktivitelerini gerçekleştirebilme gibi birçok fonksiyonel beceri

üzerine kurulmaktadır. Bu becerilerin kazanılması, amputenin fiziksel uygunluk düzeyine ve kognitif düzeyine bağlıdır. Kognitif düzey, amputelerin bu yeni duruma adapte olabilmeleri için problem çözme ve öğrenme yeteneklerini belirleyen primer faktör olarak dikkat çekmektedir (28). Dil ve sosyal beceriler korunurken hafıza ve yönetimsel yeteneklerde defisitler sıklıkla görülmektedir. Amputasyondan sonra yeni becerilerin öğrenilmesi semantik ve prosedüral hafızanın fonksiyonuyla ilişkilidir.

Amputasyonu olan bireylerin, protezi giyme- çıkarma, protezin günlük bakımı, protezin fonksiyonlarını yerine getirmeyi öğrenmelerinde semantik ve prosedüral hafızanın önemli rolü bulunmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda amputasyonu olan bireylerin kognitif düzeylerinin sağlıklılarından daha düşük olduğu, hatta bu durumun travma nedeniyle ampute edilmiş genç amputelerde dahi görüldüğü bildirilmiştir (29, 30).

Amputasyondan sonra 6. haftaya kadar kognisyonun gelişmekte olduğu ve sonra 6. hafta- 4. ay arasında stabil hale geldiği gösterilmiştir. Amputasyondan 4 hafta sonra değerlendirilen görsel-uzaysal öğrenme ve yönetimsel fonksiyonların ise, 8 ay sonraki mobilite süresi ve günlük protez kullanımı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar, amputelerin kognitif düzeylerinin yürüyüş, protez kullanımı ve lokomasyonla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (31, 32).

3.2. Amputelerde kognitif süreçler ve yürüyüş

Transfemoral amputelerde yapılan bir çalışmada, katılımcılar yürüyüş sırasında her adıma konsantre olmaları gerektiğini bildirenlerin oranı %60 olarak belirlenmiştir. Bu durumun ise düşme korkusu, duyuşal geribildirim eksikliği ve protezin direk motor kontrolünün yapılamaması gibi nedenlerden kaynaklandığı düşünülmüştür (33, 34). Dolayısıyla amputasyonu olan bireylerde bölünmüş dikkat kavramı özellikle önem kazanmaktadır. Bölünmüş dikkat, dikkatin iki görev arasında bölünmesi olarak basitçe tanımlanabilmektedir. Dikkat için gerekli kaynakların sınırlı olmasından belirli karmaşıklık düzeyine sahip iki görev, aynı anda aynı kalitede yapılamamaktadır. Ayrıca nöral kontrol açısından prefrontal korteks ve hipokampusün kognitif ve motor ikili görev sırasında yeterli kontrolü sağlayamaması da bu durumun bir nedeni olarak sayılmaktadır. Özellikle yönetimsel fonksiyonlar sırasında prefrontal kortekste aktive görüldüğü, ikili görevle değerlendirildiğinde bu aktivitede artış olduğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra prefrontal korteks aktivitesi transkranial man-

yetik stimulyasyonla artırıldığında hem yürüyüş hem ikili görev performansının arttığı bildirilmiştir (35, 36).

Yaşlanmayla birlikte yürüyüşün zaman-mesafe karakteristiklerinde bazı değişiklikler görülmektedir. Hız, kadans ve adım uzunluğunda azalma; adım genişliği, duruş fazı süresi ve çift destek fazı süresinde artış en belirgin özelliklerdendir.

Kognitif süreçlerin yürüyüş üzerine etkisi, sıklıkla ikili görev kullanılarak değerlendirilmektedir. İkili görev, yürüyüşe ek olarak uygulanan motor ya da kognitif bir ikincil görevin uygulanması anlamı taşımaktadır. İkili görevle yürüyüş sırasında yürüyüş hızında azalma, yürüyüş değişkenliğinde artma, gövdenin mediolateral salınımında artma ve ikincil görevin reaksiyon zamanında uzama gözlenmiştir (37, 38).

Birçok hasta popülasyonunda çalışılan bir konu olan ikili görev konusunda amputasyonu olan bireylerde oldukça az araştırma yapıldığı görülmektedir (39-42). Morgan ve ark. çalışmasında, 14 transfemoral amputeyle kognitif ek görevin yürüyüşe etkisini incelemişler ve yürüyüş hızında azalma, adım genişliğinde artma ve yürüyüş asimetrisinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Ancak sağlıklılarla karşılaştırıldığında ise ikili görevin yürüyüşe etkisinin benzer olduğu görülmüştür. (39). Mikroişlemcili diz eklemlerinin kognitif performans etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada ise mikroişlemcili protez diz eklemleri ve mikroişlemci kontrollü olmayan diz eklemleri arasında herhangi bir objektif farklılık gözlenmemiştir. Ancak çalışmaya katılan bireyler subjektif olarak mikroişlemcili protez diz eklemleriyle yürüyüş sırasında daha az kognitif dikkate ihtiyaç duyduklarını belirtmişlerdir (42).

4. SONUÇ

Amputasyonu olan bireylerin kognitif durumlarının sağlıklı bireylere göre daha kötü olduğu, amputasyon yaşının artması nedeniyle kognitif bozukluk riskinin arttığı ve bu durumun ampute rehabilitasyonu üzerine etkileri gözardı edilmemelidir. Ayrıca hem yürüyüş performansı hem de kognitif performansı geliştirmek açısından ampute rehabilitasyonuna kognitif egzersizlerin eklenmesi önerilmektedir.

5. TEŞEKKÜR

1.Yürüyüş ve Denge Kongresi 'nde konuşma fırsatı tanıyan kongre başkanları Doç. Dr. Semra TOPUZ , Doç. Dr. Özlem ÜLGER ve Prof. Dr. Gül ŞENER'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

6. KAYNAKLAR

- Patla AE. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait & Posture*. 1997;5(1):54-69.
- Raibert MH. Symmetry in running. *Science*. 1986;231:1292-5.
- Sherrington C. Decerebrate rigidity, and reflex coordination of movements. *The Journal of Physiology*. 1898;22(4):319-32.
- Mott FW, Sherrington C. Experiments upon the influence of sensory nerves upon movement and nutrition of the limbs. Preliminary communication. *Proceedings of the Royal Society of London*. 1894;57(340-346):481-8.
- Taub E, Berman A. Movement and learning in the absence of sensory feedback. *The neuropsychology of spatially oriented behavior*. 1968:173-92.
- McCrea DA, Rybak IA. Organization of mammalian locomotor rhythm and pattern generation. *Brain research reviews*. 2008;57(1):134-46.
- Takakusaki K, Tomita N, Yano M. Substrates for normal gait and pathophysiology of gait disturbances with respect to the basal ganglia dysfunction. *Journal of neurology*. 2008;255:19-29.
- Fukuyama H, Ouchi Y, Matsuzaki S, Nagahama Y, Yamachi H, Ogawa M, et al. Brain functional activity during gait in normal subjects: a SPECT study. *Neuroscience letters*. 1997;228(3):183-6.
- Hanakawa T, Katsumi Y, Fukuyama H, Honda M, Hayashi T, Kimura J, et al. Mechanisms underlying gait disturbance in Parkinson's disease: a single photon emission computed tomography study. *Brain*. 1999;122(7):1271-82.
- Bakker M, Verstappen C, Bloem B, Toni I. Recent advances in functional neuroimaging of gait. *Journal of neural transmission*. 2007;114(10):1323-31.
- Suzuki M, Miyai I, Ono T, Oda I, Konishi I, Kochiyama T, et al. Prefrontal and premotor cortices are involved in adapting walking and running speed on the treadmill: an optical imaging study. *Neuroimage*. 2004;23(3):1020-6.
- Shumway-Cook A WM. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice* 4th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
- Lajoie Y, Teasdale N, Bard C, Fleury M. Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental brain research*. 1993;97(1):139-44.
- Chen H-C, Schultz AB, Ashton-Miller JA, Giordani B, Alexander NB, Guire KE. Stepping over obstacles: dividing attention impairs performance of old more than young adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1996;51(3):M116-M22.
- Brown LA, Shumway-Cook A, Woollacott MH. Attentional demands and postural recovery: the effects of aging. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 1999;54(4):M165-M71.
- Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, Brown LA. Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(3):M112-M9.
- Wilson Jr A. The modern history of amputation surgery and artificial limbs. *The Orthopedic clinics of North America*. 1972;3(2):267.
- Ziegler-Graham K, MacKenzie EJ, Ephraim PL, Travison TG, Brookmeyer R. Estimating the prevalence of limb loss in the United States: 2005 to 2050. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008;89(3):422-9.
- Unwin N. Epidemiology of lower extremity amputation in centres in Europe, North America and East Asia. *British Journal of Surgery*. 2000;87(3):328-37.
- Dillingham TR, Pezzin LE, MacKenzie EJ. Limb amputation and limb deficiency: epidemiology and recent trends in the United States. *Southern medical journal*. 2002;95(8):875-84.
- Borel L, Alescio-Lautier B. Posture and cognition in the elderly: interaction and contribution to the rehabilitation strategies. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2014;44(1):95-107.
- Lord SR, Dayhew J. Visual risk factors for falls in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2001;49(5):508-15.
- Sturnieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. 2008;38(6):467-78.
- Prosk U, Gandevia SC. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiological reviews*. 2012;92(4):1651-97.
- Barin K, Dodson EE. Dizziness in the elderly. *Otolaryngologic Clinics of North America*. 2011;44(2):437-54.
- Ishiyama G, editor Imbalance and vertigo: the aging human vestibular periphery. *Seminars in neurology*; 2009: © Thieme Medical Publishers.
- Glisky EL. Changes in cognitive function in human aging. *Brain aging: Models, methods, and mechanisms*. Frontiers in neuroscience. Boca Raton, FL, US: CRC Press; 2007. p. 3-20.
- O'Neill B. Cognition and mobility rehabilitation following lower limb amputation. *Psychoprosthetics*: Springer; 2008. p. 53-65.
- Morgan SJ, Kelly VE, Amtmann D, Salem R, Hafner BJ. Self-reported cognitive concerns in people with lower limb loss. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2016;97(6):912-8.
- Coffey L, O'Keeffe F, Gallagher P, Desmond D, Lombard-Vance R. Cognitive functioning in persons with lower limb amputations: a review. *Disability and rehabilitation*. 2012;34(23):1950-64.
- Williams RM, Turner AP, Green M, Norvell DC, Henderson AW, Hakimi KN, et al. Changes in cognitive function from presurgery to 4 months postsurgery in individuals undergoing dysvascular amputation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2014;95(4):663-9.
- O'Neill BF, Evans JJ. Memory and executive function predict mobility rehabilitation outcome after lower-limb amputation. *Disability and rehabilitation*. 2009;31(13):1083-91.
- Miller WC, Deathe AB, Speechley M, Koval J. The influence of falling, fear of falling, and balance confidence on prosthetic mobility and social activity among individuals with a lower extremity amputation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2001;82(9):1238-44.
- Gauthier-Gagnon C, Grisé M-C, Potvin D. Enabling factors related to prosthetic use by people with transtibial and transfemoral amputation. *Archives of physical*

- medicine and rehabilitation. 1999;80(6):706-13.
35. Chen M, Pillemer S, England S, Izzetoglu M, Mahoney JR, Holtzer R. Neural correlates of obstacle negotiation in older adults: An fNIRS study. *Gait & Posture*. 2017.
 36. Martin DM, Liu R, Alonzo A, Green M, Loo CK. Use of transcranial direct current stimulation (tDCS) to enhance cognitive training: effect of timing of stimulation. *Experimental brain research*. 2014;232(10):3345-51.
 37. Priest AW, Salamon KB, Hollman JH. Age-related differences in dual task walking: a cross sectional study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2008;5(1):29.
 38. Iersel MBv, Kessels RP, Bloem BR, Verbeek AL, Olde Rikkert MG. Executive functions are associated with gait and balance in community-living elderly people. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2008;63(12):1344-9.
 39. Morgan SJ, Hafner BJ, Kelly VE. The effects of a concurrent task on walking in persons with transfemoral amputation compared to persons without limb loss. *Prosthetics and orthotics international*. 2016;40(4):490-6.
 40. Morgan SJ, Hafner BJ, Kelly VE. Dual-task walking over a compliant foam surface: A comparison of people with transfemoral amputation and controls. *Gait & Posture*. 2017;58:41-5.
 41. Geurts A, Mulder TW, Nienhuis B, Rijken R. Dual-task assessment of reorganization of postural control in persons with lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil*. 1991;72(13):1059-64.
 42. Williams RM, Turner AP, Orendurff M, Segal AD, Klute GK, Pecoraro J, et al. Does having a computerized prosthetic knee influence cognitive performance during amputee walking? *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2006;87(7):989-94.

Fizyoterapi Ve Rehabilitasyonda Hareket Analiz Yöntemleri

Movement Analysis Methods in Physiotherapy and Rehabilitation

Uzm. Fzt. Sibel BOZGEYİK, Prof. Dr. Volga BAYRAKCI TUNAY

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

E-mail: sibel.bozgeyik@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Temel olarak hareket, bir cismin durağan bir noktaya göre yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Hareket analizi ise fiziksel hareketlerin sayısal veriye dönüştürülerek değerlendirilmesi, tanımlanması ve yorumlanmasıdır. Hareket analizi kısaca kinetik ve kinematik analiz olmak üzere iki başlıkta toplanır. Kinetik objelerin hareketlerine neden olan kuvvetlerden bahsetmektedir, Kinematik ise yapılan hareketin; zaman, kat edilen yol, açı, ivme (akselerasyon) veya hıza göre incelenmesidir. Fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında insan hareketlerinin analizi temel olarak hastanın mevcut durumunun belirlenmesi, uygun tedavi programının oluşturulması, hastanın takibi, bilimsel çalışmalar için veri toplanması amacıyla yapılmaktadır. Bu amaçlara yönelik çeşitli analiz yöntemlerinden en uygun olanı seçilir ve elde edilen çıktılar kullanılır.

Anahtar kelimeler: Hareket; Analiz; Kinezyoloji

ABSTRACT

Basically, motion is defined as displacement of an object relative to a stationary point. Motion analysis is the evaluation, identification, and interpretation of physical movements by converting them into numerical data. Motion analysis is summarized in two titles, shortly kinetic and kinematic analysis. Kinematics refers to the forces that cause movements of objects: Time, road, angle, acceleration or speed. Analyzes of human movements in the field of physiotherapy and rehabilitation are mainly aimed at determining the current situation of the patient, setting up the appropriate treatment program, follow-up of patient, data collection for scientific studies. For these purposes, the most appropriate one is selected from the various analysis methods and the output obtained is used.

Keywords: Movement; Analysis; Kinesiology

1. HAREKET ANALİZİ

Temel olarak hareket, bir cismin durağan bir noktaya göre yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Hareket analizi ise fiziksel hareketlerin sayısal veriye dönüştürülerek değerlendirilmesi, tanımlanması ve yorumlanmasıdır (1). İnsan hareketinin analizi, motor görevin yürütülmesi sırasında kas-iskelet sisteminin mekaniği hakkında niceliksel bilgi toplamayı amaçlamaktadır. Böylece, lokomotor sistemin fonksiyonlarının nicel tanımlamaları ve bunların değişiklikleri (iyileşme veya bozulmanın değerlendirilmesi) ve/veya kişinin motor aktiviteyi yürütme şekli (aktivite kısıtlamasının değerlendirilmesi) elde edilir (2).

Hareketin bilimsel olarak incelenmesi Aristo'nun hayvan hareketleri üzerine yazdığı "De motu animalium" adlı kitapla MÖ 4. YY'a (M.Ö.

384-322) kadar uzanmaktadır. İnsan hareketinin bilimsel olarak değerlendirilmesi ise M.Ö. 129-201 tarihinde Galen'in kasların hareketi üzerine yazdığı "De motu musculorum" adlı kitapla başlamıştır. Bundan sonra M.S. 15. YY'a kadar alanda kayda değer bir gelişme yaşanmamıştır. 1452-1519 yıllarında Leonardo Da Vinci'nin insan vücut mekanikleri (ayakta dururken, yürürken, eğimli yüzeyde yürürken, oturmadan ayağa kalkarken) ile ilgili yaptığı çizimler alana büyük katkılar sağlamıştır. Galile Galileo (1564-1642) moment ve yerçekimi konusunda çalışmalar yapmış; Borelli ise fizyoloji ve fizik bilimini birleştirerek karmaşık insan hareketlerini kitabında geometrik olarak modellemiştir. Janssen hareketi sinematografi yöntemi ile inceleme fikrini ortaya atmıştır, seri fotoğraflar çekerek Venüs gezegeninin geçişi üzerine çalışmıştır (1878) fakat bu yöntem bilimsel olarak ilk kez Marey tarafından kullanılmıştır. Marey yer tepkime kuvvetini hareket ile ilişkilendiren insan hareketini sayıya

döken ilk kişi olmuştur (1830-1903) yani bildiğimiz anlamda hareket analizinin öncüsü sayılabilir. Eadward Muybridge (1830-1904) hem film endüstrisi hem de biyomekanik için çok önemli çalışmalara imza atmıştır. Özel kameralar kullanarak hayvanlar ve insanların çeşitli hareketleri üzerine çok sayıda çalışma yapmış kitaplar yazmıştır. Braune (1831-1892) ve Fischer (1861-1917) bunu daha da ileriye götürerek 1891 de fotoğraf görüntülerini sayısal değişkenlere dönüştürmeyi başarmışlardır. 1930'larda Eberhardt (1906-1993) ve İnman (1905-1980) fotoğraf makinasının objektifinin önünde dönen ve eşit zaman aralıklarında noktalar gösteren delikli bir disk kullanarak bu deneyleri daha ayrıntılı olarak tekrarlamışlardır. 1980'lerden sonra başlayan teknolojiye hızlı gelişim sayesinde klinik kullanıma yönelik hareket analiz sistemleri geliştirilmiş ve dünyanın pek çok ülkesinde kullanıma girerek yaygınlaşmıştır (3-7) .

2. HAREKET ANALİZİNİN KULLANIM AMAÇLARI

İnsan hareketi analizi, motor görevin yürütülmesi sırasında kas-iskelet sisteminin mekaniği hakkında niceliksel bilgi toplamayı amaçlamaktadır (2). Önemli kullanım alanları şunlardır:

- Sağlıklı kişiler için norm data oluşturmak,
- Tedavi planı çizmek (8),
- Tedavinin etkinliğini değerlendirmek (8, 9),
- Patolojik mekanizmaları kompansatuar mekanizmalardan ayırt etmek(10)
- Kayıt oluşturmak,
- Bilimsel araştırma yapmak,
- Yeni tedavi protokolleri geliştirmek,(11)
- Farklı tedavileri kıyaslamak,
- Ortez ve protezlerin etkinliğini araştırmak (11),
- Yeni protez dizaynları geliştirmek, (12)
- Eğitim,
- Animasyon,
- Simülasyon,
- Endüstriyel (12).

Yukarıda listelenen bilgileri sağlayan hareket değişkenleri, kas-iskelet sisteminin matematiksel modelleri kullanılarak ölçülür veya tahmin edilir. Bu yolla, lokomotor sistemin fonksiyonlarının nicel tanımlamaları ve bunların değişiklikleri (iyileştirme veya bozulmanın değerlendirilmesi) ve / veya kişinin bir motor aktiviteyi yürütme şekli (aktivite sınırlamasının değerlendirilmesi) elde edilir (2).

3. HAREKET ANALİZ YÖNTEMLERİ

Hareket analizi kinetik ve kinematik analiz olmak üzere temel olarak iki başlık altında toplanabilir.

Hareketi oluşturan güçler dikkate alınmadan, sadece hareketin oluşumu ile ilgilenen analiz boyutudur. Kinematik, hareket mekaniğinin bir parçasıdır. Hareketlerin tekniği ile ilişkin zaman, hız, açı ve ivmesel olarak bilgi cisimlerin pozisyonları, hızları, vücut parçalarının ivmelenmeleri, birbirlerine olan açıları, açısal hızları ve açısal ivmelenmelerini nicelik olarak belirler (6). Diğer bir ifadeyle kinematik; yapılan hareketin; zaman, kat edilen yol, açı, ivme (akselerasyon) veya hızla göre incelenmesidir. Pelvis, kalça ve diz ve ayak bileğinin her üç düzlemdeki pozisyonu, eklemin hareket açıları, lineer ve açısal hız ile ivmeleri ölçülür, sayısal veri olarak kaydedilir. Ancak kuvvetler ve reaksiyon güçleri hakkında bilgi vermez (5, 13). Kinetik ise nesnelerin hareketlerine neden olan kuvvetlerden bahsetmektedir. Kütle ve kuvvet ölçümleri yapılarak hareketi oluşturan kuvvetlerin miktarı hesaplanmaktadır. Nesneye etki eden kuvvetlerin yanı sıra kasların açığa çıkardığı kuvvetler, vücuda etki eden yerçekimi kuvveti, yer reaksiyon kuvveti vb. kinetiğin konuları arasındadır (13).

3.1. GÖZLEMSEL HAREKET ANALİZİ

Gözlemsel hareket analizi motor görev yürütülürken vücut segmentlerinin yer değiştirme ve uzaysal bileşenleri görsel değerlendirmesine dayanır özellikle gözlemsel yürüyüş analizi yürüyüşün kinematiğini tahmin etmede fizyoterapistlerin en yaygın olarak başvurdukları yaklaşım olmaya devam etmektedir(14, 15). Yürüyüş kinematiğinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, iyileşme derecesinin ve gelecekteki fonksiyonel durumların tahmin edilmesine yardımcı olabilir tedavilerin doğru şekilde planlanmasına ve müdahalelerin etkinliğinin izlenmesine olanak verir (16, 17). Gözlemsel analiz yapabilmek için klinikte farklı hastalıklarda kullanılan çeşitli ölçekler geliştirilmiştir . Özellikle son yıllarda geliştirilmiş, bazı hastalıklara özel yürüyüş ölçekleri nicel bilgi sağlamada oldukça başarılı olmuştur. Bu ölçeklerde hareketin normalden sapma derecesi işaretlenir ve bir toplam puan elde edilir (18). Bu ölçekler yürüme özurlülüğü hakkında bilgi sağlar aynı zamanda aletli ortamların dışında herhangi bir ortamda gerçekleştirilebildiği için hastaların daha doğal hareketlerinin analizine izin verir fakat yürüyüşün zaman mesafe karakteristikleri açısından gerekli bilgiyi sağlayamaz (19). Bazı hastalıklara özel geliştirilen bazı ölçekler cerrahi sonrası major değişimi gösterebilecek kadar hassastır. Serebral palsili hastaların yürüyüşünü

değerlendirmek için geliştirilmiş olan "Edinburgh Visual Gait Score" gözlemsel hareket analizine izin veren geçerli ve güvenilir bir ölçektir (18, 20) . Yine hemiplejik hastalar için geliştirilmiş olan "Gait Analysis and Intervention Tool" bu ölçeklere iyi bir örnektir. Gözlemciler ve gözlemler arası güvenilirlik katsayısı mükemmeldir (18). Video kaydı üzerinden de marker kullanılmadan ve modelleme yapılmadan ucuz ve pratik bir şekilde hareket analizi yapmak mümkündür (21).

3.2.VİDEO TEMELLİ HAREKET ANALİZİ

Sinematografi uzun yıllar boyunca hareket analizi için kullanılmış ve hala da kullanılmakta olan en basit ve kolay ulaşılabilir hareket analiz yöntemidir. Sinema kameraları, daha fazla resim çözünürlüğü ve yüksek kare hızları nedeniyle, geleneksel olarak video kameralara göre daha üstün sayılmıştır. Sinema filminin aksine, çoğu video kaydı hiçbir işlem süresi gerektirmez ve kayıtlı görüntüler hemen oynatma ve analiz için kullanılabilir (22, 23)

Bilgisayar destekli video analiz yöntemi; basit bir defter yaprağı çevirme hareketinden sandalyeden ayağa kalkma hareketine ve yürüyüşe kadar bir çok hareketin görüntüsünün kaydedilip bilgisayarda ortamında istenilen ölçümlerin yapılmasına olanak vermektedir. Bilgisayar temelli video analiz yöntemi; basit bir defter yaprağı çevirme hareketinden sandalyeden ayağa kalkma hareketine ve yürüyüş ve hatta parende gibi bir çok hareketin görüntüsünün kaydedilip bilgisayar ortamında istenilen ölçümlerin yapılmasına olanak vermektedir (21, 24).

Video analizi nicel ve nitel analiz için kullanılabilir. Nitel analiz, deneğin hareket modelinin ayrıntılı, sistematik ve yapılandırılmış bir gözlemini içerir (25). Video görüntüsü, bir TV monitöründe veya bilgisayar ekranında görüntülenir ve gerçek zamanlı, yavaş çekim ve kareler teker teker görüntülenir. Genellikle birden çok resim (ön ve yan görüntüler) daha kapsamlı bir analiz yapılması için aynı anda görüntülenir. Video temelli hareket analizleri basit bir yazılım eklenerek daha kolay yapılabilir ve daha objektif sonuçlar elde edilmesine izin verir (23, 26). Denek tarafından giyilen kıyafet, analizle ilgili vücut noktalarının net bir şekilde görülebilmesine izin vermelidir. İşaretleyici kullanılabilecekse ciltte gerekli yerlere küçük işaretleyicilerin dikkatle yerleştirilmesi, analiste dijital ortamda vücut noktalarını bulmada yardımcı olabilir, analiz sırasında kişinin performansının değişmesine neden olacak sayıda kayıt alınmamalıdır (23, 27). Vücudun yerleştirilen işaretleyiciler yumuşak dokular nedeniyle ilgili kemik noktaya tam olarak sabitlen-

memiştir ve yumuşak dokunun hareketliliğinden dolayı ölçüm yapılan segmentteki hareketi doğru olarak göstermede yetersiz kalabilir ya da hatalar oluşturabilir buna yumuşak doku artefaktı denir. Video temelli analizlerde yumuşak doku artefaktı önemli bir problem olmaya devam etmektedir (28, 29).

3.2.1. İKİ BOYUTLU HAREKET ANALİZİ

Tek kamera ile görüntü alınır ve özel yazılımlarla görüntü üzerinden ölçüm yapılır. İki boyutlu hareket analizi işaretleyiciler kullanılarak veya kullanılmadan yapılabilir. İşaretleyici kullanılması zaman açısından kolaylık sağlar ve daha kolay ölçüm yapılmasına olanak verir. İşaretleyici kullanılmayan analizlerde daha karmaşık hesaplamalara ihtiyaç duyulur. Ayrıca işaretleyici kullanılmayan sistemler fonksiyonel değerlendirmeler açısından işaretleyici kullanmanın getirdiği dezavantajları ortadan kaldırır (30). 2 boyutlu hareket analizi yapabilmek için temel olarak uygun bir mekana, en az bir kamera gereksinim vardır, fakat istenirse hareketleri yavaş çekimde izlemeye, kolayca geri almaya izin veren ve sayısal gonyometre ve kronometre gibi ölçümü kolaylaştıracak yardımcı araçları içeren bir yazılım da kullanılabilir. Gözlemsel analize göre daha maliyetli bir yöntemdir ayrıca, hastanın hazırlanması ve ölçümün yapılması zaman gerektirir (2, 31).

3.2.2. ÜÇ BOYUTLU HAREKET ANALİZİ

Temel koşul, her biri farklı bir açıdan, performans aynı anda kaydeden en az iki kameraya sahip olmaktır(32). Fotogrametrik veri toplama sistemleri, verileri 2 boyutlu alıcı yardımıyla kaydederler. Ancak insan hareketi 3 boyutlu bir uzayda gerçekleşir. Hareket analizi için gerekli olan 3B uzaysal konum bilgisini elde edebilmek için ilgilenilen hareketin en az eşzamanlı 2 farklı görüntüsüne gereksinim vardır. Bu iki farklı görüntüden 3B uzaysal konum bilgisine geçiş Doğrudan Doğrusal Dönüşüm (DDD) yöntemini geliştirmesiyle sağlanmıştır. DDD metodunda hareket alanı ve 2 boyutlu görüntü yüzeyi arasında doğrusal dönüşümde 11 parametre kullanılır. Parametrelerin hesaplanmasında tanımlanan kontrol bölgesi içerisinde hassas olarak yerleştirilen kontrol noktalarının kullanıldığı bir kalibrasyon işlemi uygulanmaktadır. DDD metodu kullanılarak gerçekleştirilen birçok çalışmada kontrol alanı içerisinde başarılı sonuçlar alınmıştır. Ancak kontrol alanının dışına çıkılan durumlarda DDD azalan bir doğrulukla çözüm üretmektedir (33, 34).

Nesnel ve faydalı bilgileri elde etmek, video kamera sayısına, imalatına, işaretçilerin sayısına ve konumuna, inceleme görevlerini yerine getiren

modellerin oluşturulmasına ve analitik veri işleme için yazılım paketinin seçilmesine bağlıdır. Yetersiz sayıda kamera kullanımı işaretleyicilerin görünürlüğü açısından hataları meydana getirecektir (kol salınımları veya rotasyonlar sırasında işaretleyicilerin görüş açısından çıkması) bu hataların önlenmesi daha fazla açıdan görüntü alabilecek sayıda kamera kullanımı ile giderilebilir (35).

3 boyutlu analiz hareket analizinde altın standart sayılan yöntemdir fakat maliyeti oldukça yüksektir (14, 36). Ayrıca kalibrasyon kafesinin oluşturulması hastanın hazırlanması ve analizlerin yapılması zaman gerektirir ve 3D hareket verilerinin edinilme biçiminde bazı hatalar oluşabilir (37). Deriye yerleştirilen işaretleyicilerin hareket sırasında temsil etmeyi amaçladıkları kemik yapılara göre hareket etmelidir. Bu hataya yumuşak doku artefaktı denir ve kas kasılmaları, cilt hareketleri ve eylemsizlik etkileri ile ilişkili deri altı dokuların hareketi veya deformasyonundan kaynaklanır (28, 38).

3.2.3. ENTEGRE SİSTEMLER

Video temelli hareket analizi ile birlikte kullanılabilen entegre sistemler analizlerin daha detaylı yapılmasını sağlayacaktır. Farklı sistemlerin birlikte kullanımında cihazların birbirleriyle senkronizasyonunun iyi bir şekilde yapılması önemlidir.

3.2.3.1. Dinamik Elektromiyografi:

Elektromiyografi (EMG), kas fibril membranlarında fizyolojik değişimler sonucu oluşan myoelektrik sinyalleri geliştiren, kaydeden ve analiz eden deneysel bir tekniktir (39). Genel olarak, EMG iki yönde gelişmiştir. Klinik EMG büyük ölçüde nöromusküler veya ortopedik bozukluğu olan hastaların hareket problemlerini incelemek için kullanılan bir tanı aracı iken, kinezyolojik (dinamik) EMG, seçilen hareketler ve postürler sırasında kas fonksiyonu ve koordinasyon çalışması ile ilgilidir. Yüzeysel elektromyografi (sEMG) spor bilimleri, nörofizyoloji ve rehabilitasyon gibi çeşitli alanlarda non-invaziv nöromusküler değerlendirme için hem araştırma hem de klinik uygulamalarda kullanılmaktadır (40). Farklı amaçlara yönelik ilgili farklı değişkenlerin değerlendirilmesine izin verir; motor koordinasyon ve tedavinin etkinliğini değerlendirmede kas aktivasyon aralıkları kullanılabilir, bel ağrısı, whiplash sendromu, nörolojik hastalıklar ve diğer yaşa, egzersize ve kullanmamaya bağlı nöromusküler değişiklikleri değerlendirmede yorgunluğun miyoelektrik değişimlerini izlemeye kullanılabilir (41, 42). 1960'lardan beri çok sayıda spor ve egzersizle ilgili çalışmada kasların aktif oldukları ve karmaşık spor ve egzersizlerdeki rolü ve

kas aktivitesinin eğitim ve beceri edinimi ile nasıl değiştiği araştırılmıştır. Yüzeysel EMG artık kas kuvveti zaman karakteristiklerini tahmin etmek ve ölçmek için kullanılmaktadır (43, 44) Dinamik EMG hareket analizi için video temelli hareket analizleri ile birlikte kullanılarak daha detaylı analiz yapılmasına izin verir.

3.2.3.2. Kuvvet Platformları:

Kuvvet platformları normal olarak zemin reaksiyon kuvvetlerini ve basınç merkezini ölçmek için kullanılır. Kuvvet platformu tarafından kaydedilen kuvvet, kütle merkezinin hareketini temsil eder. Bu nedenle, kuvvet merkezi verisinden kütle merkezinin hızlanmasını, hızını ve yer değiştirmesini hesaplamak mümkündür (45). Kuvvet platformları diyabetik ayak ve nöropatik ayak gibi problemlerde direkt ortez tasarımında ve ayak plantar basıncını değiştiren patolojik durumlarda taban altı plantar basıncı düzenlemek için uygun tabanlı tasarımında kullanılır (46, 47). Eklem açılarını da belirleyebilmek için kuvvet platformları başka bir hareket analiz yöntemi ile birlikte kullanılmalıdır (48).

3.2.3.3. Giyilebilir Sistemler:

Günümüzde hız ölçerler, jiroskoplar ve manyetik sensörlerden oluşan giyilebilir hareketsiz hareket sensörleri mevcuttur (49). Veri toplanması için alıcılar ve kameralar gibi sabit bir birim yoktur, kolay taşınabilir sistemlerdir bu nedenle laboratuvar koşullarının dışında kullanılabilirler (50). Eylemsizlik sensörü, insan biyomekaniği çalışmaları için iyi bir seçimdir çünkü yüksek taşınabilirlik, düşük maliyet ve çalışma sırasında düşük güç tüketir. Giyilebilir eylemsizlik sensörleri bazı yazılım ve fiksasyon problemleri olmasına rağmen labotratuvar koşulları dışında hareket analizi yapılmasına olanak verdiği için alt ekstremite kinematik analizinde kullanmak için uygundur mevcut problemler teknolojinin gelişmesiyle yavaş yavaş aşılmaktadır (51).

4. SONUÇ

Hareket analizi fizyoterapide tedavinin planlanması ve gelişimin takip edilmesi için önemli bir yere sahiptir. Klinikte kolaylıkla kullanılması zaman ve/veya ekstra mekan gerektirmeden hastaların değerlendirilmesine ve rutin kontrollerin yapılmasına olanak verdiği için en yaygın olarak başvuru olan yöntemken daha objektif veriler sağlayan ve çeşitli alet ve/veya laboratuvarlar gerektiren analiz yöntemleri bilimsel araştırma yapmak ve çeşitli hareketlerin biyomekaniksel analizi için başvuru

yöntemlerdir. Artık günümüzde donanımlı kinezyoloji ve biyomekanik laboratuvarlarında yapılan analizlerde üç boyutlu yüksek hızlı kamera sistemleri, zemine implante edilen kuvvet platformları ve çok kanallı EMG cihazları yer almaktadır ve böylece istenilen ölçümler daha kolay bir şekilde yapılabilmektedir.

5. KAYNAK

- Hatze H. The meaning of the term 'biomechanics'. *Journal of biomechanics*. 1974;7(2):189-90.
- Cappozzo A, Della Croce U, Leardini A, Chiari L. Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 1: theoretical background. *Gait & posture*. 2005;21(2):186-96.
- Muybridge E. *Animal locomotion*: Da Capo Press; 1887.
- Nigg BM, Herzog W. *Biomechanics of the musculoskeletal system*: John Wiley & Sons; 2007.
- Muratlı S, Toraman F, Çetin E. *Sportif hareketlerin biyomekanik temelleri*: Bağırçan Yayınevi; 2000.
- Medved V. *Measurement of human locomotion*: CRC press; 2000.
- Allard P, Stokes IA, Blanchi J-P. *Three-dimensional analysis of human movement*: Human Kinetics Publishers; 1995.
- Wren TA, Gorton GE, Ounpuu S, Tucker CA. Efficacy of clinical gait analysis: A systematic review. *Gait & posture*. 2011;34(2):149-53.
- Broström EW, Esbjörnsson A-C, von Heideken J, Iversen MD. Gait deviations in individuals with inflammatory joint diseases and osteoarthritis and the usage of three-dimensional gait analysis. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2012;26(3):409-22.
- Knudson D. *Fundamentals of biomechanics*: Springer Science & Business Media; 2007.
- Lucet A, Mégrot F, Gouraud D. Integration of gait analysis tools in the therapeutic approach during the longitudinal therapeutic follow-up of CP patients. *J Réadaptat Med*. 2010;30(3):115-23.
- Chèze L. *Kinematic Analysis of Human Movement*. 9 p.
- İnal HS. *Spor biyomekaniği: Temel prensipler*: Nobel; 2004.
- Coutts F. *Gait analysis in the therapeutic environment*. *Manual therapy*. 1999;4(1):2-10.
- Toro B, Nester CJ, Farren PC. The status of gait assessment among physiotherapists in the United Kingdom1. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2003;84(12):1878-84.
- Kaczmarczyk K, Wit A, Krawczyk M, Zaborski J, Gajewski J. Associations between gait patterns, brain lesion factors and functional recovery in stroke patients. *Gait & posture*. 2012;35(2):214-7.
- Harvey A, Gorter JW. Video gait analysis for ambulatory children with cerebral palsy: why, when, where and how! *Gait & posture*. 2011;33(3):501-3.
- Ferrarello F, Bianchi VAM, Baccini M, Rubbieri G, Mossello E, Cavallini MC, et al. Tools for observational gait analysis in patients with stroke: a systematic review. *Physical therapy*. 2013;93(12):1673-85.
- Manns PJ, Darrah J. Linking research and clinical practice in physical therapy: strategies for integration. *Physiotherapy*. 2006;92(2):88-94.
- Brown C, Hillman S, Richardson A, Herman J, Robb J. Reliability and validity of the Visual Gait Assessment Scale for children with hemiplegic cerebral palsy when used by experienced and inexperienced observers. *Gait & posture*. 2008;27(4):648-52.
- Poppe R. Vision-based human motion analysis: An overview. *Computer vision and image understanding*. 2007;108(1-2):4-18.
- Gervais P, Bedingfield EW, Wronko C, Kollias I, Marchiori G, Kuntz J, et al. Kinematic measurement from panned cinematography. *Canadian Journal of Sport Sciences*. 1989.
- Payton CJ. *BIOMECHANICAL EVALUATION OF MOVEMENT IN SPORT AND EXERCISE*. 9 p.
- Stillman B. Computer-based video analysis of movement. *Journal of Physiotherapy*. 1991;37(4):219-27.
- Bartlett R, Paton C. *Biomechanical analysis of movement in sport and exercise*: British Association of Sport and Exercise Sciences; 1997.
- Nunes JF, Moreira PM, Tavares JMR. *Human motion analysis and simulation tools*. XX Encontro Português de Computação Gráfica (EPCG). 2012.
- Southgate DF, Prinold JA, Weinert-Aplin RA. *Motion Analysis in Sport*. *Sports Innovation, Technology and Research*: World Scientific; 2016. p. 3-30.
- Leardini A, Chiari L, Della Croce U, Cappozzo A. Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 3. Soft tissue artifact assessment and compensation. *Gait & posture*. 2005;21(2):212-25.
- Camomilla V, Dumas R, Cappozzo A. *Human movement analysis: The soft tissue artefact issue*. Elsevier; 2017.
- Wagg DK, Nixon MS. Automated markerless extraction of walking people using deformable contour models. *Computer Animation and Virtual Worlds*. 2004;15(3/4):399-406.
- Chiari L, Della Croce U, Leardini A, Cappozzo A. Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 2: Instrumental errors. *Gait & posture*. 2005;21(2):197-211.
- Payton CJ. *BIOMECHANICAL EVALUATION OF MOVEMENT IN SPORT AND EXERCISE*. 14 p.
- Yu B, Koh TJ, Hay JG. A panning DLT procedure for three-dimensional videography. *Journal of Biomechanics*. 1993;26(6):741-51.
- Abdel-Aziz Y, editor *Direct linear transformation from comparator coordinates in close-range photogrammetry*. *Proceedings American society of photogrammetry symposium on close-range photogrammetry Falls Church (VA) American Society of Photogrammetry Symposium on Close-Range Photogrammetry*, 1971; 1971.
- Furnée H. *Real-time motion capture systems*: Wiley: New York, NY, USA; 1997.
- Dickens WE, Smith MF. Validation of a visual gait assessment scale for children with hemiplegic cerebral palsy. *Gait & posture*. 2006;23(1):78-82.
- Clark RA, Pua Y-H, Fortin K, Ritchie C, Webster KE, Denehy L, et al. Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Gait & posture*. 2012;36(3):372-7.

38. Cappozzo A, Catani F, Leardini A, Benedetti M, Della Croce U. Position and orientation in space of bones during movement: experimental artefacts. *Clinical biomechanics*. 1996;11(2):90-100.
39. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics*. 1997;13(2):135-63.
40. Rainoldi A, Melchiorri G, Caruso I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *Journal of neuroscience methods*. 2004;134(1):37-43.
41. Benedetti M. Muscle activation intervals and EMG envelope in clinical gait analysis. *IEEE engineering in medicine and biology magazine: the quarterly magazine of the Engineering in Medicine & Biology Society*. 2001;20(6):33-4.
42. De Luca CJ. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. *Muscle & nerve*. 1993;16(2):210-6.
43. Clarys JP. Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities. *Ergonomics*. 2000;43(10):1750-62.
44. Dowling JJ. The use of electromyography for the non-invasive prediction of muscle forces. *Sports Medicine*. 1997;24(2):82-96.
45. Giacomozzi C, Macellari V. Piezo-dynamometric platform for a more complete analysis of foot-to-floor interaction. *IEEE transactions on rehabilitation engineering*. 1997;5(4):322-30.
46. Hninsworth F, Harrison MJ, Sheldon T, Rousnounis SH. A preliminary evaluation of ankle orthoses in the management of children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 1997;39(4):243-7.
47. Chesnin KJ, Selby-Silverstein L, Besser MP. Comparison of an in-shoe pressure measurement device to a force plate: concurrent validity of center of pressure measurements. *Gait & posture*. 2000;12(2):128-33.
48. McCaw ST, DeVita P. Errors in alignment of center of pressure and foot coordinates affect predicted lower extremity torques. *Journal of biomechanics*. 1995;28(8):985-8.
49. Cooper G, Sheret I, McMillian L, Siliverdis K, Sha N, Hodgins D, et al. Inertial sensor-based knee flexion/extension angle estimation. *Journal of biomechanics*. 2009;42(16):2678-85.
50. Coley B, Najafi B, Paraschiv-Ionescu A, Aminian K. Stair climbing detection during daily physical activity using a miniature gyroscope. *Gait & posture*. 2005;22(4):287-94.
51. Fong DT-P, Chan Y-Y. The use of wearable inertial motion sensors in human lower limb biomechanics studies: a systematic review. *Sensors*. 2010;10(12):11556-65.

Transkranial Manyetik Stimölasyon ve Nörolojik Rehabilitasyonda Uygulama Alanları

Transcranial Magnetic Stimulation and Application Areas in Neurological Rehabilitation

Fzt Ali Naim CEREN, Prof Dr Ayşe LİVANELİOĞLU

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

E-mail: alinainceren@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Transkranial manyetik stimölasyon (TMS) birçok nörolojik ve psikiyatrik hastalıkta değerlendirme ve tedavi amacı ile kullanılmaktadır. TMS prognostik ve diagnostik amaçlarla da kullanılmaktadır fakat TMS’de görülen anormallikler hastalığa özgü değildir. Sadece uygulandığı bölgede değil, aynı zamanda bu bölgenin bağlantı içinde olduğu bölgelerde de etkisi görülür. Hâlâ terapötik etki mekanizması tam olarak bilinmemektedir fakat mevcut bazı hipotezler vardır. TMS’nin etkinin bu hipotezlerin kombinasyonu ile oluştuğu düşünülmektedir. Son yıllarda, TMS ve fizyoterapinin kombine olduğu çalışmalar vardır fakat bu çalışmaların sonuçları tartışmalıdır. Bu çalışmalar incelendiğinde, uygulama protokollerinin çok farklı olduğu göze çarpmaktadır. Bazı protokoller olumlu sonuçlar oluştururken, bazı protokoller etkisiz bulunmuştur. Gelecek çalışmalarda yeni tedavi protokollerinin araştırılmasına ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: transkranial, manyetik, stimölasyon, fizyoterapi, rehabilitasyon

ABSTRACT

Transcranial magnetic stimulation (TMS) is used for evaluation and treatment purposes in many neurological and psychiatric disorders. Also, TMS is used for prognostic and diagnostic purposes but the abnormalities seen in TMS are not specific to any disease. It affects not only the region where it is applied, but also the regions where this region is connected. The mechanism of therapeutic effects is still unknown, but there are some hypotheses available. It is thought that the effects of TMS are due to the combination of these hypotheses. In recent years, there are studies in which TMS and physiotherapy are combined but the results of these studies are controversial. When these studies are viewed, it is seen that the application protocols are very different. While some protocols produced positive results, some protocols were ineffective. There is a need to search for new treatment protocols in future studies.

Keywords: transcranial, magnetic, stimulation, physiotherapy, rehabilitation

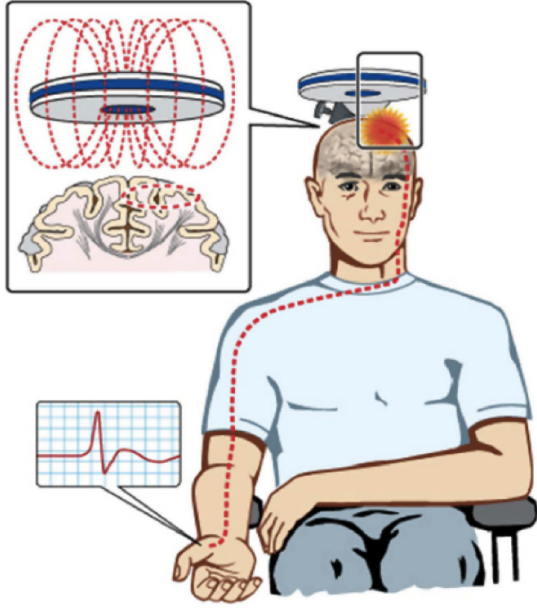
1.GİRİŞ

Transkranial manyetik stimölasyon (TMS); nöral dokuları (serebral korteks, spinal kökler, kranial ve spinal nöronlar) uyarmak için değişken manyetik alanların kullanıldığı ve bu uyarılara bağlı cevapların elektromyografi (EMG) cihazı ile kaydedildiği, non-invaziv bir yöntemdir ve prognostik ve diagnostik amaçlarla kullanılmaktadır (1, 2). TMS’nin farklı ölçüm parametreleri sayesinde, sinir sisteminde motor yolların bütünlüğünü değerlendirmek ve birbiri ile bağlantı içerisinde bulunan farklı beyin bölgelerinin bağlantı düzeyleri hakkında bilgi edinmek mümkündür (3). Ayrıca inme, depresyon, Parkinson hastalığı, epilepsi, multipl skleroz (MS), serebral palsi (SP), migren, distoni, obsesif-kompulsif bozukluk gibi birçok nörolojik ve psikolojik hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır (2, 4, 5). TMS’nin terapötik etkisinin altında yatan mekanizmalar ve tedavi sonrası terapötik

etkinin uzun süre devam etmesinin nedenleri hâlâ araştırılmaktadır (2). Bu bölümde TMS hakkında genel bilgiler, temel prensipler, etki mekanizmaları, terapötik etkisi altında yatan muhtemel mekanizmalar ve nörolojik rehabilitasyonda çalışılmış bazı örnekler anlatılacaktır.

2.TARİHÇE

Michael Faraday’ın 1831 yılında elektroman-yetik alanı keşfetmesi, manyetik stimölasyonun temelini oluşturmuştur. D’Arsonval 1896 yılında, yüksek akım taşıyan bir bobin yardımıyla beynin manyetik olarak uyarılabileceğini göstermiş ve böylece değişken manyetik alanın fizyolojik etkileri ilk kez ortaya koyulmuştur (3, 7). 1910 yılında bu bulgular, Silvanus P. Thomson tarafından doğrulanmıştır. 1965 yılında, Bickford ve Freeman hem insan hem de hayvan deneylerinde periferik sinirlerin non-invaziv manyetik stimölasyonunu



Şekil 1) TMS uygulaması; manyetik alan motor korteksi uyandır ve uygulanan bölgenin kontralateralde EMG ile ölçülebilen bir hareket açığa çıkar (6).

bildirmişlerdir. Merton ve Morton 1980 yılında transkranyal elektrik stimülasyonu (TES) çok kısa durasyonlu ve büyük amplitüdlü elektrik atımları kullanarak, beyin motor korteksini stimüle etmenin mümkün olduğunu göstermişlerdir. Stimülasyon sonrası, nispeten senkronize kas cevabı, MUP üretmiş ve birçok amaç için kullanılabileceği açık olduğu bildirilmiştir. Fakat, stimülasyon için gerekli olan şiddetin çok yüksek olduğu (1-1,5 kV), rahatsızlık verdiği ve tolere etmenin zor olduğu bildirilmiştir. Bu stimülasyon türüyle ilgili ana problem, uygulanan akımın sadece az bir miktarının gerçekten beyin içinde ilerlemesidir. Elektrik akımının büyük bir bölümü kafatası üzerinde elektrotlar arasında ilerler ve lokal rahatsızlık ile kafatası kaslarında kontraksiyona sebep olur (3). Barker ve arkadaşları 1985 yılında kısa ve güçlü eksternal manyetik alan kullanarak, insan motor korteksi ve periferik sinirlerin stimülasyonunu ilk kez göstermişlerdir. Çalışmaya katılan bireyler stimülasyon esnasında ağrı ve sıkıntı hissetmediklerini bildirmişlerdir. TMS; günümüzde birçok nörolojik ve psikolojik hastalığın değerlendirme ve tedavisinde kullanılmaktadır (3, 7).

3. TEMEL PRENSİPLER

TMS, motor sinir sistemin bütünlüğünü değerlendirmeye yardımcı olan bir tekniktir. Bu tekniğin amacı zamanla değişen manyetik alanla tetiklenen kesikli elektrik alanı yaratmaktır. Böylece sinir sisteminin geçici olarak depolarizasyonu sağlanır.

Manyetik alan, kafatasının üst tarafına yerleştirilen manyetik bobin içerisinde elektrik akımı geçmesiyle üretilir. Elektrik akımının oluşturduğu manyetik alan, insan ve hayvan vücudu gibi elektriksel olarak iletken olan ortamlarda bir akım indükleyebilir. Bu indüklenmiş elektrik akımı manyetik alana dik olarak, bobinde ilerleyen akıma zıt yönde ve manyetik alanla orantılı olarak bobinin eksternal ucundan birkaç santimetre uzağa kadar ilerler (3). Hızlı değişen manyetik alan, yakınındaki iletken yapılarda elektrik girdap akımları oluşturur. TMS’de kullanılan frekansların oluşturduğu manyetik alana, kafatası düşük bir empedans sergilediği için beyinde girdap akımları oluşur ve bu akımlar nöral dokuları stimüle edebilir. TMS ile kafa derisinde indüklenen akımlar TES ile oluşanlardan çok daha zayıftır, çünkü TMS’nin oluşturduğu akımlar ağrı reseptörlerine minimal aktivasyon ya da hiç aktivasyon olmadan ekstraserebellar tabakaları (kafa derisi, kafatası, meninksler) geçerler ve iyi tolere edilebilirler. Bu yüzden, TMS ile oluşan his çok hafiftir (3, 8, 9).

Homojen bir ortamda, elektrik alanı, bobinin düzlemine paralel ve döngüler içinde ilerleyen bir akıma neden olur. En güçlü akımın olduğu döngüler, bobinin kendi çevresi yakınında oluşacaktır. Akım döngüleri, bobinin merkezinin yakınında zayıf olur ve merkezde hiç akım yoktur. Manyetik alan, bobinden uzaklık arttıkça hızla düşer. Bazal ganglionlar ve talamus gibi derin bölgelerde stimülasyon ciddi olarak zayıflar (3, 10).

4. BOBİNLER

En yaygın kullanılan bobinler dairesel bobinlerdir. Büyük bobinler beyinde çok fokal stimülasyon üretemez, fakat penetrasyonun makul derinliğe ulaştırılabilmesini sağlarlar. Dairesel bobinlerin genel amaçlar için çok kullanışlı olmasına rağmen, stimülasyon bölgesinin iyi bir şekilde tanımlanamaması gibi bir dezavantajı vardır. Standart yuvarlak bobin ile beyinde indüklenen akım, bobinin altında bir halka biçiminde ilerler. Nöral dokunun büyük bir bölümü, büyük bir cihazla aktive edilebilir. Stimülasyon odağını arttırmaya, dairesel bobine eğim vererek, kafatası ve bobin arasında farklı açılar oluşturarak ulaşılabilir. Kafatası ve bobin arasındaki açı arttıkça stimülasyon daha fokal olur. Maalesef bu işlemin neden olduğu stimülasyon odağındaki artış, stimülasyonun etkinliğinde azalmaya neden olur (3, 11).

TMS’de kullanılan diğer bir bobin türü de 8-şekilli bobin (kelebek ya da çift bobin olarak da adlandırılır) olup, indüklenmiş elektrik alanı, 8 şeklinin birleşim bölgesinin altında, iki kanadın altındakinden iki kat daha fazladır. Bu bobinler aynı

sarım sayısındaki dairesel bobinlerden daha az indüksiyona sahiptir ve bu sebepten dolayı içlerinden daha büyük akımlar geçebilir (3, 12).

TMS'de kullanılan diğer bir bobin türü olan Hesed (H) bobinleri, derin beyin yapılarının stimülasyonunda etkilidir. H bobinleri diğer bobinlere göre kompleks sarım paternlerine ve daha büyük ebatlara sahiptir. Bu sebepten ötürü, derin bölgelerde daha yavaş elektrik alanı sönümleri oluşur. Fakat literatürde stimülasyon derinliği bakımından H bobininin, 8-şekli bobinden daha iyi olduğu tartışmalıdır (11, 13).

5.ÖLÇÜM PARAMETRELERİ

5.1.Motor Uyarılmış Potansiyel (MUP)

Motor uyarılmış potansiyelin amplitüdü, kortikospinal yol bütünlüğünü göstermesinin yanı sıra motor korteks ve sinir köklerinin eksitabilitesi ve periferik motor yolların kaslara olan iletimi hakkında bilgi verir. Bozulmamış MUP'lar piramidal yolların bütünlüğünü gösterirken, kortikospinal yollar da herhangi bir seviyedeki disfonksiyon, anormal MUP'lar gösterebilir (1).

5.2.Motor Eşik

TMS, motor kortekse uygun şiddette uygulandığı zaman kontralateral ekstremitelerden kaslarından MUP kaydedilebilir. Motor eşik; motor kortekse tek atım TMS uygulandığı zaman, hedef kasta MUP'lar oluşturmak için gerekli olan en düşük TMS şiddetidir. Motor eşik, motor korteksin eksitabilitesi yansıtmasının yanı sıra kortikospinal nöronlar, spinal korddaki motor nöronlar, nöromusküler kavşak ve kasın kendi eksitabilitesini yansıtır. Sonuç olarak, motor eşik, presinaptik kortikal nöronlardan kaslara kadar olan sinaps zincirinin etkinliği hakkında bilgi verir. Motor eşik, genellikle kortikospinal yolların etkilendiği MS, inme, ve beyin veya spinal kord yaralanmalarında artar (1).

5.3.Santral Motor İletim Zamanı

Santral motor iletim zamanı (SMİZ); motor korteksin stimülasyonu ile elde edilen MUP'lar ile spinal motor kök stimülasyonu ile elde edilen MUP'lar arasındaki latans farkı olarak tanımlanır. SMİZ'deki belirgin uzama, yolların demyelinizasyonunu gösterir. MS ve servikal spondilolitik myelopati; dağınık ve zayıflamış cevaplarla birlikte uzamış iletim zamanının görüldüğü tipik hastalıklardır. ALS hastalarında ise MUP'lar düşük amplitüdüdür fakat SMİZ biraz gecikmiştir. İnme hastalarında SMİZ'deki uzama klinik iyileşme ile ilişkilidir ve

zamanla normale döner. Ayrıca, inme sonrası ilk 72 saat içindeki SMİZ cevabı, hastaların farklı prognozlarını ve beklenen iyileşmeyi belirlemek için kullanılabilir (1). SMİZ, idiyopatik erken başlangıçlı Parkinson hastalığında genellikle normaldir. Fakat hastalığın ileri evrelerinde bulgular tartışmalıdır. Bazı çalışmalar SMİZ'nin yavaşlama eğiliminde olduğunu gösterirken, SMİZ'nin normal değerde olduğunu gösteren çalışmalarda mevcuttur (14, 15). Distonili çocuklarda yapılan bir çalışmada SMİZ'in hastaların çoğunda normal değerde olduğu gösterilmiştir (16). Serebellum ile ilgili olan Friedreich ataksisi ve spinoserebellar ataksi hastalarında yapılan çalışmalarda SMİZ'in uzadığı gösterilmiştir (17, 18). Sonuç olarak, SMİZ ölçümü diazoz için destekleyici kanıtlar sağlayabilir ve hastalık progresyonu ve prognozun objektif göstergeleri olarak kullanılabilir, fakat bu değişimler herhangi bir hastalığı özel değildir (1).

5.4.Sessiz Periyot

Önce bireyden kas kontraksiyonu yapması ve bu kontraksiyonu sürdürmesi istenir. Sonrasında ise tek bir eşik üstü TMS atımı hedef kasın kontralateral motor korteksine uygulanır. Bu işlem elektromyografik aktivitede, MUP sonrası birkaç yüz milisaniyelik süre için durmaya neden olur. Elektromyografik supresyonun olduğu bu periyot, sessiz periyot olarak adlandırılır ve MUP sonundan istemli elektromyografik aktivitenin tekrar geri döndüğü zaman aralığı olarak tanımlanır. Fakat bazı durumlarda özellikle kortikospinal yolların etkilendiği hastalarda MUP sonunu belirlemek zordur. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, bazı araştırmacılar sessiz periyodu stimülusun gönderilmesinden istemli aktivitenin geri dönüşüne kadar olan zaman aralığı olarak tanımlarlar (1, 19). Bu supresyonun sadece ilk 50-60 ms'ine Renshaw inhibisyonu gibi spinal inhibitör mekanizmalar katkı sağlarken, büyük çoğunluğunda motor kortekste inhibisyon mekanizmalarının etkisi olduğuna inanılır (20).

5.5.Transkallosal İletim

Bir motor kortekse TMS uygulandığı zaman, stimülasyonun uygulandığı bölgenin ipsilateralindeki küçük el kaslarında istemli elektromyografik aktivitenin sürdürülmesi baskılanabilir. Bu durum birey ipsilateral intrinsik el kaslarında kontraksiyonu devam ettirirken motor kortekse tek bir eşik üstü TMS uygulandığında görülebilir. Bu inhibisyona transkallosal yolların aracılık ettiği düşünülür. Korpus kallosum lezyonu olan hastalarda, bu transkallosal inhibisyon ya gecikir ya da hiç görülmez (21).

6. TMS'NİN DİYAGNOSTİK VE PROGNOSTİK KULLANIMI

TMS'nin motor sistemin farklı seviyelerine uygulanması; motor korteksin eksitabilitesi, intrakortikal nöral yapıların fonksiyonel bütünlüğü, kortikospinal, kortikonukleer ve kallosal fibrillerin iletimi, sinir köklerinin ve kasa giden periferik motor yolların fonksiyonu hakkında bilgi verir. Bu çalışmalarda bulgular; sinir sistemindeki lezyonun seviyesini lokalize etmeye, motor yollardaki demiyelinizasyon veya aksonal lezyonu ayırt etmeye, bir hasar sonrası fonksiyonel motor sonuçları tahmin etmeye yardımcı olabilir. TMS ile görülen anormallikler hastalığa özgü değildir ve bulgular diğer klinik bulgularla beraber yorumlanmalıdır (1).

7. TMS İLE TES ARASINDAKİ FARKLAR

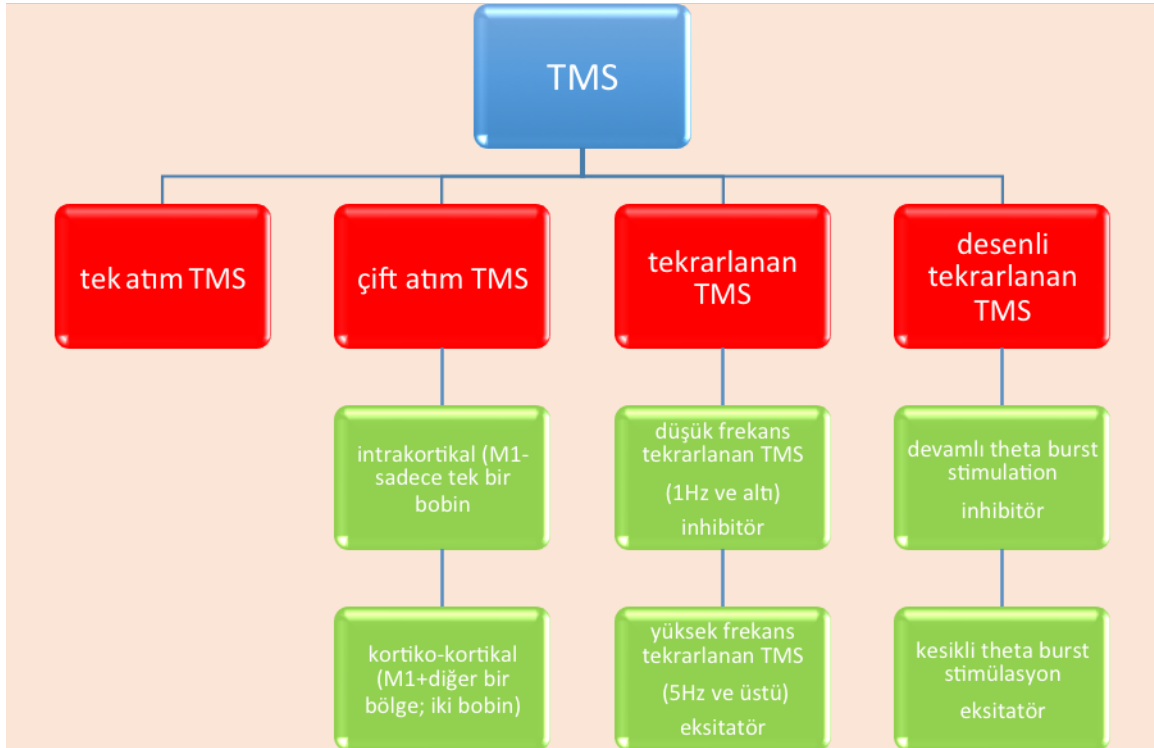
TMS gibi, TES de uygulamanın yapıldığı bölgenin kontralateralinde EMG cevapları oluşturur. Hem TES hem de TMS'den oluşan MUP'lar inen motor yolların fonksiyonel bütünlüğünü ve iletim özelliklerini göstermek için kullanılabilir. TMS'nin TES'e göre 3 ana avantajı vardır. Birincisi, TMS vücut yapılarına daha iyi penetre olur. TMS iyi penetrasyonu sayesinde kemik altındaki bölgelerde daha etkin stimülasyon oluşturur. TES'de hücreler elektrik akımı ile aktive olurken, TMS'de beynin kendisinde elektrik akımı indüklenir (3, 22).

İkincisi, bobinle indüklenen elektrik alanın etkisi, yüzeysel elektrot uygulanarak indüklenen alanın etkisinden daha derinlere ulaşabilir. TES'de; yüzeysel, iğne veya implante elektrotlarla vücuda akım verilir. Bir elektrik stimülatörden yük, elektronlarla elektrotlara taşınır. Bu iyonların küçük bir yüzdesi yakınlardaki aksonlara ulaşır ve membran depolarizasyonu gerçekleşir. TMS'de ise manyetik alan elektrik alanı oluşturur ve bu stimülasyonu sağlar. Manyetik alan vücudun elektriksel özelliklerinden etkilenmez ve hem kemik hem de yumuşak dokudan geçer. Burada sözü edilen sebeplerden dolayı, TMS ağrı ve rahatsızlık hissine neden olmazken, TES de bu durumlar görülebilir (3, 23).

Üçüncüsü, TMS vücutta fiziksel ve elektriksel temas gerektirmez. Bu durum, fiziksel temasın başka hasara veya enfeksiyona neden olabileceği travmaya uğramış bölgelerin stimülasyonu gibi durumlarda değerli olabilir. Stimülasyon bobini ilgili bölge üzerinde serbest olarak hareket ettirilebilir. Bu da optimal stimülasyon bölgesinin konumunu hızlı ve kolayca ayarlamayı sağlar (3, 23).

8. TMS TÜRLERİ

TMS'nin nörofizyolojik süreçler ve beyin fonksiyonlarını değerlendirmek ve tedavi etmek amacıyla kullanılan tek atım TMS, çift atım TMS, tekrarlanan TMS ve desenli tekrarlanan TMS olmak üzere 4 türü vardır (24).



Şekil 2) TMS türleri, nöromodülatör fonksiyonları (24)

8.1.Tek Atım TMS

Tek bir stimülasyon uygulanması ile elde edilir. Örneğin primer motor kortekse (M1) uygulanırsa, stimülusun şiddeti eşik üstü olduğu zaman, stimüle edilen M1'in kontralateralindeki el kaslarında ölçülebilir bir EMG cevabı oluşur. Tek atım TMS ile M1'in kortikospinal çıktıları haritalandırılabilir ve santral iletim zamanı çalışmak için kullanılabilir. Yüzeysel EMG elektrotları ile kayıt yapmak göreceği olarak basit olduğundan, tek atım TMS birçok nörolojik hastalıkta kortikospinal ve kortikobulbar motor yolların fonksiyonel bütünlüğünü değerlendirmek için klinik nörofizyolojide kullanılmaktadır (25).

8.2.Çift Atım TMS

Ölçülebilir bir MUP indükleyecek eşik üstü bir stimülusun M1'e uygulamadan önce bir veya daha fazla stimülusun kullanılmasıyla oluşan bir tekniktir (26). Bu teknik, intrakortikal veya kortikokortikal nöral etkileşimleri inceler. Örneğin, M1'e uygulanan çift atım TMS; intrakortikal fasilitasyon veya inhibisyon gösteren çıkış MUP'ları üzerine uyarıcı atımın etkisiyle sonuçlanan, lokal internöron dinamiklerinin farklı yönlerini araştırmak için kullanılır. Çift atım TMS bir bölgeye uygulanan stimülusun farklı bir beyin bölgesinin eksitabilitesi üzerine olan etkisini değerlendirmek için farklı bölgelere uygulanabilir. Yani farklı iki bölge arasındaki kortikokortikal bağlantı test edilebilir. Böylece, her iki M1'in homolog bölgeleri arasındaki, premotor korteks ve M1 arasındaki, dorsolateral prefrontal korteks (DLPFK) ve M1 arasındaki, posterior parietal korteks ve M1 arasındaki, serebellum ve M1 arasındaki bağlantılar değerlendirilebilir. Bu sayede anlama, eylem seçimi ve eylemi yeniden programlama gibi motor davranışsal durumlarda M1'in kortikospinal çıktıkları üzerine prefrontal, frontal ve periferel girdilerin nedensel ilişkisine ait bilgi elde edilebilir (24, 27-29).

8.3.Tekrarlanan TMS

Tekrarlanan TMS, nöromodülatör bir cihaz olarak kullanılabilir. Düşük frekans tekrarlanan TMS (≤ 1 Hz), stimüle edilen beyin bölgesinde geçici olarak bozulmaya neden olur. İnhibitör tekrarlanan TMS'nin bu formu, spesifik davranışlar üzerine etkisi bilinen bir kortikal bölge veya o bölgenin bağlantı içinde olduğu ağın nedensel etkilerini göstermek için uygun non-invaziv bir metottur (30). Düşük frekans tekrarlanan TMS (≤ 1 Hz) kortikal eksitabilitede düşüşe neden olurken, yüksek frekans tekrarlanan TMS (≥ 5 Hz) en az 30 dakika boyunca uygulanan bölgenin aktivasyonunu

arttırarak MUP amplitüdünde artışa neden olur. Kullanılan spesifik stimülasyon protokolüne bağlı olarak, tekrarlanan TMS'nin nöromodülatör etkisi, birkaç dakika sürebildiği gibi saatlerce devam da edebilir (24, 31).

8.4.Desenli Tekrarlanan TMS

Yüksek stimülasyon frekansında, tekrarlanan TMS'nin kısa atımlarla tekrarlı uygulanmasından oluşur. En yaygın formu theta burst stimülasyon (TBS) olup kesikli ve devamlı olmak üzere iki türü vardır. Devamlı TBS inhibitör etki gösterirken, kesikli TBS eksitator etki gösterir (32).

9.TMS'NİN ETKİLERİ

Son zamanlarda yapılan birçok çalışma, TMS'nin sadece stimülasyon bobinin altında değil, aynı zamanda stimülasyon bölgesi ile bağlantı içinde olan bölgelerde de değişimlere neden olduğu gösterilmiştir. Bir davranışın başarılı bir şekilde yerine getirilebilmesi için beyinde birçok bölge uyum içinde çalışmalıdır. Beyin görüntüleme çalışmaları, bu farklı ağların aktivitesi hakkında önemli bilgilere ulaşmaya yardımcı olmaktadır (24).

Erken dönem çalışmalarda, TMS uygulaması sonrasında beyin aktivitesindeki değişimin tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesinin mümkün olduğu gösterilmiştir (33). Bazı araştırmacılar benzer değerlendirmeleri pozitron emisyon tomografi (PET) kullanarak yapmışlardır (34, 35). Elektroensefalogram (EEG) kullanılarak kan akımındaki değişimlerden ziyade nörofizyolojik olarak değerlendiren çalışmalarda yapılmıştır (36). Ayrıca, fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) kullanılarak, kan oksijen seviyesine bağlı sinyal değişimleri kaydedilmiş ve fokal TMS stimülasyonu ile ilişkili fizyolojik aktivitelerde ve bölgesel kan akımında hem lokalde hem de uzak bölgelerde değişim kaydedilmiştir (37). Bu öncü çalışmalardan beri, araştırmacılar global beyin aktivitesi üzerine fokal stimülasyonun etkilerini keşfetmek için beyin görüntüleme ve beyin stimülasyonunu kombine olarak kullanmaktadırlar (24).

Sağlıklı gönüllülerde yapılan bir çalışmada, M1'e eşik üstü yüksek frekans tekrarlanan TMS uygulamasının primer sensorimotor korteks, supleментар motor alan (SMA), premotor korteksler, putamen ve talamusta kan oksijen seviyesine bağlı sinyal değişimlerine neden olduğu gösterilmiştir (38). Bu durumla tutarlı olarak, M1'e yüksek frekans eşik üstü tekrarlanan TMS uygulamasının bu bölge ile SMA arasındaki bağlantıyı arttırdığı gösterilmiştir (39). M1'e düşük frekans inhibitör tekrarlanan TMS uygulamasının M1, SMA ve anterior

serebellum arasındaki bağlantıları modifiye ettiği bildirilmiştir (40).

Tekrarlanan TMS'nin M1'den başka bölgelere uygulanması da fonksiyonel aktiviteyi modüle etmektedir. Sol dorsal premotor kortekse eşik üstü tekrarlanan TMS uygulaması, hem lokal olarak stimülasyon bobininin altında hem de sağ dorsal premotor korteks, bilateral ventral premotor korteks ve SMA gibi uzak bölgelerde kan oksijen seviyesine bağlı sinyallerde artışa neden olur (41).

Kronik inme hastalarında, ipsilezyonal M1'e eşik altı tekrarlanan TMS uygulaması, bu bölge ile bazal ganglionlar ve talamus arasındaki bağlantıları modüle eder (42). Kontralezyonal M1'e inhibitör tekrarlanan TMS uygulaması, ipsilezyonal M1 ve SMA arasındaki bağlantıyı artırır. Bu bulgular, kontralezyonal M1'in eksitabilitesi ve bağlantısındaki azalmanın ipsilezyonal M1'in bağlantılarında artışa sonuçlanacağını göstermektedir (43).

Kronik inme hastalarında, kontralezyonal dorsal premotor korteksin stimülasyonu, bu bölge ile ipsilezyonal primer sensorimotor korteks arasındaki bağlantıyı güçlendirir (44).

Bu çalışmalardan çıkan sonuçları özetleyecek olursak; ipsilezyonal M1'in fasilitatör stimülasyonu M1-SMA fonksiyonel bağlantısını artırırken, kontralezyonal M1 inhibitör stimülasyonunu kontralezyonal bağlantıyı zayıflatıp ipsilezyonal bağlantıyı güçlendirir (45, 46). Ayrıca, M1 haricindeki diğer bölgelerin stimülasyonu da ilişki içindeki beyin bölgelerinde önemli bağlantı değişimlerine neden olur (24).

10. TMS'NİN TERAPÖTİK ETKİLERİ ALTINDA YATAN MUHTEMEL MEKANİZMALAR

Yaklaşık 20 yıldır, tekrarlanan TMS olarak bilinen TMS metodu klinik nörolojide yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha önce de bahsedildiği gibi, düşük frekans tekrarlanan TMS, 1 Hz'in altındaki uygulamalar olup nöral eksitabilitede azalmaya neden olurken; yüksek frekans tekrarlanan TMS, 5 Hz'in üzerindeki uygulamalar olup kortikal eksitabilitede artışa neden olur (47).

TMS'nin etkilerini araştıran birçok çalışma olmasına rağmen, iki temel unsur hâlâ aydınlatılabilmemiş değildir. Birincisi, birçok nörofizyolojik hastalık ve durumda kullanılan TMS'nin terapötik etkilerini destekleyen altta yatan mekanizmalar henüz tam olarak belirlenememiştir. İkincisi, tedavi bitişinden sonra TMS'nin terapötik etkisinin uzun süre devam etmesinin nedenleri tam olarak açıklanamamıştır. TMS'nin uzun süre devam eden pozitif etkileri nö-

ronda, nöral ağlarda (serebral bölgelerin karşılıklı eksitasyon veya inhibisyonu), sinaptik olarak ve moleküler genetik düzeyde (gen ekspresyonunda, enzim aktivitesinde ve nöromediatör üretimindeki değişimler) oluşturduğu etkilerden kaynaklanabilir (2).

10.1. Tekrarlanan TMS'nin Nörotransmitterler ve Sinaptik Plastisiteye Olan Etkileri

Parkinson hastalığının tedavisinde tekrarlanan TMS'nin klinik potansiyelinin yüksek olmasından dolayı, bazı araştırmacılar manyetik stimülasyonun dopamin üretimine olan etkisini araştırmışlardır. Parkinson hastalığı olan bireylerde yapılan bir fonksiyonel nörogörüntüleme çalışmasında, tekrarlanan TMS'nin ipsilateral striatumda dopamin konsantrasyonunda artışa neden olduğu gösterilmiştir (48). Sol DLPFK'ye uygulanan yüksek frekans (10 Hz) tekrarlanan TMS, ipsilateral Brodmann 25/12, 32 ve 11 numaralı bölgelerde dopamin salınımına arttırdığı bildirilmiştir (49).

Gönüllü sağlıklı bireylerde sol DLPFK'ye uygulanan TBS, motor performansta kötüleşmeye ve bilateral striatal dopamin üretiminde azalmaya neden olmuş ve ipsilateral kaudat nukleus ve ipsilateral putamende dopaminergik aktivitede çok belirgin azalma görülmüştür. Bu etkilerin N-metil D-aspartat (NMDA) reseptörlerinin aktivasyonunun muhtemelen neden olduğu sinaptik yapıdaki nöroplastik değişimler yoluyla alt beyin segmentlerinin uzun süreli inhibisyonuyla (60 dakikaya kadar) ilişkili olduğu düşünülmektedir (50, 51).

Tekrarlanan TMS, diğer nöromediatörlerin ve çeşitli reseptörlerin ekspresyon düzeyini etkiler. Tekrarlanan TMS uygulamasını takiben frontal ve singulat kortekslerde β -adrenoreseptörlerin sayısında azalma olurken, ventromedial talamus, amigdala ve parietal kortekste NMDA reseptör sayısında artış görülür (52).

Tekrarlanan TMS'ye cevap olarak nöral eksitabilite, stimüle edilen nöronların çevresindeki iyonik dengenin değişimi ile değişir. Yani iyonik dengedeki bu değişim, değişmiş sinaptik plastisite olarak ortaya çıkar. Birçok araştırmacı anlatılan bu süreçlere tekrarlanan TMS'nin uzun süren terapötik etkisinin şu iki fenomen ile ilgili olduğunu düşünülmektedirler: uzun süreli potensiyasyon (USP) ve uzun süreli depresyon (USD) (53, 54).

USP ve USD'nin TMS sonrası sinaptik kuvvette uzun süreli değişimleri destekleyen anahtar mekanizmalar olduğu düşünülür. USP sinaptik kuvveti artırarak etkisini günler, haftalar veya aylarca devam ettirirken, USD sinaptik kuvvette uzun

sürelili azalmaya neden olur. USP yüksek frekans stimülasyonu, TBS veya birkaç 10 milisaniye içinde postsinaptik nöron stimülasyonu takiben presinaptik nöron stimülasyonu ile oluşur. USD ise düşük frekans stimülasyonu veya birkaç 10 milisaniye içinde presinaptik nöron stimülasyonu takiben postsinaptik nöron stimülasyonu ile elde edilir (55, 56).

TMS'nin neden olduğu moleküler mekanizmalar postsinaptik membranda bulunan NMDA reseptörlerindeki değişimlerle ilgilidir. NMDA reseptörleri dinlenme fazı esnasında magnezyum iyonları ile bloke edilmiş katyonik kanallara sahiptir. Fakat hücre zarının depolarizasyonu kanalı açar ve kalsiyum iyonlarının postsinaptik nörona girmesine izin verir. Sonuç olarak bu olay, USP'ye neden olur. USP fenomeninin iki türü vardır: erken ve geç. Erken USP mediatör ve iyon aktivitesinin redistribüsyonunu takiben sinaptik kuvvette değişime neden olur ve 30-60 dakika devam eder. Diğer yandan, geç USP değişen gen ekspresyonu ve protein sentezi ile ilgilidir ve birkaç saat, gün, hatta haftalarca devam edebilir (57-59). NMDA reseptörlerinin aktivasyonu USD oluşumuna da neden olur, fakat başka bir yolla bu etkiyi yaratır. Kalsiyum iyonlarının postsinaptik bölgede hızlı artışı USP'ye neden olurken, kalsiyum iyonlarının az ve yavaş akışı USD'ye neden olur (2).

10.2.Nöronların Genetik Aparatı Üzerine Tekrarlanan TMS'nin Etkileri

Tek seans tekrarlanan TMS uygulamasının c-fos geninin mRNA ekspresyonu üzerine olan etkisi incelenmiş ve talamusun paraventricüler nükleuslarında arttığı, frontal korteks ve singulat giruslarda az miktarda arttığı, fakat parietal kortekste değişmediği gösterilmiştir. Ayrıca, söz konusu araştırmada manyetik stimülasyonun etkisinin elektrik stimülasyonundan daha güçlü olduğu bildirilmiştir (60). Bir başka çalışmada, 14 seanslık tekrarlanan TMS uygulamasının parietal kortekste de c-fos geninin mRNA ekspresyonunda artışa neden olduğu gösterilmiştir (61).

Birçok çalışma açık şekilde TMS sinyallerinin gen ekspresyonunu stimüle ettiğini ve birçok enzimin üretimini arttırdığını göstermiştir. Bu etkilerin TMS'nin terapötik etkisinin uzun süre devam etmesini sağladığı düşünülmektedir (2).

10.3.Glial Hücreler ve Nöron Ölümünün Önlenmesi Üzerine Tekrarlayıcı TMS'nin Etkileri

TMS'nin diğer bir önemli etkisi de nöroprotektif mekanizmalara olan etkisidir. Sol superior tem-

poral girusa (Brodmann 41 ve 42) 5 gün uygulanan motor eşiğin %110 şiddetinde 1 Hz'lik tekrarlanan TMS'nin belirgin olarak stimülasyon bölgesinde gri madde hacminde artışa neden olduğu morfolometrik olarak gösterilmiştir. Bu araştırmacılar, bu makroskopik değişimlerin muhtemel sebeplerinin sinaptogenez, anjiyogenez, gliogenez, nörogenez, hücre boyutunda artış ve serebral kan akımında artış olduğunu belirtmişlerdir (62, 63).

Farelerde 14 gün 25 Hz'lik tekrarlanan TMS uygulamasının dentat girusa nörogenezisi arttırdığı bildirilmiştir. Yüksek frekans değişken manyetik alan (0,1-10T), laboratuvar ortamında neonatal sıçanda nöral kök hücrelerinin büyüme ve farklılaşmasında pozitif etki oluşturmuştur (64).

Transient iskemik atak (TIA) ve iskemik inmede, tekrarlanan TMS'nin hücre ölümüne karşı koruyucu olduğu ve kan akımını ve beyin metabolizmasını değiştirdiği gösterilmiştir (65, 66). Tekrarlanan TMS'nin sıçanlarda serebral iske-mi-reperfüzyon hasarı sonrası nöral fonksiyonun düzelmesinde yardımcı olduğu bildirilmiştir (67). Bu etkilerin altında yatan mekanizmaları aydınlatma kavuşturmak için, iske-mi-reperfüzyon hasarı modeli kullanılarak korpus striatumun adenosin trifosfat (ATP) içeriği ve mikrotübül ilişkili protein-2'nin (MIP-2) ekspresyonu araştırılmış ve tekrarlanan TMS'nin önemli ölçüde iskemik hemisferin striatumunda ATP içeriğinde artışa neden olduğu gösterilmiştir. Farklı stimülasyon uygulamaları farklı etkilere neden olur, ancak hem yüksek hem de düşük şiddette yüksek frekans stimülasyonu önemli ölçüde ATP içeriğinde artışa neden olur. Ayrıca, sol iskemik hemisferde MIP-2 ekspresyonunda belirgin artış görülmüştür (68).

Farelerde PET görüntüleme yöntemi kullanılarak TIA modeline yüksek frekans tekrarlanan TMS'nin nöroprotektif etkisi çalışılmış ve TMS uygulanan farelerin etkilenmiş hemisferlerinde enfarkt bölgelerinin belirgin olarak daha küçük olmasına rağmen, glikoz metabolizmalarının daha yüksek olduğu gösterilmiştir (69). Ayrıca, kaspaz-3-pozitif hücrelerinin sayısı tekrarlanan grubu, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında daha azdır. Bu, tekrarlanan TMS'nin iskemik bölgede apoptozu engellediğini gösterir (70).

10.4.Dentritik Büyüme, Filizlenme ve Nörotrofik Faktörler Üzerine Tekrarlanan TMS'nin Nörotrofik Etkileri

Manyetik stimülasyonun her zaman pozitif etki oluşturmadığı bilinmelidir. Hipokampal hücre kültüründe, düşük şiddet stimülasyonu (1.14 T, 1 Hz) dentritik filizlenme, dentritik büyüme ve sinaptik bağlantı yoğunluğunda artışla sonuçlanırken, yük-

sek şiddet stimülasyon (1.55 T, 1 Hz) dentrit ve akson sayısında azalma, nöral lezyon oluşumu ve sinaps sayısında azalma gibi tahrip edici etkilerle sonuçlanır (71).

Tekrarlanan TMS çalışmalarının büyük bir çoğunluğu beyin türevli nörotrofik faktör (BTNF) fonksiyonundaki değişimler üzerine odaklanmıştır. BTNF'nin santral sinir sistemi hasarı sonrası nöronun yaşamını devam ettirme şansını artırma, nörogenezis, nöronların farklılaşması ve göçü, dentrit ve aksonların büyümesi, sinaps oluşumu gibi fonksiyonlarda görev aldığı bilinmektedir (72). Bazı çalışmalar TMS'nin serum ve beyin omurilik sıvısında (BOS) BTNF içeriğini etkileyebileceğini söylemektedir. Fakat TMS sonrası serum BTNF düzeyinin değerlendirmesinden elde edilen bilgiler tartışmalıdır. Bazı çalışmalarda tekrarlanan TMS'nin serum BTNF düzeyinde artışa neden olduğunu bildirilirken, bazı çalışmalar etkisinin olmadığını bildirilmiştir (73, 74).

Tekrarlanan TMS'nin uzun süre uygulanması (haftada 5 gün, 11 hafta boyunca) hipokampus, parietal korteks ve piriform kortekste BTNF mRNA düzeyinde önemli ölçüde artışa neden olur (75).

Manyetik stimülasyonun etkileri; nöral morfoloji, glial hücreler, nörogenez, hücre farklılaşması ve tomurcuklanması, apoptoz mekanizmaları, nöromediatör konsantrasyonları, ATP, nörotrofik faktörler, glikoz mekanizması ve gen ekspresyonu gibi birçok faktörden oluşur. Tekrarlanan TMS'nin pozitif terapötik etkileri muhtemelen bu faktörlerin kombinasyonundan oluşmaktadır. TMS'nin etkileri ile ilgili birçok yayın olmasına rağmen, hâlâ kesin mekanizma bilinmemektedir (2).

11. TMS'NİN NÖROLOJİK REHABİLİTASYONDA UYGULAMALARI

Seniow ve ark. hemiparezi tablosu gelişen inme hastalarında el fonksiyonları üzerine yaptıkları çalışmada, kontralezyonal hemisfere 30 dakikalık 1 Hz frekansta, motor eşiğin %90'ında tekrarlanan TMS uygulamışlar ve buna ek olarak 45 dakikalık Bobath konseptine göre fizyoterapi programı uygulamışlardır. Ayrıca, çalışmanın kontrol grubuna sahte tekrarlanan TMS uygulamış ve 45 dakikalık Bobath konseptine göre fizyoterapi programı uygulamıştır. Hastaları 3 hafta boyunca, haftada 5 gün tedaviye almışlardır. Çalışmanın sonunda tekrarlanan TMS'nin el fonksiyonlarında bir etkisi bulunamamış, hastalarda görülen mevcut gelişmenin spontan iyileşme ve fizyoterapi kaynaklı olduğu bildirilmiştir (76).

Wang ve ark. hemiparezi tablosu görülen kro-

nik inme hastalarında yürüyüş performansı üzerine yaptıkları çalışmada, kontralezyonal hemisfere 10 dakikalık 1 Hz frekansta, motor eşiğin %90'ında tekrarlanan TMS uygulamışlar ve buna ek olarak 30 dakikalık göreve odaklı eğitim verilmiştir. Çalışmanın kontrol grubuna sahte tekrarlanan TMS uygulanmış olup hem çalışma hem de kontrol grubuna göreve odaklı eğitim verilmiştir. Hastalar 2 hafta boyunca, haftada 5 gün tedaviye alınmışlardır. Çalışmanın sonunda tekrarlanan TMS'nin yürüyüş performansını belirgin ölçüde geliştirdiği bildirilmiştir (77).

Avenanti ve ark. hemiparezi tablosu görülen kronik inme hastalarında tekrarlanan TMS ile birlikte uygulanan fizyoterapi programının uzun dönem nörofizyolojik etkilerini araştırmak için yaptıkları çalışmada hastaları 4 gruba ayırmışlardır. Birinci gruba önce tekrarlanan TMS sonra fizyoterapi, ikinci gruba önce fizyoterapi sonra tekrarlanan TMS, üçüncü gruba önce sahte tekrarlanan TMS sonra fizyoterapi, dördüncü gruba önce fizyoterapi sonra sahte tekrarlanan TMS uygulanmıştır. Tekrarlanan TMS uygulaması, kontralezyonal hemisfere 25 dakikalık 1Hz frekansta, motor eşiğin %90'ında yapılmış olup, fizyoterapi programı 45 dakikalık standart göreve odaklı üst ekstremitelerde egzersizlerinden oluşmuştur. Tedavi toplam 10 seans uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda, bütün gruplarda üst ekstremitelerde fonksiyonlarında performans artışı görülmüş fakat gerçek tekrarlanan TMS gruplarındaki artış sahte tekrarlanan TMS gruplarından daha fazla olmuştur. Gerçek tekrarlanan TMS grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında ise önce tekrarlanan TMS sonra fizyoterapi uygulanan gruptaki artışın daha fazla olduğu bildirilmiştir. Elde edilen performans artışı sahte tekrarlanan TMS gruplarında 1 ay içinde eskiye dönerken, gerçek tekrarlanan TMS gruplarında 1 ay sonra ve 3 ay sonra yapılan değerlendirmelerde etkinin ilk ölçümlere göre azalsa da devam ettiği, önce tekrarlanan TMS sonra fizyoterapi uygulanan grupta diğer gruba göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (78).

Galvao ve ark. hemiparetik kronik inme hastalarında üst ekstremitelerde spastisitesi üzerine tekrarlanan TMS'nin etkisini araştırmak için araştırma yapmışlardır. 10 seans boyunca çalışma grubuna kontralezyonal hemisfere 1 Hz frekansta, motor eşiğin %90'ında 1500 atımdan oluşan gerçek tekrarlanan TMS ve 30 dakika fizyoterapi uygulanırken, kontrol grubuna sahte tekrarlanan TMS ve 30 dakika fizyoterapi uygulamışlardır. Çalışmanın sonunda tekrarlanan TMS ve fizyoterapi beraber uygulandığı zaman spastisiteyi azaltmada etkili olabilir sonucuna ulaşmışlardır (79).

Koganemaru ve ark. hemiparetik kronik inme

hastalarında tekrarlanan TMS'nin üst ekstremitelerde kavrama kuvveti, eklem hareket açıklığı ve üst ekstremitte spastisitesine olan etkilerini araştırmak için ipsilezyonal bölgeye 5 Hz frekansta stimülasyon uygulamışlar ve bu uygulamayla birlikte üst ekstremitteye yönelik fizyoterapi programı da uygulamışlardır. Haftada 2 gün olacak şekilde 6 haftalık tedavi programı sonunda kavrama kuvveti ve eklem hareket açıklığının arttığını ve spastisitenin azaldığını bildirmişlerdir (80).

Yang ve ark. Parkinson hastalığı olan bireylerde yürüme bandı eğitimi sonrası yüksek frekans tekrarlanan TMS'nin kortikal inhibisyon ve yürüyüş fonksiyonlarına olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma grubunda 4 haftada 12 seans olacak şekilde daha çok etkilenen bölgenin kontralateral M1'ine 6 dakikalık 5 Hz frekansta, motor eşiğin %100'ünde tekrarlanan TMS uygulanmış ve hasta yürüme bandında 30 dakika eğitim verilmiştir. Kontrol grubuna farklı olarak sahte tekrarlanan TMS uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda yüksek frekans tekrarlanan TMS uygulaması ile yürüme bandı eğitiminin kombinasyonunun kortikomotor inhibisyonu modüle ettiği ve yürüyüş performansını geliştirdiği bildirilmiştir (81).

Maruo ve ark. Parkinson hastalığı olan bireylerde yüksek frekans tekrarlanan TMS'nin Parkinson hastalığında görülen motor semptomlar üzerine etkisini araştırmışlardır. 10 Hz frekansta, motor eşiğin %100'ünde toplamda 1000 atım olmak üzere 3 seans tekrarlanan TMS uygulamışlardır. Çalışma sonunda, motor semptomlarda belirgin gelişme görüldüğü bildirilmiştir (82).

Benninger ve ark. Parkinson hastalığının motor semptomlarının tedavisinde 50 Hz frekansta tekrarlanan TMS'nin etkinliğini incelemişlerdir. Her iki M1'e motor eşiğin %80'inde 8 seans tekrarlanan TMS uygulanmıştır. Çalışma sonunda yürümede, üst ekstremitelerde görülen bradikinezi ve motor performansta gelişme görülmemiştir (83).

Kim ve ark. Parkinson hastalığı olan bireylerde yürüyüşte ortaya çıkan motor donmalara yüksek frekans tekrarlanan TMS'nin etkinliğini araştırmışlardır. Hastaların dominant hemisferinin primer motor korteksine 10 Hz frekansta, motor eşiğin %90'ında, 20 dakika içinde 1000 atım olmak üzere 5 seans tekrarlanan TMS uygulanmıştır. Çalışma sonunda yüksek frekans tekrarlanan TMS'nin motor donmalara karşı etkin olduğu bildirilmiştir (84).

Mori ve ark. kesikli TBS ve egzersiz terapisinin kombinasyonunun MS'de görülen motor problemlere karşı olan etkisini araştırmışlardır. Hastalar 3 gruba ayrılmıştır. Birinci gruba kesikli TBS uygulanmış ve egzersiz terapisi verilmiş, ikinci gruba sahte kesikli TBS uygulanmış ve egzersiz terapisi

verilmiş, üçüncü gruba sadece kesikli TBS uygulanmıştır. Kesikli TBS uygulaması M1'e, motor eşiğin %80'inde ve 600 atım olacak şekilde 2 hafta boyunca uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda kesikli TBS'nin MS hastalarında spastisiteyi önemli ölçüde azalttığı, hastanın günlük yaşam aktivitelerinde ve yaşam kalitesinde belirgin düzelme sağladığı; fakat egzersiz terapisinin etkisinin gözlenemediği, bu durumun sebebinin 2 haftalık sürenin egzersiz tedavisinin etkisinin ortaya çıkması için yetersiz olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (4).

Elzamarany ve ark. MS hastalarında yüksek frekans tekrarlanan TMS'nin el becerileri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmaya hem relapsing remitting multipl skleroz (RRMS) hem de sekonder progresif multipl skleroz (SPMS) hastaları dahil edilmiştir. Tekrarlanan TMS uygulaması 5 Hz frekansta, motor eşiğin %100'ünde ve 15 dakika boyunca uygulanmıştır. Çalışma sonunda yüksek frekans tekrarlanan TMS'nin hem RRMS hem de SPMS hastalarında el becerilerini geliştirdiği, gelişmenin RRMS hastalarında daha iyi olduğu ve stimülasyonun etkilerinin 1 ay sonra bile devam ettiği bildirilmiştir (85).

Gupta ve ark. SP'li çocuklarda tekrarlanan TMS'nin spastisite üzerine olan etkisini araştırmışlardır. 20 seans boyunca bir gruba 5 Hz, diğer bir gruba 10 Hz frekansta 15 dakikalık tekrarlanan TMS uygulanmış, bu uygulamanın ardından 1 saat fizyoterapi uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise 20 seans sadece 1 saat fizyoterapi uygulanmıştır. Çalışma sonunda her iki tekrarlanan TMS grubunda da spastisitede azalma görüldüğü belirtilmiştir (5).

Gillick ve ark. SP'li çocuklarda kısıtlayıcı zorunlu hareket tedavisi ile kombine tekrarlanan TMS'nin paretik elin fonksiyonları üzerine etkisini araştırmışlardır. Toplamda 5 seans olmak üzere önce 10 dakikalık 6 Hz frekansta, motor eşiğin %90'ında tekrarlanan TMS; hemen ardından kontralezyonal hemisfere 10 dakikalık 1 Hz frekansta, motor eşiğin % 90'ında tekrarlanan TMS uygulanmıştır. Çalışma sonunda kısıtlayıcı zorunlu hareket terapisi ile kombine tekrarlanan TMS'nin SP'li çocuklarda güvenli, uygulanabilir ve etkin olduğu bildirilmiştir (86).

12.SONUÇ

TMS'nin etki mekanizmaları hâlâ tam olarak bilinmese de nörotransmitterlerde artış, sinaptik plastisite, uygulama bölgesi ve bu bölgenin iletim içinde olduğu bölgelerin kanlanması artışı, ATP miktarında artış sağladığına yönelik kanıtlar bulunmaktadır. Ayrıca apoptozu önlediğine yönelik çalışmalarda bulunmakta bu durumda özellikle inme sonrası hücre ölümüne engel olmada etkin

olabilmektedir. Fizyoterapinin nörolojik hastalıklarda etkinliği zaten bilinen bir gerçektir. Bu yüzden nörolojik hastalıklarda TMS ile fizyoterapinin kombinasyonundan oluşacak tedavi programları oldukça etkili olabilir. Fakat yukarıda anlatılan çalışmalardan da anlaşılabilceği gibi literatür bu uygulamaların etkinliği hakkında birbirine zıt iddialar barınmaktadır. Bunun sebepleri ise çalışmalar dikkatle incelenirse görülmektedir ki; seans sayıları, uygulama frekansları, uygulama süreleri gibi parametreler birbirinden farklıdır. Yani hâlâ rehabilitasyon için uygun protokol araştırılmaktadır. Bu da, bu alanda yeni çalışmalara olan ihtiyacı göstermektedir.

13. TEŞEKKÜR

Bu konuyu hazırlarken fikirlerine danıştığım değerli hocalarım Prof. Dr. Kadriye Armutlu, Yrd. Doç. Dr. Ayla Fil Balkan ve Dr. Fzt. Yeliz Salcı'ya sonsuz teşekkür ederim.

14. KAYNAKLAR

- Kobayashi M, Pascual-Leone A. Transcranial magnetic stimulation in neurology. *The Lancet Neurology*. 2003;2(3):145-56.
- Chervyakov AV, Chernyavsky AY, Sinitsyn DO, Piradov MA. Possible mechanisms underlying the therapeutic effects of transcranial magnetic stimulation. *Frontiers in human neuroscience*. 2015;9.
- Nollet H, Van Ham L, Deprez P, Vanderstraeten G. Transcranial magnetic stimulation: review of the technique, basic principles and applications. *The Veterinary Journal*. 2003;166(1):28-42.
- Mori F, Ljoka C, Magni E, Codecà C, Kusayanagi H, Monteleone F, et al. Transcranial magnetic stimulation primes the effects of exercise therapy in multiple sclerosis. *Journal of neurology*. 2011;258(7):1281-7.
- Gupta M, Lal Rajak B, Bhatia D, Mukherjee A. Effect of r-TMS over standard therapy in decreasing muscle tone of spastic cerebral palsy patients. *Journal of medical engineering & technology*. 2016;40(4):210-6.
- Vucic S, Ziemann U, Eisen A, Hallett M, Kiernan MC. Transcranial magnetic stimulation and amyotrophic lateral sclerosis: pathophysiological insights. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2013;84(10):1161-70.
- Wassermann E, Epstein C, Ziemann U. *Oxford handbook of transcranial stimulation*: Oxford University Press; 2008.
- Rossini PM, Rossi S. Clinical applications of motor evoked potentials. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*. 1998;106(3):180-94.
- Jalinous R. Technical and practical aspects of magnetic nerve stimulation. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 1991;8(1):10-25.
- Hess CW, Mills K, Murray N. Responses in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain. *The Journal of physiology*. 1987;388(1):397-419.
- Paulus W, Peterchev AV, Ridding M. Transcranial electric and magnetic stimulation: technique and paradigms. *Handb Clin Neurol*. 2013;116:329-42.
- Rothwell J. Techniques and mechanisms of action of transcranial stimulation of the human motor cortex. *Journal of neuroscience methods*. 1997;74(2):113-22.
- Roth Y, Pell GS, Zangen A. Motor evoked potential latency, motor threshold and electric field measurements as indices of transcranial magnetic stimulation depth. *Clinical Neurophysiology*. 2010;121(2):255-8.
- Perretti A, De Rosa A, Marcantonio L, Iodice V, Estraneo A, Manganelli F, et al. Neurophysiological evaluation of motor corticospinal pathways by TMS in idiopathic early-onset Parkinson's disease. *Clinical Neurophysiology*. 2011;122(3):546-9.
- Soysal A, Sobe I, Atay T, Sen A, Arpacı B. Effect of therapy on motor cortical excitability in Parkinson's disease. *Canadian Journal of Neurological Sciences*. 2008;35(2):166-72.
- McClelland V, Mills K, Siddiqui A, Selway R, Lin JP. Central motor conduction studies and diagnostic magnetic resonance imaging in children with severe primary and secondary dystonia. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2011;53(8):757-63.
- Restivo D, Giuffrida S, Rapisarda G, Antonuzzo A, Saponara R, Reggio A, et al. Central motor conduction to lower limb after transcranial magnetic stimulation in spinocerebellar ataxia type 2 (SCA2). *Clinical neurophysiology*. 2000;111(4):630-5.
- Lee Y-C, Chen J-T, Liao K-K, Wu Z-A, Soong B-W. Prolonged cortical relay time of long latency reflex and central motor conduction in patients with spinocerebellar ataxia type 6. *Clinical neurophysiology*. 2003;114(3):458-62.
- Triggs WJ, Macdonell RA, Cros D, Chiappa KH, Shahani BT, Day BJ. Motor inhibition and excitation are independent effects of magnetic cortical stimulation. *Annals of neurology*. 1992;32(3):345-51.
- Chen R, Lozano AM, Ashby P. Mechanism of the silent period following transcranial magnetic stimulation evidence from epidural recordings. *Experimental brain research*. 1999;128(4):539-42.
- Meyer BU, Röricht S, Woiciechowsky C. Topography of fibers in the human corpus callosum mediating inter-hemispheric inhibition between the motor cortices. *Annals of neurology*. 1998;43(3):360-9.
- Rothwell JC, Thompson PD, Day BL, Dick J, Kachi T, Cowan J, et al. Motor cortex stimulation in intact man: 1. General characteristics of EMG responses in different muscles. *Brain*. 1987;110(5):1173-90.
- Barker A, Freeston I, Jalinous R, Jarratt J. Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: an introduction and the results of an initial clinical evaluation. *Neurosurgery*. 1987;20(1):100-9.
- Liew S-L, Santarnecchi E, Buch ER, Cohen LG. Non-invasive brain stimulation in neurorehabilitation: local and distant effects for motor recovery. *Frontiers in human neuroscience*. 2014;8.
- Dayan E, Censor N, Buch ER, Sandrini M, Cohen LG. Noninvasive brain stimulation: from physiology to network dynamics and back. *Nature neuroscience*. 2013;16(7):838-44.
- Groppa S, Oliviero A, Eisen A, Quartarone A, Cohen L, Mall V, et al. A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: report of an IFCN committee. *Clinical Neurophysiology*. 2012;123(5):858-82.

27. Di Lazzaro V, Oliviero A, Profice P, Insola A, Mazzone P, Tonali P, et al. Direct demonstration of interhemispheric inhibition of the human motor cortex produced by transcranial magnetic stimulation. *Experimental brain research*. 1999;124(4):520-4.
28. Oliveri M, Koch G, Torriero S, Caltagirone C. Increased facilitation of the primary motor cortex following 1Hz repetitive transcranial magnetic stimulation of the contralateral cerebellum in normal humans. *Neuroscience letters*. 2005;376(3):188-93.
29. Koch G, Del Olmo MF, Cheeran B, Ruge D, Schippling S, Caltagirone C, et al. Focal stimulation of the posterior parietal cortex increases the excitability of the ipsilateral motor cortex. *Journal of Neuroscience*. 2007;27(25):6815-22.
30. Walsh V, Cowey A. Transcranial magnetic stimulation and cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*. 2000;1(1):73-80.
31. Rossi S, Hallett M, Rossini PM, Pascual-Leone A, Group SoTC. Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research. *Clinical neurophysiology*. 2009;120(12):2008-39.
32. SANDRINI M, COHEN LG. Noninvasive brain stimulation in neurorehabilitation. *Handbook of clinical neurology*. 2013;116:499.
33. Dressler D, Voth E, Feldmann M, Benecke R. Safety aspects of transcranial brain stimulation in man tested by single photon emission-computed tomography. *Neuroscience letters*. 1990;119(2):153-5.
34. Fox P, Ingham R, George MS, Mayberg H, Ingham J, Roby J, et al. Imaging human intra-cerebral connectivity by PET during TMS. *Neuroreport*. 1997;8(12):2787-91.
35. Paus T, Jech R, Thompson CJ, Comeau R, Peters T, Evans AC. Transcranial magnetic stimulation during positron emission tomography: a new method for studying connectivity of the human cerebral cortex. *Journal of Neuroscience*. 1997;17(9):3178-84.
36. Amassian VE, Cracco RQ, Maccabee PJ, Cracco JB. Cerebello-frontal cortical projections in humans studied with the magnetic coil. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*. 1992;85(4):265-72.
37. Bohning DE, Shastri A, Nahas Z, Lorberbaum JP, Andersen SW, Dannels WR, et al. Echoplanar BOLD fMRI of brain activation induced by concurrent transcranial magnetic stimulation. *Investigative radiology*. 1998;33(6):336-40.
38. Bestmann S, Baudewig J, Siebner HR, Rothwell JC, Frahm J. Functional MRI of the immediate impact of transcranial magnetic stimulation on cortical and subcortical motor circuits. *European Journal of Neuroscience*. 2004;19(7):1950-62.
39. Bestmann S, Baudewig J, Siebner HR, Rothwell JC, Frahm J. Subthreshold high-frequency TMS of human primary motor cortex modulates interconnected frontal motor areas as detected by interleaved fMRI-TMS. *Neuroimage*. 2003;20(3):1685-96.
40. Censor N, Dayan E, Cohen LG. Cortico-subcortical neuronal circuitry associated with reconsolidation of human procedural memories. *Cortex*. 2014;58:281-8.
41. Bestmann S, Baudewig J, Siebner HR, Rothwell JC, Frahm J. BOLD MRI responses to repetitive TMS over human dorsal premotor cortex. *Neuroimage*. 2005;28(1):22-9.
42. Chouinard PA, Leonard G, Paus T. Changes in effective connectivity of the primary motor cortex in stroke patients after rehabilitative therapy. *Experimental neurology*. 2006;201(2):375-87.
43. Grefkes C, Nowak DA, Wang LE, Dafotakis M, Eickhoff SB, Fink GR. Modulating cortical connectivity in stroke patients by rTMS assessed with fMRI and dynamic causal modeling. *Neuroimage*. 2010;50(1):233-42.
44. Bestmann S, Swayne O, Blankenburg F, Ruff CC, Teo J, Weiskopf N, et al. The role of contralesional dorsal premotor cortex after stroke as studied with concurrent TMS-fMRI. *Journal of Neuroscience*. 2010;30(36):11926-37.
45. Ward N, Brown M, Thompson A, Frackowiak R. Neural correlates of outcome after stroke: a cross-sectional fMRI study. *Brain*. 2003;126(6):1430-48.
46. Rehme AK, Eickhoff SB, Wang LE, Fink GR, Grefkes C. Dynamic causal modeling of cortical activity from the acute to the chronic stage after stroke. *Neuroimage*. 2011;55(3):1147-58.
47. Maeda F, Kleiner-Fisman G, Pascual-Leone A. Motor Facilitation While Observing Hand Actions: Specificity of the Effect and Role of Observer's Orientation. *Journal of neurophysiology*. 2002;87(3):1329-35.
48. Strafella AP, Paus T, Barrett J, Dagher A. Repetitive transcranial magnetic stimulation of the human prefrontal cortex induces dopamine release in the caudate nucleus. *Journal of Neuroscience*. 2001;21(15):RC157-RC.
49. Cho SS, Strafella AP. rTMS of the left dorsolateral prefrontal cortex modulates dopamine release in the ipsilateral anterior cingulate cortex and orbitofrontal cortex. *PLoS one*. 2009;4(8):e6725.
50. Ko JH, Monchi O, Ptito A, Bloomfield P, Houle S, Strafella AP. Theta burst stimulation-induced inhibition of dorsolateral prefrontal cortex reveals hemispheric asymmetry in striatal dopamine release during a set-shifting task—a TMS-[11C] raclopride PET study. *European Journal of Neuroscience*. 2008;28(10):2147-55.
51. Huang Y-Z, Chen R-S, Rothwell JC, Wen H-Y. The after-effect of human theta burst stimulation is NMDA receptor dependent. *Clinical Neurophysiology*. 2007;118(5):1028-32.
52. Lisanby SH, Belmaker RH. Animal models of the mechanisms of action of repetitive transcranial magnetic stimulation (RTMS): comparisons with electroconvulsive shock (ECS). *Depression and anxiety*. 2000;12(3):178-87.
53. Kuwabara S, Cappelen-Smith C, Lin CSY, Mogyros I, Burke D. Effects of voluntary activity on the excitability of motor axons in the peroneal nerve. *Muscle & nerve*. 2002;25(2):176-84.
54. Hoogendam JM, Ramakers GM, Di Lazzaro V. Physiology of repetitive transcranial magnetic stimulation of the human brain. *Brain stimulation*. 2010;3(2):95-118.
55. Duffau H. Brain plasticity: from pathophysiological mechanisms to therapeutic applications. *Journal of clinical neuroscience*. 2006;13(9):885-97.
56. Bi G-q, Poo M-m. Synaptic modifications in cultured hippocampal neurons: dependence on spike timing, synaptic strength, and postsynaptic cell type. *Journal of neuroscience*. 1998;18(24):10464-72.
57. Cooke S, Bliss T. Plasticity in the human central nervous system. *Brain*. 2006;129(7):1659-73.

58. Pfeiffer BE, Huber KM. Current advances in local protein synthesis and synaptic plasticity. *Journal of Neuroscience*. 2006;26(27):7147-50.
59. Sutton MA, Schuman EM. Dendritic protein synthesis, synaptic plasticity, and memory. *Cell*. 2006;127(1):49-58.
60. Ji R-R, Schlaepfer TE, Aizenman CD, Epstein CM, Qiu D, Huang JC, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation activates specific regions in rat brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1998;95(26):15635-40.
61. Hausmann A, Weis C, Marksteiner J, Hinterhuber H, Humpel C. Chronic repetitive transcranial magnetic stimulation enhances c-fos in the parietal cortex and hippocampus. *Molecular Brain Research*. 2000;76(2):355-62.
62. May A, Hajak G, Gänssbauer S, Steffens T, Langguth B, Kleinjung T, et al. Structural brain alterations following 5 days of intervention: dynamic aspects of neuroplasticity. *Cerebral Cortex*. 2006;17(1):205-10.
63. May A. Experience-dependent structural plasticity in the adult human brain. *Trends in cognitive sciences*. 2011;15(10):475-82.
64. Meng D, Xu T, Guo F, Yin W, Peng T. The effects of high-intensity pulsed electromagnetic field on proliferation and differentiation of neural stem cells of neonatal rats in vitro. *Journal of Huazhong University of Science and Technology--Medical Sciences--*. 2009;29(6):732-6.
65. Fujiki M, Kobayashi H, Abe T, Kamida T. Repetitive transcranial magnetic stimulation for protection against delayed neuronal death induced by transient ischemia. *Journal of neurosurgery*. 2003;99(6):1063-9.
66. Ogiue-Ikeda M, Kawato S, Ueno S. Acquisition of ischemic tolerance by repetitive transcranial magnetic stimulation in the rat hippocampus. *Brain research*. 2005;1037(1):7-11.
67. Feng H, Yan L, Guan Y, Cui L. Effects of transcranial magnetic stimulation on motor cortical excitability and neurofunction after cerebral ischemia-reperfusion injury in rats. *Chinese medical sciences journal= Chung-kuo i hseh k'o hseh tsa chih/Chinese Academy of Medical Sciences*. 2005;20(4):226-30.
68. Feng H-I, Yan L, Cui L-y. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on adenosine triphosphate content and microtubule associated protein-2 expression after cerebral ischemia-reperfusion injury in rat brain. *Chinese Medical Journal (English Edition)*. 2008;121(14):1307.
69. Gao F, Wang S, Guo Y, Wang J, Lou M, Wu J, et al. Protective effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in a rat model of transient cerebral ischaemia: a microPET study. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2010;37(5):954-61.
70. Yoon KJ, Lee Y-T, Han TR. Mechanism of functional recovery after repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in the subacute cerebral ischemic rat model: neural plasticity or anti-apoptosis? *Experimental brain research*. 2011;214(4):549.
71. Ma J, Zhang Z, Su Y, Kang L, Geng D, Wang Y, et al. Magnetic stimulation modulates structural synaptic plasticity and regulates BDNF-TrkB signal pathway in cultured hippocampal neurons. *Neurochemistry international*. 2013;62(1):84-91.
72. Baquet ZC, Gorski JA, Jones KR. Early striatal dendrite deficits followed by neuron loss with advanced age in the absence of anterograde cortical brain-derived neurotrophic factor. *Journal of Neuroscience*. 2004;24(17):4250-8.
73. Yukimasa T, Yoshimura R, Tamagawa A, Uozumi T, Shinkai K, Ueda N, et al. High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves refractory depression by influencing catecholamine and brain-derived neurotrophic factors. *Pharmacopsychiatry*. 2006;39(02):52-9.
74. Zanardini R, Gazzoli A, Ventriglia M, Perez J, Bignotti S, Rossini PM, et al. Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on serum brain derived neurotrophic factor in drug resistant depressed patients. *Journal of affective disorders*. 2006;91(1):83-6.
75. Müller MB, Toschi N, Kresse AE, Post A, Keck ME. Long-term repetitive transcranial magnetic stimulation increases the expression of brain-derived neurotrophic factor and cholecystokinin mRNA, but not neuropeptide tyrosine mRNA in specific areas of rat brain. *Neuropsychopharmacology*. 2000;23(2):205-15.
76. Seniów J, Bilik M, Leśniak M, Waldowski K, Iwański S, Członkowska A. Transcranial magnetic stimulation combined with physiotherapy in rehabilitation of post-stroke hemiparesis: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2012;26(9):1072-9.
77. Wang R-Y, Tseng H-Y, Liao K-K, Wang C-J, Lai K-L, Yang Y-R. rTMS combined with task-oriented training to improve symmetry of interhemispheric corticomotor excitability and gait performance after stroke: a randomized trial. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2012;26(3):222-30.
78. Avenanti A, Coccia M, Ladavas E, Provinciali L, Ceravolo M. Low-frequency rTMS promotes use-dependent motor plasticity in chronic stroke A randomized trial. *Neurology*. 2012;78(4):256-64.
79. Galvão SCB, dos Santos RBC, dos Santos PB, Cabral ME, Monte-Silva K. Efficacy of coupling repetitive transcranial magnetic stimulation and physical therapy to reduce upper-limb spasticity in patients with stroke: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2014;95(2):222-9.
80. Koganemaru S, Sawamoto N, Aso T, Sagara A, Ikkaku T, Shimada K, et al. Task-specific brain reorganization in motor recovery induced by a hybrid-rehabilitation combining training with brain stimulation after stroke. *Neuroscience research*. 2015;92:29-38.
81. Yang Y-R, Tseng C-Y, Chiou S-Y, Liao K-K, Cheng S-J, Lai K-L, et al. Combination of rTMS and treadmill training modulates corticomotor inhibition and improves walking in Parkinson disease: a randomized trial. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2013;27(1):79-86.
82. Maruo T, Hosomi K, Shimokawa T, Kishima H, Oshino S, Morris S, et al. High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over the primary foot motor area in Parkinson's disease. *Brain stimulation*. 2013;6(6):884-91.
83. Benninger DH, Iseki K, Kranick S, Luckenbaugh DA, Houdayer E, Hallett M. Controlled study of 50-Hz repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of Parkinson disease. *Neurorehabilitation and neural repair*. 2012;26(9):1096-105.

84. Kim MS, Chang WH, Cho JW, Youn J, Kim YK, Kim SW, et al. Efficacy of cumulative high-frequency rTMS on freezing of gait in Parkinson's disease. *Restorative neurology and neuroscience*. 2015;33(4):521-30.
85. Elzamarany E, Afifi L, El-Fayoumy NM, Salah H, Nada M. Motor cortex rTMS improves dexterity in relapsing-remitting and secondary progressive multiple sclerosis. *Acta Neurologica Belgica*. 2016;116(2):145-50.
86. Gillick BT, Krach LE, Feyma T, Rich TL, Moberg K, Thomas W, et al. Primed low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation and constraint-induced movement therapy in pediatric hemiparesis: a randomized controlled trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2014;56(1):44-52.

Ankilozan Spondilit'li Hastalarda Pulmoner Etkilenim

Pulmonary Outcomes in Patients with Ankylosing Spondylitis

Uzm. Fzt. Songül BAĞLAN YENTÜR, Uzm. Fzt. N. Gizem TORE, Doç. Dr. Deran OSKAY

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

E-mail: songulbaglan23@hotmail.com

ÖZET

Ankilozan Spondilit (AS) primer olarak aksiyal iskeleti (sakroiliak eklem ve omurga) etkileyen kronik, inflamatuvar bir romatizmal hastalıktır. Hastalığın ilerlemesiyle göğüs duvarı esnekliğini kaybeder. Vital kapasite ve total akciğer kapasitesi bir miktar azalır. Aynı zamanda yapılan çalışmalarla bu hastalarda pulmoner kas kuvvetinin ve endüransın etkilendiği ortaya konmuştur. AS'li hastalarda pulmoner tutulumun spirometreyle yapılan değerlendirmelerde %20 ile % 57 arasında, Yüksek Rezolüsyonlu Bilgisayarlı Tomografi ile yapılan değerlendirmelerde %40 ile %80 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Bununla birlikte diyaframın artmış desteği sayesinde pulmoner ventilasyon genellikle iyi korunur. AS'li hastalarda görülen göğüs ekspansiyonunda azalma ve pulmoner tutulum, hastalığın ilerlemesiyle yaşam kalitesinde azalmaya, kas zayıflığına, egzersiz toleransında ve pulmoner kapasitede azalmaya neden olabilecek önemli faktörlerdendir. Bu tutulumla yönelik olarak çeşitli egzersiz yöntemleri literatürde mevcuttur.

Anahtar Kelimeler: Ankilozan Spondilit, pulmoner tutulum, egzersiz

ABSTRACT

Ankylosing Spondylitis (AS) is a chronic, inflammatory rheumatic disease that affects primarily axial-spine (sacroiliac joint and spine). It was reported that pulmonary involvement ranges from 20% and 57% by the assessment with spirometry and 40% and 80% by the assessment with High Resolution Computed Tomography (HRCT). With progression of disease, flexibility of thorax will be get lost. Vital capacity and total lung capacity is decreased a little. It is reported that respiratory muscle strength and endurance got worse in AS patients. However, pulmonary ventilation is good because of the increased support of diaphragm in general. Reduction of thorax flexibility and pulmonary involvement are important factors that can cause muscle weakness, impairment quality of life, reduction of exercise tolerance and pulmonary capacity with the progression of AS. Different types of exercises for this involvement are available in literature.

Keywords: Ankylosing Spondylitis, pulmonary involvement, exercise

1. GİRİŞ

Spondiloartropatilerin prototipi olan Ankilozan Spondilit (AS), sakroiliak ve vertebral eklemleri, daha seyrek olarak da periferik eklemleri etkileyen kronik, inflamatuvar bir hastalıktır. AS, aynı zamanda ekstraartiküler bulgular da verebilir. Bu durum hastalığın morbidite ve mortalite oranını olumsuz etkilemektedir (1).

2. TARİHÇE

Hastalık M.S. 2. yy ' da Galen tarafından tanımlanarak Romatoid Artrit'ten (RA) klinik olarak ayrılmıştır. Yapılan arkeolojik kazılar neticesinde hastalığın Eski Mısır'da 5000 yıl öncesinde bulunduğu ortaya çıkmıştır (2). Modern tıptaki ilk klinik, anatomik ve patolojik inceleme ise 1695 yılında Bernard Concor tarafından yapılmıştır. Bernard

Concor yayınlamış olduğu bir yazıda ankiloze olmuş bir omurgayı tarif etmiş ve aynı yazısında iliak kemikler ile sakrumun, ayrıca kostovertebral eklemlerin birleşmiş olduğunu belirtmiştir. Benjamin Brodie 1850 yılında AS ile üveit birlikteliğini bir vaka ile literatürde tanımlayan ilk bilim adamı olmuştur. On dokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru hastalık ile ilgili çalışan araştırmacılar arasına Pierre, Marie, Strümpell ve Beckthterev de katılmış ve hastalığın klinik özellikleri bu bilim adamları tarafından detaylandırılmıştır. 1900'lü yılların başından 1940'lara kadar literatürde hastalığın adı 'Spondilitis Ankilopoietika' olarak geçmektedir. 1941 yılında Amerikan Romatoloji Derneği tarafından Romatoid Spondilit adı verilmiştir (3). 1963 yılında Roma'da ortaya konan sınıflama kriterlerinin ardından 1966 yılında modifikasyon sonucu New York kriterleri doğmuştur. HLA-B27 ile AS arasındaki sıkı ilişkinin keşfedilmesi de bu tarihlere denk

gelmiştir. Sınıflama kriterleri 1984 yılında güncellenip daha duyarlı olan modifiye New York kriterleri yayınlanmıştır (4). 2000'li yılların ilk çeyreğinde manyetik rezonans (MR) ile ilgili ciddi gelişmelerin kaydedilmesi ile 2009 yılında Assessment of SpondyloArthrtis international Society (ASAS) kriterleri yayınlanmıştır. 2010 yılında bu kriterlerin modifikasyonu ile tanı kriterleri son şeklini almıştır (5).

3. EPİDEMİYOLOJİ

Spondiloartropatilerin en geniş alt grubunu oluşturan AS'nin prevalansı toplumlara göre değişmekle birlikte, % 0,1 ile % 1,4 arasında olduğu rapor edilmiştir. Bu hastaların yaklaşık % 10'u on yaşın altında, % 5 ise elli yaşın üzerinde ortaya çıkmaktadır. İnsidans oranları 15 yaş üzerinde artmaya başlar, 20'li yaşlarda zirve yapar, 35 yaşından sonra azalmaya başlar (6).

4. ETYOLOJİ VE PATOGENEZ

Aksiyal iskelet inflamasyonunu periferik artrit grubundan ayırmak yapılan çalışmaların neticesinde mümkün olmuştur. Ancak hastalığın aksiyal SpA ya da periferik SpA olarak ortaya çıkmasına neden olan fizyolojik mekanizmalar tam olarak aydınlatılamamıştır.

AS hastalarının birinci, ikinci ve üçüncü derece akrabalarında AS gelişme riskinin yüksek olduğu yapılan aile çalışmalarında belirlenmiştir. Bir ailede birden fazla etkilenmiş bireyin olması ve AS'nin kardeşler arasında tekrarlama oranının fazla olması hastalığın genetik boyutunun olabileceğini düşündürmektedir (7).

5. KLİNİK BELİRTİLER

AS'de kronik inflamasyon ile aksiyal iskeletin yanı sıra entezitler görülmekte; nadir olarak da periferik eklemler etkilenmektedir. Radyografik sakroileit ve spondilit ile ilişkili bel ağrısı hastalığın olmazsa olmaz bulgularıdır. Kas iskelet sistemi dışında göz ve daha nadir olarak da kardiyak ve pulmoner tutulum yapabilir (1).

5.1. Kas İskelet Sistem Tutulumu

5.1.1. Omurga Tutulumu

AS'li hastaların yaklaşık % 75'inde ilk bulgu inflamatuvar bel ağrısıdır. Bu ağrının özelliği, yavaş bir şekilde başlayıp daha sonra progresif olarak artması, en az üç ay devam etmesi, geceleri uykudan uyandırması, sabahları ve istirahat sonrası artması ve aktiviteyle azalmasıdır. Ağrının antiinflamatuvar

ilaçlara 48 saat içerisinde cevap vermesi inflamatuvar özellikte olduğunun göstergesidir. Sabah tutukluğu üç saate kadar sürebilir. Bu karakteristikteki ağrının 40 yaşından önce başlamış olması, aile öyküsünün pozitif olması ve HLA-B27 pozitifliği akla SpA ihtimalini getirmelidir. Nadir de olsa bazı hastaların ilk şikayetleri akut anteriorüveit, entezit gibi omurga dışı bulgular olabilir (2).

Ağrının sık görüldüğü bir diğer bölge torakal bölgedir. Torakal vertebraların tutulumu, kosta-vertebral, kostasternal, manibriosternal, sternoklavikular bileşkelerdeki entezit alanları göğüs ve torakal omurga ağrısına neden olmaktadır. Hareket kısıtlılığı nedeniyle inspirasyon sırasında göğüs ekspansiyonunda azalma meydana gelmektedir.

Sindesmofitler nedeniyle vertebralar kare gö-rüntüsü alır. Vertebralar arası ankiloz gelişmesiyle birlikte spinal mobilitede azalma meydana gelir. Ayrıca lumbal ve servikal lordoz azalır, torakal kifoz artar ve baş anterior tilte giderek kalıcı postüral deformite meydana gelir (8).

5.1.2. Kalça ve Omuz Tutulumu

Kalça ve omuz tutulumu hastaların % 50'sinde görülür. Kalçalarda fleksiyon deformitesi gelişebilir. Omuzlarda eklem aralığı daralması, osteoporoz ve ankiloz ile sonuçlanan humerus başı superolateral kısmında eroziv değişiklikler gelişebilir (9).

5.1.3. Entezit

Entezis, tendon, fasya, ligament ve kapsülün kemiğe yapışma yeridir. Entezit ise bu bölgelerde inflamasyon gelişmesidir. İnflamasyon, daha sıklıkla alt ekstremitelerde görülmekle birlikte, herhangi bir entezis bölgesinde görülebilir. Özellikle aşıl ve plantar fasyada sıklıkla görülmektedir. Entezite yakın bölgelerde bursit ve sinovit de gelişebilmektedir (9).

5.2. Eklem Dışı Bulgular

AS hastalarının % 25-40'ında akut anterior üveit görülür. Bunların % 90'ı HLA-B27 pozitifdir. Akut anterior üveitin prognozu genellikle iyi se-yirlidir (9).

6. ANKİLOZAN SPONDİLİT'TE PULMONER TUTULUM

AS'de pulmoner tutulum bilinen bir durumdur ancak insidansı net değildir. Pulmoner tutulumun ya interstisyel akciğer hastalığı ya da göğüs duvarı anormallikleri sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Her iki durumda da solunum fonksiyon testinde restriktif patern ortaya çıkar (10).

AS, kademeli eklem füzyonuyla karakterize bir hastalık olduğu için, bazı hastalarda artmış dorsal kifoz, toraks rijiditesi ve kalıcı göğüs duvarı hareket kısıtlılığı görülebilir. Kostovertebral, kostotransvers, sternoklavikular ve sternomanibrial eklemlerin tutulumu nedeniyle rijit bir göğüs kafesi ya da toraks gelişir. Bu bulgu aynı zamanda AS tanısına yol gösteren Modifiye New York kriterleri arasındadır. İlâveten hastalığın ilerlemesiyle ortaya çıkabilen postür bozuklukları ve akciğer tutulumu, AS'li hastalarda solunum fonksiyonlarının etkilenmesine neden olan diğer faktörlerdir (11). Ayrıca torakal kifozun artışı ile birlikte meydana gelen abdominal baskı ve alt kosta diyafragmayı baskılaması, diyafragmatik hareketlerin ve abdominal solunumun zayıflamasına ve bunun sonucunda pulmoner yetersizliklere ve akciğer hacminin azalmasına neden olabilmektedir (12).

AS hastalarında hastalığın ilerleyen aşamalarını işaret eden torakal ve aksiyal tutulum rijit seviyeye henüz ulaşmadan; yani hastalığın erken dönemlerinde bile göğüs ekspansiyonunun azaldığı gösterilmiştir. Göğüs ekspansiyonunun azalmasıyla gelişen solunum disfonksiyonları ve pulmoner kapasitedeki azalma, AS'li hastaların fiziksel aktivite seviyelerini, egzersiz toleransını ve günlük yaşama katılımını azaltır. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada araştırmacılar AS'li hastalarda egzersiz intoleransının nedeninin muskuloskeletal bozukluklardan çok pulmoner fonksiyon bozuklukları olduğunu öne sürmüşlerdir (13). Bundan yola çıkarak Şahin ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmadan elde ettikleri bulgular, göğüs ekspansiyonunu ilgilendiren solunum kas kuvvet eğitimine erken dönemde başlanması ve bu hastaların fiziksel uygunluk seviyelerini korumaları konusunda cesaretlendirilmeleri gerektiği yönündedir (14). Literatürde AS'li hastaların solunum kas kuvvetinin, aerobik kapasitenin ve pulmoner fonksiyonlarının düşük olduğunu gösteren çok sayıda çalışma mevcuttur (13-16). Erken ve geç dönemdeki AS hastalarında respiratuar kas kuvveti, pulmoner fonksiyonlar ve endüransı karşılaştıran bir çalışmada 10 yıldan fazla durasyonu olan hastalarda respiratuar kas kuvvetinin, pulmoner fonksiyonların ve göğüs ekspansiyonunun daha düşük olduğu sonucu elde edilmiştir (15). AS'li hastaların sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırıldığı bir başka çalışmada ise respiratuar kas kuvvetinin önemli ölçüde katkıda bulunduğu aerobik kapasite ve pulmoner fonksiyonların anlamlı ölçüde azaldığı görülmüştür (16).

6.1. Pulmoner Tutulumu Yönelik Egzersiz Yaklaşımları

AS hastaları için egzersiz, tedavinin önemli bir

parçasını oluşturmaktadır. ASAS/EULAR'ın tedavi önerilerinin 3. maddesi optimal tedavinin ilaç ve ilaç dışı yöntemlerle olması gerektiği ile ilgilidir. Literatürde pulmoner fonksiyonlar ve respiratuar kas kuvvetini artırmak için çeşitli egzersiz yöntemlerini karşılaştıran çalışmalar mevcuttur. Ortancil ve arkadaşlarının konvansiyonel tedaviyi ev programı olarak uyguladıkları çalışmada 6 haftalık programın pulmoner fonksiyonları destekleyen spinal mobilité ve respiratuar kas kuvvetini artırdığı gösterilmiştir (17). Konvansiyonel tedavi ile Global Postüral Reedükasyonu (GPR) karşılaştıran bir başka çalışmada ise her iki tedavi yönteminin de pulmoner fonksiyonları geliştirdiği; ancak GPR'un daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır (18). Dargoi ve arkadaşları ise inspiratuar kas eğitimiyle birlikte uygulanan konvansiyonel egzersiz programının tek başına konvansiyonel egzersiz programına göre aerobik kapasite ve pulmoner fonksiyonlar üzerindeki etkinin daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir (19). Karapolat ve arkadaşları konvansiyonel egzersizlere ek olarak önerilen hem yüzme egzersizinin hem de yürüyüşün solunum fonksiyonları açısından tek başına konvansiyonel egzersizlere göre üstün olduğunu bildirmişlerdir. So ve arkadaşları konvansiyonel egzersiz programına ek olarak uygulanan intensif spirometrenin solunum fonksiyonları ve göğüs ekspansiyonu üzerine anlamlı etkileri olduğunu bulmuşlardır. Dündar ve arkadaşları ise 12 haftalık su içi egzersiz programının ev programı şeklinde önerilen egzersizlere solunum fonksiyonlarını iyileştirmede üstün olduğunu göstermişlerdir (20).

7. SONUÇ

AS'de postüral deformiteler ve entezitler nedeniyle pulmoner fonksiyonlarda ve solunum kas kuvvetinde azalmanın görülebileceği romatolojik bir hastalıktır. Tedavisinde klinik pilates, solunum kas eğitimi, solunum egzersizleri, Global Postüral Reedükasyon, aerobik egzersizler gibi birçok egzersiz çeşidi tercih edilebilir.

9. KAYNAKLAR

1. Braun J, Sieper J. Ankylosing spondylitis. The Lancet. 2007;369(9570):1379-90.
2. Sieper J, Braun J, Rudwaleit M, Boonen A, Zink A. Ankylosing spondylitis: an overview. Annals of the rheumatic diseases. 2002;61(suppl 3):iii8-iii18.
3. Dilşen N. Spondiloartropatiler in Büyüköztürk K. Atamer T Dilmener M Erzengin F Kaysı A Ökten A İç hastalıkları. 2007:581-7.
4. Van Der Linden S, Valkenburg HA, Cats A. Evaluation of diagnostic criteria for ankylosing spondylitis. Arthritis & Rheumatism. 1984;27(4):361-8.

5. Braun Jv, Van Den Berg R, Baraliakos X, Boehm H, Burgos-Vargas R, Collantes-Estevez E, et al. 2010 update of the ASAS/EULAR recommendations for the management of ankylosing spondylitis. *Annals of the rheumatic diseases*. 2011;70(6):896-904.
6. Rudwaleit M, Landewé R, Van der Heijde D, Listing J, Brandt J, Braun Jv, et al. The development of Assessment of SpondyloArthritis international Society classification criteria for axial spondyloarthritis (part I): classification of paper patients by expert opinion including uncertainty appraisal. *Annals of the rheumatic diseases*. 2009;68(6):770-6.
7. Chandran V, Rahman P. Update on the genetics of spondyloarthritis-ankylosing spondylitis and psoriatic arthritis. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2010;24(5):579-88.
8. Davey-Ranasinghe N, Deodhar A. Osteoporosis and vertebral fractures in ankylosing spondylitis. *Current opinion in rheumatology*. 2013;25(4):509-16.
9. Gensler L. Clinical features of ankylosing spondylitis. *Rheumatology*, 5th edn Mosby Elsevier, Philadelphia. 2011:1129-34.
10. Dincer U, Cakar E, Kiralp MZ, Bozkanat E, Kilac H, Dursun H. The pulmonary involvement in rheumatic diseases: pulmonary effects of ankylosing spondylitis and its impact on functionality and quality of life. *The Tohoku journal of experimental medicine*. 2007;212(4):423-30.
11. Sampaio-Barros PD, Cerqueira EMF, Rezende SM, Maeda L, Conde RA, Zanardi VA, et al. Pulmonary involvement in ankylosing spondylitis. *Clinical rheumatology*. 2007;26(2):225-30.
12. Moll J, Wright V. The pattern of chest and spinal mobility in ankylosing spondylitis: an objective clinical study of 106 patients. *Rheumatology*. 1973;12(3):115-34.
13. Ozdem OY, Inanici F, Hascelik Z. Reduced vital capacity leads to exercise intolerance in patients with ankylosing spondylitis. *European journal of physical and rehabilitation medicine*. 2011;47(3):391-7.
14. Şahin G, Çalikoğlu M, Özge C, Incel N, Biçer A, Uluşbaş B, et al. Respiratory muscle strength but not BASFI score relates to diminished chest expansion in ankylosing spondylitis. *Clinical rheumatology*. 2004;23(3):199-202.
15. Hsieh LF, Wei JCC, Lee HY, Chuang CC, Jiang JS, Chang KC. Aerobic capacity and its correlates in patients with ankylosing spondylitis. *International journal of rheumatic diseases*. 2016;19(5):490-9.
16. Sahin G, Guler H, Calikoglu M, Sezgin M. A comparison of respiratory muscle strength, pulmonary function tests and endurance in patients with early and late stage ankylosing spondylitis. *Zeitschrift fur Rheumatologie*. 2006;65(6):535-8, 40.
17. Ortancil O, Sarikaya S, Sapmaz P, Basaran A, Ozdolap S. The effect (s) of a six-week home-based exercise program on the respiratory muscle and functional status in ankylosing spondylitis. *JCR: Journal of Clinical Rheumatology*. 2009;15(2):68-70.
18. Durmuş D, Alaylı G, Uzun O, Tander B, Cantürk F, Bek Y, et al. Effects of two exercise interventions on pulmonary functions in the patients with ankylosing spondylitis. *Joint Bone Spine*. 2009;76(2):150-5.
19. Drăgoi R-G, Amarica E, Drăgoi M, Popoviciu H, Avram C. Inspiratory muscle training improves aerobic capacity and pulmonary function in patients with ankylosing spondylitis: a randomized controlled study. *Clinical rehabilitation*. 2016;30(4):340-6.
20. Saracoglu I, Kurt G, Okur EO, Afsar E, Seyyar GK, Calik BB, et al. The effectiveness of specific exercise types on cardiopulmonary functions in patients with ankylosing spondylitis: a systematic review. *Rheumatology international*. 2017;37(3):409-21.

Alt Ekstremitte Klinik Biyomekanik Özellikleri

Clinical Biomechanical Properties of Lower Extremity

Uzm. Fzt. Fatma AYVAT¹, Uzm. Fzt. Hikmet KOCAMAN², Prof. Dr. Özlem GÜVEN ÜLGER¹

¹ Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

² Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Karaman, Türkiye

E-mail: fatma.avcu@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Literatürde, alt ekstremitenin klinik biyomekanik özellikleri yürüyüş fonksiyonu başta olmak üzere; birçok günlük yaşam aktivitesinde incelenmiştir. Bu çalışmaları genel olarak sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar, simülasyon çalışmaları, farklı patolojik durumlarda yapılan çalışmalar ve rehabilitasyon çalışmaları olarak sınıflandırmak mümkündür. Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar ve simülasyon çalışmaları, daha çok yaralanma mekanizmalarını anlamaya çalışmaktadır. Farklı patolojik durumlarda yapılan çalışmalar; herhangi bir ortopedik ya da nörolojik problem sonrası alt ekstremitte eklemlerinde meydana gelen değişimleri incelemektedir. Rehabilitasyon çalışmalarında ise; farklı rehabilitasyon yaklaşımlarının biyomekanik özelliklere etkisi araştırılmaktadır. Bu derlemede amaç, tüm bu başlıklar altında alt ekstremitte eklemlerinin klinik biyomekanik özelliklerini incelemek ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalara ışık tutmaktır.

Anahtar kelimeler: Biyomekanik, Alt ekstremitte, Fonksiyonel aktivite

ABSTRACT

In the literature, the clinical biomechanical properties of the lower extremity include gait function; has been studied in many daily life activities. These studies are generally classified as healthy individuals, simulation studies, studies in different pathological situations and rehabilitation studies. Studies conducted in healthy individuals and simulation studies tried to understand the mechanisms of injury. Studies carried out in different pathological conditions; examined changes in the lower extremity joints after any orthopedic or neurological problem. In rehabilitation studies; the effects of different rehabilitation approaches on biomechanical properties are being investigated. In this review, the aim is to examine the clinical biomechanical properties of the lower extremity joints under all these headings and guide the future studies.

Key words: Biomechanic, Lower extremity, Functional activity

1. GİRİŞ

Alt ekstremitedeki kalça, diz ve ayak bileği eklemlerinin biyomekanik özelliklerini klinik açıdan inceleyen çalışmalar, genel olarak alt ekstremitenin en önemli fonksiyonu olan yürüyüş fonksiyonu üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışmalarda; hız, zemin gibi parametreler değiştirilerek alt ekstremitte eklemlerinin kinematik özellikleri araştırılmıştır. Son 10 yılda yapılan çalışmalarda ise, alt ekstremitte eklemlerinin kapalı ve açık kinetik fonksiyonel aktiviteler sırasında (oturmadan ayağa kalkma, ayaktan oturmaya gelme, merdiven çıkma ve inme, yokuş çıkma ve inme, zıplama ve geri yere inme gibi) klinik biyomekanik özellikleri incelenmektedir. Bu fonksiyonel aktiviteler, klinik çıkarımlar yapabilmek amacıyla farklı popülasyonlarda ve farklı şekillerde incelenmektedir (1).

Alt ekstremitte eklemlerinin klinik biyomekanik özelliklerinin incelenmesi 4 temel başlık altında sınıflandırılabilir:

1. Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar:

Bu çalışmaların temel amacı; farklı fonksiyonel aktiviteler için norm değerler elde etmek, bu fonksiyonel aktivitelerde eklemlerin kinematik ve kinetik özellikleri hakkında bilgi elde ederek yaralanma mekanizmalarının altında yatan nedenleri öğrenmek, böylece yaralanma meydana gelmeden gerekli önlemleri alabilmek amacıyla literatüre bilgi sunmaktır. Tüm bu incelemeler yapılırken bireylerin fonksiyonel aktivitelerinde farklılığa neden olabilecek yaş, cinsiyet, vücut kütle indeksi gibi tanımlayıcı özellikleri dikkate alınarak çıkarımlar yapılmaktadır ve yaralanmalar için risk faktörleri belirlenmektedir.

2. Simülasyon çalışmaları: Gerçek koşullarda uygulanması zor ya da imkansız olan durumlarda kullanılmaktadır. Ancak, gerçek koşulları bire bir oluşturulabilmenin zorluğu (eklemlerin birbiri üzerine etkileri, vücudun ortaya çıkan farklı bir duruma uyum göstermesi, kasların dinamik koşullardaki kasılabilme mekanizmasının farklılığı gibi nedenlerle) bu çalışmaların güvenilirliğini sorgulamamıza neden olmaktadır. Aynı zamanda bu çalışmalar yapılırken simülasyon çalışmasının maliyeti hesaplanarak, kar-zarar doğrultusunda karar vermenin gerekliliği unutulmamalıdır.

3. Farklı patolojik durumlarda yapılan çalışmalar: Herhangi bir ortopedik ya da nörolojik hastalık sonucu alt ekstremitte eklemlerinin kinetik ve kinematik özelliklerinde değişimler meydana gelmektedir. Ortopedik problemlerde genel olarak kalça üzerine binen yükün azaltılarak ağrının azaltılması gibi amaçlarla hastalar farkında olmadan kalça biyomekanik özelliklerini değiştirirken, nörolojik hastalar ise genellikle vücutta genel bir etkilenim olduğundan mobilitayı sürdürebilmek amacıyla farklı kompensasyon mekanizmaları kullanarak kalça eklemi biyomekanik özellikleri değiştirirler. Bu değişimler, bir taraftan kişinin fonksiyonelliğine yardım ederken, diğer taraftan ikincil patolojilerin gelişimine neden olabilmektedir. Farklı patolojik durumlarda alt ekstremitte eklemlerinin klinik biyomekanik özelliklerini anlamak, bu patolojileri ve sekonder etkilerini rehabilite etmek amacıyla planlanacak yaklaşımlar için yol gösterici olmaktadır.

4. Rehabilitasyon çalışmaları: Sağlıklı bireylerde ya da patolojik durumlarda alt ekstremitte eklemlerine yönelik olarak uygulanan rehabilitasyon yaklaşımlarının sadece fonksiyonel aktivitelerdeki gelişim ya da yaşam kalitesinde artış gibi parametrelerle tanımlanmasının yanı sıra, eklemlerdeki kinetik ve kinematik gelişmelerin objektif olarak tanımlanmasını sağlayan çalışmalardır.

Bu derlemede amaç, tüm bu başlıklar altında alt ekstremitte eklemlerinin klinik biyomekanik özelliklerini incelemek ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalara ışık tutmaktır.

2. KALÇA EKLEMİNİN KLİNİK BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Kalça eklemi, vücudun ağırlığını omurgadan alt ekstremitelere aktarmakla sorumlu olan kemik, bağlar ve kas yapılarından oluşan karmaşık bir anatomik yapıdır. Bu eklemi dinamik stabilitesi, günlük yaşam aktivitelerinde karşılaşılan yükleri karşılarken hareketi en optimal şekilde gerçekleştirebilmek için büyük önem taşımaktadır (2). Kalça

eklemi farklı koşullarda gösterebileceği uyum özelliklerini anlayabilmek amacıyla farklı çalışmalardan çıkan sonuçlar yorumlanarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

a) Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar

Kalça kuvvetinin gluteal aktivasyon ve dizdeki valgus hareketi üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada, 41 kadın ve 41 erkek toplam 82 sağlıklı birey üzerinde maksimal izometrik kalça abduksiyon ve eksternal rotasyon kontraksiyonları değerlendirilerek, yüksek ve düşük kuvvete sahip gruplar belirlenmiştir. Çalışma; ön çapraz bağ yaralanma mekanizması üzerine odaklanmıştır. Diz valgus hareketinin bu yaralanmaya neden olması ve bu hareketin kalçadan femoral adduksiyon ve internal rotasyon komponentinden kaynaklanması nedeniyle bu hareketler incelenmiştir. Ayrıca kalça dış rotatör ve abduktör kasların zayıflığı, bu yaralanmaya zemin hazırlamaktadır. 30 cm'lik yükseklikten çift bacakla yere iniş görevi sırasında diz kinematikleri, gluteus maksimus ve medius kaslarının EMG amplitüdlere karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; zayıf kalça abduksiyon ve eksternal rotasyona sahip grubun, gluteal kas aktivitesini artırarak, frontal ve transvers düzlem kalça hareketi ve frontal düzlemde diz hareketlerinin benzer olmasını sağlamışlardır. Bu çalışmanın çıkarımı olarak, gluteal kas kuvvetinin artırılması sonucunda, gluteal aktiviteye gereksinimin azalabileceği, dolayısıyla yorgunluğun da azalabileceği söylenebilir. Bu bulgular, kalça kas kuvvetinin, daha büyük ACL yüklemesi ve yaralanma riski ile ilişkili olduğu düşünülen biyomekanik parametreleri dolaylı olarak etkileyebileceğini düşündürmektedir (3).

b) Simülasyon çalışmaları

Kalça eklemi hızlı, yavaş ve normal hızda yürümeyi de içeren 8 farklı günlük yaşam aktivitesindeki asetabulumun farklı bölgelerine binen yük dağılımlarını araştıran simülasyon çalışması, eklemi ve uygulanacak protezin aşınma miktarı ve mekanizmasını anlamak amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada, protezin aşınma mekanizmasının anlaşılması, böylelikle preoperatif planlama ve postoperatif rehabilitasyon en optimal şekilde yapılabilmesi için bir alt yapı oluşturulması planlanmaktadır. Ayakta durma, oturma ve diz bükme aktivitelerinde en yüksek basınç, asetabulumun arka boynuz kenarında bulunmuştur. Merdiven çıkarken en yüksek basınç asetabulumun yan kısmında bulunmuştur ve bu basınç, merdiven inme aktivitesinden daha yüksek bulunmuştur. Tüm bu aktiviteler içinde en yüksek basınç, oturma aktivitesinde asetabulumun posterior kısmında gözlenmiştir. Bu sonuca göre, gövdenin koronal düz-

leminin femur uzun eksenine dik olduğu aktivite parametrelerinde temas basınçlarının maksimum değerlerde olduğu çıkarımı yapılmıştır (4).

c) Farklı patolojik durumlarda yapılan çalışmalar

Genel olarak kalça eklemine biyomekanik özellikleri ile ilgili çalışmalar kalça cerrahileri, osteoartrit gibi ortopedik eklemler üzerine odaklanırken, nörolojik hastalıklarla ilgili az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır.

Kalça osteoartriti olan ve olmayan bireylerin merdiven çıkma ve inme aktivitesinde kalça kinetik ve kinematik özelliklerini inceleyen bir çalışmada, merdiven çıkma ve inme aktivitelerinde 3 boyutlu hareket analizi yapılmış ve merdiven basamağındaki kuvvet plakaları yardımıyla basınç merkezleri ölçülmüştür. Kalça osteoartriti olan bireylerin sağlıklı bireylere göre; üç düzlemde de daha az kalça hareket aralığına sahip oldukları, eksternal rotasyon momentinin daha az olduğu, kalça adduksiyonunda ise artış olduğu bulunmuştur. Tüm bu bulgular, kalça osteoartritin merdiven inme ve çıkma aktiviteleri üzerindeki etkisini anlamamızı sağlamakta ve fizyoterapistlere rehabilitasyon parametrelerini optimize etmekte yardım olabilmektedir (5).

Hemiparetik hastalarda oturmadan ayağa kalkma ve ayakta durma pozisyonundan oturmaya gelme aktivitelerinde her iki alt ekstremitedeki kalça ve diz eklemlerindeki farklılıkları inceleyen bir çalışmada, diz ekstansör kas kuvveti ve ayak pozisyonu üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışmada, her iki görev esnasında da etkilenen tarafta diz ekstansiyon kuvvetinde azalma bulunmuştur. Ancak araştırmacılar, her iki ayağın pozisyonu arasındaki farklılığın, diz ekstansiyon kuvvetinden daha önemli olduğunu savunmaktadır (6).

d) Rehabilitasyon çalışmaları

Alt ekstremitte distal eklemden var olan bir problemin proksimali etkileyeceği gerçeğinin aksine, proksimal eklemlerin kinematikleri de distal eklemlerin kinematiklerine zarar verebilmektedir (7). Bu bilgi ışığında kalça eklemi çevresi kaslara uygulanan dirençli egzersizlerin koşma aktivitesi sırasındaki alt ekstremitte biyomekanikleri üzerine etkisini inceleyen bir çalışma planlanmıştır. Bu çalışmada 15 kadın gönüllü bireye 6 haftalık kalça çevresi kaslarını güçlendirme programı uygulanmıştır. Bu kuvvetlendirme programı sonrası; kalça abduktörleri ve dış rotatörlerin gücünde artış ve sonuç olarak da kalça iç rotasyon, diz abduksiyon ve arka ayak inversiyon momentlerinde azalma gözlenmiştir. Kalça çevresi kuvvetlendirme egzer-

sizleri, alt ekstremitte yaralanmalarının rehabilitasyonunda veya önlenmesinde kullanılabilmektedir (8).

Total kalça artroplastisi olan hastalarda yürüyüş sırasında kalça kaslarının gücünde azalma olmaktadır, bu azalmanın kompensasyonu amacıyla hastalar ayak bileği kas gruplarından daha fazla faydalanmakta, bu nedenle ayak bileği kaslarının gücünde artış olmaktadır. Bu mekanizmadan yola çıkarak; total kalça artroplastisi olan hastalarda farklı ayak bileği itme güçlerinin kalça biyomekaniği üzerine etkilerini inceleyen bir çalışma planlanmıştır. Bu çalışmada, 24 kadın birey kendi arasında yürüyüş sırasında ayak bileğini fazla iten grup ve az iten grup olmak üzere iki gruba ayrılmış ve egzersiz öncesi, egzersiz sırası ve sonrasında değerlendirme yapılmıştır. Sonuç olarak; azalmış ayak bileği itmesi uygulayan grupta kalça kas gücünün %9.8'den %32.1'e yükseldiği bulunmuştur. Öte yandan artan itme ile yürüme egzersizi, kalça fleksiyon açısı, kalça fleksiyon momenti ve kalça fleksör gücünde azalma sağlamış ve egzersiz sonrası oturumda yürüyüş hızı azalmıştır. Bu çalışma, ayak bileği itmesini azaltacak şekilde talimat verilen yürüme egzersizinin, total kalça artroplastisi olan hastaların kalça kinetiklerini artırabileceğinin ilk göstergesidir (9).

3. DİZ EKLEMİNİN KLİNİK BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Diz eklemine hareketler, 3 farklı faktörün bireysel davranış ve etkileşim farklılıkları sonucunda meydana gelmektedir. Bu faktörler; statik stabilite (eklem yüzlerinin anatomisi), aktif stabilite (kas kontraksiyonları) ve pasif stabilite (ligamentler ve menisküsler)'dir (10). Tüm bu faktörlerin farklı koşullarda birbirleriyle etkileşimi aşağıdaki çalışmalarda sınıflandırılmıştır:

a) Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar

Kadınlarda ACL yaralanma riskinin daha fazla olduğu birçok çalışmada tanımlanmış olmasına rağmen, ACL yaralanma mekanizması açısından kadınları daha fazla risk altına sokabilecek durumlar tam olarak anlaşılamamıştır. Bu amaçla, "side-step cutting"(yana adımı ani durdurma) hareketinin deselerasyon fazında diz eklem kinematiği, kinetiği ve kas aktivasyonu açısından cinsiyetler arası farkın araştırıldığı bu çalışma planlanmıştır. 15 kadın ve 15 erkek bireyin karşılaştırıldığı bu çalışmanın sonucunda, kinematik değerler açısından bir fark bulunamamıştır. Kinetik değerler açısından kadınlarda erkeklere göre erken deselerasyon fazında daha düşük tepe diz fleksiyon momenti ve daha yüksek diz adduksiyon momenti bulun-

muştur. Kadınlarda erkeklerden daha fazla ortalama quadriceps EMG yoğunluğu bulunmuştur. Diz adduksiyon (frontal düzlem) momentindeki artış, dizi frontal düzlemde destekleyen ACL gibi pasif yapıların risk altında olmasına neden olmaktadır. Ayrıca quadriceps aktivitesinin artması ve fleksör momentin azalması sagittal düzlem desteğini azaltmaktadır (11).

b) Simülasyon çalışmaları

Yüksek risk taşıyan görevler sırasında diz ekleminin zamanlamaya özel durumları nedeniyle eklem yüklerini anlamak zor olmaktadır. Bu nedenle insan kadavra dokusu üzerindeki biyomekanik test uygun şekilde tasarlanırsa, ortak biyomekanik ve yaralanma mekanizmalarını değerlendirmek için pratik bir yol sunabileceği düşünülmektedir. Bu fikirden yola çıkarak, kadavra modeli üzerinde tibiofemoral eklemin çok eklemlili kinematikleri ve ACL yaralanması arasındaki etkileşimi ayrıntılı bir şekilde incelemek amacıyla bu çalışma planlanmıştır. Bir test cihazı yardımıyla atlamalardan iniş yaparken topuk vuruşu sırasında alt ekstremitte duruşunu taklit eden bir oryantasyon tasarlanmıştır. Çalışmanın sonucunda invivo çalışmalarda elde edilen sonuçlara benzer tibiofemoral kinematik ve kinetik değerleri bulunmuştur. Diz fleksiyonu, anterior tibial translasyon, diz abduksiyon ve artmış anterior çapraz bağ gerginliği neredeyse eş zamanlı olarak maksimum değerlere ulaşmıştır ve internal tibial rotasyon daha sonra başlatılmıştır. Bu bulgulara göre; internal tibial rotasyonun ACL yaralanmasının artmış risk faktörü olmasına karşın, diz abduksiyon ve anterior tibial translasyona sekonder olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen veriler, artan ACL gerilme seviyelerine ve potansiyel hasara yol açan en kritik dinamik iniş senaryosunun, ön tibial translasyon, diz abduksiyon ve internal tibial rotasyonun kombinasyonunu içerdiğini göstermektedir (12).

c) Farklı patolojik durumlarda yapılan çalışmalar

Yapılan bir çalışma, diz osteoartriti olan bireylerin yürüyüş sırasındaki diz eklemi kinetik ve kinematik özelliklerinin performans ve özürlü düzeyi ile ilişkisini araştırmıştır. 54 diz osteoartriti olan bireye uygulanan 3 boyutlu yürüme analizinin yanı sıra, 6 dakika yürüme testi, SF-36 Yaşam Kalitesi Anketi, WOMAC ve öz-yeterlilik düzeyini değerlendiren bir anket uygulanmıştır. Bu değerlendirmeler ışığında yürüyüş sırasında dizin toplam hareket açısının %10 daha olduğu bireylerin 38 metre daha fazla yürüdükleri ve diz ekstansiyonundaki 10 derecelik artışın, SF-36 Yaşam Kalitesi Anketi ham puanını 64 puan artmasına neden olduğu bulun-

muştur. Bu çalışmanın sonucunda kinematik özelliklerde gerçekleşen olumlu yöndeki değişimlerin özürlü düzeyi ve yaşam kalitesi üzerine etkili olabileceği sonucuna varılabilmektedir (13).

Total diz artroplasti cerrahisi sonrası 7 yıl boyunca dizin fonksiyonel aktivitelerdeki kinematik özelliklerini inceleyen bir çalışmada, oturmadan ayağa kalkma, ayakta durma pozisyonundan oturmaya gelme, yürüme, merdiven çıkma ve merdivenden inme aktiviteleri incelenmiştir. Elektrogoniyometre ve kuvvet platformu kullanılarak 18 ay, 24 ay ve 7 yıl sonra diz kinematik özellikleri araştırılmıştır. 18-24 ay ve 7 yıl sonrasında diz kinematik özelliklerinde düzelmenin devam ettiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, cerrahilerin uzun dönemde fonksiyonellik üzerine etkileri araştırması açısından önemli sayılabilmektedir (14).

d) Rehabilitasyon çalışmaları

Zıplama ve denge eğitim programının tibial rotasyonu içeren diz kinematikleri üzerindeki etkileri ve kadın atletlerde quadriceps ve hamstring kaslarının EMG aktivitelerini incelemeyi amaçlayan bir çalışmada, 8 kadın basketbol oyuncusu çalışmaya dahil edilmiştir. 3 farklı koşulda "single-limb landing" (tek bacak üzerine iniş) aktivitesi gerçekleştirilmiştir. Diz kinematikleri, rectus femoris ve hamstring EMG aktiviteleri; 1.test, 5 hafta sonra eğitim öncesi 2.test, (2 haftalık boşluk) 5 haftalık eğitimden 1 hafta sonra 3.test şeklinde değerlendirilmiştir. Eğitim günde yaklaşık 20 dakika, haftada 3 gün 5 hafta sürmüştür. Eğitim sırasında, temel basketbol becerilerine odaklanılmıştır, iniş becerilerini arttırmak amacıyla atlama ve denge eğitimi gerçekleştirilmiştir. Üç temel teknik üzerinde durulmuştur: 1) kalça, diz ve ayak bileği eklemine büyük bir viraj ile yumuşak bir iniş; 2) gövde öne eğilerek ayak topuna inmek; 3) medial hareket olmaksızın kişinin dizinin nötr tutulması. Bu çalışmanın sonuçları, atlama ve denge eğitiminin kadın basketbol sporcularında diz fleksiyonu ve hamstring aktivitesini arttırdığını göstermektedir. Plyometri, atlama ve denge eğitimi, temel basketbol becerileri ve uygun iniş talimatlarını içeren bu program ACL yaralanmasının karakteristik diz pozisyonunu engelleyen kısmi etkilere sahip olabilir, böylece yaralanmayı önler. Bununla birlikte, dizin frontal ve transvers kinematiklerinde beklenen değişiklikler gözlenmemiştir (15).

4. AYAK BİLEĞİ EKLEMİNİN KLİNİK BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Ayak bileği eklem kompleksi, bacak ve ayağı içeren, yürüme ve diğer günlük yaşam aktiviteleri için anahtar bir gereksinim olmasının yanı sıra

alt ekstremitenin zeminle etkileşime girmesine izin veren kinetik bir bağlantıdır. Yürüme sırasında yüksek kompresyon ve parçalama kuvvetleri binmesine rağmen, ayak bileğini oluşturan kemik ve bağ yapısı ayak bileğinin yüksek derecede dengeli bir fonksiyon görmesini sağlar. Kalça veya diz gibi diğer eklemler ile karşılaştırıldığında travma hikayesi yoksa osteoartrit gibi dejeneratif süreçlerden daha az etkilenmektedir. Ayak bileği eklemi vücut ağırlığını yere iletirken, aynı zamanda yerden gelen yer reaksiyon kuvvetini de vücuda aktarır. Hem destek yüzeyinin değişen şartlarına uyum gösterir, hem de kaldıraç kolu olarak görev yapar. Ayak bileği biyomekaniğindeki bozulmalar ayakta dengeli yük dağılımını etkiler. İnsan iskeletini oluşturan kemik yapının yaklaşık %25'inin ayakta olduğu düşünülecek olursa ayak ve ayak bileği biyomekaniğinin ne kadar karmaşık olduğu kolaylıkla anlaşılabılır (16,17).

Ayak bileği ekleminin farklı koşullarda gösterebileceği uyum özelliklerini anlayabilmek amacıyla farklı çalışmalardan çıkan sonuçlar yorumlanarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

a) Sağlıklı Bireylerde Yapılan Çalışmalar

Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar, genel olarak farklı aktivitelerin ayak bileği ekleminin kinetik ve kinematik özelliklerine etkileri ve plantar basınç dağılımlarını inceleyen çalışmalar üzerine odaklanmıştır.

Genç sağlıklı 33 bireyde yapılan bir çalışmada merdiven çıkma sırasındaki kalça, diz ve ayak bileği eklemlerinin kinetik ve kinematiği ile zamansal yürüme siklusu parametreleri 3 boyutlu 8 kameralı analiz sistemi ve kuvvet platformu kullanılarak incelenmiştir. Çalışmaya göre merdiven çıkma sırasında, duruş fazında kalça ve diz eklemleri, öne doğru ekstansiyona ve ayak bileği eklemi plantar fleksiyona doğru hareket ettirilirken, merdiven inme sırasında, duruş fazında kalça ve diz eklemleri fleksiyona, ayak bileği ekleminin dorsifleksiyona geçtiği bildirilmektedir. Merdiven inmeye kıyasla merdiven çıkmak için ayak bileği eklemine daha az dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon kullanıldığı bildirilmiştir. Merdiven çıkma ve inme sırasında duruş fazında eksternal ayak bileği momentinin pozitif olduğu ve eksternal dorsifleksiyon momenti ortaya çıkardığı, ayak bileği plantar fleksör kaslarının hareketinin de buna karşı koyduğu bildirilmiştir. Merdiven inmede çıkmaya kıyasla döngü süresinin daha düşük olduğu, merdiven çıkmadaki ortalama hızın, inişe kıyasla daha az olduğu çalışmada bildirilmiştir. Duruş başlangıcında üretilen dikey zemin reaksiyon kuvvetleri, merdiven inerken merdiven çıkmaya kıyasla daha yüksek iken, duruş fazının sonunda üretilen zemin

reaksiyon kuvvetleri, merdiven inmede merdiven çıkmaya göre daha az bulunmuştur. Bu çalışmanın verileri gövde hareketini göz önüne alan, yaşlı veya patolojik grupları içeren bir dizi popülasyonda yapılacak araştırmalara kıyas bakımından temel oluşturması açısından önemlidir (18).

b) Simülasyon Çalışmaları

Yapılan bir çalışmada insan ayağının 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli beş ana ayak ekstrinsik kas tendonunun fonksiyonu ve ayak-ayak bileği kompleksindeki etkisi üzerine ışık tutmak için kullanılmıştır. Model ayağa, yürüyüşün erken ve geç orta duruş döneminde belirli yükler bindirilerek tendon stres tahminiyle belirli öngörülerde bulunulmuştur. Buna göre yükü arka ayaktan ön ayağa dağıtmada diğerlerine göre en başta aşil tendonunun görev aldığı öngörülmüştür. Tibial ve peroneal tendonların frontal düzlemdeki yük aktarımını gerçekleştirdiği ve peroneal tendonlar ayağı ever-siyona alırken sesamoidlerin altında plantar basıncı artırırken, tibial tendonlar ayağı inversiyona alıp 1. ray altındaki basıncı azalttığı öngörülmüştür. Tranvers düzlemde de benzer şekilde peroneal tendonlar abduksiyon üretirken tibial tendonlar ayağı adduksiyona çekmekte, aşil tendonu ise bu sırada ayağı dengede tutmaktadır. Medial longitudinal arkin kas aktivitelerinden etkilendiği görülmüş olup aşil tendonu arkin uzunluğunu artırıp yüksekliğini azaltarak plantar fasyada stres oluşturmaktadır. Buna karşın en başta tibialis posterior daha etkili olmak üzere tibial tendonlar arkin uzunluğunu azaltıp yüksekliğini artırarak plantar fasyadaki stresi azaltmaktadır. Peroneus tendonları plantar basıncı ayak medialinde arttırırken ve tibialis tendonları plantar basıncı lateral bölgede arttırmaktadır. Ayak bileği eklem kıkırdığında tam tersi olarak, peroneus stresi laterale, tibialis ise mediale uygulamaktadır. Orta duruşta, ayağın topuk yükselmesinden önce geç dönemlerde daha yüksek mekanik gerilmelere maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Plantar fasya stresi, plantar fasiitin ortaya çıkma ihtimalinin arttığı proksimal kısımda öngörülmüştür. Sonuç olarak çalışmada plantar fascia, talokrural eklem kıkırdığı, plantar yumuşak doku ve tendonlardaki stres durumu yürüyüşün erken ve geç orta duruş döneminde tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu tahminlerin ayağın ekstrinsik kas-tendon ünitelerinin işlevsel rolünü anlamada ve mekanik performansının kantitatif incelenmesinde yardımcı olacağı yazarlar tarafından vurgulanmıştır (19).

c) Farklı Patolojik Durumlarda Yapılan Çalışmalar

Ayak bileğinde lateral ayak bileği burkulma-

rı, en sık görülen kas-iskelet yaralanmalarındandır ve atlamayı gerektiren sporlarda daha sık ortaya çıkar. Kişilerde tekrarlayan lateral ayak bileği yaralanmaları ve uzun süreli instabilite hissi, kronik ayak bileği instabilitesi olarak bilinir. Ayağın zeminle teması ve lateral yüklenmeden önceki aşırı inversiyonun, basınç merkezinin lateral taban desteğine daha yakın olması nedeniyle daha önce lateral ayak bileği burkulma hikayesi olan hastalarda yüksek tekrarlama oranına ve instabilite hissine katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bu amaçla, rekreasyon açısından aktif lateral ayak bileği burkulması olan ve olmayan 56 bireylerin alındığı bir çalışmada, 3 boyutlu hareket analiz sistemi ve kuvvet platformu kullanılarak yürüme, basamak inme ve zıplayıp inme hareketleri sırasında başlangıç temasında ayak bileğinin frontal düzlemdeki hareketi ve ayağın havada olduğu fazlardaki zirve inversiyon değerlendirilmiştir. Çalışma bulgularında tepe inversiyon zıplayıp inmede ayağın havada olduğu fazda basamak inme ve yürümenin yüklenme fazına göre daha yüksek bulunmuştur. Yine zıplayıp inmede basamak inme ve yürümeye göre başlangıç temasında daha fazla inversiyon belirlenmiştir. Ayağın havada olduğu fazlar boyunca tepe inversiyonu, her 3 harekette başlangıç temasında inversiyonla yüksek kuvvette korele bulunmuştur. Sonuç olarak ayak bileği frontal düzlem kinematiki ile yürüme, basamak inme ve zıplayıp inme hareketleri arasında ortadan kuvvetliye bir ilişki olduğu, basamak inme hareketinin diğer hareketler arasında en güçlü ilişkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bu sonuç, rehabilitasyon açısından önemlidir. Yürüme, basamaktan inme ve zıplama hareketleri sırasındaki ayak bileği frontal düzlem kinematiki arasındaki ilişki, klinisyenlerin, rehabilitasyon programlarının başında yürüyüş gibi görevlerle ilgili inversiyonun azaltılmasına yönelik müdahaleler uygulamasını desteklemektedir (20).

Sistemik ve inflamatuvar hastalıkların da ayak-ayak bileği biyomekaniğini etkilediği çalışmalarda bildirilmektedir (21,22). Diyabetle ilişkili olarak gelişen ayak deformiteleri yüksek plantar basınç, eklem instabilitesi, ülserasyon ve amputasyona neden olabilmektedir. Diyabetle beraber ayak medial kolon deformitesi olanların arka ayak ve orta ayak disfonksiyonlarının incelendiği bir çalışmada diyabet ve nöropatisi olup ayağında medial kolon deformitesi olan ve olmayan hastalarla bunlara yaş ve cinsiyet olarak benzer sağlıklı bireyler karşılaştırılmıştır. Tek ekstremitede tekrarlı topuk yükseltmede çok segmentli kinematik ve kinetikler 8 kameralı hareket analiz sistemi ile değerlendirilmiştir. Her iki diyabet grubunda kontrol grubuna göre topuk yükseltmede arka ayakta plantar fleksiyyonun azaldığı, özellikle deformiteye sahip diyabet grubunda ayak bileği plantarfleksiyyon gücünün

önemli derecede azaldığı bildirilmiştir. Ön ayağın arka ayağın plantar fleksiyyonuna göre hareketinde kinematik değişkenler, ayağın esnek bir durumdan sert bir duruma geçiş kabiliyetinin bir ölçüsüdür, bacak hareketi ve ayak bileği gücüne göre arka ayağın işlevselliğinin kompleks göstergelerinden biridir. Topuk ve ayak arkının yükseltilmesi, yeterli ekstrinsik plantar fleksör kas kuvveti, eklem düzgünlüğünü ve düzgün hareket etmeyi sağlayan bağları, plantar fasya gerginliği ve ayak tabanının stabilize edilmesi için de ayağa ait intrinsik kasların aktif kontraksiyonunu gerektirir. Diyabetik polinöropati gruplarında bireylerin bu dengeleyici ve dinamik yapıların çoğunda bozulmalara sahip olduğu çalışmada bildirilmiştir (23).

d) Rehabilitasyon Çalışmaları

Genel olarak, inme hastalarının hemipleji, anormal yürüme ve denge kaybı gibi ciddi problemleri vardır. Özellikle denge kabiliyetinin azalması, günlük yaşam aktivitelerinin gerçekleştirilmesinde çok zorlanmalarına ve şiddetli inme vakalarında hastaları düşme riskine maruz bırakabilir. Denge yeteneği eksikliği, spastisite, kas gücü zayıflığı ve hemipleji gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanır. Plantar fleksörlerin sertleşmesi, dorsifleksörlerin güçsüzlüğü ve artmış spastisitenin neden olduğu düşük ayak bu nedenlerin en önemlilerinden biridir. Düşük ayakla yürüyen kronik inme hastalarında ayak bileği eversiyon kinezyo bantlamasının dinamik ve statik dengeye olan etkisinin incelendiği çalışmaya 9 hasta alınmıştır. Rastgele ayak bileği eversiyon kinezyo bantlaması, plasebo bantlama ve bantlama yapılmadan denge platformunda statik ve dinamik dengeleri değerlendirilmiştir. Kinezyo bantlama düzeltici olarak %70-80 gerginlikte ayak bileği dorsifleksiyyonu ve eversiyonunu artıracak şekilde uygulanmıştır. Çalışma sonucuna göre ayak bileği eversiyon kinezyo bantlaması uygulandıktan sonra, kronik inmeli hastaların diğer iki müdahale ile karşılaştırıldığında salınım uzunluğu ve salınım hızı ve stabilite sınırlarının istatistiksel olarak önemli derecede düzeldiği, dinamik ve statik denge yeteneklerinin önemli derecede iyileştiği bildirilmiştir. Bu bulgulara göre kronik inme hastalarında düşük ayağın tedavisinde kolay uygulanabilir ve ucuz olan kinezyo bantlamanın, alternatif bir tedavi yöntemi olarak yaygın olarak kullanılabileceği yazarlar tarafından önerilmektedir (24).

5. KALÇA, DİZ VE AYAK BİLEĞİ EKLEMLERİNİN BİR ARADA İNCELENDİĞİ ÇALIŞMALAR

Literatürde farklı fonksiyonel görevlerde kalça,

diz ve ayak bileği eklemlerinin klinik biyomekanik özelliklerinin ayrı ayrı incelendiği çalışmaların yanı sıra, bu eklemlerin birbirleriyle etkileşimini, bunun yanı sıra gövde ile de etkileşimini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. İnsan vücudundaki tüm eklemlerin fonksiyonel aktiviteler gerçekleştirilirken az ya da çok katkı verdiği göz önüne alınacak olursa, eklemlerin birbiri ile etkileşimlerini incelemek; farklı patolojilerde meydana gelen kompensasyon mekanizmalarının ve bir eklemle gerçekleştirilecek müdahalenin diğer eklemlerde meydana getirdiği değişimlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

Literatürdeki çalışmalarda, patellofemoral ağrı sendromuna sahip bireylerde fonksiyonel aktiviteler sırasında kalça abduktörlerinin kas güçsüzlüğünün telafi edilmesi için aynı tarafta gövde lateral fleksiyonunda artış olduğu ileri sürülmüştür (25). Bu sonuçtan yola çıkarak patellofemoral ağrı sendromuna sahip kişilerle gövde kaslarının gücü ve aktivasyonunu araştırmak önemli olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla patellofemoral ağrı sendromuna sahip bireylerde gövde, kalça ve diz kinematiklerinin birbirleriyle ilişkisi incelenmiştir. Sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında patellofemoral ağrıya sahip bireylerde, tek bacak squat sırasında ipsilateral gövde lateral fleksiyonunda, kalça adduksiyonu ve diz abduksiyonunda artış bulunmuştur. Her iki grup arasında gövde kas aktivasyonları arasında fark bulunmazken, patellofemoral ağrıya sahip bireylerde gövde kas kuvvetinde azalma bulunmuştur. Ayrıca patellofemoral ağrı grubunda gövde, kalça ve diz kinematiki arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır ve bu da patellofemoral ağrı sendromuna sahip kişilerin kontrol grubuna kıyasla farklı hareket şekilleri gösterdiğini düşündürmektedir (26).

Ayak bileği dorsi fleksiyonundaki kısıtlanmanın kalça ve diz kinematiklerinde ve dizi çevreleyen kasların aktivasyonundaki meydana getirebileceği değişimleri incelemeyi amaçlayan bir çalışmada, 30 sağlıklı birey kamasız ve 12 derecelik bir kama üzerinde squat aktivitesini gerçekleştirmişlerdir. Bu dinamik görev sırasında kalça ve diz kinematikleri, diz medial yer değişimi ve ayak dorsi fleksiyon açısı 3 boyutlu olarak ve vastus medialis oblikus, vastus lateralis, lateral gastrocnemius ve soleus kaslarının EMG ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak ayak bileği dorsi fleksiyonunun kısıtlanması; diz valgusunda ve diz medial yer değişiminde artışa neden olurken, quadriceps aktivasyonunda azalma ve soleus aktivasyonunda artışa neden olmuştur. Meydana gelen bu değişiklikler, patellofemoral ağrı sendromu yaşayan bireyler ile benzer görülmüştür. Ayak bileği eklem hareketindeki kısıtlamaların, diz eklemindeki sagittal ve frontal düzlem kinematiklerinde değişikliğe neden olabi-

leceğini sonucundan yola çıkarak, patellofemoral ağrı sendromu yaşayan bireylerde ayak bileği kinematiklerine dikkat edilmesi gerektiği düşünülmektedir (27).

Kapalı kinetik zincir egzersizleri sırasında alt ekstremitte kinematiki ve kas aktivasyon düzeylerinin cinsiyetler arasında farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla planlanan bir çalışmada, 21 kadın ve 21 erkek tek bir oturumda tek bacak squat, lunge ve adım alma egzersizlerini gerçekleştirmişlerdir. Tüm egzersizlerde kadınların erkeklere göre; diz fleksiyonu daha az, kalça ekstansiyonu daha fazla ve rectus femoris ve gluteus maximus kaslarının aktivasyon düzeyleri daha yüksek bulunmuştur. Erkeklerin ise tek bacak squat sırasında kalça fleksiyon açısı daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlara dayanarak, diz ekleminde aşırı frontal düzlem hareketini sınırlarken, fonksiyonel egzersizler sırasında kalça kaslarının aktivasyonuna izin vermek için, çalışmada incelenen 3 egzersizin, özellikle kadınlarda, alt ekstremitte problemlerinden sonra rehabilitasyon programına dahil edilmesi önerilmektedir. Çalışmada açığa çıkan cinsiyet farklılıkları nedeniyle gelecekte araştırmacıların, kinematik açılarda ve kas aktivasyon paternlerinde cinsiyete bağlı meydana gelen değişimler nedeniyle, katılımcıların bulgularını cinsiyete göre karşılaştırmaları önerilmektedir (28).

6. SONUÇ

Sonuç olarak; fonksiyonel aktiviteler sırasında; sağlıklı bireylerde ya da farklı patolojik durumlarda, gerçek ortamlarda ya da farklı simülasyon koşullarında alt ekstremitte eklemlerinin ve bu eklemleri çevreleyen kasların açığa çıkardığı cevapları öğrenmek; farklı patolojilerin gelişim mekanizmalarını anlama, önleme mekanizmaları geliştirme, önlenemediği takdirde farklı rehabilitasyon teknikleriyle iyileşme mekanizmalarını üretebilme açısından büyük önem taşımaktadır. Literatürdeki çalışmalar, genellikle ortopedik problemler sonucunda eklemlerde ve kaslarda meydana gelen değişiklikleri ve bu problemlerin gelişim mekanizmalarını anlamaya çalışmaktadır. Nörolojik hastalıklarda ise, bu alanda daha az çalışma bulunmaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, nörolojik hastalıklarda var olan biyomekanik özelliklerin daha iyi anlaşılması için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

8. KAYNAKLAR

- 1.Lunn, D.E., Lampropoulos, A.,Stewart, T.D. (2016) Basic biomechanics of the hip. *Orthopaedics and Trauma*, 30 (3), 239-246.
- 2.Bowman, K.F., Fox, J.,Sekiya, J.K. (2010) A clinically relevant review of hip biomechanics. *Arthroscopy*, 26 (8), 1118-1129.

- 3.Homan, K.J., Norcross, M.F., Goerger, B.M., Prentice, W.E.,Blackburn, J.T. (2013) The influence of hip strength on gluteal activity and lower extremity kinematics. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23 (2), 411-415.
- 4.Yoshida, H., Faust, A., Wilckens, J., Kitagawa, M., Fetto, J.,Chao, E.Y.-S. (2006) Three-dimensional dynamic hip contact area and pressure distribution during activities of daily living. *Journal of biomechanics*, 39 (11), 1996-2004.
- 5.Hall, M., Wrigley, T.V., Kean, C.O., Metcalf, B.R.,Bennell, K.L. (2017) Hip biomechanics during stair ascent and descent in people with and without hip osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*, 35 (7), 1505-1514.
- 6.Roy, G., Nadeau, S., Gravel, D., Pottie, F., Malouin, F.,McFadyen, B.J. (2007) Side difference in the hip and knee joint moments during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in individuals with hemiparesis. *Clinical biomechanics*, 22 (7), 795-804.
- 7.Bellchamber, T.,van den Bogert, A.J. (2000) Contributions of proximal and distal moments to axial tibial rotation during walking and running. *Journal of Biomechanics*, 33 (11), 1397-1403.
- 8.Snyder, K.R., Earl, J.E., O'Connor, K.M.,Ebersole, K.T. (2009) Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. *Clinical Biomechanics*, 24 (1), 26-34.
- 9.Tateuchi, H., Tsukagoshi, R., Fukumoto, Y., Oda, S.,Ichihashi, N. (2011) Immediate effects of different ankle pushoff instructions during walking exercise on hip kinematics and kinetics in individuals with total hip arthroplasty. *Gait & posture*, 33 (4), 609-614.
- 10.Masouros, S., Bull, A.,Amis, A. (2010) (i) Biomechanics of the knee joint. *Orthopaedics and Trauma*, 24 (2), 84-91.
- 11.Sigward, S.M.,Powers, C.M. (2006) The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns during side-step cutting. *Clinical Biomechanics*, 21 (1), 41-48.
- 12.Kiapour, A.M., Quatman, C.E., Goel, V.K., Wordeman, S.C., Hewett, T.E.,Demetropoulos, C.K. (2014) Timing sequence of multi-planar knee kinematics revealed by physiologic cadaveric simulation of landing: implications for ACL injury mechanism. *Clinical Biomechanics*, 29 (1), 75-82.
- 13.Maly, M.R., Costigan, P.A.,Olney, S.J. (2006) Role of knee kinematics and kinetics on performance and disability in people with medial compartment knee osteoarthritis. *Clinical biomechanics*, 21 (10), 1051-1059.
- 14.van der Linden, M.L., Rowe, P.J., Myles, C.M., Burnett, R.,Nutton, R.W. (2007) Knee kinematics in functional activities seven years after total knee arthroplasty. *Clinical Biomechanics*, 22 (5), 537-542.
- 15.Nagano, Y., Ida, H., Akai, M.,Fukubayashi, T. (2011) Effects of jump and balance training on knee kinematics and electromyography of female basketball athletes during a single limb drop landing: pre-post intervention study. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*, 3 (1), 14.
- 16.Brockett, C.L.,Chapman, G.J. (2016) Biomechanics of the ankle. *Orthop Trauma*, 30 (3), 232-238.
- 17.Castro, M.D. (2002) Ankle biomechanics. *Foot Ankle Clin*, 7 (4), 679-693.
- 18.Protopapadaki, A., Drechsler, W.I., Cramp, M.C., Coutts, F.J.,Scott, O.M. (2007) Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 22 (2), 203-210.
- 19.Morales-Orcajo, E., Souza, T.R., Bayod, J.,Barbosa de Las Casas, E. (2017) Non-linear finite element model to assess the effect of tendon forces on the foot-ankle complex. *Med Eng Phys*, 49, 71-78.
- 20.Donovan, L.,Feger, M.A. (2017) Relationship between ankle frontal plane kinematics during different functional tasks. *Gait Posture*, 54, 214-220.
- 21.Bagherzadeh Cham, M., Ghasemi, M.S., Forogh, B., Sanjari, M.A., Zabihi Yeganeh, M.,Eshraghi, A. (2014) Effect of rocker shoes on pain, disability and activity limitation in patients with rheumatoid arthritis. *Prosthet Orthot Int*, 38 (4), 310-315.
- 22.Giacomozzi, C., D'Ambrogio, E., Uccioli, L.,Macellari, V. (2005) Does the thickening of Achilles tendon and plantar fascia contribute to the alteration of diabetic foot loading? *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 20 (5), 532-539.
- 23.Hastings, M.K., Woodburn, J., Mueller, M.J., Strube, M.J., Johnson, J.E.,Sinacore, D.R. (2014) Kinematics and kinetics of single-limb heel rise in diabetes related medial column foot deformity. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 29 (9), 1016-1022.
- 24.Shin, Y.J., Kim, S.M.,Kim, H.S. (2017) Immediate effects of ankle eversion taping on dynamic and static balance of chronic stroke patients with foot drop. *J Phys Ther Sci*, 29 (6), 1029-1031.
- 25.Dierks, T.A., Manal, K.T., Hamill, J.,Davis, I.S. (2008) Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38 (8), 448-456.
- 26.Nakagawa, T.H., Maciel, C.D.,Serrão, F.V. (2015) Trunk biomechanics and its association with hip and knee kinematics in patients with and without patellofemoral pain. *Manual therapy*, 20 (1), 189-193.
- 27.Macrum, E., Bell, D.R., Boling, M., Lewek, M.,Padua, D. (2012) Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *Journal of sport rehabilitation*, 21 (2), 144-150.
- 28.Dwyer, M.K., Boudreau, S.N., Mattacola, C.G., Uhl, T.L.,Lattermann, C. (2010) Comparison of lower extremity kinematics and hip muscle activation during rehabilitation tasks between sexes. *Journal of athletic training*, 45 (2), 181-190.

Erişkin Kas Hastalıklarında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Yaklaşımları

Physiotherapy and Rehabilitation Approaches in Adult Muscular Diseases

Uzm Fzt Gülşah SÜTÇÜ, Prof Dr Sibel AKSU YILDIRIM

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

E-mail: gulsahsutcu@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Erişkin kas hastalıkları (musküler distrofi, miyopatiler vb.) ilerleyici kas güçsüzlüğü ve fonksiyonel kayıplarla seyreden kalıtsal veya edinsel bir grup hastalıktır. Kas hastalarında; ilerleyici kas kuvvet kaybı, psödohipertrofi, atrofi, miyotoni, yorgunluk, ağrı, kontraktürler, deformiteler, kalp ve solunum problemleri, egzersiz intoleransı gibi vücut yapı ve işlev bozuklukları görülebilmektedir. Hastalarda en sık kısıtlanan aktiviteler arasında oturmadan ayağa kalkma, yürüme ve hareket etme gibi temel mobilite aktiviteleri yer almaktadır. Günümüzde erişkin kas hastalıkları için kesin bir tedavi yöntemi bulunmamaktadır. Bu nedenle hastaların şikayetlerine semptomatik çözümler getiren fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları hastalar için önemlidir. Literatür incelendiğinde farklı kas hastalıkları grubuna farklı fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımlarının uygulandığı görülmektedir. Ancak egzersiz tipi, süresi ve yoğunluğu ile ilgili net bir bilgiye ulaşmak zordur. Kas hastalarında her hasta grubuna uygulanacak tedavi yaklaşımlarının genelleştirilmesi çok mümkün görülmemekle birlikte etkinliği de tartışılır. Her hastanın fiziksel ve aerobik kapasitesine, kas kuvvetine ve fonksiyonel durumuna uygun bir şekilde planlanan fizyoterapi ve rehabilitasyon programları kas hastalarının fonksiyonel kapasitelerinin geliştirilmesi ve mobilitelerinin devam ettirilebilmesi açısından son derece önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Erişkin kas hastaları, fizyoterapi, egzersiz, günlük yaşam aktiviteleri.

ABSTRACT

Adult muscle diseases (muscular dystrophy, myopathies, etc.) are a group of hereditary or acquired diseases characterized by progressive muscle weakness and functional loss. Patients with muscle disease may experience body structure and dysfunction such as progressive muscle weakness, pseudohypertrophy, atrophy, myotony, fatigue, pain, contractures, deformities, heart and respiratory problems and exercise intolerance. The most frequently restricted activities in patients include basic mobility activities such as sit to stand, walking and moving. Today, there is no definitive treatment method for adult muscle diseases. For this reason, physiotherapy and rehabilitation approaches that provide symptomatic solutions to the complaints of the patients are important for the patients. When the literature is examined, it is seen that different physiotherapy and rehabilitation approaches are applied to different muscle diseases group. However, it is difficult to reach clear information about the type, duration and intensity of exercise. While it is not possible to generalize the treatment approaches to each patient group in muscle diseases, its effectiveness is also discussed. Physiotherapy and rehabilitation programs planned in accordance with physical and aerobic capacity, muscle strength and functional status of each patient are extremely important for the development of functional capacity of patients and maintenance of their mobility.

Keywords: Adults with muscle disease, physiotherapy, exercise, activities of daily living.

1. GİRİŞ

Kas hastalıkları; kalıtsal veya edinsel olarak ortaya çıkan, kas liflerinin ve ilişkili interstisyel dokuların biyokimyasal ve elektrofizyolojik yapılarının etkilendiği iskelet kaslarında ilerleyici zayıflık ve fonksiyon kaybı ile karakterize bir grup hastalıktır (1, 2). Literatürde kas hastalıklarının sınıflandırılması; genetik mutasyonlar, protein eksiklikleri, histopatolojik değişiklikler ve patolojik mekanizmalar açısından farklılık göstermektedir (3). Değişik sis-

temlere göre yapılmış sınıflandırmalar içerisinde en sık kullanılanı Dünya Nöroloji Federasyonu'nun önerdiği sınıflandırmadır (4). Bu sınıflandırmanın Bethlem ve Knoubbout tarafından modifiye edilmiş şekli aşağıdaki gibidir (5).

- Genetik Geçişli Miyopatiler (Musküler Distrofiler)

- Duchenne Musküler Distrofi
- Becker Musküler Distrofi

- Limb Girdle Musküler Distrofi
- Emery-Dreifuss Musküler Distrofi
- Fasiyoskapulahumeral Musküler Distrofi
- Okulofarangingial Musküler Distrofi
- Bethlem/Ullrich Miyopati
- Distal Miyopati
- Konjenital Miyopatiler
- Santral Kor Hastalığı
- Multikor Hastalığı
- Santranukleer miyopati
- Nemali Miyopatisi (Rod Miyopatisi)
- Mitokondriyal Miyopatiler
- Biyokimyasal bozukluğu bilinmeyen morfolojik anormal mitokondri hastalıkları
- Biyokimyasal bozukluğu bilinen morfolojik normal mitokondri hastalıkları
- Miyotonik Hastalıklar
- Miyotonik Distrofi
- Konjenital Miyotoni
- Kondrodistrofik Miyotoni
- Konjenital Paramiyotoni
- Glikojen Depo Hastalıkları
- Asit Maltaz Eksikliği
- Dal Koparıcı Enzim Eksikliği
- Dallandırıcı Enzim Eksikliği
- Kas Forforilaz Eksikliği
- Fosfofruktokinaz Eksikliği
- Kasın Lipid Metabolizması Hastalıkları
- Karnitin Eksikliği
- Karnitin Palmitiltransferaz Eksikliği
- Periyodik Paraliziler
- Familial Hipokalamik Periyodik Paralizi
- Familial Hiperkalamik Periyodik Paralizi
- Familial Narmokalamik Periyodik Paralizi
- Herediter Olmayan Periyodik Paralizi
- Enflamatuvar Miyopatiler
- Polimiyozit
- Dermatomyozit
- İnklüzyon Gövde Miyoziti
- Nonspesifik ya da Örtüşüm Miyoziti
- Nekrotizan Otoimmün Miyopati
- Makrofazik Miyofasiitis
- Fokal Miyositis
- Sarkoidozla ilişkili Miyositis
- Miyotoksik Medikasyon

- Endokrin Bozukluklarla Görülen Kas Hastalıkları
- Tirotoksik Miyopati
- Hipotiroid Miyopatisi
- Hiperparatiroid Miyopatisi
- Diğer Kas Hastalıkları
- Paroksizmal Miyoglobini
- Malign Hipertermi
- İlaç, travma veya toksinin oluşturduğu hastalıklar
- Kas Tümörleri

2. ERİŞKİN KAS HASTALIKLARINDA VÜCUT YAPI VE İŞLEV BOZUKLUKLARI

Kas hastalarında; ilerleyici kas kuvvet kaybı, psödohipertrofi, atrofi, miyotoni, yorgunluk, ağrı, kontraktürler, deformiteler, kalp ve solunum problemleri, egzersiz intoleransı gibi vücut yapı ve işlev bozuklukları görülebilmektedir (6-10).

İlerleyici kas kuvveti kaybı, kas hastalıklarında en sık gözlenen bulgudur. Duchenne Musküler Distrofi, Limb Girdle Musküler Distrofi, Dermatomyozit, Polimiyozit ve bazı Konjenital Miyopatilerde ekstremitelerin proksimal kısımları daha çok etkilenirken, Musküler Distrofi'nin distal formları ve Distal Miyopatilerde ekstremitelerin distal kısımları etkilenmektedir. Fasiyoskapulahumeral Musküler Distrofi'de skapulohumeral ve fasiyal kaslar, Emery-Dreifuss Musküler Distrofi'de humero-peroneal kaslar, Okulofaringial Musküler Distrofi ve bazı konjenital Miyopatilerde extraoküler ve palpebra kasları, bazı Musküler Distrofi formlarında aksial ve respiratuar kaslar, Miyotonik Distrofilerde ise daha çok yutma ve konuşma kasları etkilenmektedir (11).

Psödohipertrofi, zarar gören kas liflerinin yerini yağ ve fibröz dokunun alması ile bu dokuların artışı sonucu oluşan gerçek olmayan kas hacmi artışıdır. Genellikle, Becker Musküler Distrofi, Duchenne Musküler Distrofi ve Limb Girdle Musküler Distrofi'nin farklı formlarında gastro-soleus kas grubunda gözle görülür derecede psödohipertrofi görülebilmektedir (12). Bacak kaslarının yanı sıra daha nadir görülmekle birlikte biceps braki ve deltoid kaslarında da psödohipertrofi görülebilmektedir.

Atrofi, kas zayıflığı ve hastaların uzun süre aktivite yapmamaları sonucu protein sentezi ve dejenerasyonu arasındaki dengenin bozulmasıyla gelişen kas hacmindeki azalmadır.

Miyotoni, kaslarda elektriksel ya da mekanik uyarı sonucu ortaya çıkan kasılma cevabı sonrası kasın gevşemesinde meydana gelen gecikmedir. Hastalar bir objeyi kavradıktan veya biriyle toka-laştıktan sonra, ellerini gevşetmekle ilgili sorun yaşarlar (11).

Yorgunluk, kas hastalıklarında sık görülen ve hastaların günlük yaşam aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen en önemli semptomlardan birisi-dir. Yorgunluk, genellikle isteksizlik hissiyle birlikte görülen iş yapma kapasitesinde azalma ve çalışma verimliliğinde düşme olarak tanımlanır (13, 14). Yorgunluk, akut ya da kronik olarak görülebilmek-tedir. Kas hastalıklarda yorgunluk genellikle kronik görülmesine rağmen, akut nöbetler şeklinde de ortaya çıkabilir ve hastalarda aktivite kısıtlılığına neden olabilir (15).

Ağrı, kas hastalıklarında sıklıkla görülen, altta yatan sebepleri ve etkileri benzerlik göstermekle beraber, farklı hastalık tiplerinde değişkenlik gös-terebilen bir semptomdur. Ağrının en önemli se-beplerinden biri; genellikle kas krampları, kas za-yıflığı ve aktivite kısıtlılığı sebebiyle, aşırı kullanma veya az kullanmaya bağlı olarak oluşan muskulos-keletal problemlerdir. Kas hastaları tarafından ağrı; genellikle hoş olmayan, yorucu, keskin ve derin bir his olarak tariflenmektedir. Kas hastalıklarında en çok ağrılı olan bölgeler sırt (%49) ve bacaklardır (%47). Özellikle bel bölgesi ve bacaklarda görülen ağrı, yürüyüş anormalliklerinden kaynaklanmakta-dır. Ayakta durma, yürüyüş ve germe egzersizleri kas hastalarında ağrıyı en çok arttıran aktiviteler-dir. Özellikle yürüyüş, kas hastaları tarafından ağ-rıyı en çok arttıran aktivite olarak belirtilmektedir (16).

Kontraktürler, alt ekstremitelerde üst ekstre-mitelerden daha çok görülmekle birlikte kas has-talarında en sık görülen bozukluklardan birisidir. Kas hastalarından en çok görülen kontraktürler; ayak bileği plantar fleksiyon, diz fleksiyon, kalça fleksiyon ve abduksiyon, el bileği ve dirsek flek-siyon kontraktürleridir (17). Kontraktürler; eklem hareket açıklığında azalma, ağrıda artma, motor performansta düşme ve günlük yaşam aktivite-lerine katılımın kısıtlanması gibi problemlere yol açarak hastaların kısıtlılık seviyesini artırmaktadır. Kontraktür oluşumunu önleme; eklem hareket açıklığını ve deri bütünlüğünü koruma ile birlikte kas hastalarının günlük yaşamdaki fonksiyonlarını devam ettirme açısından büyük önem taşımakta-dır (7).

Kalp problemleri, kas hastalıklarında özelli-kle Becker Muskuler Distrofi, Duchenne Muskuler Distrofi, Limb-Girdle Muskuler Distrofi ve Emery Dreiffus Muskuler Distrofi gibi Muskuler Distrofi-

lerin bazı formlarında görülen ve hastalığın seyrini etkileyen önemli bir bulgudur. Kalp problemleri daha çok protein yapı ve işlev bozuklukları sonucu Kardiyomiyopati şeklinde kendini göstermektedir. Kardiyomiyopati bulguları, kas hastalarında akti-vite kısıtlılıklarına sebep olarak hastaların günlük yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedir (10).

Solunum Problemleri, kas hastalıklarında has-talığın her aşamasında farklı semptomlarla ortaya çıkabilmekte ve hastaların günlük yaşamını olum-suz yönde etkilemektedir. Solunum problemlerinin erken belirtileri; karbondioksit tutulumu ve hasta-larının uykularının bölünmesidir. En sık görülen belirtiler arasında hastaların geceleri kâbus gör-meleri, baş ağrısı ve kafa karışıklığı hissetmeleri ve gün boyunca uykulu hallerinin devam etmesidir. Ayrıca hastalar, yutma ve nefes alma fonksiyon-larını birlikte gerçekleştirmekte zorlandıkları için uykuya dalarken zorluk çekmektedirler. Kas has-taları en çok nefes darlığı ve ortopneden şikâyet etmektedirler. Hastalığın ilerleyen dönemlerinde solunum kaslarındaki güçsüzlük, hipoventilasyon ve hiperkapniye yol açarak kısıtlayıcı tipte akciğer problemlerine neden olur. Sonuç olarak; gündüz-leri öksürmede sıkıntı ve aspirasyon problemleri gibi semptomlar nedeniyle hastaların günlük ya-şamları olumsuz yönde etkilenirken, geceleri ise genellikle uyku apnesi nedeniyle hastalar ventila-tör yardımına ihtiyaç duymaktadır (18) .

Egzersiz intoleransı, kas hastalarında farklı nedenlerle görülebilmektedir. En temel nedenler-den biri; kas etkilenimine bağlı olarak ortaya çıkan kuvvet kaybıdır (19). Mitokondrial disfonksiyon ve santral aktivasyon bozukluğu gibi problemler de egzersiz intoleransına sebep olabilmektedir. Mitokondrial disfonksiyon özellikle mitokondrial miyopatilerde görülmekle birlikte birçok kas has-talığının da bulgusudur. Bu disfonksiyonda kasın oksidatif fosforilasyon mekanizmasının bozulması sebebiyle, ATP üretim sisteminde problemler ol-makta ve hastalarda egzersiz intoleransı görülmeye-sine neden olmaktadır (20). Sentral aktivasyon bo-zukluğu ise; sürekli maksimal istemli kontraksiyon sırasında ortaya çıkarılan ve istemli olarak aktive olmayan maksimum olası kuvvet bölümüdür (21).

Kas hastalarında görülen vücut yapı ve işlev bozuklukları hastaların aktivite ve katılım kısıtlı-lıkları yaşamalarına sebep olmaktadır (1). Hastalar fiziksel aktivite ve mobilite yeteneklerini kaybet-tiklerinde günlük yaşam aktivitelerini bağımsız bir şekilde yerine getirebilme becerileri ve emosyonel durumları olumsuz yönde etkilenir (22). Hastalar-da en sık kısıtlanan aktiviteler arasında oturmadan ayağa kalkma, yürüme ve hareket etme gibi temel mobilite aktiviteleri yer almaktadır (23). Hastalığa özgü fizik tedavi ve rehabilitasyon yaklaşımları ile

hastaların mobilitelerinin sürdürülebilirliği ve günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlıkları hedeflenmektedir.

3. ERİŞKİN KAS HASTALIKLARINDA FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

Günümüzde erişkin kas hastalıkları için kesin bir tedavi yöntemi bulunmamaktadır. Bu nedenle hastaların şikayetlerine semptomatik çözümler getiren fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları hastalar için önemlidir. Kas hastalarında fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarının amaçları;

1. Mevcut fonksiyonel kapasiteyi korumak,
2. Mobilitiyi ve günlük yaşam aktivitelerini devam ettirmek,
3. Mevcut kas kuvvetini korunmak ve arttırmak,
4. Kontraktür gibi kalıcı fiziksel deformiteleri önlemek,
5. Hastaların yaşam kalitelerini koruyarak toplumsal katılımını arttırmak.

Egzersiz Yaklaşımları

Erişkin kas hastalarında egzersiz yaklaşımlarının temel amacı; kontraktürleri önleyerek eklem hareket açıklıklarını korumak, mevcut kas kuvvetini korumak ve mümkünse arttırmak ve kardiyo-pulmoner kapasiteyi koruyarak hastaların fonksiyonel katılımlarını arttırmaktır.

Germe egzersizleri, kas hastalarında normal eklem hareketinin korunması ve kontraktürlerin önlenmesi açısından son derece önemlidir. Eklem hareket açıklığını korumak ve kontraktürleri önlemek amacıyla uygulanacak germelerin süresi ve yoğunluğuyla ilgili kesin bir bilgi yoktur. Ancak sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar günde 1-2 kez, haftada 3-7 tekrar ile yapılan germe egzersizlerinin eklem hareket açıklığını arttırdığını ve bu etkinin egzersiz bırakıldıktan sonra 4 haftaya kadar korunduğunu göstermiştir (24). Kas hastalarında daha çok statik germe egzersizleri kullanılmaktadır. Kas hastalarında yapılan çalışmalar germe egzersizlerinin, özellikle gastrosoleus, hamstring ve kalça fleksörleri gibi kasların esnekliklerinin korunmasını sağlayarak eklem kontraktürlerinin önlenmesine yardımcı olduğunu göstermektedir (25).

Kuvvetlendirme eğitimi'nin kas hastalarında primer amacı kası kuvvetlendirmek değil, var olan kuvveti korumak ve ilerleyici kas zayıflığını önlemektir. Egzersiz programları, hastanın duru-

muna göre eklem hareket açıklığı egzersizleri veya vücut ağırlığı ile yapılan egzersizler ile başlamalı daha sonra hastanın egzersiz alışkanlığı kazanması ile düşük ağırlıklı egzersizlere geçilerek planlanmalıdır. Hastaların mevcut kas kuvvetinin tolere edemeyeceği şiddetteki dirençli egzersizlerden kaçınılmalıdır. Yüksek dirençli egzersizler kas hastalarında kas yıkımına ve kas yaralanmasına sebep olabilmektedir (26). Kuvvet eğitiminde daha çok izotonik tip kuvvetlendirme eğitimi tercih edilmeli, kastaki fiziksel stresi artırma riski nedeniyle izometrik ve eksentrik kontraksiyonlardan kaçınılmalıdır. Hastaya uygun planlanan kuvvetlendirme programları, kas hastalarında mevcut potansiyelin korunmasında ve kuvvet kazanımlarında önemli yer almaktadır (27). Kuvvetlendirme eğitimi ile birlikte endurans eğitimi de vermek çabuk yorulma şikayetlerinin sık görüldüğü kas hastaları grubunda son derece önemlidir. Enduransın artırılmasına için rehabilitasyon programlarının ilerleyen aşamalarında egzersizin tekrar sayısı ve set sayısı hastanın fiziksel durumuna uygun bir şekilde kademel olarak artırılmalıdır.

Aerobik Egzersizler, büyük kas gruplarını hedef alan ritmik kontraksiyonlar içeren yürüme, koşma bisiklet çevirme gibi aktiviteler ile yapılabilmektedir. Kas hastalarında ilerleyici kas kuvvet kaybı ile birlikte fiziksel aktivite azalır. Fiziksel aktivitenin azalması ile birlikte aerobik kapasite de azalarak hastalarda yorgunluk artışı ve fonksiyonlarda azalma görülür (28). Literatür incelendiğinde, kas hastalarında kuvvetlendirme eğitimleri ve aerobik eğitimlerin kombine bir şekilde çalıştırılmasının aerobik kapasitenin artırılması açısından önemli olduğu görülmektedir (27). Kas hastalarında maksimal kalp hızının %50-60'ı arasında kalp hızında sürdürülen 12 hafta boyunca haftada 3-4 gün ve günde 15-30 dakika yapılan orta şiddetli aerobik eğitimi hastaların tolere edebildiği ve bu eğitimin aerobik kapasiteyi arttırdığı bilinmektedir (29). Su içi egzersizler ve yüzme de farklı kas gruplarını çalıştırması sebebiyle aerobik kapasiteyi artırırken suyun yardımı ile egzersizin maksimum fonksiyonel seviyede gerçekleştirilmesini sağlar. Rehabilitasyon programlarında aerobik egzersizlerin süresi ve şiddeti ayarlanırken hastaların egzersiz alışkanlıkları ve mevcut fiziksel durumları göz önünde bulundurulmalıdır.

Solunum Egzersizleri, kas hastalarında ilerleyici kas kuvvet kaybına bağlı olarak diyafram ve yardımcı solunum kaslarının zayıflığı sonucu gelişen solunum kapasitesindeki azalmanın önlenmesi açısından önemlidir. Solunum egzersizleri torakal ekspansiyonu arttırmak amacıyla hastalara öğretilmelidir. Solunum egzersizlerinin yanında öksürmesi zayıf olan hastalarda sekresyonu temiz-

lemek için göğüs fizyoterapisi, manuel ve mekanik yardımcı öksürme gibi hava yolu temizleme teknikleri hastaların solunum kapasitelerinin artırılmasına yardımcı olacaktır (30, 31).

Literatür incelendiğinde kas hastalarında egzersizin süresi ve şiddeti ile ilgili farklı protokollerin uygulanmasının yanı sıra klinik tecrübeler hastaların kendi fiziksel kapasitesine uygun ılımlı-orta şiddette egzersizleri yaşam boyu ve her gün yapmasını önermekle birlikte kuvvet ve endürans artışı hedeflendiğinde egzersizin en az 8 hafta ve haftada 3 gün yapılmasının uygun olduğunu göstermektedir.

Ortez Yaklaşımları

Erişkin kas hastalarında ilerleyici kas kuvvet kaybına bağlı olarak eklem hareket açıklıkları azalabilmekte ve kontraktürler görülebilmektedir. Ortez yaklaşımları kontraktürlerin önlenmesi ve fonksiyonların devam ettirilebilmesi açısından son derece önemlidir (32). Özellikle Tibialis Anterior kasının hastalığın erken dönemlerinden itibaren zayıflaması sıklıkla düşük ayak deformitesine sebep olabilmektedir. Düşük ayak deformitesi hastaların yürürken takılıp düşmelerine ve günlük yaşam aktivitelerinde zorluk çekmelerine neden olmaktadır. Bu deformitenin önlenmesi için ayakkabı içi kısa yürüme ortezleri veya dorsifleksiyon bandı gibi ortez yaklaşımları kullanılabilir. Ayak bileği ve el bileği için nötral pozisyonu korumak ve kontraktürleri engellemek amacıyla istirahat splintleri de uyku süresince kullanılabilir.

Elektroterapi Uygulamaları

Kas hastalarında elektroterapi uygulamaları kasların kuvvetlendirilmesinde ve ağrının giderilmesinde kullanılabilir. Kas hastalarında kuvvet kaybı olan kaslara elektrik stimülasyonu uygulanırken son derece dikkatli olunmalıdır. Her kuvvetteki kasa her akım uygulanmamalıdır. Elektrik stimülasyonu ile tüm kas lifleri aynı anda kasılmaktadır. Kas kuvveti manuel kas testine göre 3'ün altında olan kaslarda kasılabilir kas lifi sayısının az olması sebebiyle elektrik stimülasyonu sonucu yıkım görülebilmektedir. Kas kuvveti 3'ün üzerinde olan kaslarda ise akım türü kasa uygun seçilmeli ve kasta yorgunluk oluşturulmamalıdır. Egzersiz tedavisi ile kas kuvvetinde belirli bir seviyeye ulaşıldıktan sonra elektrik stimülasyonunun kullanılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Elektrik stimülasyonunun kas hastalarında kullanıldığı bir diğer durum ise ağrıdır. Ağrılı bölgeye uygulanan Transkutan Sinir Stimülasyonu (TENS) uygulamaları kas hastalarında ağrı ile başa çıkma da sık kullanılan yöntemlerden birisidir.

4. SONUÇ

Literatür incelendiğinde farklı kas hastalıkları gruplarına farklı planlanmış fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımlarının uygulandığı görülmektedir. Ancak egzersiz tipi, süresi ve yoğunluğu ile ilgili net bir bilgiye ulaşmak zordur. Kas hastalarında her hasta grubuna uygulanacak tedavi yaklaşımlarının standart bir şekilde uygulanması mümkün görülmemekle birlikte etkinliği de tartışılır. Bunun yanı sıra hastanın fiziksel durumuna uygun olmayan fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları hastalarda yarar sağlamaktan ziyade kas yıkımına, yorgunluğa veya ortopedik deformitelere yol açarak hastaların fonksiyonel durumlarının gerilemesine sebep olabilmektedir. Her hastaya özgü, hastanın fiziksel ve aerobik kapasitesine, kas kuvvetine ve fonksiyonel durumuna uygun bir şekilde planlanan fizyoterapi ve rehabilitasyon programları kas hastalarının fonksiyonel kapasitelerinin geliştirilmesi ve mobilitelerinin devam ettirilebilmesi açısından son derece önemlidir.

5. KAYNAKLAR

1. Damian MS. Myopathies in the adult patient. *Medicine*. 2008;36(12):658-64.
2. Abresch RT, Han JJ, Carter GT. Rehabilitation management of neuromuscular disease: the role of exercise training. *Journal of clinical neuromuscular disease*. 2009;11(1):7-21.
3. Rakowicz WP, Lane RJ. Myopathies. *Medicine*. 2004;32(11):119-23.
4. Karpati G, Hilton-Jones D, Griggs RC. Disorders of voluntary muscle: Cambridge University Press; 2001.
5. Bethlem J, Knobbout CE. Neuromuscular diseases: Oxford University Press, USA; 1987.
6. Carter GT, Miró J, Abresch RT, El-Abassi R, Jensen MP. Disease burden in neuromuscular disease: the role of chronic pain. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 2012;23(3):719-29.
7. Skalsky AJ, McDonald CM. Prevention and management of limb contractures in neuromuscular diseases. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 2012;23(3):675-87.
8. Hutchinson D, Whyte K. Neuromuscular disease and respiratory failure. *Practical neurology*. 2008;8(4):229-37.
9. Benditt JO, Boitano LJ. Pulmonary issues in patients with chronic neuromuscular disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2013;187(10):1046-55.
10. Muntoni F. Cardiomyopathy in muscular dystrophies. *Current opinion in neurology*. 2003;16(5):577-83.
11. Goebel HH, Sewry CA, Weller RO. Muscle disease: pathology and genetics: John Wiley & Sons; 2013.
12. Cros D, Harnden P, Pellissier J, Serratrice G. Muscle hypertrophy in Duchenne muscular dystrophy. *Journal of neurology*. 1989;236(1):43-7.
13. Lou J-S. Fatigue in amyotrophic lateral sclerosis. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 2008;19(3):533-43.

14. Lou J-S. Approaching fatigue in neuromuscular diseases. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*. 2005;16(4):1063-79.
15. McElhiney M, Rabkin J, Gordon P, Goetz R, Mitsumoto H. Prevalence of fatigue and depression in ALS patients and change over time. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2009;80(10):1146-9.
16. Tiffreau V, Viet G, Thévenon A. Pain and neuromuscular disease: the results of a survey. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2006;85(9):756-66.
17. Dubowitz V. Progressive muscular dystrophy: prevention of deformities. *Clinical pediatrics*. 1964;3(5):323-8.
18. Bourke S, Gibson G. Sleep and breathing in neuromuscular disease. *European Respiratory Journal*. 2002;19(6):1194-201.
19. Aboussouan L. Mechanisms of exercise limitation and pulmonary rehabilitation for patients with neuromuscular disease. *Chronic Respiratory Disease*. 2009;6(4):231-49.
20. Taivassalo T, Dysgaard Jensen T, Kennaway N, DiMauro S, Vissing J, Haller RG. The spectrum of exercise tolerance in mitochondrial myopathies: a study of 40 patients. *Brain*. 2003;126(2):413-23.
21. Schillings M, Kalkman J, Janssen H, Van Engelen B, Bleijenberg G, Zwarts M. Experienced and physiological fatigue in neuromuscular disorders. *Clinical neurophysiology*. 2007;118(2):292-300.
22. McDonald CM. Physical activity, health impairments, and disability in neuromuscular disease. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2002;81(11):S108-S20.
23. Nitz JC, Burns YR, Jackson RV. Sit-to-stand and walking ability in patients with neuromuscular conditions. *Physiotherapy*. 1997;83(5):223-7.
24. Cipriani DJ, Terry ME, Haines MA, Tabibnia AP, Lyssanova O. Effect of stretch frequency and sex on the rate of gain and rate of loss in muscle flexibility during a hamstring-stretching program: a randomized single-blind longitudinal study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(8):2119-29.
25. McDonald CM. Limb contractures in progressive neuromuscular disease and the role of stretching, orthotics, and surgery. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*. 1998;9(1):187-211.
26. Kilmer DD, McCrory MA, Wright NC, Aitkens SG, Bernauer EM. The effect of a high resistance exercise program in slowly progressive neuromuscular disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1994;75(5):560-3.
27. van der Kooi EL, Lindeman E, Riphagen I. Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2005(1).
28. Hainaut K, Duchateau J. Muscle fatigue, effects of training and disuse. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 1989;12(8):660-9.
29. Wright NC, Kilmer DD, McCrory MA, Aitkens SG, Holcomb BJ, Bernauer EM. Aerobic walking in slowly progressive neuromuscular disease: effect of a 12-week program. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1996;77(1):64-9.
30. Unterborn JN, Hill NS. Options for mechanical ventilation in neuromuscular diseases. *Clinics in chest medicine*. 1994;15(4):765-81.
31. Perrin C, Unterborn JN, Ambrosio CD, Hill NS. Pulmonary complications of chronic neuromuscular diseases and their management. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 2004;29(1):5-27.
32. Bakker J, De Groot I, Beckerman Hta, De Jong B, Lankhorst G. The effects of knee-ankle-foot orthoses in the treatment of Duchenne muscular dystrophy: review of the literature. *Clinical rehabilitation*. 2000;14(4):343-59.

Koruyucu Rehabilitasyonda Fizyoterapi

Physiotherapy in Protective Rehabilitation

Uzm. Fzt. Merve AKÇİL BULGUROĞLU, Prof. Dr. A. Ayşe KARADUMAN

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

E-mail: fztmrve@hotmail.com

ÖZET

Koruyucu fizyoterapi; kişilerde fiziksel uyumun sağlanması, sağlığın korunması için egzersiz ve eğitim programlarının verilmesidir. Son yıllarda, fizyoterapinin önceliği; sigarayı bırakma, sağlıklı beslenme, sağlıklı kilo, düzenli fiziksel aktivite ve egzersiz, optimal uyku, minimal stres gibi yaşam tarzı değişiklikleri olmuştur. Diyet ve fiziksel aktivite düzeyindeki değişiklikler; kilo kontrolü, kan basıncı ve şeker düzeyi gibi sağlık sonuçları üzerine önemli etkilere neden olabilir. Bu müdahalelerin başarısı, sağlık hizmeti sunucularının eğitim kalitesi, hasta uyumu ve sistematik takiple ilgilidir. Yaşam tarzı ile ilgili koşulları değiştirmek için profesyoneller arası takım çalışmasına ihtiyaç vardır. 21 yy da ihtiyaç duyulan ekip, fizyoterapistler, diyetisyenler, danışmanlarda dâhil olmak üzere noninvaziv müdahalelerdeki profesyonelleri de içermelidir. Fizyoterapistler, birincil basamak uygulayıcılarına göre, fiziksel aktivite teşviki konusunda daha büyük bir avantaja sahiptirler. Günümüzde ve gelecekteki fizyoterapistler yaşam tarzını değiştirme ve fiziksel aktiviteyi destekleme stratejileri konusunda eğitim almalıdırlar. Bu stratejiler, fizyoterapistler tarafından kullanılmasına rağmen, kronik yaşam tarzı ile ilişkili risk faktörlerini azaltma stratejileri tam olarak bilinmemektedir. Sağlığın teşviki ve geliştirilmesinde ilk adım, sağlık profesyonel programlarının değerlendirilmesidir, bu uygulamaların kilit unsurları şunlardır; Küresel sağlık davranışlarının sistematik değerlendirilmesi, kişilerin çevresel ve sosyal durumları ve hedefli müdahaleler, sağlık uzmanları ve hastaların ulaşılabilirliği ve takip, sağlık müdahalelerinin güçlendirilmesi için, sağlık davranış değişikliğinin birden fazla sağlık uzmanı tarafından desteklenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Koruyucu fizyoterapi, yaşam tarzı, eğitim stratejileri

ABSTRACT

Protective physiotherapy; providing physical fitness in persons, exercise and training programs for the protection of health. In recent years, as a physiotherapy priority; lifestyle changes such as smoking cessation, healthy eating, healthy weight, regular physical activity and exercise, optimal sleep, minimal stress were accepted. Changes in diet and physical activity levels; weight control, blood pressure, and sugar levels. The success of these interventions is related to the quality of care, patient compliance, and systematic involvement of healthcare providers. Professional teamwork is needed to change the lifestyle. 21 st century should include professionals in non-invasive interventions, including physicians, physiotherapists, dietitians, consultants. Physiotherapists have a greater advantage in promoting physical activity than primary care practitioners. In the future, physiotherapists should be trained in strategies for changing their lifestyles and supporting physical activity. The first step in the promotion and development of health is the evaluation of health professional programs, the key elements of which are; It is recommended that the health behavior change be supported by multiple health professionals for the systematic assessment of global health behaviors, the environmental and social status of people and targeted interventions, the accessibility and follow-up of health professionals and patients, and the strengthening of health interventions.

Keywords: Protective physiotherapy, lifestyle, education strategies

1.GİRİŞ

Sağlıklı kişilerde fiziksel uyumun sağlanması ve sağlığın korunması için egzersiz ve eğitim programlarının verilmesi koruyucu fizyoterapi olarak adlandırılmaktadır. Fizyoterapinin temel ila-

ları egzersiz ve eğitimidir. Koruyucu fizyoterapide fizyoterapistin rolü; bireye ya da topluma özgü, fiziksel durumların değerlendirilmesi, hareket bozukluklarının önlenmesinde bütüncül bir yaklaşım sağlayarak, iyilik hali ve işlevselliğin artırılmasına yardımcı olmaktadır (1).

Sağlığın geliştirilmesi için yapılan önlemler kapsamında; sağlık eğitimi, çevresel modifikasyonlar, beslenme düzenlemeleri, yaşam tarzı ve alışkanlıkların değiştirilmesi yer almaktadır. Spesifik koruma için yer alan önlemler kapsamında, beslenme takviyelerinin kullanımı, iş tehlikelerine önlem, güvenli yiyecek ve ilaçlar, çevresel faktörlerin kontrolü, bağışıklama yer almaktadır.

Önlemenin aşamaları;

- Erken önleme; Altta yatan sebebi bulma
- İlk önleme; Neden olan belli faktörü bulma
- İkinci önleme; Hastalığın erken evresi
- Üçüncü önleme; Hastalığın geç evresi (1)

Son yıllarda, fizyoterapi önceliği olarak; sigarayla bırakma, sağlıklı beslenme, sağlıklı kilo, düzenli fiziksel aktivite ve egzersiz, optimal uyku, minimal stres gibi yaşam tarzı değişiklikleri gösterilmektedir. Sağlıksız yaşam tarzı davranışları; başta kardiyovasküler hastalıklar olmak üzere, serebrovasküler hastalıklar, sigara ile ilişkili durumlar, tip 2 diyabet, obezite ve kanser gibi dünya çapında ölümlerin %60'ını oluşturan durumlara yol açmaktadır (2,3).

2.KORUYUCU FİZYOTERAPİNİN DÜNYADAKİ YERİ

Neredeyse 100 yıldır, fizyoterapi, özellikle sağlığın teşvik edilmesi, hastalığı önlemek, ve koşulları yönetmek için sağlık eğitimi ve egzersiz gibi noninvaziv müdahalelerle ilişkilendirilmiştir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda sağlık uygulayıcıları arasındaki ana akım, yaşam tarzı ile ilişkili durumların yansımalarını önemli hale getirmiştir (4).

Diyet ve fiziksel aktivite düzeyindeki değişiklikler; kilo kontrolü, kan basıncı ve kan şekeri düzeyi gibi sağlık sonuçları üzerine önemli etkilere neden olabilir. Bu basit müdahalelerin başarısı, ilgili sağlık hizmeti sunucularının eğitim kalitesinin yanı sıra hasta uyumu ve sistematik takiple ilgilidir. Kişilerin sağlıklı yaşam tarzı hakkında bilgisi olmasına rağmen, sağlıksız yiyecek seçeneklerinin geniş bir yelpazede olması, sağlıksız beslenme konusunda teşvik edici olabilir. Mesela tuz tüketimini azaltmak için çok basit bir çözüm olarak gıdalara tuz eklemesi kısıtlanmıştır. Amerikalıların tuz alımının ortalama 3 te 1 oranında azaltılması, ABD de ki ölümlerin ikinci en önde gelen nedenlerinden biri olan hipertansiyon vakalarını 11 milyon azaltmakta ve sağlık masraflarını 17,8 milyar dolar azaltmaktadır (5).

Yaşam tarzı ile ilgili koşulları değiştirmek için etkili profesyoneller arası takım çalışmasına ihtiyaç vardır. 21 yy da ihtiyaç duyulan ekip, geleneksel doktor, hemşire, eczacı kapsamının ötesine geçmiştir. Fizyoterapistler, diyetisyenler, danışmanlarda dahil olmak üzere noninvaziv müdahalelerde uzman olan profesyonelleri de içermelidir.

Yaşam tarzı değişikliğinin ana hedefleri;

- Tanıyı hızlandırmak
- İlaç tüketimini düzenlemek
- Uzun vadeli sağlığı maksimuma ulaştırmak
- Sağlık giderleri azaltmak

Hastanın yaşam tarzı davranış değişikliği; İn-vaziv bakım yapanlar (hekimler) ve noninvaziv bakım yapanların (danışmanlar, diyetisyenler, fizyoterapistler) multidisipliner bir yaklaşımla, hasta için en uygun yaşam tarzını oluşturması ile olabilir.

Fiziksel aktivitenin bir halk sağlığı önceliği olduğu dünya çapında kabul edilmektedir. Fiziksel olarak aktif bir yaşam tarzının, kardiyovasküler hastalık, obezite, tip 2 diyabet, çeşitli kanser türleri ve depresyon riskini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Düzenli fiziksel aktivite ölüm riskini, sedanterlere göre %20-30 oranında düşürür. Birincil sağlık hizmeti alan çoğu hasta, fiziksel olarak aktif bir yaşam tarzı ile önlenebilecek sağlık sorunları yaşar (4).

Son 10 yılda, birinci basamak hekimleri, fiziksel aktiviteyi teşvik etmeye odaklandı. Birinci basamak hekimleri tarafından sağlık teşviki için tanımlanan engeller;

- Güven eksikliği
- Eğitim eksikliği
- Zaman kısıtlamaları
- Sağlık alışkanlıklarını değiştiremedikleri inancıydı.

Fizyoterapistler, birincil basamak uygulayıcılarına göre, fiziksel aktivite teşviki konusunda daha büyük bir avantaja sahiptirler. Günümüzde ve gelecekteki fizyoterapistler yaşam tarzını değiştirme ve fiziksel aktiviteyi destekleme stratejilerini rollerinden biri kabul etmeli ve bu konuda eğitim almalıdırlar (6).

20. yy' ın son yarısından itibaren, yaşam tarzı ile ilgili koşullar, orta ve az gelirli ülkeler kadar yüksek gelirli ülkelerde de morbidite ve erken ölümlerin başlıca nedenleri arasındadır. Bu durumlara neden olan faktörler incelendiğinde belirli yaşam tarzı davranışları ortaya çıkmıştır. Bu yaşam tarzı ile ilgili davranışlar tablo da gösterilmektedir (7).

Risk faktörleri	Kardiyovasküler ve periferik vasküler hastalıklar	Kronik obstruktif hastalıklar	İnme	Tip 2 diyabet	Kanser
Sigara içmek	x	x	x	x	x
İnaktivite	x		x	x	x
Obezite	x		x	x	x
Beslenme	x		x	x	x
Yüksek tansiyon	x		x	x	
Yağ kitlesi/ kan yağları	x		x	x	x
Artmış kan şekeri	x		x	x	x
Alkol	x		x	x	x

Yaşam tarzı ile ilgili koşullar bir nedenden ziyade çok faktörlü durumlara yol açmaktadır. Bir kişiye yaşam tarzı ile ilgili bir teşhis konulduğunda, birden fazla sağlıklı yaşam tarzı davranışına sahip olma ihtimali yüksektir. Örneğin, sigara içenler daha az egzersiz yapma eğilimindedirler. Televizyonu saatlerce izleyenler daha az izleyenlerle karşılaştırıldığında aşırı kilolu olma eğilimindedirler. Yaşam tarzı ve kronik koşullar arasındaki ilişki iyi belirlenmiş olsa da, yaşam tarzı ve davranış değişikliği ile ilgili olarak çağdaş sağlık uygulamasındaki yerini tamamen alamamıştır (4).

3.FİZYOTERAPİSTLERİN KORUYUCU REHABİLİTASYONDAKİ ROLÜ

Fizyoterapistler, hastalara sağlık eğitiminin verilmesi için ideal sağlık uzmanlarıdır. Diğer sağlık uzmanlarıyla karşılaştırıldığında hasta ile görüşme süreleri ve uygulama zamanları daha uzundur. Özellikle fiziksel aktivite konusunda uzmanlıkları üstündür. Dünya fizik tedavi konfederasyonu, fizyoterapi değerlendirme ve tedavilerini, sağlığın teşviki ve geliştirilmesi, yaşam kalitesinin artırılması ve tüm yaş grupları ve popülasyona göre fiziksel uygunluğun belirlenmesi olarak tanımlamıştır. Bu eğitim stratejileri, fizyoterapistler tarafından kullanılmasına rağmen, kronik yaşam tarzı ile ilişkili risk faktörlerini azaltma stratejilerinin etkileri tam olarak araştırılmamıştır (2).

Fizyoterapi mesleğinin kişilerin sağlıklı yaşamalarına destek olan unsurları şunlardır;

- 1) Fizyoterapi önde gelen bir sağlık mesleğidir, ancak farmakolojik olmayan müdahaleler içerir.
- 2) Sağlığı işlevsellik, engellilik ve yeti yitimi

ile sınıflandırır.

3) "Hasta eğitimi" 100 yıllık pratiğin sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

4) Yaşam tarzındaki değişiklikleri ele almak için en iyi uygulamaları içerir (8,9).

4. YAŞAM TARZI İLE İLİŞKİLİ RİSK FAKTÖRLERİNİ AZALTMAK İÇİN KULLANILAN EĞİTİM STRATEJİLERİ

Sağlık alanındaki eğitimciler tarafından; "HASTA ODAKLI SAĞLIK EĞİTİM STRATEJİLERİ" savunulmaktadır.

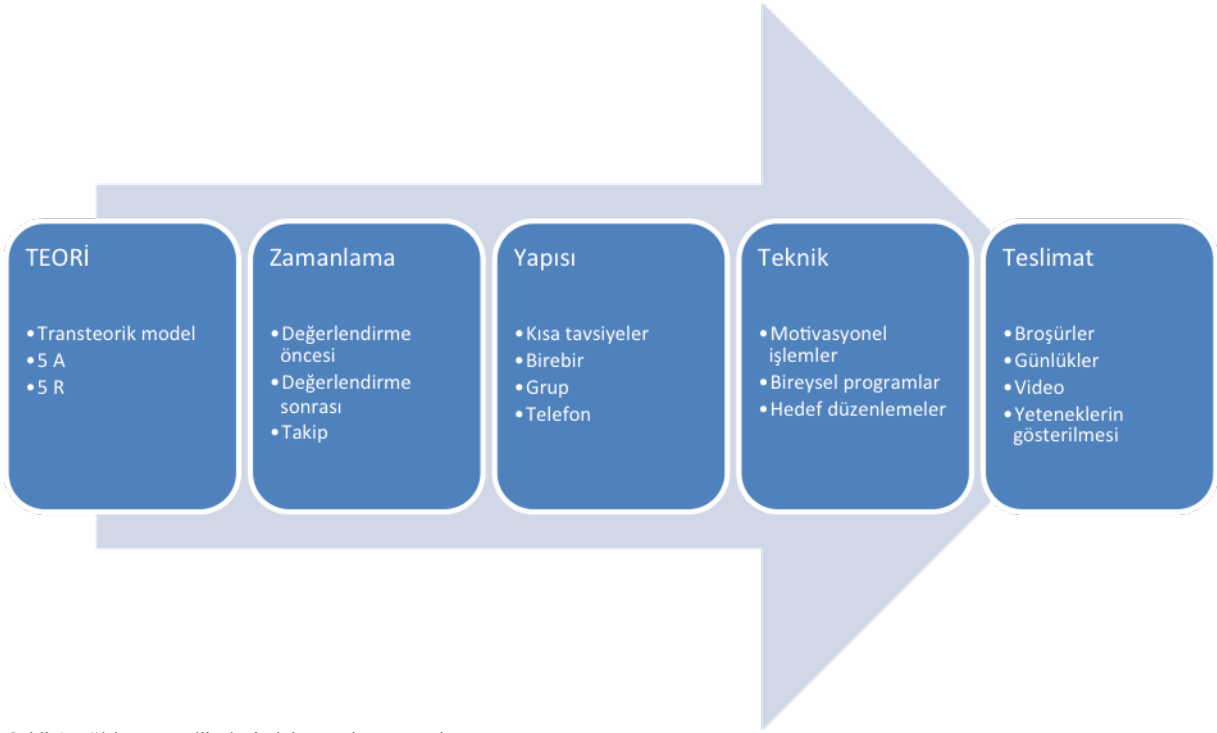
Bu stratejiler;

- İletişim kurma
- Değişim hedefi olan davranışları belirleme
- Hastanın sağlık davranış değişikliğine hazırlık durumunun değerlendirilmesi
- Engelleri azaltmak için kolaylaştırıcı faktörler

Transteorik model de dâhil olmak üzere kullanılan davranış değiştirme modelleri, eğitimsel müdahalenin klinik uygulaması için bir çerçeve oluşturmaktadır. Fakat fizyoterapistlerin hangi yöntemi tercih ettiği ve hangi yöntemin en önemli olduğu tam olarak açıklanmamıştır (10).

4.1.EĞİTİM STRATEJİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Eğitim stratejileri oluşturulurken ilk önce kullanılacak teori seçimi yapılır. Teori, zamanlama, eğitim stratejisinin yapısı, tekniği ve teslimat yolları ile ilgili kullanılan yöntemler şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Eğitim stratejilerinde izlenecek yöntemler

4.1.1. TRANSTEORETİK MODEL

Transteoretik modelin değişim aşamaları;

- 1) *Düşünmeme*: Bireyler gelecek 6 ay içinde davranışlarını değiştirmeye istekli değildirler.
- 2) *Düşünme (niyet)*: Bireyler gelecek 6 ay içerisinde davranışlarını değiştirmeyi düşünürler.
- 3) *Hazırlık*: Bireyler bir sonraki 6 ay içerisinde harekete geçmeyi düşünürler.
- 4) *Hareket*: Bireyler problemleri davranışlarını bir gün- altı ay arasında başarı ile değiştirmiş ise hareket aşamasında kabul edilirler.
- 5) *Devam ettirme*: Değişimin başladığı ilk 6 aydan sınırsız süreye kadar uzar.

4.1.2. 5A MODELİ

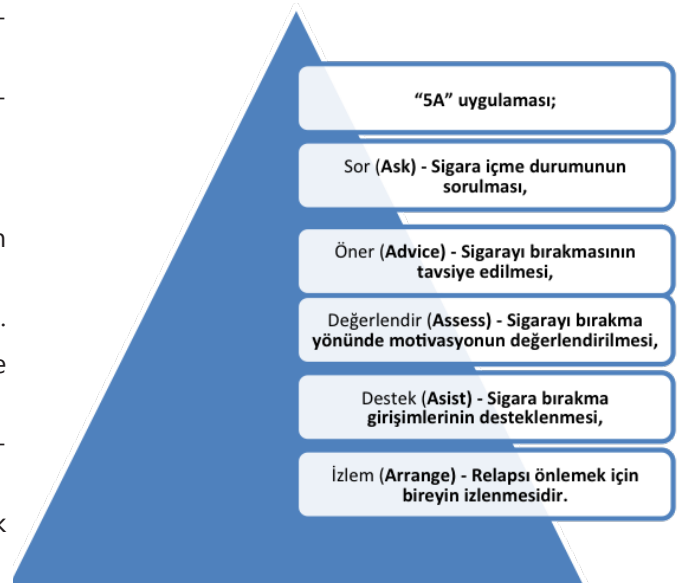
5A davranış değiştirme modeli 5 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- 1) *Sor*: Davranışla ilgili durumun sorgulanması.
- 2) *Öner*: Davranış değiştirmeye ilgili öneride bulunulması.
- 3) *Değerlendir*: Davranış değiştirme konusunda motivasyonunun değerlendirilmesi.
- 4) *Destek*: Davranış değişikliği için destek olunması.
- 5) *İzlem*: Davranış değişikliğinin takip edilmesi.

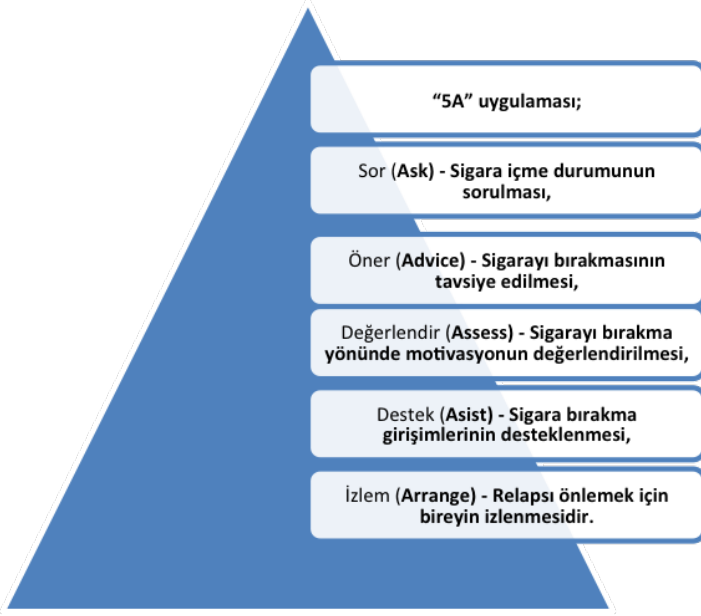
5A davranış değiştirme modeli ile ilgili örnek Şekil 2'de gösterilmiştir.

4.1.3. 5R MODELİ

5R davranış değiştirme modeli ilgilenme, riskler, kazançlar, engeller, tekrarlama olmak üzere 5 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar Şekil 2 de gösterilmiştir (2,10,11).



Şekil 2: 5A Davranış Değiştirme Modeli



Şekil 2: 5R Davranış Değiştirme Modeli

4.1.4. MOTİVASYONEL GÖRÜŞME

Sağlık davranışlarındaki değişiklikleri etkilemek açısından, klinikte hastalarla sistemli olarak görüşme yapılması, kanıta dayalı bir strateji olmuştur. Broşürlerin kullanılması, fizyoterapistlerin tercih ettiği ortak bir eğitim stratejisi olarak tanımlanmaktadır. Ancak, yapılan çalışmalarda takip edilen hastaların yaklaşık yarısının broşürü unuttuğu, çok az bir kısmının bu broşürleri okuduğu belirtilmiştir. Bu durumda hastaya tercih edilen eğitim yaklaşımının bilgi sağlama konusunda etkili olduğu varsayılmaz.

Çalışma bulguları, gelecek araştırmalar için şunları önermektedir;

1) Tedavi seanslarında kullanılan ve mevcut uygulamaların etkinliğini sağlayacak eğitim stratejilerini değerlendirmek için nesnel gözlemsel çalışmalara ihtiyaç vardır.

2) Bu stratejilerin davranış değişikliğine ne ölçüde etkili olduğu, kanıta dayalı müdahaleler tarafından açıklığa kavuşturulmamıştır.

3) Eğitim stratejilerinin kombinasyonları belirlenmelidir.

4) Fizyoterapistlerin fiziksel aktivite ile ilgili eğitim ilkelerinin dışında, sigarayı bırakma, diyet ve diğer yaşam tarzı davranışları değişikliğinde diğer sağlık profesyonellerine yönlendirmesi.

5) Eğitim sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için, eğitim stratejilerinin maliyet etkinliğini ve uzun vadedeki etkilerini incelemek gereklidir.

6) Motivasyonel mülakat fizyoterapistler tarafından yeterince kullanılmamasına rağmen, özellikle pozitif sağlık davranış değişikliği için önemli bir yardımcıdır (12).

4. YAŞAM TARZI İLE İLİŞKİLİ DAVRANIŞLARININ DEĞERLENDİRMESİ VE SAĞLIK DAVRANIŞLARININ ZAMAN İÇİNDEKİ DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİ İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

Son yüzyılda sağlık uygulayıcıları arasındaki ana akım, yaşam tarzı ile ilişkili durumların yansımalarını önemli hale getirmiştir (4). Yetişkinlerde sağlıklı tansiyon ideal olarak 120/80 mmHg, vücut kitle indeksi 18,5-24,9 dur. Vücut kitle indeksi ile sağlık problemleri ilişkisine bakıldığında;

- 20-25 çok düşük risk
- 26-30 düşük risk
- 31-35 orta risk
- 36 -40 yüksek risk
- 40 üzeri çok yüksek risk taşımaktadır (6).

Myokard infarktüsü belirlemek için bel-kalça oranı, VKİ den daha iyi bir belirleyicidir. (13) Sağlıklı bel çevresi ölçümleri, kadınlarda <84 cm, erkeklerde <89 cm dir. Kadınlarda > 89 cm, erkeklerde >102 cm yüksek risk taşır (6). Bu sonuçları en üst düzeye çıkarmak için, mevcut sağlık bakımının etkinliği ve verimliliğini arttırmak için profesyonel bir yaklaşım uygulanması gerekir. Fizyoterapi, noninvasiv sağlık meslekleri arasında anahtar rol üstlenir. Diyet ve fiziksel aktivite düzeyindeki değişiklikler, kilo kontrolü, kan basıncı ve kan şekerini düzenlemek gibi sağlık sonuçları üzerine derin etkilere neden olabilir. Bu basit müdahalelerin başarısı, ilgili sağlık hizmeti sunucularının eğitim kalitesinin yanı sıra hasta uyumu ve sistematik takiple ilgilidir. Hipertansiyon, tip 2 diyabet ve obezite gibi yaşam tarzıyla ilişkili durumlar klinik farklılıklara sahip olmakla birlikte, ortak bir etyolojik yol paylaşmaktadırlar(4).

Yaşam tarzı ile ilişkili davranışlar, sigara, sağlıksız beslenme, sağlıksız kilo, sedanter yaşam biçimi, yetersiz uyku ve yönetilmeyen stresi içerebilir(3).

YAŞAM TARZI DAVRANIŞLARI	İlk değerlendirme tarihi	Takip tarihi	Takip tarihi
Sigara içme durumu • İçmiyor veya bıraktı • İçiyor			
Beslenme durumu • İşlenmiş gıdalar • Hazır yemekler • Kutu içecekler			
Ne kadar porsiyon tükettiği • Meyve, tüm tahıllar, et, balık, süt, peynir, şeker, tuz, doymuş yağ, doymamış yağ, mayonez, margarin			
• Vücut kompozisyonu • Ağırlık • Boy • VKİ • Bel çevresi • Kalça çevresi • Bel/kalça oranı			
• Aktivite statüsü (sedanter, aktif) • Genel fiziksel aktivitesi (yürüme, toplu taşıma kullanımı) • Yapılandırılmış egzersiz (aerobik egzersiz, pilates yoga, tai chi) • Tipi-yoğunluğu-süresi-sıklığı			

Sigara, sadece genel sağlık ve egzersiz kapasitesi için değil, aynı zamanda kas iskelet sistemi içinde zararlıdır (14,15). Sigara tüketimi ve kemik kırılabilirliğindeki artış arasında pozitif bir ilişki vardır. Sigara tüketimi kırık iyileşmesini geciktirir (16). Sigara tüketimi, kas iskelet sistemini etkileyen

lokal inflamasyonla da ilişkilendirilmiştir. Altı bin katılımcıda yapılan bir çalışmada, sigara içiminin epikondilit için bir risk faktörü olduğu bulunmuştur (17). Sigara içme süresindeki artış, ağrı sıklığını da arttırır (14).

ALİŞKANLIKLAR	DEĞERLENDİRME	ALİŞKANLIK DEĞİŞTİRME STRATEJİLERİ
SİGARA HEDEF: Sigara içmemek	Sigara içmeyen Sigara içmişse ne kadar zamandır içmiş? Sigara içici ise kaç kez bırakma girişiminde bulunmuş? Bırakmaya hazır olma durumunda	ÖN AŞAMALAR • 5R(ilişkisi, riskleri, ödülleri, birlikte oluşanlar, tekrarlamalar) HAZIRLIK EYLEM AŞAMASI • 5A(sor, tavsiye et, değerlendir, yardım et, kalıcı hale getir) Resmi sigara bırakma eğitimleri Bırakma tarihini belirleme, toplumsal destek alma, savaş stratejileri(ör:egzersiz) Nikotin replasman tedavisi DANIŞMANLIK STRATEJİLERİ: • Motivasyonel görüşme • Bilişsel davranış terapisi • Kabul taahhüt terapisi

Sağlıksız beslenme, egzersiz kapasitesi, diyetle ve alınan enerji ile ilişkilidir. Çocukluk döneminde, kemik yapımı sırasındaki beslenme ve fiziksel aktivite, yaşamın ilerleyen dönemindeki kemik sağlığı için çok önemlidir (18).

ALİŞKANLIKLAR	DEĞERLENDİRME	ALİŞKANLIK DEĞİŞTİRME STRATEJİLERİ
BESLENME HEDEF: Sağlıklı vücut kütlesi	- Vücut kütle indeksi - Günlük sebze tüketimi - Günlük meyve tüketimi - Et porsiyonları - Günlük tahıl tüketimi	ÖN AŞAMALAR 5R(ilişkisi, riskleri, ödülleri, birlikte oluşunlar, tekrarlamalar) HAZIRLIK EYLEM AŞAMASI 5A(sor, tavsiye et, değerlendir, yardım et, kalıcı hale getir) DANIŞMANLIK STRATEJİLERİ - Motivasyonel görüşme - Bilişsel davranış terapisi

Sedanter yaşam biçimi, Sedanter yaşam tarzları, hipertansiyon, inme, kalp hastalıkları, diyabet gibi durumlarla ilişkilendirilmektedir (18). Kas iskelet sağlığı üzerine etkilerine bakıldığında, bel-sırt problemleri ile sedanter yaşam arasında ilişki bulunmaktadır. Ayrıca hareketsizlik, eklem yüzlerini koruyan sinoviyal sıvının azalmasına bağlı eklem dejenerasyonu ile de ilişkilendirilir (19).

ALİŞKANLIKLAR	DEĞERLENDİRME	ALİŞKANLIK DEĞİŞTİRME STRATEJİLERİ
AKTİVİTE VE EGZERSİZ HEDEF: Sedanter aktiviteyi azaltmak, düzenli fiziksel aktiviteyi arttırmak	- Uzun süre oturma pozisyonundan sonra yürüme süresi - İş süresinde uzun süre oturma-nın kaç saat olduğu - Düzenli fiziksel aktivitenin kaç saat olduğu - Orta düzeyde egzersiz - Aerobik süresi - Kuvvetlendirme egzersiz süresi	ÖN AŞAMALAR 5R(ilişkisi, riskleri, ödülleri, birlikte oluşunlar, tekrarlamalar) HAZIRLIK EYLEM AŞAMASI 5A(sor, tavsiye et, değerlendir, yardım et, kalıcı hale getir) DANIŞMANLIK STRATEJİLERİ - Motivasyonel görüşme - Bilişsel davranış terapisi

Yetersiz uyku, 20.yy dan bu yana ortalama gece uykusu yaklaşık 2 saat azaltıldı. Kaliteli uyku için optimal uyku saati, 8-10 saat arasındadır. Uykusuzluk ve yaralanma ilişkisi yüksektir. Bel ağrısı olanların %50'si uykusuzluk problemine maruz kalmaktadır (20,21). Bel ağrısı ve uykusuzluk kısır döngü halindedir. Uykusuzluk, yorgunluk, bilişsel bozukluk, duygu durum bozukluğu, kaygı ve depresyonla ilişkilidir.

ALİŞKANLIKLAR	DEĞERLENDİRME	ALİŞKANLIK DEĞİŞTİRME STRATEJİLERİ
UYKU HEDEF: 7-9 saat uyku	- Ortalama kaç saat uyuduğu - Ortalama kaç kez uykudan uyandığı - Uyku kalitesi(0=en kötü, 10=en iyi)	ÖN AŞAMALAR 5R(ilişkisi, riskleri, ödülleri, birlikte oluşunlar, tekrarlamalar) HAZIRLIK EYLEM AŞAMASI 5A(sor, tavsiye et, değerlendir, yardım et, kalıcı hale getir) DANIŞMANLIK STRATEJİLERİ - Motivasyonel görüşme - Bilişsel davranış terapisi

Stres; zihinsel sağlık, kas iskelet sağlığı ve fonksiyonel kapasiteyi doğrudan etkiler. Kas iskelet sistemi problemlerine sahip olanlar genellikle; anksiyete, yönetilmeyen stres, depresif durumlara sahip kişilerdir (22). Bu sağlık sorunları ağrı eşiğini azaltıp, kas iskelet problemlerine yol açabilir. Stres düzeyi yüksek kişiler, daha çok sigara tüketimi, dengesiz beslenme ve kalitesiz uykuya maruz kalırlar. Tersine kas iskelet problemleri olanlarda, stres düzeyi yüksek, depresif bir yaşam tarzına sahip olabilirler.

ALİŞKANLIKLAR	DEĞERLENDİRME	ALİŞKANLIK DEĞİŞTİRME STRATEJİLERİ
MENTAL SAĞLIK HEDEF: Çoğu günlerde stresi yönetmek	- Günlük stresi arttıran faktörler - Stres testleri	ÖN AŞAMALAR 5R(ilişkisi, riskleri, ödülleri, birlikte oluşanlar, tekrarlamalar) HAZIRLIK EYLEM AŞAMASI 5A(sor, tavsiye et, değerlendir, yardım et, kalıcı hale getir) DANIŞMANLIK STRATEJİLERİ - Motivasyonel görüşme - Bilişsel davranış terapisi



NICE (National Institute for Health and Clinical Excellence) kılavuzu, yetişkinleri aktif kılmak için 4 yöntem üzerinde yoğunlaşmaktadır;

1)Hastane dışında yapabilecekleri kısa öneriler

2)Özel bir fiziksel aktivite programına yönlendirmek

3)Pedometreler

4)Yürüyüş ve bisiklet (23).

5.SAĞLIĞIN GELİŞTİRİLMESİNDE UYGULANAN POLİTİKALAR

Sağlığın teşviki ve geliştirilmesinde ilk adım, sağlık profesyonel programlarının değerlendirilmesidir. Sağlığın teşviki ve geliştirilmesine yönelik pratik uygulamaların kilit unsurları şunlardır;

- Küresel sağlık davranışlarının sistematik olarak değerlendirilmesi
- Kişilerin çevresel ve sosyal durumları ve hedefli müdahaleler
- Sağlık uzmanları ve hastaların ulaşılabilirliği ve takip
- Sağlık müdahalelerinin güçlendirilmesi için, sağlık davranış değişikliğinin birden fazla sağlık uzmanı tarafından desteklenmesi önerilmektedir.

Sağlık çok boyutludur, dolayısıyla değerlendirmek için tek bir sistem mevcut değildir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), uluslararası işlevsellik, engellilik ve sağlık sınıflamasını sağlık durumunu değerlendirebilecek ve müdahalenin hedeflenebileceği 3 seviyeyi belirten bir araçtır. Sağlığın geliştirme yetkinlikleri, ICF deki bütüncül sağlık yapısını yansıtan niteliklerdir (12).

5.1.DÜNYA ÇAPINDA UYGULANAN SAĞLIK GELİŞTİRME POLİTİKALARI

Dünya çapında da yaşam tarzı ile ilgili koşullardaki değişimlere bağlı olarak küresel hastalık yükü artmıştır. Sağlık bakımı üzerine harcanan kişi başı yıllık masraf ABD’de 4,631 \$, İsviçre’de 3,222 \$ ve Almanya’da 2,748 \$ olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle kişilerin sağlık kalitelerini arttırmak ve sağlık masraflarını azaltmak için sağlık geliştirme politikaları önem kazanmıştır(5). Kişi başı sağlık harcaması, 2014 yılında 1,232 TL iken, 2015 yılında %9,2 artarak, 1,345 TL’ye yükseldi. Kişi başı sağlık harcaması ABD Doları (\$) bazında değerlendirildiğinde ise, 2014 yılında 563 \$ iken, 2015 yılında 496 \$ olarak hesaplandı (24).

Fiziksel aktivite bir halk sağlığı önceliği olarak dünya çapında kabul edilmektedir. Fiziksel olarak aktif bir yaşam tarzının, kardiyovasküler hastalık, obezite, tip 2 diyabet, çeşitli kanser türleri ve depresyon riskini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Düzenli fiziksel aktivite ölüm riskini, sedanterlere göre %20-30 oranında düşürür (25).

İnsan ömrünün çok uzun olmadığı dönemlerde obezite; güç, refah ve sağlık göstergesi iken, günümüzde tedavi edilmesi gereken bir hastalık, bir halk sağlığı problemi olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Tüm dünyada fazla kiloluğun ve obezitenin (şişmanlığın) prevalansı giderek art-

makta olup obezite prevalansı 1980’den beri iki katından daha fazla artmıştır. 2008 yılında 20 yaş ve üzeri 1.4 milyardan daha fazla erişkin fazla kilolu ya da obez olup bunların içinde 200 milyon erkek 300 milyon kadın şişmandır. 2010 yılında yapılan çalışmada beş yaş altı çocukların 40 milyondan fazlasının fazla kilolu olduğu saptanmıştır. Günümüzde dünyanın hemen hemen tüm bölgelerinde obezite prevalansı artmakta, bu durum sadece yetişkin kadın ve erkekleri değil, çocukları ve gençleri de etkilemektedir. Kalp ve damar hastalıkları, diyabet, hipertansiyon, bazı kanser türleri, kas iskelet sistemi hastalıkları gibi hastalıkların oluşmasına, yaşam kalitesinin azalmasına ve ölümlere yol açan obezite, sadece küresel boyutta bir halk sağlığı problemi olmakla kalmayıp, ülke ekonomilerine olumsuz yönde etki eden bir unsur olarak da karşımıza çıkmaktadır. Obezite ile mücadelede DSÖ başta olmak üzere pek çok uluslararası kuruluş; tüm dünyada beslenme alışkanlıklarının değiştirilmesi, yeterli ve dengeli beslenme alışkanlıklarının yerleştirilmesi ve hareketli yaşam biçiminin benimsenmesi konularında çeşitli programlar geliştirerek öncülük etmektedir. DSÖ tarafından, “Küresel Beslenme, Fiziksel Aktivite ve Sağlık Stratejisi”nin geliştirilmesi, İkinci Avrupa Beslenme Eylem Planı’nda özellikle çocukluk ve adolesan dönemi obezitesi ile mücadeleye yer verilmesi, AVRUPA KOMİSYONU tarafından, Avrupa’da beslenme, fazla kiloluluk ve obezite ile ilişkili hastalıklar konusunda stratejiyi de içeren “Beyaz Döküman”ın hazırlanması, AVRUPA BİRLİĞİ, “Beslenme, Fiziksel Aktivite ve Sağlık Platformu”nun oluşturulması bu girişimlere örnek olarak verilebilir (5).

5.1.TÜRKİYEDE UYGULANAN SAĞLIK GELİŞTİRME POLİTİKALARI

2015 yılı verilerine göre ülkemizdeki ölüm sayısı 405 bin 202 iken bu sayı %4,2 artarak 2016 yılında 422 bin 135 kişi olmuştur. Bin kişi başına düşen ölüm sayısını ifade eden kaba ölüm hızı, 2015 yılında binde 5,2 iken 2016 yılında binde 5,3’e yükselmiştir. Diğer bir ifade ile 2015 yılında bin kişi başına 5,2 ölüm düşerken, 2016 yılında bin kişi başına 5,3 ölüm düştü. Dolaşım sistemi hastalıklarından kaynaklı ölümler, 162 bin 876 oldu. Ölüm nedenlerinde ilk üç sıra 2016 yılında da değişmedi. Ölüm vakalarının %39,8’ini oluşturan dolaşım sistemi hastalıkları ilk sırada yer aldı. Bunu; %19,7 ile iyi ve kötü huylu tümörler, %11,9 ile solunum sistemi hastalıkları izledi. Dolaşım sistemi kaynaklı ölümlerin %40,5’ini iskemik kalp hastalığı oluşturdu. Dolaşım sistemi hastalıkları nedeniyle gerçekleşen ölümlerin 2016 yılında; %40,5’i iskemik kalp hastalığından, %23,6’sı ise serebro-vasküler hastalıktan kaynaklandı. Tümörden ölüm en

çok gırtlak, soluk borusu/bronş/akciğer tümöründen oldu. Kötü huylu tümör nedeniyle gerçekleşen ölümlerin toplam sayısı 2016 yılında 78 bin 931 kişi oldu. Bu ölümlerin %31,1'i gırtlak ve soluk borusu/bronş/akciğerin kötü huylu tümöründen kaynaklandı (26). Sağlıksız yaşam tarzı davranışları; başta kardiyovasküler hastalıklar olmak üzere, serebrovasküler hastalıklar, sigara ile ilişkili durumlar, tip 2 diyabet, obezite ve kanser gibi dünya çapında ölümlerin %60'ını oluşturan durumlara yol açmaktadır (2).

Küresel boyutta bir sağlık problemi olan obezite için ülkemizin oluşturduğu birçok sağlık politikası bulunmaktadır. Ülkemizde obezite ile mücadele kapsamında, "Sağlık 21 herkes için sağlık" programında obezitenin hipertansiyon, diyabet vb. hastalıklar için önemli bir risk faktörü olduğu belirtilmiştir. "Türkiye kalp ve damar hastalıklarını önleme ve kontrol programı"nda da pek çok kronik hastalık için risk faktörü olan obezitenin önlenmesi için ulusal bir programın hazırlanması hususu yer almıştır. Bakanlığımızın 2013-2017 yılı Stratejik Planında da "Toplumu Sağlıklı Beslenme, Obezite ve Fiziksel Aktivite konularında bilgilendirmek ve bilinçlendirmek, sağlıklı beslenme ve düzenli fiziksel aktivite alışkanlığı kazandırmak için destekleyici çevrelerle programlar oluşturmak" hedefleri arasında yer almaktadır. "Türkiye Obezite ile Mücadele ve Kontrol Programı (2010-2014)" hazırlanarak ilk baskısı Şubat 2010 tarihinde yayımlanmıştır. Program obezite ile mücadelede yeterli ve dengeli beslenmenin sağlanmasına yönelik önlemlerin yanı sıra toplumda düzenli fiziksel aktivitenin teşvik edilmesine dair hususları da kapsadığından adı "Türkiye Sağlıklı Beslenme ve Hareketli Hayat Programı" olarak değiştirilmiştir (27). Ayrıca "Türkiye Sağlıklı beslenme ve Hareketli Hayat Programı" kapsamında Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı (2011-2015) hazırlanmış ve uygulamaya başlanmıştır. Bu çerçevede, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'na yapılan öneriler doğrultusunda ekmekte tuz miktarı 4 Ocak 2013 tarihinde yayımlanan "Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre 1.75 gr'dan 1.5 gr'a indirilme zorunluluğu getirilmiştir. Etiketleme, gıda sektörü ile işbirliği ve halk farkındalık kampanyaları çalışmaları devam etmektedir (28,29).

Obezite tedavisinde kullanılan yöntemler 5 grup altında toplanmaktadır:

1. Tıbbi Beslenme (diyet) tedavisi
2. Egzersiz Tedavisi
3. Davranış değişikliği tedavisi
4. İlaç tedavisi
5. Cerrahi tedavi

Obezite tedavisi hekim, diyetisyen, psikolog ve fizyoterapistten oluşan bir ekip tarafından düzenlenmelidir (30,31).

5.1.1. ÜLKEMİZDE OBEZİTENİN ÖNLENMESİNE YÖNELİK OLUŞTURULAN HEDEF VE STRATEJİLER

A. Türkiye Sağlıklı Beslenme ve Hareketli Hayat Programı Yönetiminin Oluşturulması, Politika Geliştirilmesi, Güncellenmesi Ve Uygulanması

A.1. Ulusal ve Yerel Düzeyde Politik İstek ve Kararlılığın Sağlanması ve Uygulamaya Konulması

A.2. Obezite ile Mücadelenin Yönetilmesinde Finansal Düzenlemeler

B. Obezitenin Önlenmesine Yönelik Çalışmalar

B.1. Toplumun Obezite, Yeterli ve Dengeli Beslenme ve Fiziksel Aktivite Konularında Bilgilendirilmesi ve Bilinçlendirilmesi

B.2. Okullarda Obezite ile Mücadelede Yeterli ve Dengeli Beslenme ve Düzenli Fiziksel Aktivite Alışkanlığının Kazandırılması

B.3. İşyerlerine Yönelik Çalışmalar

B.4. Obezitenin Önlenmesinde Gıda Sanayii ile İşbirliğinin Sağlanması

B.5. Medya Haberleri ve Reklamlarda Yeterli ve Dengeli Beslenme ve Düzenli Fiziksel Aktivitenin Desteklenmesi

B.6. Fiziksel Aktivitenin Teşviki ve Çevresel Faktörlerin İyileştirilmesi

C. Sağlık Kuruluşlarında Obezitenin Teşhisi ve Tedavisine Yönelik Önlemler

D. İzleme Ve Değerlendirme (27)

6. FİZİKSEL AKTİVİTE VE EGZERSİZİN HASTALIKLARIN ÖNLENMESİ VE REHABİLİTASYONDAKİ ROLÜ

Fiziksel aktivite açısından aktif olmayan yaşam şekli;

- Kardiyovasküler hastalıklar (koroner kalp hastalığı, kardiyomyopati, hiperkolestrol, hipertansiyon, ateroskleroz, konjestif kalp hastalığı)
- Metabolik sendrom (Diyabet, obezite, aşırı kilo)
- Kas-iskelet sistemi problemleri (osteoartrit, osteoporoz, Kemik ve konnektif doku problemleri, bel ağrısı)

- Pulmoner hastalıklar (Amfizem, kronik bronşit, astım)
- Kanseri (Akciğer, meme, kolon, prostat)
- Psikolojik problemler (Anksiyete, depresyon) (32)

Haftada 2000 kkal'den fazla enerji tüketimine neden olan orta ve yüksek şiddetli egzersiz pek çok nedenden mortalite riskini anlamlı azalttığı bilinmektedir (33). Sağlıklı normal ağırlıktaki bireyde iskelet kası, insan vücudunun %40-50'sini oluşturmak suretiyle vücudun en büyük dokusu durumundadır. Kas kütesinin gerek yaşlanma gerekse sedanter yaşam biçimiyle azalması ve yağ dokusunun artması hem enerji metabolizmasını etkilemekte hem de proinflatuar adipokin sekresyonunun artması ile sonuçlanmaktadır. Egzersizle kaslardan sentezlenen myokin olarak isimlendirilen hormon benzeri maddeler, adipokin etkisini dengeler ve geriletir (34). Bu sayede kronik birçok hastalığı önleme mekânmasına katkı sağlar. Kanıtlar düzenli egzersizin kardiyovasküler hastalıklar ve diğer kronik dejeneratif hastalıklardan korunmada egzersizle elde edilen antiinflatuar etkinin sorumlu olduğunu göstermektedir (35).

7.METABOLİK SENDROMLARDA KORUYUCU FİZYOTERAPİ

Diyabet

Diyabet yaşadığımız yüzyılın en önemli sağlık sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Diyabetli sayısının her geçen gün artması, diyabetle ilişkili sağlık sorunlarının insanların yaşamını ve sağlık sistemlerini ciddi derecede etkilemesi bu kanıyı güçlendirmektedir.

Tüm dünyada diyabetli bireylerin %46'sını henüz tanı konulmamış vakalar oluşturmaktadır. Türkiye'de de TURDEP-II çalışması verilerine göre diyabetli bireylerin %45.5'i hastalıklarının varlığından haberdar değildir (36).

Türkiye Kronik Hastalıklar ve Risk Faktörleri Sıklığı Çalışmasına göre; Diyabete sahip hastaların, %29'u kontrollü, %40'ı kontrolsüz, %31'i ise tedavisizdir. Diyabet kalp hastalıkları ve inme riskini ciddi oranda arttırmakta, diyabetlilerin yarısı kalp hastalıkları ve inme nedeni ile hayatını kaybetmektedir (37).

Fizyoterapinin Diyabet tedavisindeki koruyucu rolü şöyledir;

Birincil koruma: Fiziksel aktivitenin önemi konusunda hastayı eğitmek ve toplumsal farkındalığı geliştirmek

İkincil koruma: Diyabete bağlı komplikasyonların gelişimini önlemek için en uygun egzersiz programını hazırlamak ve uygulanmasını sağlamak

Üçüncül koruma: Diyabetik ayak ve tedavisi (yaranın iyileştirilmesi, uygun ayakkabı seçimi, eğitimi), diyabetin kas-iskelet sisteminde oluşturduğu komplikasyonlarda uygun fizyoterapi yöntemini belirlemek ve uygulamak (38,39).

Fizyoterapistlerin diyabet hastalarında uygulayacağı koruyucu yaklaşımlar şunlardır;

- **Güvenli, etkili egzersiz reçeteleri hazırlamak** – Daha çok aerobik egzersizler tercih edilmeli, ayrıca egzersiz programında germe ve gevşeme egzersizleri, denge eğitimi kardiyovasküler egzersizler ve kuvvetlendirme egzersizlerine yer verilmelidir.
- **Diyabette sık rastlanan kas-iskelet siste-**

	2015	2040
DİYABET		
Küresel prevalans	%8,8	%10,4
Diyabetli sayısı	415 milyon	642 milyon
Diyabete bağlı ölümler	5 milyon	????
Sağlık harcamaları	673 milyar dolar	802 milyar dolar
BOZULMUŞ GLİKOZ TOLERANSI		
Küresel prevalans	%6,7	%7,8
BGT'li erişkin sayısı	318 milyon	481 milyon
TİP 1 DİYABETLİ ÇOCUKLAR		
Tip 1 diyabetli çocuk	542 bin	????
Yeni tanı alan çocuk	86 bin	????

mi problemlerini önlemek- Spesifik, özel egzersiz programları ve manuel terapi yöntemleri kullanılabilir.

- **Fiziksel aktivite dışında yardımlar sağlanmalıdır;**
- Cilt bakımı: Yara bakımı, yara debridmanı, yara yönetimi
- Ayak bakımı: Uygun ayakkabı ve yürüme hakkında değerlendirme / tavsiye, his kaybı ile ilgili bilgilendirmeler
- Ağrı yönetimi: Diyabet hastaları genellikle ağrıya sahiptir. Elektrik stimülasyonu, duyu desensitizasyonu ve hedeflenen egzersiz ağrıyı yönetmede yardımcı olur.
- Sağlık teşviki: Diyabeti destekleyen fiziksel aktivite ve beslenme programları sağlanmalıdır (40).

Türkiye Diyabet Önleme ve Kontrol Programı '2010-2014' kapsamında elde edilen tecrübeler ışığında ve bu program ile ilgili geri bildirimlerden yola çıkılarak 'Türkiye Diyabet Programı '2015-2020' ye dönüşmüştür.

Bu programın amaçları:

1. Etkin diyabet yönetimi için politika geliştirilmesi ve uygulanması
2. Diyabetin önlenmesini ve erken tanı konmasını sağlamak
3. Diyabet ve komplikasyonlarının etkin tedavisini sağlamak
4. Çocukluk çağında diyabet bakım ve tedavisinin geliştirilmesi, tip 2 diyabet ve obezitenin önlenmesi
5. Diyabetin ve diyabet programının etkin izlenmesi ve değerlendirilmesi

Amaç I. Etkin Diyabet Yönetimi için Politika Geliştirilmesi ve Uygulanması Hedefler ve Aksiyonlar

1.a. Ülke genelinde ulusal ve yerel düzeyde diyabet ve diyabet ile ilişkili hastalık ve komplikasyonlara ilişkin mevcut durumun saptanmasıdır.

1.b. Türkiye diyabet tanı, tedavi ve izlem standartlarını geliştirmektir.

1.c. Diyabet hizmetlerine yönelik insan gücü planlaması ve finansal düzenlemelerin yapılmasıdır.

1.d. Ulusal ve yerel düzeyde ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği ve koordinasyon sağlanarak 'Türkiye Diyabet Programı'nın tüm faaliyetlerinin uygulanmasını planlamak ve hayata geçirmektir.

Amaç II. Diyabetin Önlenmesini ve Erken Tanı Konmasını Sağlamak Hedefler ve Aksiyonlar

2.a. Sağlıklı ve diyabet riski taşıyan bireylerin diyabetin önlenmesi konusunda eğitilmesi ve farkındalığın artırılmasıdır.

2.b. Kentsel çevre ve toplu yaşam alanlarının diyabetin önlenmesine katkıda bulunacak şekilde düzenlenmesini sağlamaktır.

2.c. Topluma yaşam boyu yeterli ve dengeli beslenme ile düzenli fiziksel aktivite alışkanlıklarını kazandırmak ve sürekliliği sağlayarak obeziteyi önlemektir.

2.d. Prediyabetli kişilerde diyabet gelişim riskini azaltmaktır.

2.e. Diyabete erken tanı konmasını sağlamaktır.

Amaç III. Diyabet ve Komplikasyonlarının Etkin Tedavisini Sağlamak Hedefler ve Aksiyonlar

3.a. Tanı, tedavi ve izlem standartlarının etkin biçimde uygulanmasını sağlamaktır.

3.b. Diyabetli bireylerin ve yakınlarının diyabet konusunda standart bir şekilde ve yeterli derecede bilgilendirilmesini sağlamaktır.

3.c. Diyabetli bireylerin diyabetin etkili yönetimi için gereken olanaklara erişiminin sağlanmasıdır.

3.d. Diyabete bağlı akut ve kronik komplikasyonların azaltılmasıdır.

Amaç IV. Çocukluk Çağında Diyabet Bakım ve Tedavisinin Geliştirilmesi, Tip 2 Diyabet ve Obezitenin Önlenmesidir. Hedefler ve Aksiyonlar

4.a. 0-18 yaş grubunda ülke çapında tip 1 ve tip 2 diyabetlilerin kayıt altına alınmasının sağlanmasıdır.

4.b. Tip 1 diyabetli çocuklara erken tanı konması ve DKA ile başvuru sıklığının azaltılmasıdır.

4.c. Ülkemizdeki diyabetli çocukların bakım ve tedavi standartlarının geliştirilmesidir.

4.d. Ülkemizdeki bütün diyabetli çocuk ve ailelerinin standart/yeterli eğitim almasının sağlanmasıdır.

4.e. Çocuklarda tip 2 diyabetin önlenmesi ve erişkinlerdeki tip 2 diyabet için en önemli risk faktörü olan çocukluk çağı obezite sıklığının azaltılmasıdır

4.f. Tip 1 diyabetli çocuklara yönelik sosyal güvenlik şemsiyesinin bütün tedavi ve izlem ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde genişletilmesi; sosyal haklarının yaşam boyu sürmesidir.

Amaç V. Diyabetin ve Diyabet Programı'nın Etkin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi Hedefler ve Aksiyonlar

5.a. Türkiye Diyabet Gözlemevi'nin kurulmasıdır.

5.b. Türkiye Diyabet Programı ilerleme ve sonuç raporlarının hazırlanarak ilgili kurum ve kuruluşlara ulaştırılmasıdır (41).

8.KARDİOVASKÜLER HASTALIKLARDA KORUYUCU FİZYOTERAPİ

2012 yılında tüm dünyada toplam 56 milyon ölüm meydana gelmiştir. Bu ölümlerin 38 milyonu bulaşıcı olmayan hastalıklar (BOH), özellikle kalp ve damar hastalıkları, kanserler ve kronik hava yolu hastalıklarına bağlıdır. Kalp ve damar hastalıklarının büyük bir kısmı ve diğer BOH'lar tütün kullanımı, sağlıksız diyet, yetersiz fiziksel aktivite ve alkol kullanımı gibi davranışsal risk faktörlerinin azaltılmasıyla engellenebilir. Sağlıksız alışkanlıklar; yüksek kan basıncı (hipertansiyon), fazla kilo veya obezite, yüksek kan şekeri (diyabet) ve kan lipidlerinde yükselme (dislipidemi) gibi metabolik ve fizyolojik değişikliklere yol açar. Risk faktörleri neden oldukları ateroskleroz ile koroner ve serebral damarlarda hasara yol açarlar. Süreç uzun yıllar içinde gelişir; çocukluk çağına başlayıp orta yaşta kalp krizi veya inme ile ortaya çıkabilir (42).

Fizyoterapistlerin kalp ve damar hastalarında uygulayacağı koruyucu yaklaşımlar şunlardır;

- Bireysel egzersiz programları oluşturulmalı
- Yaşam tarzı değişiklikleri için eğitim programları verilmeli(Sigara, alkol, beslenme alışkanlıkları)
- Stres yönetim stratejileri öğretilmeli (43)

Türkiye Kalp ve Damar Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı Eylem Planı (2015-2020) nın amaçları:

1: RİSK FAKTÖRLERİ VE ÖNLEME

Hedef 1: Toplumda kalp ve damar hastalıkları ve risk faktörleri farkındalığının arttırılmasını sağlayarak kalp ve damar hastalıkları gelişimi riskinin azaltılmasının sağlanması

Hedef 2: Kalp ve damar hastalığı risk faktörleri olan bireyler için fiziksel aktivite alışkanlığının kazandırılmasının sağlanması

Hedef 3: Topluma kalp ve damar hastalıkları risklerini azaltıcı beslenme alışkanlığının kazandırılması

Hedef 4: Ruh sağlığı ile kalp ve damar hastalıkları

ları arasındaki ilişkinin önemi konusunda eğitimler düzenlenmesinin sağlanması

Hedef 5: Kalp ve damar hastalıkları riskinin hesaplanarak risk skoruna uygun müdahaleler planlanmasının sağlanması

2: ÖRGÜTLENME, İNSANGÜCÜ PLANLAMASI VE EĞİTİM

2.1. Örgütlenme ve İnsan gücü Planlaması

Hedef 1: 2020 yılı sonuna kadar kalp ve damar hastalıklarını önleme ve kontrolüne yönelik sağlık personelinin nitelik ve niceliğinin uygun hale getirilmesini ve 2023 yılına kadar tamamlamasının sağlanması

Hedef 2: Birinci, ikinci ve üçüncü basamak sağlık hizmetlerinin kalp ve damar hastalıkları açısından güçlendirilmesine öncelik verilmesi

Hedef 3: Erişkin/pediyatrik kardioloji ve kalp ve damar cerrahi hizmetleri veren merkezlerin etkin çalışmasının sağlanması

2.2.Eğitim

Hedef 1: Sağlık personelinin kalp ve damar hastalıklarını önleme ve kontrol açısından bilgilendirilmesi

Hedef 2: Kardioloji uzmanlık eğitimi sonrası primer perkutan girişim, elektrofizyoloji, aritmi ve kompleks kardiyak cihaz uygulamalarının yeterliliği olan hekimler tarafından uygulanmasının sağlanması

AMAÇ 3: ACİL TEDAVİ HİZMETLERİ VE KARDİYOPULMONER RESUSİTASYON (CPR)

Hedef 1: İlk yardım konusunda halkın farkındalığının arttırılması

Hedef 2: Temel Yaşam Desteği (TYD) bilgisinin artırılması

Hedef 3: İleri Kardiyak Yaşam Desteği (İKYD) eğitilmiş sağlık personeli sayısının arttırılması

Hedef 4: Kalp ve damar hastalıklarına yönelik acil sağlık hizmeti kalitesinin arttırılması Türkiye Kalp ve Damar Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı Eylem Planı (2015-2020)

AMAÇ 4: İLAÇ VE CİHAZ YÖNETİMİ

4.1. İlaç Yönetimi

Hedef 1: Sosyal güvenlik uygulamalarında kalp ve damar hastalıklarına ait ilaçların seçiminde rasyonel kararlar alınması

Hedef 2: Akılcı ilaç uygulamaları ile sorunsuz ve başarılı biçimde tedavinin gerçekleştirilmesinin sağlanması

Hedef 3: Hastalıkların sınıflandırılması; tanı algoritmasının oluşturulması; tedavi protokollerinin oluşturulması

4.2. Cihaz Yönetimi

Hedef 1: Piyasa Gözetimi ve Denetimi ile Uyarı Sistemini Türkiye genelinde etkin olarak uygulanması

Hedef 2: Piyasa Gözetimi ve Denetimi ile Uyarı Sistemi hususunda ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği içerisinde ortak eğitim çalışmalarının ve bilgilendirme toplantılarının düzenlenmesi Hedef 3: AR-GE faaliyetlerinin güçlendirilmesi

5: PEDIATRİK KARDİYOLOJİ

Hedef 1: Doğuştan kalp hastalıklarının morbidite ve mortalitesinin azaltılması ve sunulan sağlık hizmet kalitesinin artırılması

Hedef 2: Perinatal tanı birimlerinin sayısının artırılması

Hedef 3: Romatizmal ateş ve romatizmal kalp hastalıklarının eradikasyonunun sağlanması

6: KALP VE DAMAR CERRAHİSİ

Hedef 1: Türkiye’de kalp ve damar cerrahisi hizmetlerinin geliştirilmesi

Hedef 2: Erişkin/pediyatrik kalp ve damar cerrahisi hizmetleri veren merkezlerin fonksiyonelliğinin artırılması

Hedef 3: Ulusal veri tabanı oluşturulması

7: SEREBROVASKÜLER HASTALIKLAR (İNME)

Hedef 1: İnmeyle ilgili mortalite ve morbiditenin azaltılması

Hedef 2: Türkiye’de erişkin popülasyonda inme riskinin belirlenmesi Türkiye Kalp ve Damar Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı Eylem Planı (2015-2020)

8: REHABİLİTASYON, PALYATİF TEDAVİ VE EVDE BAKIM HİZMETLERİ

Hedef 1: Toplumun kardiyak ve serebrovasküler rehabilitasyon konusunda farkındalığının artırılması

Hedef 2: Kardiyak ve serebrovasküler rehabilitasyonun tıp fakülteleri ve sağlık bilimleri fakültelerinin ilgili bölümlerinde sağlık eğitimi konuları

arasında yer almasının sağlanması

Hedef 3: Kalp ve damar hastalıkları ile ilgilenen uzmanlık dalları (kardiyoloji, kalp ve damar cerrahisi vb.) ve diğer sağlık personelinin kardiyak ve serebrovasküler rehabilitasyon konusunda bilinçlendirilmesi

Hedef 4: Kardiyak ve serebrovasküler hastalıklarda evde sağlık/palyatif bakım hizmetleri kapsamında rehabilitasyon hizmetlerinin oluşturulması

Hedef 5: Rehabilitasyon ve evde bakım hizmetlerine ilişkin maliyet çalışması yapılması

9: SÜRVEYANS, PROGRAM İZLEME VE DEĞERLENDİRME

Hedef 1: Kontrol programının düzenli izlenmesi ve belirlenen hedeflere ulaşılmasında uygun müdahalelerin zamanında yapılmasının sağlanması

Hedef 2: Kalp ve damar hastalıklarının izlenmesi ve değerlendirilmesi

Hedef 3: Kalp ve damar hastalıkları ve risk faktörlerinin izlenme ve değerlendirmesine yönelik sistem geliştirilmesi (44).

9.SONUÇ

Koruyucu fizyoterapi, sağlığın korunması ve geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yaşam tarzı ile ilgili davranışları ele almak, sağlıkla ilişkili yaşam kalitesini en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olur. Yaşam tarzı ile ilgili koşulları değiştirmek için etkili, profesyoneller arası takım çalışmasına ihtiyaç vardır. 21.yüzyılda ihtiyaç duyulan ekibin bileşimi geleneksel doktor, hemşire, eczacı ekibinin ötesine geçmiştir. Ekip; fizyoterapistler, diyetisyenler, danışmanlarda dâhil olmak üzere noninvaziv müdahalelerde uzman olanları da içermelidir. Bu ekibin içinde olanlar, yaşam tarzı değişikliği için kullanılan eğitim stratejileri konusunda eğitim almalı ve kendilerini geliştirmeli ve bu yönde oluşturulan sağlık politikalarına destek olmalıdırlar. Sağlık koşullarını en üst düzeye çıkarmak, mevcut sağlık bakımının etkinliği ve verimliliğini arttırmak için profesyonel bir yaklaşım uygulanması gerekir.

KAYNAKLAR

- 1) Delitto A, George SZ, Van Dillen LR, Whitman JM, Sowa G, Shekelle P, et al.Low back pain: clinical practice guidelines linked to the International Classification of Functioning. J Ortho Sports Phys Ther. 2012;42:A1-57.
- 2) Alexander J, Bambury E, Mendoza A, Raynolds J, Veroneau R, Dean E. Health education strategies used by

- physical therapist to promote behaviour change in people with lifestyle-related conditions : A systematic review. *Physiotherapy Journal*. 2012;30: 57-75.
- 3) Dean E., Söderlund A. What is the role of lifestyle behaviour change associated with non-communicable disease risk in managing musculoskeletal health conditions with special reference to chronic pain? *Musculoskeletal Disorders* (2015) 16:87.
 - 4) Dean E, Lomi C, Brunos S, Awad H, Donoghue G. Addressing the common pathway underlying hypertension and diabetes in people who are obese by maximizing health the ultimate knowledge translation gap. *International Journal of hypertension*. 2011.
 - 5) Dean E, Umerah G, Obaidi S. The first physical therapy summit on global health. 2007.
 - 6) Shirley D, Ploeg HP, Bauman AE. Physical activity promotion in the physical therapy setting: perspectives from practitioners and students. 2010;90:1311-1322
 - 7) N. Charkoudian and M. J. Joyner, "Physiologic considerations for exercise performance in women," *Clinics in Chest Medicine*, vol. 25, no. 2, pp. 247-255, 2004.
 - 8) Dean E. Physical therapy in the 21st century (Part I): toward practice informed by epidemiology and the crisis of lifestyle conditions. *Physiother Theory Pract* 2009;25:330-353.
 - 9) Active and Healthy The role of the Physiotherapist In Physical Activity (Briefing Paper) ADOPTED at the General Meeting 17-19 May 2012 St. Julian's
 - 10) Soderlund LL, Madson MB, Rubak S, Nilsen P. A systematic review of motivational interviewing training for general health care practitioners. *Pat Edu Couns* 2011;84:16-26.
 - 11) Erol S, Erdoğan S. Sağlık davranışlarını geliştirmek ve değiştirmek için transteoretik modelin kullanılması. *Atatürk üniversitesi Hemşirelik yüksekokulu dergisi*. 2007;10-2.
 - 12) Dean E, Moffat M, Skinner M, Dornelas A, Myezwa H, Söderlund A. Toward core inter-professional health promotion competencies to address the non-communicable diseases and their risk factors through knowledge translation: Curriculum content assessment. *BMC Public Health* 2014, 14:717.
 - 13) Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Bautista H, Franzosi MG, et al. Obesity and the risk of myocardial infarction in 27,000 participants from 52 countries: a case-control study. 2005, 366: 949, 1640-1649.
 - 14) Abate M, Vanni D, Pantalone A, Salini V. Cigarette smoking and musculoskeletal disorders. *Musc Lig Tend J*. 2013;3:63-9.
 - 15) US Department of Health and Human Services. Ending the tobacco epidemic. HHS.gov [Internet]. Washington, D.C.; [cited 2014 Jul 30]. <http://www.hhs.gov/ash/initiatives/tobacco/>. Accessed 15 Feb 2015.
 - 16) Ragucci KR, Shrader SP. Osteoporosis treatment: an evidence-based approach. *J Geront Nurs*. 2011;37:17-22. doi: 10.3928/00989134-20110602-02.
 - 17) Shiri R, Viikari-Juntura E, Varonen H, Heliövaara M. Prevalence and determinants of lateral and medial epicondylitis: a population study. *Am J Epidemiol*. 2006;164:1065-74.
 - 18) Schuit AJ, Van Loon AJ, Tijhuis M, Ocké M. Clustering of lifestyle risk factors in a general adult population. *Prev Med*. 2002;35:219-24.
 - 19) Hootman JM, Macera CA, Ham SA, Helmick CG, Snizek JE. Physical activity levels among the general US adult population and in adults with and without arthritis. *Arth Rheum*. 2003;49:129-35.
 - 20) O'Donoghue GM, Fox N, Heneghan C, Hurley DA. Objective and subjective assessment of sleep in chronic low back pain patients compared with healthy age and gender matched controls: a pilot study. *BMC Musculoskel Dis*. 2009;10:122. doi: 10.1186/1471-2474-10-122.
 - 21) Van de Water AT, Eadie J, Hurley DA. Investigation of sleep disturbance in chronic low back pain: an age- and gender-matched case-control study over a 7-night period. *Man Ther*. 2011;16:550-6.
 - 22) Lloyd C, Waghorn G, McHugh C. Musculoskeletal disorders and comorbid depression: implications for practice. *Aust Occup Ther J*. 2008;55:23-9.
 - 23) National Institute for Health and Clinical Excellence. Four commonly used methods to increase physical activity: brief interventions in primary care, exercise referral schemes, pedometers and community-based exercise programmes for walking and cycling (PH2). London: National Institute for Health and Clinical Excellence; 2006.
 - 24) Türkiye istatistik kurumu, Sağlık Harcamaları İstatistikleri, 2015
 - 25) Smuck M, Kao MC, Brar N, Martinez-Ith A, Choi J, Tomkins-Lane CC. Does physical activity influence the relationship between low back pain and obesity? *Spine*. 2014;14:209-216.
 - 26) Türkiye istatistik kurumu, 2017.
 - 27) "Türkiye Sağlıklı Beslenme ve Hareketli Hayat Programı Sağlık Bakanlığı, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Ankara, 2013.
 - 28) 25. Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı (2011-2015)
 - 29) 4 Ocak 2013 tarihinde yayımlanan "Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği"
 - 30) Arslan M, Başkal N, Çorakçı A ve ark. Ulusal Obezite Rehberi, Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği Yayını. 1999.
 - 31) Wareham N. Physical activity and obesity prevention. *Obesity Reviews*. 2007, 8:109-114.
 - 32) Heyward VH. Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 1997.
 - 33) Lee IM, Skerrett PJ. Physical activity and all-cause mortality: what is the dose response relation? *Med Sci sports Exerc*. 2001;33(6):459-471.
 - 34) Yudkin JS. Inflammation, obesity, and the metabolic syndrome. *Horm Metab Res*. 2007;39(10):707-709.
 - 35) Pedersen BK. The disease of physical inactivity- and the role of myokines in muscle-fat cross talk. *J Physiol*. 2009;587:5559-5568.
 - 36) Satman I, Omer B, Tutuncu Y, Kalaca S, Gedik S, Dincag N, Karsidag K, Genc S, Telci A, Canbaz B, Turker F, Yilmaz T, Cakir B, Tuomilehto J; TURDEP-II Study Group. Twelve-year trends in the prevalence and risk factors of diabetes and prediabetes in Turkish adults. *Eur J Epidemiol*. 2013;28(2):169-180.
 - 37) Coşansu G. Verilerle Türkiye ve dünyada diyabet. İstanbul üniversitesi Diyabet hemşireliği derneği.
 - 38) Ulusal diyabet stratejisi. 2010-2020; 2009.
 - 39) Erikson JG. Exercise and the treatment of type 2 diabetes mellitus. An update. *Sports medicine*. 1999; 27

- (6): 381-91.
- 40) Canadian Diabetes Association Clinical Practice Guidelines Expert Committee. Canadian Diabetes Association 2008 clinical practice guidelines for the prevention and management of diabetes in Canada. Canadian Journal of Diabetes 2008; 32 (suppl 1): S1-S201.
- 41) Türkiye diyabet programı 2015-2020. Türkiye halk sağlığı kurumu.2014:38-80.
- 42) Levi F, Chatenoud L, Bertuccio P, Lucchini F, Negri E, La Vecchia C. Mortality from cardiovascular and cerebrovascular diseases in Europe and other areas of the world: an update. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.2009 Jun;16(3):333-50
- 43) Valuation of Physiotherapy Services in Canada; CPA report using MCDA analysis for determining value of physiotherapy services; Mitton G; Dionne F. 2012.
- 44) Türkiye kalp ve damar hastalıkları önleme ve kontrol programı 2015-2020:

Kol Salınımının Yürüyüşe Etkisi

Effect of Arm Swing on Gait

Doç. Dr. Semra TOPUZ

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

E-mail: fztsemra@yahoo.com

ÖZET

Normal yürüyüş sırasında, yerçekimi ve ivmelenmenin etkisi ile kollar bir sarkaç gibi bacakların tersi yönünde ritmik olarak hareket eder. Yürüyüş sırasında kol salınımının herhangi bir nedenle azalması veya kısıtlanması durumunda; enerji tüketiminin ve gövde rotasyonlarının arttığı, stabilitenin, yürüyüş hızı, kadans ve adım uzunluklarının azaldığı gösterilmiştir. Yapılan çalışmalar genellikle serebral palsy, hemipleji, parkinson gibi nörolojik hastalarda olup, üst ekstremitenin yanı sıra alt ekstremitelerin de etkilendiği durumlara ait sonuçları içermektedir. Konuya ilişkin çalışmalar sağlıklı bireylerde simulasyon yolu ile yürüyüşteki etkilerin araştırılması veya izole üst ekstremitelik problemlerinde vaka çalışmaları ile sınırlıdır. Üst ekstremitenin yürüyüşe etkisinin araştırıldığı çalışmada, unilateral dirsek üstü amputelerde kol salınımında azalma ile birlikte yürüyüş hızı, kadans ve adım uzunluğunda azalma, ayak açıları ise artış olduğu gösterilmiştir. Yapılan çalışmalar ile kol salınımının yürüyüşteki etkileri ortaya konmuş ve yürüme eğitiminde kol salınımının rehabilitasyon protollerine eklenmesinin daha iyi sonuçlar elde etmedeki önemi belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kol salınımı, yürüyüş

ABSTRACT

During normal walking, the arms move rhythmically in the opposite direction of the legs as a pendulum with the effect of gravity and acceleration. In the event of a decrease or restriction of the arm swing during walking; It has been shown that energy consumption and trunk rotations increase, stability, walking speed, cadence and step length decreases. The studies generally include neurological patients such as cerebral palsy, hemiplegia, Parkinson's, and the results of upper extremities as well as lower extremities. Studies on the subject are limited to investigating the effects of walking on simulation in healthy individuals or on case studies in isolated upper extremity problems. In the study, the effect of upper extremity on gait was shown in the transhumeral amputees, with a decrease in arm swing, walking speed, cadence and step length, and an increase in foot angles. The effects of the arm swing on the walking have been demonstrated and the importance of adding arm swing to rehabilitation in walking training has been emphasized in obtaining better results.

Keywords: arm swing, gait

1. GİRİŞ

Normal yürüyüş sırasında yerçekimi ve ivmelenmenin etkisi ile kollar bir sarkaç gibi bacakların tersi yönünde ritmik olarak hareket eder (1, 2). Resiprokal kol salınımının yürüyüşteki rolü tanımlanmış ve rotasyonel vücut hareketlerini engelleyerek stabilizeyi artırmada, dengeyi geliştirmede ve enerji tüketimini azaltmada önemli rolü olduğu gösterilmiştir (3-7). Kol salınımının kemik yapı ve eklemler üzerine binen torkları minimize indirdiği ve böylece alt ekstremitelik hareketlerinin optimizasyonuna yol açtığı gösterilmiştir (8).

İlerleme hızına bağlı olarak bacak salınımındaki artış ile kol salınım hızı artar, böylece öne doğru ilerlemede hızlanma meydana gelir (9). Ayrıca gövdenin öne hareketi sırasında pelviste transvers

düzlemde oluşan rotasyon üst gövdeye iletilir. Kollar, pelvis rotasyonuna zıt yönde hareket ederek dengenin tekrar sağlanmasında katkıda bulunur (10). Kol salınımı kısıtlanmış olarak yürüyen bireylerin daha az transvers torakal rotasyon oluşturduğu görülmüştür. Bu da yürüyüş sırasında gövde ve kol hareketleri arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir (11).

Kolların yürüyüş sırasında ilerlemeye değil, gövde stabilizasyonuna katkısı olduğu belirlenmiştir (12). Elftman, sağlam kolun salınımının doğal bir sarkaca benzediğine, fakat hareketin omuz kasları tarafından oluşturulduğuna dikkat çekmiş ve kol salınımının hızlanmasının gövdeninkine benzer fakat zıt yönde olduğunu ifade etmiştir (7). Üst ekstremitelik ve gövdenin yürüyüşe katkısının

daha iyi anlaşılması tüm vücudun değerlendirilmesi ile mümkündür (13).

2. YÜRÜYÜŞ FAZLARI SIRASINDA KOL SALINIMI

Kol salınımları görünüşte pasif olarak algılsa da aktif-pasif hareket yapısına sahiptir (14). Normal yürüyüş boyunca kol ve bacak döngü frekansı 1/1 oranında bulunmuş (12) ve üst ekstremiteler hareketlerinin alt ekstremiteler hareketlerini kolaylaştırarak belirttiştir (5). Kol salınımlarının zamanlaması ve büyüklüğünün kas aktivitesinin kontrolünde önemli olduğu belirlenmiştir (15). Kol salınımlarının kolaylaştırılması lokomotor eğitimdeki yararlı etkileri ortaya konmuş ve yürüme eğitiminde kol salınımlarının rehabilitasyona eklenmesinin daha iyi sonuçlar vereceği bildirilmiştir (16).

Alt ekstremitenin öne doğru ilerlemesi ile vertikal momentler pelviste öne doğru rotasyon oluşturur. Pelvisten omurga ile omuz kuşağına aktarılan bu vertikal momentler en son kollara ulaşır. Topuk vuruşu ile pelvis rotasyonu en fazla olup, aynı taraf omuzda deltoid kasının posterior parçasının aktivasyonu ile kolda maksimum ekstansiyon oluşur. Bu sırada karşı omuz protraksiyondadır ve maksimum fleksiyon görülür. Taban teması ve orta duruşta ise pelvis sagittal düzlemde orta hatta gelirken rotasyonel momentler yön değiştirir ve kollar bir sarkaç gibi en uzak noktadan orta noktaya doğru yerçekiminin etkisi ile kazandıkları potansiyel enerjiyi boşaltarak salınım yapar. Orta duruşta koldaki salınım hızı maksimuma ulaşır. Taban temasından parmak kalkışına geçişte pelvisin geriye rotasyonu artar. Bu sırada üst gövde ve omuz kuşağı zıt yöndeki rotasyon ile bu duruma karşılık verir. Aynı taraf kolda deltoid kasının anterior parçasının aktivasyonu ve kol salınımlarının orta hatta kazandığı kinetik enerji ile omuz ekleminde fleksiyon görülür. Parmak kalkışından orta salınım fazına kadar aynı taraf kolda maksimum fleksiyon, karşı tarafta maksimum ekstansiyon hareketi açığa çıkar (17-19).

3. DEĞİŞEN KOL SALINIMLARININ YÜRÜYÜŞ ETKİSİ

Yürüyüş ile ilgili çalışmalarda temel olarak alt ekstremiteler üzerinde durulmaktadır. Ancak bazı aktivitelerde gövde ve üst ekstremiteler analiz modelleri geliştirilmektedir (13). Normal ve patolojik yürüyüşte üst ekstremiteler hareketlerinin rolünün bilinmesi yürüyüş problemlerinin tam olarak anlaşılması açısından önem taşımaktadır (20-22).

Kol salınımlarının bacak ve gövde hareketleri ile başlaması, uyum içinde devam etmesi ve yürüyüş

sonlandırıldığında salınımların durması, bu hareketin pasif bir hareket olduğunu düşündürmekte idi (23). Yapılan EMG destekli çalışmalarda omuz kuşağı kaslarının, kol salınımlar hareketlerinin en azından bir kısmını üretmekte aktif olduklarını göstermektedir (24, 25).

Günlük yaşamda yürüyüşteki kol salınımları birçok nedene bağlı olarak değişebilmektedir. Nörolojik, ortopedik veya romatolojik hastalıklar, üst ekstremiteler cerrahileri, ağrı, duyu kaybı, mesleki gereklilikler ve çeşitli alışkanlıklar nedeniyle kol salınımları azalmakta ya da kısıtlanmaktadır. Salınımların kısıtlanması ile yürüyüş boyunca değişimlerin olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalara göre bireylerde enerji harcaması ve kalp atış hızı artmakta; yürüyüş stabilitesi, adım uzunluğu ve yürüyüş hızı azalmaktadır (10, 14, 19, 23)

Kol salınımlarının yürüyüşe etkisini göstermek amacıyla kolların göğüs üzerinde katlanması (10, 24), kol askısı kullanımı veya kolun cepte tutulması (26), bir bandaj ya da bant kullanarak kolların gövde yanına sabitlenmesi (22, 27), tek taraflı yük taşınması (28, 29), veya sözel uyarıların (6, 30) kullanılması ile sağlıklı bireylerde kol salınımlarını kısıtlanmış veya salınım hız ve amplitüdünde simülasyon yolu ile değişiklikler yaratılmıştır. Bu şekilde sağlıklı bireylerde yapılan çalışmaların kol salınımlarının etkilendiği patolojik durumlarda yürüyüş üzerindeki etkileri gösterilmeye çalışılmıştır.

Kol salınımlarının kısıtlanması sonucu çift adım uzunluğu ve yürüyüş hızının azaldığı (22), kol salınımlarının artırılması yönünde sözlü uyarılar ile yürüyen parkinsonlu bireylerde ise yürüyüş hızı ve çift adım uzunluğunun arttığı belirtilmiştir (31). Yapılan çalışmalarda yürüyüş hızının stabilize ile ilişkisi gösterilmiştir (32, 33). Yavaş yürüyüşün daha stabil olup olmadığı net olmamakla birlikte azalan yürüme hızı ile beklenmeyen engellerden kaçınmak için daha fazla zaman yaratılarak olası problemlerin engellenmiş olduğu belirtilmiştir (34).

Nörolojik etkilenimi olan, hemiplejik ve diplejik serebral palsili olguların yürüyüşleri sırasındaki kol salınımları değerlendirilmiş ve anormal üst ekstremiteler hareketleri belirlenmiştir. Diplejik serebral palsili olgularda hemiplejik serebral palsili olgulara göre daha fazla omuz, dirsek, toraks ve kol hareketleri görülmüştür. Hemiplejik serebral palsili olgularda etkilenen ve etkilenmeyen üst ekstremiteler hareketleri farklı bulunmuştur. Hastaların yürüyüşlerini daha iyi hale getirmek amacıyla üst ekstremitelerini kullandıkları belirtilmiştir (35). Bu sonuçlar doğrultusunda serebral palsinin rehabilitasyonunda toraks ve üst ekstremitelerin de rehabilitasyon programına dahil edilmesinin

stabilite ve ekstremiteler arası koordinasyonun gelişmesinde faydalı olacağı ifade edilmiştir (35). Koordinasyonun gelişmesi, yürüyüş sırasında alt ekstremitelere hareketlerine yardımcı olarak enerji tüketiminin azalmasını sağlar (6, 36). Böylece yürüyüş hızı ve yürüyüş paternleri gelişir.

Murray ve ark yaptıkları çalışmada serbest yürüyüşte kol hareketlerinin detaylı tanımlamasını yapmışlar ve kol salınım amplitüdünün artmasının hızı da artırdığını göstermişlerdir (37).

Sağlıklı bireylerde dirsek eklem kontraktürünün yürüyüşün zaman mesafe karakteristiklerine etkisini inceleyen bir çalışmada dirsek eklemi, atel ile 4 farklı açıda sabitlenmiş ve normal yürüyüşle kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda dirsek eklemi yürüyüş sırasında sabitlendiği pozisyonlardaki yürüyüş hızının, normal yürüyüşe göre azaldığını; dirseğin sabitlendiği pozisyonlarda kendi aralarında karşılaştırıldığında ise yürüyüş hızları arasında fark olmadığını ortaya koymuştur (38).

Normal yürüyüşte üst ekstremitenin rolünü değerlendiren bir çalışmada sağlıklı bireyler çeşitli kol salınım şekilleri ile (normal karşılıklı kol salınımı, birbirine paralel kol salınımı ve bir veya iki kol gövdeye sarılı) yürümüşler ve yürüyüş hızı ve adım uzunlukları değerlendirilmiş ve kolun kısıtlanması ile adım uzunluklarında bir düşüş gözlenmiştir (19). Literatürde benzer şekilde yürüyüşte kolun kısıtlanması ile adım uzunlukları arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalara göre (39) kol salınımı azaldıkça adım uzunluklarının da azaldığı gösterilmiştir (5, 6, 36, 40).

Unilateral dirsek üstü amputelerde yürüyüş sırasında ampute taraf kol salınımının azaldığı, sağlıklılarla ile karşılaştırıldığında adım uzunlukları ve çift adım uzunluklarının daha kısa, ayak açılarının daha fazla, yürüyüş hızı ve kadansın daha az olduğu belirlenmiştir. Protezli ve protezsiz yürüyüşün zaman mesafe karakteristiklerinin benzer olduğu gösterilmiştir (41, 42). Dirsek altı amputelerin protezli iken yürüyüşün zaman mesafe karakteristiklerinde sağlıklı bireylere daha yakın değerler elde ettikleri belirlenmiştir (43).

Parkinsonlu hastalarda ilave kol ağırlığının omuz ekstansiyonunu artırdığı ve böylece total kol salınımı artışına katkıda bulunabileceği ortaya konmuş kadans, yürüyüş hızı ve çift adım uzunluğunda artış görülmüştür (44). Bu sonuç Behrman ve ark. tarafından bulunan sonuç ile benzerlik göstermektedir. Behrman kol salınımının artmasının hızı artırmak gibi yürüyüş paternlerini geliştirmede etkili bir strateji olduğunu göstermiştir (31). Elde ek bir kol çantasının sensorial bir input oluşturabileceği ve yürüyüş boyunca kol salınım değişiminin algılanmasının motor korteksi aktive edeceği be-

lirtilmiştir (44). Kol ağırlığı ile ilgili farklı sonuçların gösterildiği çalışmalar da bulunmaktadır. İlave kol ağırlığının üst ekstremitelere kas fonksiyonlarını artırdığı bilinmesine rağmen yapılan bir çalışma ile ön kol ağırlığını kompanse etmek ve enerji tüketimini minimize indirmek için kol salınım amplitüdünün azaldığı gösterilmiştir (45). Tek taraflı yük taşıma sırasında yürüyüş parametrelerini karşılaştıran çalışmalarda, vücut ağırlığının % 10'u kadar ağırlık taşındığında adım genişliği, adım uzunluğu ve tek bacak üzerinde bekleme süreleri açısından yürüyüş asimetrisi bulguları gösteren çalışmalara rağmen (28, 29), % 20'ye varan ağırlık yüklemelerinde yürüyüşte kayda değer düzeyde değişiklik olmadığı da gösterilmiştir (46).

Üst ekstremitelere hareket paternlerinin yürüyüş etkileri konusunda çok az bilgi olduğu ifade edilmiştir. Omuz dezartikülasyonlu bir olgunun protezsiz yapılan yürüyüş değerlendirmesinde sağlam taraf dirsek ve omuzda aşırı salınım gözlenmiştir. Aynı çalışmada omuz eklemi serbest veya kilitli protez kullanımı ile her iki durumda da sağlam taraf kol salınımının fizyolojik hareket paternine yaklaştığı belirlenmiştir. Bu çalışmada sağlam taraf kol salınımının fizyolojik sınırlara yaklaşmasının protez tipinden ziyade protezin ağırlığı kompanse edici etkisinden kaynaklandığı belirlenmiştir (47). Protezli veya protezsiz yürüyüş sırasında sağlam taraf üst ekstremitede oluşan etkiler gösterilmiş ancak alt ekstremitenin nasıl etkilendiği araştırılmamıştır.

Üst ekstremitelere protezinin yürüyüş etkisini inceleyen bir vaka çalışmasında protezli ve protezsiz yürüyüş karşılaştırıldığında yürüyüşün zaman mesafe karakteristikleri ve kinematik verilerde farklılıklar bulunmuştur. Protezli iken sağlam tarafa doğru daha fazla gövde rotasyonu oluşurken, lateral fleksiyon daha simetrik bulunmuştur (48). Dirsek altı amputelerde protezli ve protezsiz yürüyüşün değerlendirildiği çalışmamızda

Kol salınımının kısıtlanması ile yürüyüş hızı ve kadansın azalmasının olası sebepleri;

- Alt-üst ekstremiteler arası koordinasyonun azalması,
- Üst ekstremitenin gövdeye tespit etmesi nedeniyle üst gövde ve omuz kuşağının hareketlerinin azalması,
- Yürüyüş stabilitesinin azalması,
- Yürüyüş sırasında denge kayıplarını en aza indirmek amacıyla kompensatuar durumların gelişmesi sayılabilir (4, 6, 22, 49).

Hastalık durumlarında kol salınımının doğal olarak azalmasının da yürüyüş üzerindeki etkisi hızın ve kadansın azalması yönündedir. Parkinson,

serebral palsi ve hemiplejide bu konuya yönelik yapılan çalışmalar ile yürüyüş hızının ve kadansın kol hareketlerinin azalmasıyla azaldığı gösterilmiştir (50, 51).

4. KOL SALINIMI, YÜRÜYÜŞ STABİLİTESİ VE ENERJİ TÜKETİMİ

Kol hareketlerinin yürüyüş sırasında denge kontrolünde etkisinin önemli bir role sahip olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (52, 53). Yürüyüş sırasında pertürbasyonları takiben de stabilitenin sağlanmasında kol salınımının katkı sağladığı gösterilmiştir. Kol salınımının vertikal yöndeki açıl momentleri ve yer reaksiyon kuvvetlerini azaltarak stabiliteye yardımcı olduğu belirtilmiştir (7, 8, 34).

Umberger, Ortega, Collins ve arkadaşlarının yaptığı üç ayrı çalışmada kol salınımının olmaması durumunda, metabolik enerji tüketiminin arttığı gösterilmektedir (2, 6, 36). Ayrıca yürüyüş sırasında ileri doğru harekette oluşan büyük vertikal momentum, kol salınımı ile karşılanır ve kol salınımının olmaması durumunda, bu geniş vertikal moment gövdenin aşağı doğru hareket etmesine neden olarak stabiliteyi azaltır (36, 54, 55).

Kol salınımının uyarı ile artırıldığı yaşlı bireylerde gövde stabilitesinin mediolateral yönde arttığı düşünülmüş ve yürüyüşte stabilitenin sağlanması için kol salınımının geliştirilmesinin önemi ortaya konmuştur (6, 30).

Yapılan son çalışmalar ile kol salınımının yürüyüşteki rolü konusunda fikir birliğine varılan noktalar belirtilmiştir. Yürüyüşte kol salınımının;

- a- Enerji tüketiminin %8'e kadar azaltılmasında
- b- Dengenin devam ettirilmesinde (düşme ve postüral problemlerden kaçınmak için)
- c- Dokulara binen mekanik yüklerin azaltılmasında (ağrıyı azaltmak için)
- d- Endüransı geliştirmek için etkili enerji kullanımının sağlanmasında önemli olduğu belirtilmiştir (2, 4, 27, 36, 52, 56-58).

Patolojik durumlarda yürüyüşte kol salınım paterninin etkilendiği veya değiştiği belirtilmektedir (59). Unilateral serebral palsili çocuklarda etkilenecek taraf kol salınımının azaldığı gösterilmiştir (60). Kol salınım amplitüdü ve postürünün değişmesinin serebral palsili çocuklarda ekstremiteler arası koordinasyonu değiştirdiği, koordinasyonun daha az stabil olduğu, gövde salınımlarının arttığı ve kol bacak döngü frekansının değiştiği gösterilmiştir (61). Serebral palsili çocuklarda kol salınımının değişiminin yürüyüş stabilitesini devam ettir-

mede artan öneme sahip olduğu ve bu nedenle yürüyüş rehabilitasyonu sırasında kol salınımının fasilite edilmesinin çocuklarda denge eğitimine katkı sağlayarak düşme riskini azalttığı belirtilmiştir (59, 62).

Yürüyüş parametrelerinin değişimi ve postüral dengenin geliştirilmesinde vücuda ağırlık eklemenin kanıtları gösterilmiştir (63, 64). Kola ağırlık eklenmesinin kol hareketlerini değiştirdiği ve bunun da ekstremita hareketleri arasındaki ilişkiyi etkileyebileceği belirtilmiştir (63). Ağırlık ekleme ile yapılan çalışmalarda stabil yürüyüşü devam ettirmek için kompensatuar bir mekanizma olarak kol hareketlerinin değiştiği belirtilmiştir (65).

Kol salınımının mediolateral yürüyüş stabilitesini etkilemediği yönündeki sonuçların (59) yanısıra mediolateral yönde stabilitenin artmasının destek yüzeyinin artırılmasından ziyade, kol hareketlerinin artışı ile sağlandığı ve en iyi stabilitenin kol salınımının aşırı olduğu durumlarda gerçekleştiğini belirten çalışmalar mevcuttur (34, 36, 53, 66). Yapılan çoğu çalışmada var olan ekstremita ve doğal kol salınımının simülasyon ile artırılması veya azaltılması söz konusudur. Sağlıklılarda kol salınımının değiştirilmesi kişinin üst ekstremita hareketlerinde kısa süreli değişim yaratmakta ve böyle bir simülasyonun yürüyüş ve denge sırasında gerçek bir patolojik duruma ilişkin kesin sonuçlara ulaşmada yetersiz kaldığı düşünülmektedir.

Yürüyüş stabilitesinde yürüyüş hızının etkisinin gösterildiği çalışmalar yapılmış ancak ilişki net olarak ortaya konmamıştır (67).

Yapılan çalışmalara göre kol salınımının olmasının enerji tüketiminde %6-8 artışa neden olduğu belirtilmiştir (10, 68). Yürüyüş sırasında kol salınımı; alt ekstremiteden başlayan ve pelvis ile (saat yönünde ve saat yönünün tersine) oluşan rotasyonel vücut hareketlerini engelleyerek stabiliteyi artırır, dengeye katkı sağlar ve enerji tüketimini azaltır (40, 69). Alt ekstremitenin salınımı ile vücut ağırlık merkezinin yukarı aşağı hareketi sırasında kol salınımının açıl momentleri azalttığı ve yürüyüş stabilitesini arttırdığı görülmüştür (70).

5. SONUÇ

Normal kol salınımının deneysel değişiklikler veya gerçek patolojiler ile etkilenmesine bağlı olarak azalmasının veya kısıtlanmasının yürüyüş hızında, adım uzunluklarında azalma, yer reaksiyon kuvvetlerinde artış, stabilitede azalma ve enerji tüketiminde artış gibi mekanik değişiklikler ile sonuçlandığı görülmektedir. Rehabilitasyon uygulamalarında yürüme eğitimine kol salınımının

eklenmesi ile yürüyüş parametreleri ve yürüyüş stabilitesinin gelişmesine katkı sağlanacaktır.

6. TEŞEKKÜR

115S514 nolu proje ile “Üst Ekstremitte Amputasyonu ve Protez Kullanımının Denge ve Yürüyüş Üzerine Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı konuya ilişkin araştırmaların yapılması ve sonuçların elde edilmesindeki desteğinden dolayı TÜBİTAK Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Birimine,

Projede birlikte çalıştığım Prof. Dr. Özlem Güven Ülger, Prof. Dr. Gül Şener, Dr. Öğr. Üyesi Hilal Keklice, Uzm. Fzt. Elif Kırdı ve Uzm. Fzt. Ali İmran Yalçın’a,

Üst ekstremitte ve yürüyüş konularında beraber çalıştığım Dr. Fzt. Özden Özkal, Uzm. Fzt. Tanju Bahrilli ve Uzm. Fzt. Melek Merve Erdem’ye katkılarından dolayı teşekkür ederim.

7. KAYNAKLAR

- Levine D, Richards J, Whittle MW. Whittle's Gait Analysis-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2012.
- Umberger BR. Effects of suppressing arm swing on kinematics, kinetics, and energetics of human walking. *Journal of biomechanics*. 2008;41(11):2575-80.
- Arellano CJ, Kram R. The effects of step width and arm swing on energetic cost and lateral balance during running. *Journal of biomechanics*. 2011;44(7):1291-5.
- Bruijn SM, Meijer OG, Beek PJ, van Dieën JH. The effects of arm swing on human gait stability. *Journal of experimental biology*. 2010;213(23):3945-52.
- Meyns P, Bruijn SM, Duysens J. The how and why of arm swing during human walking. *Gait & posture*. 2013;38(4):555-62.
- Ortega JD, Fehlman LA, Farley CT. Effects of aging and arm swing on the metabolic cost of stability in human walking. *Journal of biomechanics*. 2008;41(16):3303-8.
- Elftman H. The function of the arms in walking. *Human biology*. 1939;11(4):529.
- Mirek E, Kubica JL, Szymura J, Pasiut S, Rudzińska M, Chwała W. assessment of gait Therapy effectiveness in Patients with Parkinson's Disease on the Basis of Three-Dimensional Movement analysis. *Frontiers in neurology*. 2016;7.
- Ford MP, Wagenaar RC, Newell KM. Arm constraint and walking in healthy adults. *Gait & posture*. 2007;26(1):135-41.
- Umberger BR. Effects of suppressing arm swing on kinematics, kinetics, and energetics of human walking. *Journal of biomechanics*. 2008;41(11):2575-80.
- Jackson K, Joseph J, Wyard S. The upper limbs during human walking. Part 2: Function. *Electromyography and clinical neurophysiology*. 1983;23(6):435-46.
- Wannier T, Bastiaanse C, Colombo G, Dietz V. Arm to leg coordination in humans during walking, creeping and swimming activities. *Experimental brain research*. 2001;141(3):375-9.
- Dorociak R, Pierce R, Miranda R, Aiona M. Upper extremity and trunk movement during normal gait. *Shriners Hospital for Children Portland, OR USA*. 2003.
- Collins SH, Adamczyk PG, Kuo AD. Dynamic arm swinging in human walking. *Proceedings Biological sciences*. 2009;276(1673):3679-88.
- Hinrichs RN. Whole body movement: coordination of arms and legs in walking and running. *Multiple muscle systems*: Springer; 1990. p. 694-705.
- Behrman AL, Harkema SJ. Locomotor training after human spinal cord injury: a series of case studies. *Physical therapy*. 2000;80(7):688-700.
- Whittle MW. *Gait Analysis: An Introduction*: Elsevier Science; 2014.
- Li Y, Wang W, Crompton RH, Gunther MM. Free vertical moments and transverse forces in human walking and their role in relation to arm-swing. *The Journal of experimental biology*. 2001;204(Pt 1):47-58.
- Eke-Okoro ST, Gregoric M, Larsson LE. Alterations in gait resulting from deliberate changes of arm-swing amplitude and phase. *Clinical biomechanics*. 1997;12(7-8):516-21.
- Bonnefoy-Mazure A, Sagawa Y, Lascombes P, De Coulon G, Armand S. Identification of gait patterns in individuals with cerebral palsy using multiple correspondence analysis. *Research in developmental disabilities*. 2013;34(9):2684-93.
- Bonnefoy-Mazure A, Turcot K, Kaelin A, De Coulon G, Armand S. Full body gait analysis may improve diagnostic discrimination between hereditary spastic paraplegia and spastic diplegia: a preliminary study. *Research in developmental disabilities*. 2013;34(1):495-504.
- Eke-Okoro ST, Gregoric M, Larsson L-E. Alterations in gait resulting from deliberate changes of arm-swing amplitude and phase. *Clinical Biomechanics*. 1997;12(7-8):516-21.
- Meyns P, Bruijn SM, Duysens J. The how and why of arm swing during human walking. *Gait & posture*. 2013;38(4):555-62.
- Pontzer H, Holloway JH, Raichlen DA, Lieberman DE. Control and function of arm swing in human walking and running. *The Journal of experimental biology*. 2009;212(Pt 4):523-34.
- Kuhtz-Buschbeck JP, Jing B. Activity of upper limb muscles during human walking. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2012;22(2):199-206.
- Kuhtz-Buschbeck JP, Jing B. Activity of upper limb muscles during human walking. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2012;22(2):199-206.
- Yizhar Z, Boulous S, Inbar O, Carmeli E. The effect of restricted arm swing on energy expenditure in healthy men. *International journal of rehabilitation research*. 2009;32(2):115-23.
- DeVita P, Hong D, Hamill J. Effects of asymmetric load carrying on the biomechanics of walking. *Journal of Biomechanics*. 1991;24(12):1119-29.
- Zhang J, Zhang K, Feng J, Small M. Rhythmic dynamics and synchronization via dimensionality reduction: application to human gait. *PLoS computational biology*.

- 2010;6(12):e1001033.
30. Nakakubo S, Doi T, Sawa R, Misu S, Tsutsumimoto K, Ono R. Does arm swing emphasized deliberately increase the trunk stability during walking in the elderly adults? *Gait & posture*. 2014;40(4):516-20.
 31. Behrman AL, Teitelbaum P, Cauraugh JH. Verbal instructional sets to normalise the temporal and spatial gait variables in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1998;65(4):580-2.
 32. Plotnik M, Giladi N, Hausdorff JM. A new measure for quantifying the bilateral coordination of human gait: effects of aging and Parkinson's disease. *Experimental brain research*. 2007;181(4):561-70.
 33. Krasovsky T, Lamontagne A, Feldman AG, Levin MF. Effects of walking speed on gait stability and interlimb coordination in younger and older adults. *Gait & posture*. 2014;39(1):378-85.
 34. Mirelman A, Bernad-Elazari H, Nobel T, Thaler A, Peruzzi A, Plotnik M, et al. Effects of aging on arm swing during gait: the role of gait speed and dual tasking. *PLoS one*. 2015;10(8):e0136043.
 35. Bonnefoy-Mazure A, Sagawa Y, Lascombes P, De Coulon G, Armand S. A descriptive analysis of the upper limb patterns during gait in individuals with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities*. 2014;35(11):2756-65.
 36. Collins SH, Adamczyk PG, Kuo AD. Dynamic arm swinging in human walking. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. 2009;276(1673):3679-88.
 37. Murray MP, Sepic S, Barnard E. Patterns of sagittal rotation of the upper limbs in walking. *Physical Therapy*. 1967;47(4):272-84.
 38. Trehan SK, Wolff AL, Gibbons M, Hillstrom HJ, Daluiski A. The effect of simulated elbow contracture on temporal and distance gait parameters. *Gait & posture*. 2015;41(3):791-4.
 39. Ballesteros MLF, Buchthal F, Rosenfalck P. The pattern of muscular activity during the arm swing of natural walking. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1965;63(3):296-310.
 40. Bruijn SM, Meijer OG, Beek PJ, van Dieën JH. The effects of arm swing on human gait stability. *J Exp Biol*. 2010;213(Pt 23):3945-52.
 41. Erdem M TS, Kırdı E, Yalçın A, Keklice H, Ülger Ö, Şener G. The effects of transhumeral amputation and prosthetic usage on gait parameters: A case report. *ISPO World Congress 2017; Cape Town, South Africa 2017*. p. 355.
 42. Topuz S UO, Şener G, Keklice H, Yalçın A, Kırdı E. Üst ekstremité amputasyonu ve protez kullanımının denge ve yürüyüş üzerine etkilerinin incelenmesi. *Ankara: TU-BİTAK; 2017*. Report No.: 115S514.
 43. Senem Demirdel EK, Ali İmran Yalçın, Hilal Keklice, Özlem, Ülger ST. Unilateral Dirsek Altı Amputelerde Yürüyüşün Zaman Mesafe Karakteristiklerinin İncelenmesi. *Turkish Journal Of Physiotherapy And Rehabilitation 2017*. p. 70-1.
 44. Yoon J, Park J, Park K, Jo G, Kim H, Jang W, et al. The effects of additional arm weights on arm-swing magnitude and gait patterns in Parkinson's disease. *Clinical Neurophysiology*. 2016;127(1):693-7.
 45. Donker S, Mulder T, Nienhuis B, Duysens J. Adaptations in arm movements for added mass to wrist or ankle during walking. *Experimental brain research*. 2002;146(1):26-31.
 46. Nottrodt JW, Manley P. Acceptable loads and locomotor patterns selected in different carriage methods. *Ergonomics*. 1989;32(8):945-57.
 47. Bertels T, Schmalz T, Ludwigs E. Biomechanical influences of shoulder disarticulation prosthesis during standing and level walking. *Prosthetics and orthotics international*. 2012;36(2):165-72.
 48. Yancosek KE, Schnall BL, Baum BS. Impact of upper-limb Prosthesis on Gait: A Case Study. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics*. 2008;20(4):163-6.
 49. Ford MP, Wagenaar RC, Newell KM. Arm constraint and walking in healthy adults. *Gait & Posture*. 2007;26(1):135-41.
 50. Romkes J, Peeters W, Oosterom AM, Molenaar S, Bakels I, Brunner R. Evaluating upper body movements during gait in healthy children and children with diplegic cerebral palsy. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2007;16(3):175-80.
 51. Behrman AL, Teitelbaum P, Cauraugh JH. Verbal instructional sets to normalise the temporal and spatial gait variables in Parkinson's disease. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 1998;65(4):580-2.
 52. Galli M, Cimolin V, Albertini G, Piccinini L, Turconi AC, Romkes J, et al. Kinematic analysis of upper limb during walking in diplegic children with Cerebral Palsy. *European Journal of Paediatric Neurology*. 2014;18(2):134-9.
 53. Pontzer H, Holloway JH, Raichlen DA, Lieberman DE. Control and function of arm swing in human walking and running. *Journal of Experimental Biology*. 2009;212(4):523-34.
 54. Herr H, Popovic M. Angular momentum in human walking. *J Exp Biol*. 2008;211(Pt 4):467-81.
 55. Park J. Synthesis of natural arm swing motion in human bipedal walking. *Journal of biomechanics*. 2008;41(7):1417-26.
 56. Iosa M, Mazzà C, Pecoraro F, Aprile I, Ricci E, Cappozzo A. Control of the upper body movements during level walking in patients with facioscapulohumeral dystrophy. *Gait & posture*. 2010;31(1):68-72.
 57. Pijnappels M, Kingma I, Wezenberg D, Reurink G, van Dieën JH. Armed against falls: the contribution of arm movements to balance recovery after tripping. *Experimental brain research*. 2010;201(4):689-99.
 58. Meyns P, Van de Walle P, Hoogkamer W, Kiekens C, Desloovere K, Duysens J. Coordinating arms and legs on a hybrid rehabilitation tricycle: the metabolic benefit of asymmetrical compared to symmetrical arm movements. *European journal of applied physiology*. 2014;114(4):743-50.
 59. Delabastita T, Desloovere K, Meyns P. Restricted arm swing affects gait stability and increased walking speed alters trunk movements in children with cerebral palsy. *Frontiers in human neuroscience*. 2016;10.
 60. Meyns P, Van Gestel L, Massaad F, Desloovere K, Molenaers G, Duysens J. Arm swing during walking at different speeds in children with Cerebral Palsy and typically developing children. *Research in developmental disabilities*. 2011;32(5):1957-64.
 61. Meyns P, Van Gestel L, Bruijn SM, Desloovere K, Swinnen SP, Duysens J. Is interlimb coordination during walking preserved in children with cerebral palsy? *Research in*

- developmental disabilities. 2012;33(5):1418-28.
62. Meyns P, Desloovere K, Van Gestel L, Massaad F, Smits-Engelsman B, Duysens J. Altered arm posture in children with cerebral palsy is related to instability during walking. *European journal of paediatric neurology*. 2012;16(5):528-35.
 63. Donker SF, Daffertshofer A, Beek PJ. Effects of velocity and limb loading on the coordination between limb movements during walking. *Journal of motor behavior*. 2005;37(3):217-30.
 64. Duysens J, Clarac F, Cruse H. Load-regulating mechanisms in gait and posture: comparative aspects. *Physiological reviews*. 2000;80(1):83-133.
 65. Bonnard M, Pailhous J. Intentional compensation for selective loading affecting human gait phases. *Journal of motor behavior*. 1991;23(1):4-12.
 66. Punt M, Bruijn SM, Wittink H, van Dieën JH. Effect of arm swing strategy on local dynamic stability of human gait. *Gait & posture*. 2015;41(2):504-9.
 67. England SA, Granata KP. The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. *Gait & posture*. 2007;25(2):172-8.
 68. Yizhar Z, Boulos S, Inbar O, Carmeli E. The effect of restricted arm swing on energy expenditure in healthy men. *International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift für Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation*. 2009;32(2):115-23.
 69. Li Y, Wang W, Crompton RH, Gunther MM. Free vertical moments and transverse forces in human walking and their role in relation to arm-swing. *Journal of Experimental Biology*. 2001;204(1):47-58.
 70. Jaspers E, Desloovere K, Bruyninckx H, Molenaers G, Klingels K, Feys H. Review of quantitative measurements of upper limb movements in hemiplegic cerebral palsy. *Gait & posture*. 2009;30(4):395-404.