



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

Sağlık Bilimleri Fakültesi

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

Fizyoterapi Seminerleri

2013 (2)



Editörler

Prof. Dr. A. Ayşe KARADUMAN

Doç. Dr. Özlem ÜLGER

Dr. Fzt. Muhammed KILINÇ

Dr. Fzt. Naciye VARDAR YAĞLI

Uzm. Fzt. Selen SEREL

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

ISBN: 978-605-88879-1-6

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

Proje No: 013 D01 401 001

© 2013

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

DİZGİ

İbrahim YIKILMAZ (iyikilmaz@gmail.com)

Pelikan Kitabevi

Süleyman Sırrı Cad. 16/2 Sıhhiye/ANKARA

Tel: 0 312 433 03 05

Faks: 0 312 433 03 15

ISBN

978-605-88879-1-6

EDİTÖRLER

Prof. Dr. A. Ayşe Karaduman

Doç. Dr. Özlem Ülger

Dr. Fzt. Muhammed Kılınç

Dr. Fzt. Naciye Vardar Yağlı

Uzm. Fzt. Selen Serel

** İsim sırasına göre alfabetik düzende verilmiştir.*

DANIŞMA KURULU*

Doç. Dr. Akmer Mutlu

Doç .Dr. Çiğdem Öksüz

Prof. Dr. Gül Şener

Prof. Dr. Hülya Arıkan

Doç. Dr. Özlem Ülger

Prof. Dr. Kadriye Armutlu

Prof.Dr. Mintaze Kerem Günel

Prof. Dr. Nevin Ergun

Prof. Dr. Nuray Kırdı

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

Editörlerden

Değerli Meslektaşlarım,
“Fizyoterapi Seminerleri” isimli e kitabımızın 2012-2013 bahar dönemi seminerlerini yayınlıyoruz. Bu dönemde 10 seminer sunulmuştur. Bu seminerlerden 7’ si yayınlanmaya uygun bulunmuştur. Bu bölümde ayrıca e kitaba davet edilmiş 4 yazı bulunmaktadır.

Seminerlerin yayına kabulünde fizyoterapi alanına katkısı, konunun güncelliği, yazının bilimsel yeterliği, sunum şekli ve sunum esnasında uygulanan anketlerden alınan değerlendirme puanı ve zamanında yapılan başvurular dikkate alınmaktadır.

2012-2013 Bahar döneminde içerikte yer alan konuların başlıkları “ Tele-rehabilitasyon”, “Rehabilitasyonda Görsel İmajinasyon Tedavileri: Ayna Tedavisi ve Plastik El İllüzyonu”, “Nörolojik Rehabilitasyon Hastalarında İkincil Gelişen Solunum Problemleri ve Fizyoterapisi,” “Ekstra-

korporéal Şok Dalga Tedavisi”, “Yapay Zeka ve Rehabilitasyon”, “Engellilerin Spora Yönlendirilmelerinde Değerlendirme Yöntemleri”, “ Egzersiz, Hafıza ve Beyin” dir. Bu sayımızın davetli yazarları aşağıdaki içeriklerde e kitabımıza katkı sağlamışlardır “Spinal Musküler Atrofi’de Egzersizin Moleküler Genetik Yapı Üzerine Etkisi Var mıdır?”, “Kanserde Fizyoterapi ve Rehabilitasyon”, “Klinik Uygulamalarda Yoga” “Kortikal Plastisite ve Rehabilitasyon” Kapsamımızın herkes için yararlı olmasını diliyor, emeği geçen herkese sevgi ve saygılarımızı sunuyoruz.

Editörler

A. Ayşe Karaduman

Özlem Ülger

Muhammed Kılınç

Naciye Vardar Yağlı

Selen Serel

İÇİNDEKİLER

Tele-rehabilitasyon	151
<i>Uzm. Fzt. Ceren GÜRŞEN</i>	
Kortikal Plastisite ve Rehabilitasyon.....	162
<i>Doç. Dr. Çiğdem ÖKSÜZ</i>	
Rehabilitasyonda Görsel İmajinasyon Tedavileri: Ayna Tedavisi ve Plastik El İllüzyonu.....	170
<i>Fzt. Damla Gül AYDIN ÖZCAN</i>	
Spinal Musküler Atrofi’de Egzersizin Moleküler Genetik Yapı Üzerine Etkisi Var mıdır?	178
<i>İpek ALEMDAROĞLU</i>	
Pulmoner Arteriyel Hipertansiyonda Egzersiz Eğitimi ve Rehabilitasyon.....	187
<i>Dr. Fzt. Melda SAĞLAM</i>	
Kanserde Fizyoterapi ve Rehabilitasyon.....	193
<i>Dr. Fzt. Naciye VARDAR YAĞLI</i>	
Klinik Uygulamalarda Yoga.....	199
<i>Dr.Fzt. Naciye Vardar Yağlı, Doç Dr. Özlem Ülger</i>	
Nörolojik Rehabilitasyon Hastalarında İkincil Gelişen Solunum Problemleri ve Fizyoterapisi.....	205
<i>Fzt. Özge MÜEZZİNOĞLU</i>	
Ekstrakorporeal Şok Dalga Tedavisi.....	215
<i>Dr. Fzt. Z. Özlem YÜRÜK</i>	
Yapay Zeka ve Rehabilitasyon.....	221
<i>Fzt. Seval TAMER</i>	
Egzersiz, Hafıza ve Beyin	229
<i>Fzt. Şulenur SUBAŞI</i>	
Engellilerin Spora Yönlendirilmelerinde Değerlendirme Yöntemleri	234
<i>Fzt.Vesile YILDIZ</i>	
Dizin.....	240
Yazım Kuralları	245

Tele-rehabilitasyon

Uzm. Fzt. Ceren GÜRŞEN

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

e-mail: cerengursen@yahoo.com

Özet

Bilim ve teknoloji insanoğlunun var olduğu günden beri gelişmektedir. Teknoloji; eğitim, sağlık, haberleşme, savunma, endüstri ve ulaşım gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Teknoloji, diğer alanlara olduğu gibi sağlık sektörüne de birçok fayda sağlamış ve yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Tele-tıp hizmetlerinin özel bir uygulama alanı olan tele-rehabilitasyon, çeşitli rehabilitasyon hizmetlerinin tele-komünikasyon teknolojisi kullanılarak uzaktan sunulması olarak tanımlanmaktadır. Hastalara, tele-izleme, tele-terapi, tele-konsültasyon ve tele-ev bakımı gibi alanlarda hizmet verilmektedir. Tele-rehabilitasyon sistemleri; özel programları, mikrodenetleyici ara birim kutusunu, programları çalıştırmak için dizüstü bilgisayar, klinik ev ile bağlantı kurabilmek için cep telefonu, web-cam ve sabit telefonu içerirler. Literatürde; tele-rehabilitasyon sistemleri, başta nörolojik rehabilitasyon olmak üzere, pediatrik rehabilitasyon, ortopedik rehabilitasyon, oromotor disfonksiyon ve rehabilitasyonu, kardiyopulmoner rehabilitasyon, romatolojik rehabilitasyon, obstetrik-jinekolojik rehabilitasyon gibi birçok alanda kullanılabilen, yeni bir hizmet modeli olarak gösterilmektedir. Tele-rehabilitasyon; zaman, ulaşım, maliyet gibi engelleri mümkün olduğunca en aza indirip kısıtlı olanağa sahip bölgelerde yaşayan hastaların kaliteli rehabilitasyon hizmetlerini almasını sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tele-rehabilitasyon, Tele-sağlık, Tele-tıp, Teknoloji

Abstract

Science and technology have developed since human being has existed. Technology is used in many fields such as education, health, communication, defense and industry. Technology has brought a new perspective and provided many benefits in the health care industry as well as other areas. Telerehabilitation, a special area of application of telemedicine services, is defined as the delivery of various rehabilitation services remotely using telecommunication technology. Telemonitoring, teletherapy, teleconsultation and telehome care services are provided to patients. Telerehabilitation systems include special programs, microcontroller interface box, laptop to run programs, mobile phone, fixed phone and webcam in order to establish a connection between the clinic and home. In the literature; telerehabilitation systems, a new service model, can be used in many areas, particularly in neurological rehabilitation, and in pediatric rehabilitation, orthopedic rehabilitation, oromotor dysfunction and rehabilitation, cardio-pulmonary rehabilitation, rheumatologic rehabilitation and obstetric-gynecological rehabilitation. Telerehabilitation provides high quality rehabilitation services to the patients who live in areas with limited facilities by minimizing the barriers such as time, transportation, cost as possible.

Keywords: Telerehabilitation, Tele-health, Telemedicine, Technology

Giriş

Tele-rehabilitasyon

“Tele”, Yunanca uzak anlamına gelen bir ön ektir. Tele-rehabilitasyon (TR), rehabilitasyon hizmetlerine erişimin sağlanması ve bağımsız yaşamın desteklenmesi amacıyla rehabilitasyon hizmetlerinin bilgisayara dayalı teknolojiler ve iletişim araçları ile rehabilitasyon uzmanları tarafından verilmesidir. TR; zaman, mesafe ve maliyet engellerini azaltarak ve teknolojik araçları kullanarak rehabilitasyon hizmetlerinin sunulmasını

sağlayan gelişmekte olan bir yöntemdir. Daha spesifik olarak, TR; tıbbi rehabilitasyon hizmetlerinin uzaktan sağlanması için, tele-komünikasyon, uzaktan algılama, çalışma teknolojileri ve bilgisayar teknolojilerinin uygulanması olarak tanımlanır (1-3).

Tele-sağlık; tele-tıp, tele-sağlık bakımı ve e-sağlık olmak üzere 3 alt gruba ayrılmaktadır. Tele-rehabilitasyon, tele-tıp ve tele-sağlık bakımının tamamlayıcılarından birisidir. Amerika Konuşma-Dil ve Duyma Derneği, Amerika İş-Uğraşı Terapisi Derneği (AOTA) ve Amerika Fizik

Tedavi Derneği gibi profesyonel organizasyonlar bireysel vizyonlarına göre TR'ünü farklı şekilde tanımlamaktadır. AOTA'nın yaptığı tanıma göre tele-rehabilitasyon, danışma, önleme, tanı koyma ve tedavi hizmetlerinin iki yönlü interaktif tele-komünikasyon teknolojisi aracılığıyla klinik olarak uygulanması olarak tanımlanmaktadır (4).

Bu tanımlara göre TR üç şekilde özetlenebilir. Birincisi, TR yeni bir sağlık alanı değil, rehabilitasyon hizmetlerinin farklı bir modelde sunumudur. İkincisi TR, bireyler için danışma, önleyici, tanı, değerlendirme, müdahale ve tedavi gibi geniş bir hizmet yelpazesi vardır. Son olarak, TR hem klinik hem de ev ortamında sunulabilen bir rehabilitasyon hizmetidir.

Tele-rehabilitasyonun Tarihçesi

Tele-tıp hizmetlerinin öncüsü Amerikan Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)'dır. Başlangıçta uzak mesafelere tıbbi girişim olanakları sağlamak amacıyla düşünülmüş olmasına rağmen, kısa süre içinde sivil amaçlar ön plana çıkmıştır. Bilinen ilk tele-tıp uygulaması 1959 yılında Nebraska Üniversitesi kampüsünde gerçekleştirilmiştir ve bir akıl sağlığı merkeziyle bağlantı kurulmuştur. İlk geniş kapsamlı uygulama 1988 yılında yapılmıştır. Ermenistan'daki deprem sonrasında Amerika Birleşik Devletleri (ABD), 200'den fazla Sovyet doktoruna konsültasyon desteği vermiştir. İkinci geniş kapsamlı uygulama Urallardaki Ufa kentinde meydana gelen patlama sonucunda 400 konsültasyon desteği yapılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda askeri ve sivil alanda yapılan projelerle tele-tıp hizmetleri yaygınlaştırılmaya çalışılmıştır. 1997 yılında ABD'de Ulusal Disabilite ve Rehabilitasyon Araştırma Enstitüsü tarafından Rehabilitasyon Mühendisliği Araştırma Merkezi (RERC) kurulmuştur ve bu dikkat çekici yeni alana "telerehabilitasyon" adı verilmiştir (5).

Tele-rehabilitasyonun Önemi

TR, metropollerde mevcut olan gelişmiş rehabilitasyon hizmetlerine kırsal toplumların da eşit erişimini sağlamak için fırsatlar sunmaktadır. Aynı zamanda TR, kırsal kesimdeki kliniklerin konuşma-dil patolojisi ve tekerlekli sandalye değerlendirme hizmetleri gibi özel servisleri kapsamaları için izin almalarını sağlamaktadır. İlâveten, bir platform olarak internetin kullanımı, modern sağlık hizmetlerinin birimleri arasında bağlantıların kurulması ve ölçeklenebilmesi üzerine olan artan taleplerine verimli ve düşük maliyetli bir çözüm getirme potansiyeline sahiptir.

Kısıtlı Olanağa Sahip Alanlarda Rehabilitasyon Hizmetlerinin Sağlanması

TR, uzak bölgelerde ve metropollerde yaşayan, özel rehabilitasyon hizmetine gereksinim duyan bireyler arasındaki uçuruma çözüm sağlar (6). TR sayesinde, uzak bölgelerdeki rehabilitasyon merkezlerinde çalışanlar kendi meslektaşları ile bağlantı kurarak daha özel hizmetlerin sunulması sağlanır. Bu süreç aynı zamanda, uzak bölgelerde yaşayan sınırlı uzmanlığa sahip klinisyenlerin eğitimlerinin dolaylı olarak devam etmesine yardımcı olur. TR, zamanla sınırlı uzmanlık ve teknik kaynaklara sahip bölgelerde rehabilitasyon hizmetlerinin kalitesini ve istikrarını arttırabilir (7).

Düşük-maliyetli Rehabilitasyon

TR klinisyenler ve özel rehabilitasyon hizmeti gerektiren bireyler arasındaki mesafe engelini minimize ederek düşük maliyetli bir çözüm sunar. Örneğin, kırsal bölgeler ve metropollerdeki klinikler arasında bağlantı kurularak kırsal kesimde yaşam klinisyenler ve bireyler için bu merkezler arasında seyahat etmeyi azaltır. Klinisyenler seyahatle kaybettiği zamanı bireylere daha verimli rehabilitasyon hizmeti sağlamak için kullanabilirler (8). Klinisyenlerin özel ihtiyaçları olan kişilerle sürekli temas halinde olmaları ikincil durumların önlenmesini sağlayarak maliyet tasarrufu ile sonuçlanır. Bu çözüm ayrıca metropollerde yaşayan fakat trafik ya da kişisel nedenlerden dolayı sınırlı ulaşım seçeneklerine sahip bireyler için de faydalıdır. ABD'de internet kullanıcıları arasındaki bağlantıların yüksek penetrasyonlu geniş bant bağlantıları bile böyle uzak bölgelerde gerçek zamanlı video konferans gibi en zorlu hizmetler sunmak için düşük maliyetli bir platform sağlar. Geleneksel yüz-yüze rehabilitasyon hizmetleri ile karşılaştırıldığında internet üzerinden yürütülen TR hizmetleri potansiyel maliyet tasarrufu göstermektedir. Başlangıçta TR cihazlarının satın alınması, uygun mekanların hazırlanması ve 'tele' ayarında bir hizmetin uygulanabilmesi için yüksek miktarda kurulum maliyeti gerektirir fakat zamanla kurulum maliyeti uzaktan yürütülen rehabilitasyon hizmetlerinin düşük maliyeti ile kompanse edilmektedir.

Rehabilitasyon Hizmetinin Sunulması İçin Yeni Bir Yaklaşım

TR'nun kullanımı özel rehabilitasyon hizmeti gerektiren bireylerin, günlük yaşam aktiviteleri sırasında izlenmesini sağlar. TR aracılığı ile sağlanan hizmet bireylerin günlük yaşamda karşılaştıkları engellerin üstesinden gelmek için sürekli destek almalarını sağlar.

Tele-rehabilitasyonun Hizmet Modelleri

2002 yılında Jack Winters 4 tane kavramsal TR hizmet modeli önermiştir: tele-konsültasyon, tele-ev bakımı, tele-izleme, tele-terapi.

Tele-konsültasyon

Tele-konsültasyon, uzmanlık kazanmak için yerel servis sağlayıcısı (veya istemci) ve uzaktaki rehabilitasyon uzmanı arasında video konferans sistemi ile bağlantı kurarak yapılan standart yüz-yüze TR modeli olarak tanımlanır. Bu model genellikle klinisyen ve uzman arasında özel deneyimlerin kazanılması için bağlantı kurar.

Tele-ev bakımı

Tele-ev bakımı, klinisyenin rehabilitasyon hizmetlerini bireylerin ev ya da iş ortamlarına göre düzenleyen bir hizmet sunumu olarak tanımlanmaktadır. Şu anda, tele-ev bakımı yaşlı popülasyondan ve rehabilitasyon hizmetinin bireylerin evinde yapılması ihtiyacından dolayı daha fazla ivme kazanmıştır.

Tele-izleme

Tele-monitoring (uzaktan izleme) klinisyenlerin hastalar için rahatsız etmeyen izleme ve değerlendirme sistemi düzenledikleri klinik bir uygulamadır. Bazı uzaktan izleme yaklaşımları, klinisyen ve hastalara eş zamanlı feedback ve kısıtlı seviyede etkileşim sağlamak için haptik teknolojisi ya da sanal gerçeklik gibi teknolojileri kullanırlar. Bu modelin uygulanması gerçek zamanlı bir ortamda düşük bant genişliğine sahip ağ aracılığı ile basit bir izlemeden etkileyici bir sanal gerçekliğin izlenmesine kadar çeşitlilik göstermektedir.

Tele-terapi

Tele-terapi, evde ya da periferdeki kliniklerde terapatik aktivitelerin (oyun ya da egzersiz) uygulandığı TR modeli olarak tanımlanmaktadır.

Terapi eş zamanlı ya da eş zamansız olarak uygulanabilmektedir. Tele-terapi, tele-nöro/ortopedik rehabilitasyon, tele-odyoloji/tele-dil ve konuşma terapisi ve cerrahi sonrası tele-eğitim gibi bir çok klinik uygulamaya adapte edilebilmektedir (9).

Tele-rehabilitasyonun Hedefleri

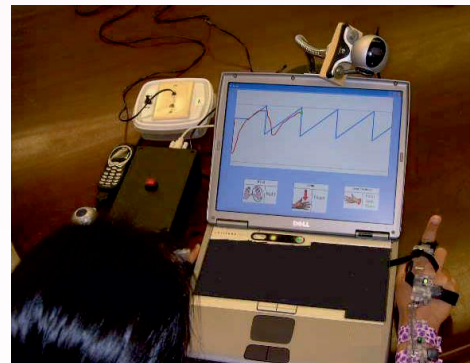
- Uzaktan eğitim, danışmanlık ve rehabilitasyon hizmetlerinin sürdürülmesi için tele-komünikasyon tekniklerinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi, '**tele-konsültasyon**'
- Uzaktan rehabilitasyon sonucu ilerlemenin değerlendirilmesi ve izlenmesi için teknolojilerin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi, '**tele-izleme**', '**tele-değerlendirme**'
- Uzaktan terapatik müdahale için teknolojilerin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi, '**tele-terapi**'
- Rehabilitasyon için sanal gerçeklik teknolojileri uygulamaları üzerinde araştırma yürütmek

Tele-rehabilitasyon Teknolojileri

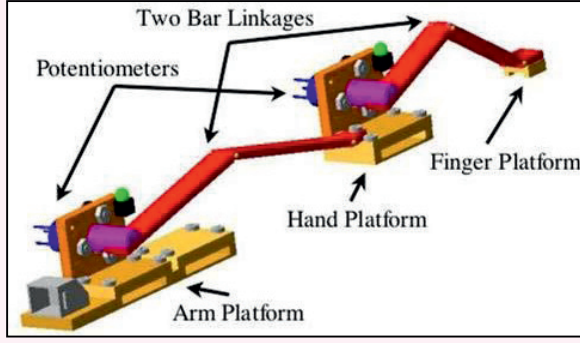
El bileği ve Parmak İzleme Sistemi

Ele bileği ve parmak hareketleri için kullanılan ev izleme sistemleri, bilateral el bileği ve parmakların fleksiyon ve ekstansiyonunu ölçen elektrogonyometreleri, mikrodenetleyici ara birim kutusunu, özel izleme programını çalıştırmak için dizüstü bilgisayar, klinik ile bağlantı kurabilmek için cep telefonu, web cam ve sabit telefonu içerirler (2) (Şekil 1).

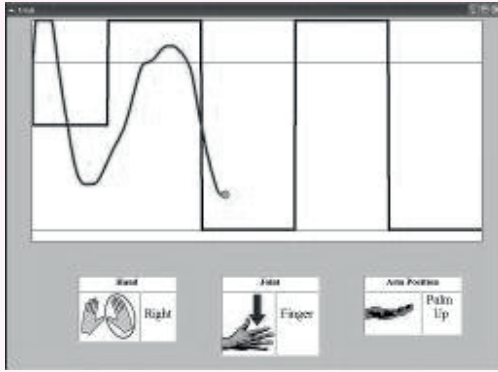
Elektrogonyometreler, el bileği hareketini algılamak için küçük potansiyometrelerle bağlantılı 3 adet platformu içerirler. Sensör boyutları, antropometrik referans verilerini dikkate alarak, kadınların ve erkeklerin karakteristik el boyutları ölçülerek belirlenir. Birçok hasta sensörü bağımsız olarak giyip çıkarabilirler (2) (Şekil 2).



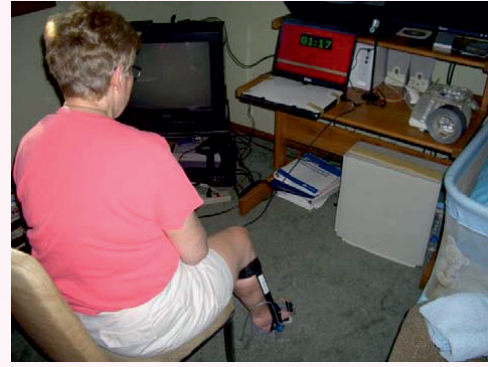
Şekil 1. El bileği ve parmaklar için kullanılan ev TR sistemi (2).



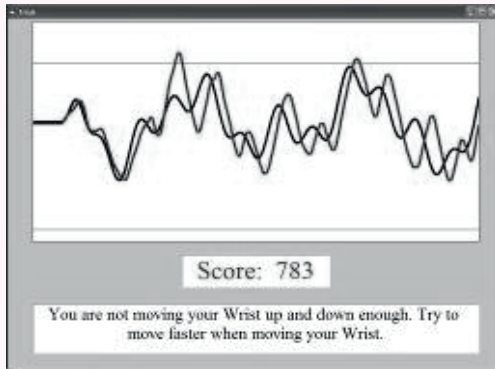
Şekil 2. El bileği ve parmakları algılayan elektrogonyometre (2).



Şekil 3. Basit izleme ekranı, (2).



Şekil 5. Ayak Bileği İzleme Sistemi (2).



Şekil 4. Deneme sonrası performansı gösteren feed-back ekranı (2).



Şekil 6. Ayak Bileği Sensörleri (2).

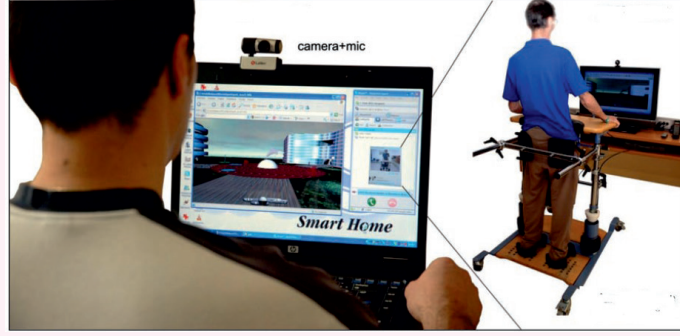
Ara yüz kutusu potansiyometre değerlerini dijital veriye dönüştürür. Üzerinde kırmızı bir düğme ve mikrodenetleyici içerir. Ara yüz devresi dizüstü bilgisayar ile bağlantılıdır. Dizüstü bilgisayarın klavyesi ve fare kullanılmadığı zaman sistemin primer ara yüzü kırmızı düğmedir (2) (Şekil 3,4).

Bilgisayardaki izleme uygulaması Microsoft tarafından geliştirilen "Visual Basic 6.0" programı ile oluşturulur. Hastanın aktif hareket genişliğinin belirleyen kalibrasyon sürecinden sonra, izleme ekranı görülür. Ekranın altında yön, eklem ve oryantasyon yönlendirmelerini içeren

parametreler gösterilir. Kısa bir beklemeden sonra ekranda hareket eden bir top görülür. Topun vertikal hareketi eklem hareketine benzemektedir ve hastanın görevi topu dalga şeklinde sürüklemektir. Denemenin sonunda hastanın düzeltilmiş puanını gösteren ve bir sonraki denemesini geliştirmek için hastaya yardımcı olan feedback ekranı görülmektedir (2).

Ayak Bileği İzleme Sistemi

Ayak bileği izleme sistemi daha gelişmiş özelliklere sahiptir. Hareket sensörü, ayak bileği eklemi ile aynı hizada olan potansiyometrenin eksenini ile



Şekil 7. Sanal ortamdaki bir görev ile hastanın evinde denge eğitimi (sağ). Terapist video-konferans sistemi ile hastayı denetleyebilir ve öneri verebilir. Aynı zamanda, internet explorer'dan hastanın performansını takip edilebilir (sol), (12).

iki bağlantıyı içerir. Kablolu ve kablosuz ayak bileği hareket sensörleri vardır (2) (Şekil 5,6).

Tele-rehabilitasyon Uygulamaları

Nörolojik Rehabilitasyon

Giderek zorlaşan sağlık bakımı ekonomisinin etkisiyle, inme geçiren hastaların hastanede kalış sürelerinin azalmasıyla birlikte hastaların rehabilitasyon programı etkilenmektedir. Bu durum, klinisyenleri ve bilim adamlarını bireylerin yaşam kalitelerinin arttırmak için, yürüme açısından güvenli, hızlı ve enerji harcamasını gerektiren yeni yollar bulma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Böylece, iletişim teknolojisinin ilerlemesine bağlı olarak, akut dönemin sonunda taburcu olan hastalara uzaktan rehabilitasyon hizmetlerine devam edilmesi için 'tele-rehabilitasyon' hizmetlerinden yararlanılabilmektedir (10).

Hemiparetik hastalarda TR kullanılarak yürüyüşün sallanma fazında ayak bileğinin dorsifleksiyonunu arttırmak üzerine olan etkisini araştırmak, kompleks ve basit ayak bileği hareket eğitiminin beyin reorganizasyonuna etkisini karşılaştırmak için planlanan rastgele kontrollü çalışmada olgular (n=16), kompleks hareket eğitimi (izleme grubu) (n=8) ve basit hareket (hareket grubu) (n=8) grubu olmak üzere 2 gruba ayrılmışlardır. Tedavi programı 4 hafta olarak planlanmıştır. Ayak bileği hareketleri 10-metre yürüyüş testi ile, beyin reorganizasyonu ise Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI) kullanılarak değerlendirilmiştir. İzleme grubunda hareket grubuna göre yürüyüşün sallanma fazında daha fazla dorsifleksiyon görülmüştür. fMRI sonuçlarına göre, kortikal aktivasyonun hacmi, hacim yüzdesi ve yoğunluğu, takip grubunda azalırken, hareket grubunda arttığı bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; TR paratik ekstremitedeki kompleks hareket eğitimi kronik inme-

li olan hastalarda aktif dorsifleksiyon hareketini arttırmada kullanışlı ve etkili bir tedavi yöntemi olabilir (11).

Denge kontrolü, inme geçiren hastaların rehabilitasyonunda çok önemlidir. Birçok hastada denge kaybı düşmelere neden olduğunda ciddi yaralanmalarla sonuçlanır. Bu nedenle, statik ve dinamik dengenin yeniden kazandırılması için hedefe dayalı görevlerin seçilmesi ve uygulanması hastanın fonksiyonel kapasitesini arttırabilir. Sanal gerçeklik ortamında tasarlanmış hedeflerin zorluk seviyesi, hızı, duyarlılığı dereceli bir artış gösterebilir ve hastanın kognitif ve motor kapasitelerine göre adapte edilebilir. Son günlerde, iletişim-bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte sanal gerçeklik uygulamaları TR aracılığı ile bireylerin ev ortamından ya da uzaktaki rehabilitasyon merkezinden yürütülebilir (12).

Sanal gerçeklik sistemi kullanılarak yapılan denge eğitiminde, hasta ayakta durma masasında elleri öndeki tahta sehpa destekli bir şekilde ayakta durur. Hastanın öne, yanlara, geriye hareketlerine izin verecek şekilde pelvis seviyesine emniyet kilidi yerleştirilir. Bir taraftan diğer tarafa ağırlığını aktarmak ve sağa ya da sola eğilmek, sanal yolda dönüşleri ve ilerlemeyi sağlar. Hastanın ağırlık aktaracağı, hızlı bir şekilde döneceği yol fizyoterapist tarafından belirlenmektedir ve bu yol her hasta için aynıdır. Sanal ortamdaki yürüyüş ve dönüş hızı, ayakta durma masasının eğimiyle orantılıdır. Hastaların sanal yol üzerindeki kutu, bank, sandalye, masa vb. engellere çarpmaları gerekmektedir. Aktivitenin sonunda, hastaların performans zamanları ve çarptıkları objelerin sayıları kaydedilir (12) (Şekil 7).

Piron ve arkadaşları, hemiparetik olgularda TR programının, etkilenen üst ekstremitte fonksiyonuna olan etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada 36 hastayı rastgele örnekleme yöntemi ile sanal-gerçekliğe dayalı TR (n=18) ve kontrol

(n=18) grubu olmak üzere iki gruba ayırmışlardır. Her iki gruptaki olgular 1 ay süresince haftada 5 kere ve her set 1 saat olmak üzere tedavi görmüşlerdir. Tedavi öncesi ve sonrasında olguların üst ekstremité fonksiyonlarını değerlendirmek amacıyla Fugl-Meyer Skalası ve ABILHAND skalası yapılan test sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Sonuç olarak, bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre hafif ve orta şiddetli hemiparetik olgularda motor defisitleri azaltmak için TR programı uygulanabilir. Bu durum, hastaneden erken taburculuğu ve rehabilitasyon programının evde devam etmesini sağlayacağı için olguların yaşam kalitesini üzerine olumlu etkileri olacaktır (13).

TR ve ilişkili teknolojiler sekonder problemlerin önlenmesindeki kaliteyi artırıp maliyeti azaltması nedeniyle başarılı olmaktadır. SKY olan hastalar için, baskı yaralarını önlemesi ve tedavi amacıyla telefon ve video bağlantıları kurulabilmektedir. TR, sadece uzun dönemde maliyeti korumakla kalmaz, aynı zamanda bireylerin yaşam kalitelerini artırır. Bu amaçla, "Bakım Çağrısı" adı verilen yeni bir TR sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, interaktif ses algılama sistemi ve konuşma kontrol sistemini içeren, otomatik ve interaktif diyaloglar oluşturan telefon-bağlantılı bilgisayar sistemidir. 3 modüle ayrılmaktadır: cilt bakımı, depresyon-sağlık ve sağlık hizmetlerinin kullanımı. Yapılan pilot çalışmalar, sistemin uygulanabilirliğini ve kullanıcılar tarafından kabul edilebilirliğini göstermiştir. Sonuç olarak bu sistem, baskı yaraları ve depresyon gibi ikincil problemlerin görülme sıklığını ve şiddetinin azaltmaktadır. Düşük riskli, ucuz bir yaklaşım olduğu için gelecekte yaygınlaştırılabilir (14).



Şekil 8. Ev TR sistemi. Olgunun sağ elinde sensörlü eldiven var (15).

Pediyatrik Rehabilitasyon

Pediyatrik rehabilitasyonun amacı, fonksiyon ve sağlıkta iyileşme sağlamak ve bu iyileşmenin tedaviden sonra korunmasıdır. Sanal gerçeklik, video oyunları ve TR' unu içeren teknolojilerden, rehabilitasyon merkezlerinden uzakta olan hastalar rehabilitasyon hizmetlerinden faydalanabilir ve hastaların fonksiyonlarındaki değişiklikler ve tedaviye uyumları bu teknolojiler aracılığıyla takip edilebilir (Şekil 8).

Golomb ve arkadaşları, hemiparetik serabral palsili bir olguda, sanal gerçeklik destekli TR programının el fonksiyonu ve kemik mineral yoğunluğuna olan etkilerini incelemek amacıyla planladıkları çalışmaya 15 yaşında sağ hemiparezi ve epilepsisi olan serebral palsili bir olguyu dahil etmişlerdir. Olguya 14 ay boyunca sadece sanal-gerçeklik destekli TR programı uygulanmıştır. Değerlendirmeler tedavi öncesinde (Mart 2008), tedavi sonrasında (Haziran 2009), tedaviden bir buçuk yıl sonra (Ağustos 2010) yapılmıştır. El fonksiyonları Jepsen el fonksiyon testi ile, kavrama kuvveti ise Jamar dinamometre ile değerlendirilmiştir. Jamar dinamometre ile ölçülen paretik elin kuvveti ilk ve son değerlendirmeler 4 kilogramdan 9 kilogra ma yükselerek %225 artış göstermiştir. Tedaviden önce yapılan değerlendirmede olgu Jepsen' in el fonksiyon testinin 7 alt grubundan 3 tanesini (yazı yazma, dama taşlarını üst üste koyma, ağır objeleri kaldırma) yapamadığı halde en son değerlendirmesinde bu görevleri başarmıştır. Diğer 4 testte tedavi öncesi ve tedaviden sonra 18. ayda yapılan değerlendirmeler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Tedaviden önce etkilenen ve etkilenmeyen ekstremitesindeki total distal radius yoğunluğu arasındaki fark % 40.5, ultradistal trabeküler kemik mineral yoğunluğu arasındaki fark %51.8 olacak belirlenmiştir. Kemik mineral yoğunluğu tedavi sonrasında paretik üst ekstremitede arttığı için iki ekstremité arasındaki fark azalmıştır (% 33.5 ve % 37.2). Bu çalışmanın sonuçlarına göre, nörolojik hastalığı olan pediyatrik popülasyonda TR, hem el fonksiyonlarını hem de önkoldaki kemik mineral yoğunluğunu arttırdığı bulunmuştur (15).

Oromotor Disfonksiyon ve Rehabilitasyonu

Disfajinin erken dönemde tedavi edilmesi, morbidite ve mortaliteyi önlediği için çok önemlidir. Disfaji tedavisi nedeniyle; uzaklık, ulaşım, finansal sebepler ve mobilite gibi faktörler nedeniyle özellikle uzakta ve kırsal kesimde yaşayan hastalar için konuşma-dil patolojisi merkezlerine ulaşmak mümkün olmayabilir. Disfajisi olan bireylere klinik destek sağlamak amacıyla çözüm



Şekil 9.

A. Konuşma-dil terapistinin TR sistemi, sabit bir web kamerası ve bölünmüş ekranı içeriyor.

B. Hastanın TR sistemi, web kamerası, bölünmüş ekran ve mikrofonu içeriyor (16).

yöntemlerinden biri TR hizmetlerinin kullanımıdır. TR, internet aracılığıyla klinik değerlendirme ve tedavi hizmetlerine ulaşılmasını sağlar. Literatürde TR'nun afazi, pediatrik iletişim bozuklukları, baş-boyun kanserli hastaların taburculuktan sonra izlenmesi, kekemeliğin değerlendirmesi ve tedavisinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Ward ve arkadaşları, disfajisi olan bireylerde TR aracılığıyla yapılan klinik değerlendirmelerin geçerliği ve güvenilirliğini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmaya kanser ya da nörolojik hastalıklar nedeniyle disfajisi olan 40 olgu dahil edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, kognitif seviyesi iyi olan disfajili olgularda yüz-yüze yapılan değerlendirme sonuçları ile uyumlu klinik kararlar verildiği için özel modifikasyonları olan TR sisteminin kullanılmasını desteklemektedir. Ancak, Sistemin kullanılabilirliğini, kapasitesini ve limitasyonlarını değerlendirmek amacıyla daha büyük örneklemeleri içeren çalışmaların planlanması gerekmektedir (16) (Şekil 9).

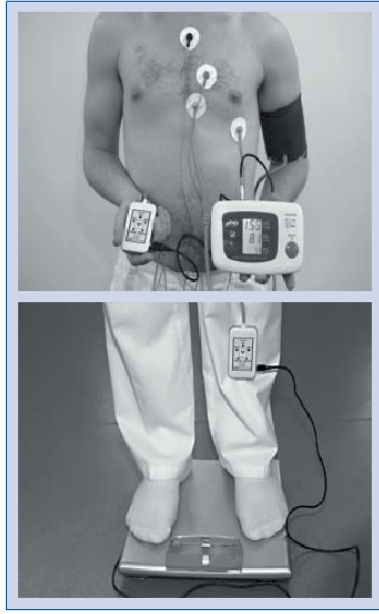
Kardiopulmoner Rehabilitasyon

Kalp yetmezliği, modern kardiyolojideki önemli problemlerden biridir. İstatistikler Avrupa' da 4

milyon, Amerika'da ise 10 milyon insanın kalp yetmezliği ile mücadele ettiğini göstermektedir. Kalp yetmezliği olan hastalara verilen önerilerde düzenli egzersiz eğitimi birinci sırada gelmektedir. İlaç ihtiyacı ile başa çıkabilmek için kalp yetmezliği olan bütün hastaların önerilere ve kardiyak rehabilitasyona uyumunun sağlanması gerekmektedir. Kardiyak rehabilitasyonun faydalarına rağmen kalp yetmezliği olan birçok hasta inaktiftir. Hastaların tedaviyi reddetmesi ayaktan görülen kardiyak rehabilitasyonu engellemektedir. Bu nedenle, kalp yetmezliği olan hastalarda, fiziksel aktivitenin sağlanması için en uygun seçenek, TR destekli kardiyak rehabilitasyonun sağlanmasıdır. Tele-tıp, iki nedenden dolayı egzersiz eğitimi yapılırken daha kullanışlı olabilir: hastanın klinik durumu kontrol edilebilir ve eğitim seansları denetlenebilir. Bu iki nedenin sağlanabilmesi için hastanın semptomlarının (yorgunluk, dispne, göğüs ağrısı) ve özelliklerinin (EKG, kalp hızı, aritmiler, iskemi, kan basıncı, saturasyon, alınan ilaçlar vb.) monitorize edilmesi gerekmektedir. Piotrowicz ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmanın amacı, kalp yetmezliği olan hastalarda kullanılacak olan TR sisteminin geliştirilmesidir (17).



Şekil 10. TR sırasında çekilen elektrokardiografi "Tele-ekg" (17).



Şekil 11. TR sistemi, Tele-ekg ve TR-destekli egzersiz eğitimi için EHO mini cihaz, tansiyon aleti ve tartıyı içeren özel bir seti, cep telefonu aracılığıyla verilerin iletilmesini sağlayan bir takımı, hastaların tıbbi bilgilerini alan ve depolayan izleme merkezini (özel donanımı ve yazılımı olan) içermektedir (17).

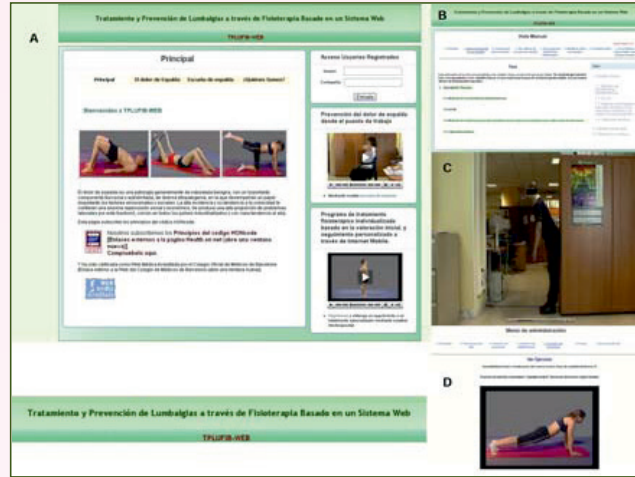
TR, multidisipliner bir ekip tarafından uygulanır ve gelişmiş izleme sistemleri kullanılmaktadır. TR ekibinde; doktor, fizyoterapist, hemşire, EKG teknisyeni ve psikolog yer almaktadır (17) (Şekil 10,11).

Kalp yetmezliği olan hastalarda TR uygulanması iki fazdan oluşur: ilk faz-hastanede ya da polikliniklerde yapılabilir ve başlangıç fazı-evde yürütülür. İlk fazın hedefleri, fonksiyonel kapasitenin ve klinik durumun değerlendirilmesi, hasta eğitimi, hastanın egzersiz kapasitesine göre bireysel olarak planlanan egzersiz eğitiminin verilmesidir. Temel faz; her eğitim seansına başlamadan önce yapılan değerlendirme ve eğitim seansı olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Eğitime başlamadan önce, her hasta onun mevcut durumunu gösteren soruları cep telefonu ile cevaplamalıdır (yorgunluk, dispne, ödem, alınan ilaçlar vb. faktörleri içeren). Daha sonra, hastalar dinlenmedeki EKG, kan basıncı değerlerini izleme sistemine iletmelidirler. Eğer herhangi bir problem yoksa hastalar eğitime başlayabilirler. Egzersiz eğitimi, kalp yetmezliği olan hastalar için daha önce yayınlanan standartlara göre düzenlenmelidir. TR programı ile hastalar yürüyüş, bisiklet ergometresi ile eğitim gibi endurans eğitimi yapabilmektedirler. Egzersiz yoğunluğu, testlerde başarılan iş yüküne bağlı olarak planlanmalıdır.

Eğitim kalp hızı, %40-70 HRR (HRR=egzersiz testi sırasında en yüksek kalp hızı- en düşük kalp hızı) seviyesinde olmalıdır (17).

Ortopedik Rehabilitasyon

Omuz ağrısı toplumda çok sık görülen problemlerden biridir. Fizyoterapistler, bu problemin üstesinden gelebilmek için omuz ağrısı olan bireylerin tedavisinde ve rehabilitasyonunda büyük rol oynarlar. Kırsal kesimlerde ya da uzak bölgelerde yaşayanlar için rehabilitasyon merkezlerine ulaşmak limitlenmektedir. Steele ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmanın amaçları, TR sistemi kullanarak omuz problemlerinin tanısını koymak için geçerli ve güvenilir sistemler tasarlamak, TR aracılığıyla bireysel fiziksel değerlendirme bulgularının geçerliğini ve güvenilirliğini saptamak, hastaların bu sistem kullanılarak yapılan fizyoterapi değerlendirmeleri ile ilgili memnuniyet düzeylerini değerlendirmektir. Bu çalışmaya, 18 yaş üstü, omuz ağrısı olan, görme-ışıtme problemi olmayan, fizyoterapi değerlendirmelerini tamamlayacak algıya sahip 22 olgu dahil edilmiştir. Uzaktan görüşmeler ve hasta değerlendirmeleri eHAB TR sistemi kullanılarak yapılmıştır (Neorehab, Brisbane,QLD, Avusturalya). Bu sistem kablolu 3G internet sistemini kullanır ve fiziksel ölçümlerin video konferans aracılığıyla yapılmasına izin verir. Olgular, Queensland Üniversitesi'nde bir buçuk saat süren yüz-yüze değerlendirme ve uzaktan yapılan değerlendirme seanslarına katılmışlardır. Randomizasyon, dörtlü blok sistemi kullanılarak yapılmıştır. Başvuran her dört hastadan iki tanesi önce TR kullanılarak değerlendirilmiştir ve bu değerlendirmeler farklı fizyoterapistler tarafından yapılmıştır. Yüz-yüze yapılan değerlendirmeler, genel olarak standart fizyoterapi testlerini, özel ortopedik ve nörolojik testleri içermektedir. Uzak değerlendirme, değerlendiren kişi farklı bir odadayken eHAB TR sistemi ile bağlantı kurularak yapılmıştır. Değerlendiren kişiler, hasta ile fiziksel temas olmadan, testler sırasında hastaları sözel olarak değerlendirmişler ve testleri kendi üzerlerinde gösterip hastalardan aynı yapmalarını istemişlerdir. Pato-anatomik tanının geçerliği ve güvenilirliği için, çift kör, bağımsız, deneyimli klinisyenler tarafından tanı konulmuş ve "aynı, benzer, farklı" olmak üzere kaydedilmiştir. İstatistiksel analizin yapılabilmesi için fiziksel değerlendirme bulguları kaydedilmiştir ve değerlendiren kişiler tarafından geliştirilen sisteme göre kaydedilmiştir. Fiziksel değerlendirme parametreleri için yapılan bütün ölçümlerin istatistiksel olarak anlamlı ve %66.9 ile %98.3 arasında tutarlı oldukları bulunmuştur. Bu çalışma, TR yöntemi ile yapılan kas-iskelet değerlendirmelerin geçerliliği ve güvenilirliği üzerine önemli başlangıç bulguları sağlamaktadır (18).



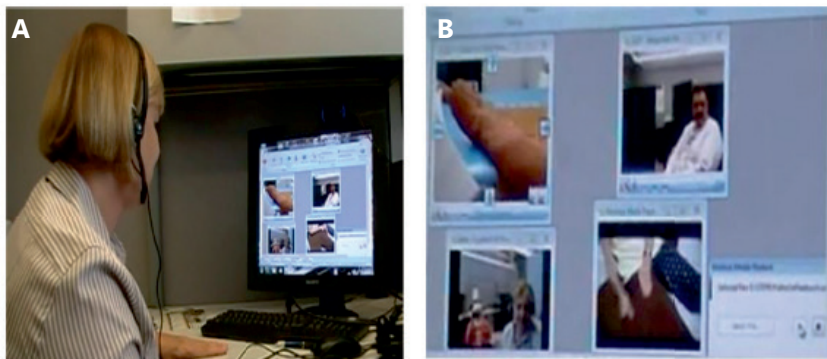
Şekil 12. TR sistemi. **A)** Websitesi, **B)** Fiziksel Değerlendirme Menüsü **C)** İş yerindeki egzersizler, **D)** Ev egzersizleri (19).

Palacin-Marín ve arkadaşları kronik bel ağrısı olanlarda TR ve geleneksel yüz-yüze değerlendirme arasındaki tutarlılık seviyesini araştırmak amacıyla planladıkları çalışmaya kronik bel ağrısı problemi olan 15 kişiyi dahil etmişlerdir. İki değerlendirme yöntemi arasında 30 dakika ara verilmiştir ve değerlendirmelerin sırası rastgele olarak belirlenmiştir. Yüz-yüze değerlendirmeler; normal eklem hareket testini, anketleri ve gövde endurans testini içermektedir. TR değerlendirmeleri skype programı kullanılarak video konferans sistemi aracılığıyla yapılmıştır. Gözlemciler-İçerisi güvenilirliği değerlendirmek amacıyla başlangıç değerlendirmesinden bir ay sonra olgular, aynı gözlemciler tarafından tekrar değerlendirilmişlerdir. Sonuç ölçümleri; lumbal omurga mobilitesi, bel kaslarının enduransı, lumbal motor kontrol, Görsel Analog Skalası (GAS), Oswestry-Disabilite Anketi, SF-12 anketi, Tampa Kinezyofobi Skalası'dır. İstatistiksel analizlere göre; 9 sonuç ölçümünden 7 tanesinde yüksek güvenilir sonuçlar bulunmuştur, $\alpha > 0.80$. En düşük güvenilirlik lateral

fleksiyon hareketinde gözlenmiştir ($\alpha = 0.75$). Düz bacak kaldırma testinde gözlemciler-arası iyi bir güvenilirlik düzeyine ulaşılmıştır ($\alpha > 0.85$). Her sonuç ölçümü için, gözlemciler-İçerisi ve gözlemciler-arası korelasyon katsayıları yüksek bulunmuştur ($\rho = 0.92-0.96$) (19) (Şekil 12).

Lenfödem ve Rehabilitasyonu

Lenfödem, lenfatik sistemin taşıma kapasitesinin azalmasına bağlı olarak gelişen proteinden zengin bir ödemdir. Lenfödem ilerleyici bir hastalıktır. Bu nedenle, tedavi edilmezse, etkilenmiş ekstremitelerde fibrotik dokunun artışına, enfeksiyonlara ve yaraların açılmasına neden olmaktadır. Hareket limitasyonu olan bireyler kronik alt ekstremitte ödemi açısından yüksek riskli gruptadırlar. Venöz ve lenfatik sistemle sıvının geri dönüşü kaslar tarafından fasilite edilmektedir. Tekerlekli sandalye kullananlarda bu fizyolojik mekanizma yeterince çalışmamaktadır. Uzun süre oturmak kapillerlere ve lenfatik damarlara basınç uyguladığı için lenfatik akışı engellemektedir. Gövde



Şekil 13. **A)** Uzak fizyoterapist izlemi **B)** TR seansı (20)

diziliminin yetersiz olması lenfatik akışı kolaylaştıran solunum pompasının aktivasyonunu azaltmaktadır. Kronik lenfödem altın standart tedavisi Kompleks Boşaltıcı Fizyoterapi (KBF)'dir. Ancak lenfödem konusunda uzman bir fizyoterapist bulmak zordur. Merkezden uzak bölgelerde yaşayan hastalar için ulaşım ve maliyet büyük bir sorun haline gelmektedir. Bu nedenle, TR hareket kısıtlılığı olan bireylerin değerlendirilmesi ve tedavisinde geçerli-güvenilir bir yöntemdir. Faett ve arkadaşları, kronik alt ekstremité ödemi ve hareket limitasyonu olan olgularda self-tedavi için TR yönteminin tasarlanması ve geliştirilmesi amacıyla araştırma planlamışlardır. TR için çok yönlü ve entegre sistem programı (VISYTER) seçilmiştir. Bu sistem, internet aracılığıyla yüz-yüze video-konferans yöntemine dayanan kendi kendine tedavi (self-terapi) programıdır. Sonuçlar eğitim programının geçerliğini ve TR yönteminin kronik ödemde uygulanabilirliğini göstermektedir (20) (Şekil 13).

Sonuç

TR, internet ve tele-komünikasyon ağı kullanarak uzaktan değerlendirme, konsültasyon, izleme ve terapi hizmetlerini sunan, kısıtlı olanağa sahip alanlar ve merkezi bölgeler arasında bir köprü kuran hizmet modelidir. ABD' de 1997 yılında Rehabilitasyon Mühendisliği Araştırma Merkezi'nin kurulmasından sonra bu alanda yapılan çalışmalar ivme kazanmıştır. Literatürde, TR teknolojileri olarak el bileği ve ayak bileği izleme sistemleri, sanal gerçeklik destekli sistemler ve robotik sistemler kullanılmaktadır. TR hizmetleri, rehabilitasyonun birçok alanında kullanılmaktadır. Zaman, mesafe ve maliyet engellerini azaltarak kronik hastalığa sahip olgularda herkesin rehabilitasyon hizmetlerine eşit şekilde ulaşmasını sağlar. Sonuç olarak; TR hizmetlerinin yaygınlaştırılması ve daha kullanışlı hale getirilmesi için mevcut sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Literatürdeki çalışmalar, olgu sunumu ve pilot çalışma düzeyinde olduğu için gelecekte daha büyük örneklemelerin dahil edildiği randomize kontrollü çalışmaların planlanması gerekmektedir.

Teşekkür

Danışmanım olarak seminer hazırlama sürecim boyunca akademik bilgi ve deneyimleri ile katkıda bulunarak yol gösteren, manevi yönden ilgi ve desteğini benden esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Özlem GÜVEN ÜLGER'e

Seminer hazırlama sürecim boyunca akademik bilgi ve deneyimleri ile büyük destek ve katkı

sağlayan Sayın Prof. Dr. Türkan AKBAYRAK'a,

Bu konu üzerinde araştırma yapmamı sağlayarak ufku genişleten, fizyoterapi bilimine daha geniş bir çerçeveye bakmamı sağlayan, değerli katkı ve destekleri ile yoluma ışık tutan Sayın Dr. Fzt. Muhammed KILINÇ'a,

Seminer hazırlama sürecim boyunca her türlü ilgi ve desteğini benden esirgemeyerek her zaman yanımda olduğunu hissettiren Sayın Uzm. Fzt. Serap KAYA'ya,

Sevgi ve saygılarımla sonsuz teşekkür ederim.

Kaynaklar

1. Forducey, P.G., Ruwe, W.D., Dawson, S.J., Scheideman-Miller, C., McDonald, N.B., Hantla, M.R. (2003) Using telerehabilitation to promote TBI recovery and transfer of knowledge. *NeuroRehabilitation*, 18 (2), 103-111.
2. Durfee, W., Carey, J., Nuckley, D., Deng, J. (2009) Design and implementation of a home stroke telerehabilitation system. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2009, 2422-2425.
3. McCue, M., Fairman, A., Pramuka, M. (2010) Enhancing quality of life through telerehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 21 (1), 195-205.
4. Wakeford, L., Wittman, P.P., White, M.W., Schmeler, M.R. (2005) Telerehabilitation position paper. *Am J Occup Ther*, 59 (6), 656-660.
5. LaMay, C.L. (1997) Telemedicine and competitive change in health care. *Spine (Phila Pa 1976)*, 22 (1), 88-97.
6. Heinzelmann, P.J., Lugn, N.E., Kvedar, J.C. (2005) Telemedicine in the future. *J Telemed Telecare*, 11 (8), 384-390.
7. Krupinski, E., Nypaver, M., Poropatich, R., Ellis, D., Safwat, R., Sapci, H. (2002) Telemedicine/telehealth: an international perspective. Clinical applications in telemedicine/telehealth. *Telemed J E Health*, 8 (1), 13-34.
8. McCue, M.J., Palsbo, S.E. (2006) Making the business case for telemedicine: an interactive spreadsheet. *Telemed J E Health*, 12 (2), 99-106.
9. Winters, J.M. (2002) Telerehabilitation research: emerging opportunities. *Annu Rev Biomed Eng*, 4, 287-320.
10. Dobrez, D., Heinemann, A.W., Deutsch, A., Manheim, L., Mallinson, T. (2010) Impact of Medicare's prospective payment system for inpatient rehabilitation facilities on stroke patient outcomes. *Am J Phys Med Rehabil*, 89 (3), 198-204.
11. Deng, H., Durfee, W.K., Nuckley, D.J., Rheude, B.S., Severson, A.E., Skluzacek, K.M. ve diğerleri. (2012) Complex versus simple ankle movement training in stroke using telerehabilitation: a randomized controlled trial. *Phys Ther*, 92 (2), 197-209.
12. Cikajlo, I., Rudolf, M., Goljar, N., Burger, H., Matjacic, Z. (2012) Telerehabilitation using virtual reality task can improve balance in patients with stroke. *Disabil Rehabil*, 34 (1), 13-18.
13. Piron, L., Turolla, A., Agostini, M., Zucconi, C., Cortese, F., Zampolini, M. ve diğerleri. (2009) Exercises for paretic upper limb after stroke: a combined virtual-reality and telemedicine approach. *J Rehabil Med*, 41 (12), 1016-1102.

14. Houlihan, B.V., Jette, A., Paasche-Orlow, M., Wierbicky, J., Ducharme, S., Zazula, J. ve diğerleri. (2011) A telerehabilitation intervention for persons with spinal cord dysfunction. *Am J Phys Med Rehabil*, 90 (9), 756-764.
15. Golomb, M.R., Warden, S.J., Fess, E., Rabin, B., Yonkman, J., Shirley, B. ve diğerleri. (2011) Maintained hand function and forearm bone health 14 months after an in-home virtual-reality videogame hand telerehabilitation intervention in an adolescent with hemiplegic cerebral palsy. *J Child Neurol*, 26 (3), 389-393.
16. Ward, E.C., Sharma, S., Burns, C., Theodoros, D., Russell, T. (2012) Validity of conducting clinical dysphagia assessments for patients with normal to mild cognitive impairment via telerehabilitation. *Dysphagia*, 27 (4), 460-472.
17. Piotrowicz, E. (2012) How to do: telerehabilitation in heart failure patients. *Cardiol J*, 19 (3), 243-248.
18. Steele, L., Lade, H., McKenzie, S., Russell, T.G. (2012) Assessment and Diagnosis of Musculoskeletal Shoulder Disorders over the Internet. *Int J Telemed Appl*, 2012, 945745.
19. Palacin-Marin, F., Esteban-Moreno, B., Olea, N., Herrera-Viedma, E., Arroyo-Morales, M. (2013) Agreement Between Telerehabilitation and Face-to-Face Clinical Outcome Assessments for Low Back Pain in Primary Care. *Spine (Phila Pa 1976)*, 38 (11), 947-952.
20. Faett, B.L., Geyer, M.J., Hoffman, L.A., Brienza, D.M. (2012) Design and development of a telerehabilitation self-management program for persons with chronic lower limb swelling and mobility limitations: preliminary evidence. *Nurs Res Pract*, 2012, 608059.

Kortikal Plastisite ve Rehabilitasyon

Doç. Dr. Çiğdem ÖKSÜZ

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Ergoterapi Bölümü

e-mail:coksuz@hacettepe.edu.tr

Özet

Kortikal plastisitesi veya nöroplastisite; hayat boyu süren, yeni deneyimlere ve çevre koşullarına bağlı olarak, nöral yolların yeniden organize olma yeteneğidir. Kısaca beynimizin geleceğini biçimlendirdiğimiz bir tür bir kullan veya yok et ilkesidir. Kortikal plastisite, ilk kez hipokampusün bellek bilgilerini oluşturduğu yöntem olarak öne çıkmıştır. Son yıllardaki bulgularla birlikte bütün beyin bölgelerinde nöroplastisite özelliğinin olduğu bilinmektedir. Kortikal plastisite süreci sağlıklı bir beyinde öğrenmenin, beyin hasarı sonrasında ise rehabilitasyon ile tekrar öğrenmenin anahtarı olarak karşımıza çıkmaktadır. Plastisitenin nörofizyolojisi konusunda yapılan çalışmalar beyin hasarı sonrası rehabilitasyon yaklaşımlarına yeni bir perspektif getirmektedir. Bu bölümde nöral plastisite süreci, nörofizyolojisi ve rehabilitasyondaki yeri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Plastisite, Rehabilitasyon, Motor Öğrenme

Abstract

Cortical plasticity or neuroplasticity is the life-long ability to reorganize neural pathways depending on new experiences and the environmental conditions. In short, it is a kind of “use it or lose it” principle which we reformatted the future of brain. Cortical plasticity was primarily used as the method that memory information created by hippocampus. Along with the findings in recent years, it is known that all the areas of the brain has the property of neuroplasticity. Cortical plasticity is the key process of learning for a healthy brain and relearning with the rehabilitation for the brain damage. Neurophysiological studies of plasticity brings a new perspective for rehabilitation approaches after brain injury. In this section, the process and the neurophysiology of neural plasticity and its’ place in rehabilitation are discussed.

Key words: Plasticity, Rehabilitation, Motor Learning

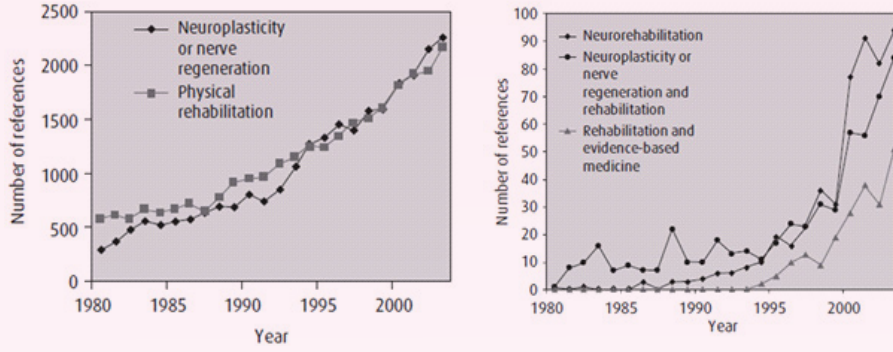
Giriş

1900’lü yılların başına kadar beynin statik bir organ olduğu fetal ya da infant dönemde şekillendiği ve hatta nöral hücre sayılarının doğumdan sonra giderek azaldığı veya değişmediği düşüncesi hakim olmuştur. Erişkin bir beyinde sadece hipokampus ve dentate girus gibi bazı hafıza ile ilgili alanların değişime açık alanlar olduğu kabul edilmekteydi. Bu yüzden de sinir sistemi hasarı sonrasında iyileşmenin minimal düzeyde olduğuna inanılmaktaydı (1). Bugün ise bu görüşün tam aksi kanıtlanmıştır. İnsandaki nöronların büyük çoğunluğu prenatal yaşamın ikinci trimesterinin sonunda oluşur. Doğumu izleyerek 6 yaş civarına kadar sinaps oluşumu oldukça hızlıdır. On dört yaşından itibaren sinaps sayılarında giderek bir azalma gözlenir. Bu azalma yavaşlayarak yaşam boyu devam eder (1, 2).

Kabaca beynin değişime adaptasyonu olarak tanımlanabilen kortikal plastisite kavramı ilk kez William James tarafından 1890 yılında ortaya atılmış

fakat takip eden 50 yılda görmezden gelinmiştir. Doksanlı yılların başlarında serebral kan akışındaki artışa dayalı görüntüleme yöntemleri olan Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI), Transkranial Magnetik Stimulasyon (TMS), Pozitron Emisyon Tomografi (PET) gibi nöral aktivitenin non- invaziv olarak değerlendirilebilmeye başlandığı yöntemler ile birlikte beyin araştırmalarında önemli ilerlemeler sağlanmış ve beynimizin yaşamımız boyunca devamlı olarak değiştiği gösterilmiştir. Bu süreçle birlikte kortikal plastisite kavramı tekrar gündeme gelmiştir. Haritalama yöntemlerinin başlaması ile birlikte periferden verdiğimiz uyarının kortikal alanda ortaya çıkardığı etkiler daha iyi analiz edilebilmeye başlanmıştır. Özellikle 1995’ten sonra rehabilitasyon uygulamalarının kanıt değerini ortaya koyan çalışmalarda ciddi anlamda artışlar meydana gelmiştir (3, 4) (Şekil 1).

Plastisite kelimesi Yunanca “plastikos” kelimesinden türetilmiştir. Sabit gerilme altındaki bir



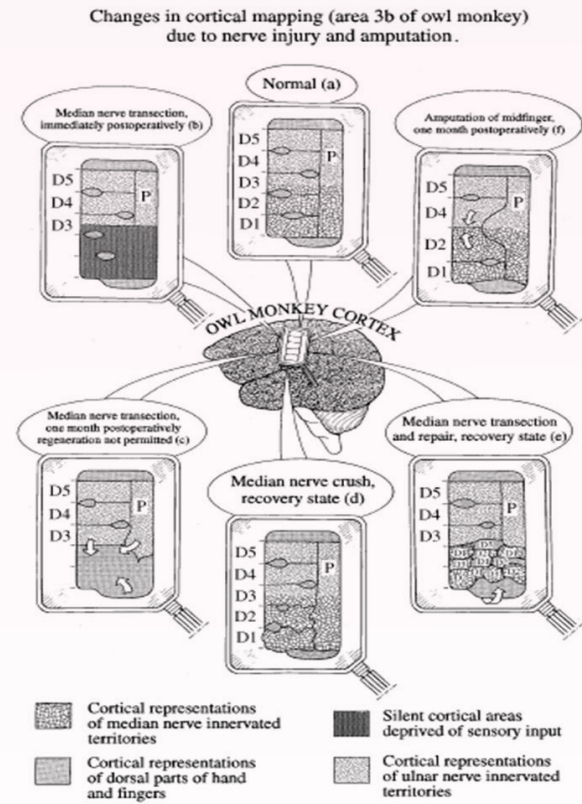
Şekil 1. Yıllara göre rehabilitasyon uygulamalarının referans sayısı. (Selzer, Cohen, Clarke , Duncan, 2006)

cismin belirsiz olarak deformasyonunun devam ettirebilmesi özelliğidir. Kortikal plastisite (beyin plastisitesi) veya nöral plastisite terimi en basit anlamda beyin hücrelerinin çoğalmadıkları halde değişim gösterebilmeleridir (5). Başka bir deyişle hayat boyu süren, yeni deneyimlere ve çevre koşullarına bağlı olarak, nöral yolların yeniden organize olma yeteneğidir (3, 6). İnsan beynindeki nöronların yapısı sabit değildir; her an değişebilmektedir. Nöronlar dışarıdan aldığı uyarılara göre her an ya yeni bağlantılar oluştururlar ya da gereksiz bağlantıları koparırlar. Bağlantıların kalıcılığı alınan bilginin ne kadar tekrarlandığına ya da ne kadar kullanıldığına bağlıdır. Bu şekilde beyin kapasitesinin ne kadarını kullanacağını kendisi belirler. Bu belirlemeyi dışarıdan algıladığı sinyaller ve vücudun gereksinimleri doğrultusunda yapar (4).

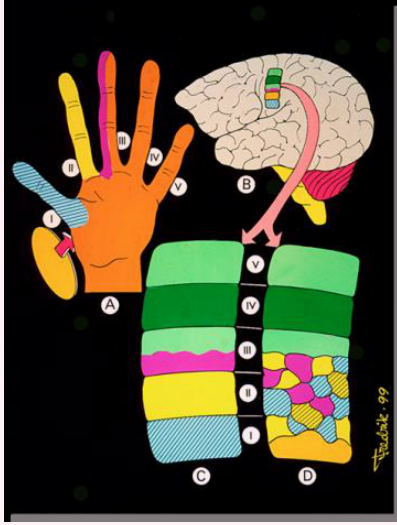
1984 yılında Merzenich ve arkadaşları tarafından primatlar üzerinde yapılan çalışma, somatosensorial korteksin reorganizasyonunu göstererek kortikal plastisiteyi destekleyen en temel çalışmalardan biri olarak kabul edilir. Bu çalışmada primatların parmaklarının kortikal haritası işaretledikten sonra bir parmak ampute edilmiş ve iki ay sonra ampute edilen parmak alanında diğer parmaklara ait duysal ileti olduğu ortaya konulmuştur. Böylece beyindeki nöronal bağlantıların sabit olmadığı, plastik olduğu, yani değişime uğrayabildiği ve böylece de beyinin kendisini tekrar organize etme (reorganizasyon) yeteneğine sahip olduğu görüşü ortaya atılmıştır (7). Merzenich ve arkadaşlarının primer somatosensorial korteksin median sinir kesisi gibi aksonal filizlenmeye neden olacak reorganizasyonu gösterdikleri çalışmadan alınmıştır. Bu çalışmada median sinir transeksiyonu sonrası rejenerasyona izin verilmediği durumda kortikal alanda daha önce median sinirden input alan bölgenin dorsal radial sinir ve ulnar sinir tarafından inerve edilen komşu bölgeler tarafından istila edilmesi gösterilmiştir (8) (Şekil 2).

Median sinirin representasyon alanında tam bir remodelling söz konusudur. Bazı bölgelerde ufak düzensizlikler, üst üste binismeler nedeniyle somatotopik organize olmayan patende cevaplar oluştuğu belirtilmiştir (8) (Şekil 3).

Jenkins maymunun parmağını gün içerisinde bir saat daha fazla kullanırsa 3 ay sonra bu parmağa cevap veren korteks alanının genişlediğini gösterdiği çalışmasında kortikal plastisitenin sa-



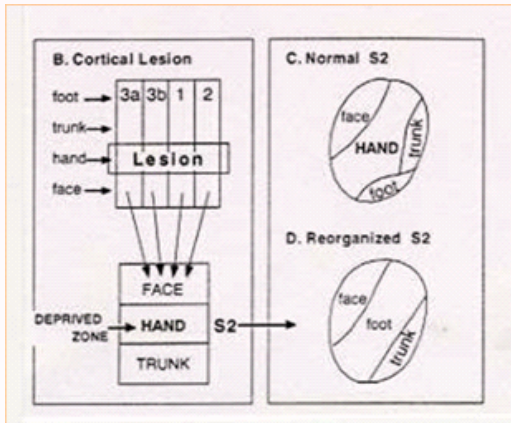
Şekil 2. Amputasyon ve yaralanma sonrasında primatlarda kortikal haritadaki değişim. (Merzenich Nelson, Stryker, Cynader , Schoppman, Zook , 1983)



Şekil 3. Kortikal haritanın yeniden organizasyonu (Merzenich Nelson, Stryker, Cynader , Schoppman, Zook , 1983)

dece yaralanma sonrası değil kullanımın artması sonucunda da değişebildiğini ortaya koymuştur (9).

Üst ekstremitenin 12 yıllık deafferansiasyonu sonrası elin kortikal haritadaki bölgesi yüzden gelen duyuusal inputlara cevap verdiği gösterilmiştir. Bu çalışma kortikal plastisitenin uzun süre devam edebildiğinin bir göstergesidir (10). (Şekil 4). Öte yandan Calford ve Tweedale yaptıkları çalışmada kortikal haritadaki değişikliklerin dakikalar içerisinde gerçekleşebildiğini göstermişlerdir. Yeni filizlenmeler oluşturmaktan çok unmasking özelliğininin bu değişimden sorumlu olduğunu belirtmişlerdir. Kortikal haritadaki bu değişim tek bir hemisferle sınırlı kalmaz. Bir hemisferde oluşan plastisite aynı anda diğer hemis-



Şekil 4. Uzun süreli deafferansiasyon sonrası kortikal haritadaki değişim. (Pons , Garraghty ,Ommaya, Kaas , Taub , Mishkin, 1991)

fere de yansır. Başka bir deyişle diğer hemisfer plastisite oluşan hemisferin ne yaptığını öğrenir ve değişen duyu haritasını aynı şekilde kopyalar (11). Simetrik sensorial representasyonun sağlanması simetrik bilateral motor aktivitenin kontrolü için de önemlidir (3).

Uzun süreli deafferansiasyon sonrası kortikal haritadaki değişim. (Pons, Garraghty, Ommaya, Kaas, Taub, Mishkin, 1991)

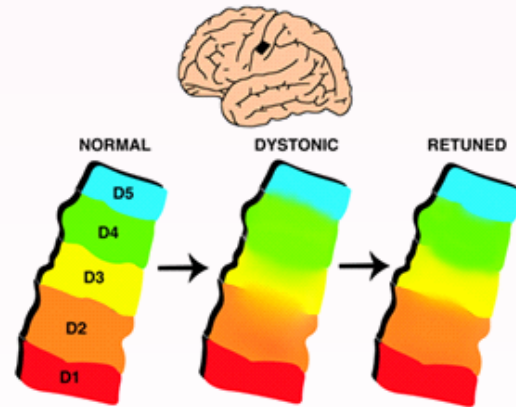
Plastisite Tipleri

Plastisitenin iki farklı çeşidinden söz etmemiz mümkündür.

Tecrübeye Dayalı Plastisite:

Tecrübeye dayalı plastisite yetişkin bireyin beyninin çevresel koşullara göre yeniden şekillenmesi olarak tanımlanabilir. Bu süreç belirli bir becerinin gelişmesi için motivasyon ve konsantrasyon gereken işleri içeren özel çalışma gerektiren bir süreçtir (12). Örneğin yaylı sazlar çalan genç insanlarda sol elin somatosensory korteksteki representasyonunun sağ elin representasyon alanından daha fazla olduğu gösterilmiştir. Yine her iki elin representasyon alanının da hiç yaylı sazlar çalmayan insanlara göre daha büyük olduğu belirlenmiştir. Kortikal reorganizasyonun büyüklüğünün çalgıcının enstrümanı çalmaya başlama yaşıyla orantılı olduğu da vurgulanmıştır (13). Tecrübeye dayalı plastisite plastisitenin olumlu etkisinin en güzel örneğidir.

Yandaki resimde ortadaki şekil fokal el distonisi sonrası öğrenilmiş kullanma sonucu ortaya çıkan tabloyu göstermektedir. Görüldüğü gibi parmaklar arasındaki sınırlar keskin değildir.



Şekil 5. Fokal el distonisi ve rehabilitasyon sonrasında kortikal haritadaki değişim (Candia , Elbert, Altenmüller, Rau, Schafer, Taub, 1995)

Rehabilitasyon uygulamaları sonrasında kortikal haritanın düzeldiği gösterilmiştir (14). (Şekil 5)

Cross-modal Plastisite

Kortikal plastisitenin diğer bir örneği de cross-modal plastisitedir. Bu fenomende bir duyu modalitenin diğerinin yerine geçtiği durumlar söz edilir (15). En bilinen örneği görme özür-lü bireylerde dokunma duyusunun çok gelişmiş olmasıdır. Böylelikle bu kişiler rahatlıkla Brail alfabesi kullanabilirler. Görme özür-lü kişi Brail alfabesi okurken oksipital lobdaki somatosensori-al girdi ile oluşan aktivasyon görmeden sorumlu kortikal alanı aktive etmektedir (16).

Bir başka tanımlamada ise kortikal plastisite-nin iki temel durumda oluştuğundan bahsedilir:

1. Normal beyin gelişimi sırasında immatür beyin dokusunun aldığı duysal verilerle erişkinliğe kadar geçen süreçte gelişen plastisitedir. Buna öğrenme ve hafıza plas-tisitesi ya da gelişim plastisitesi denir.
2. Adaptif plastisite ise yaralanma sonrası fonksiyon kayıplarının kompensasyonu sağlayan plastisitedir (3).

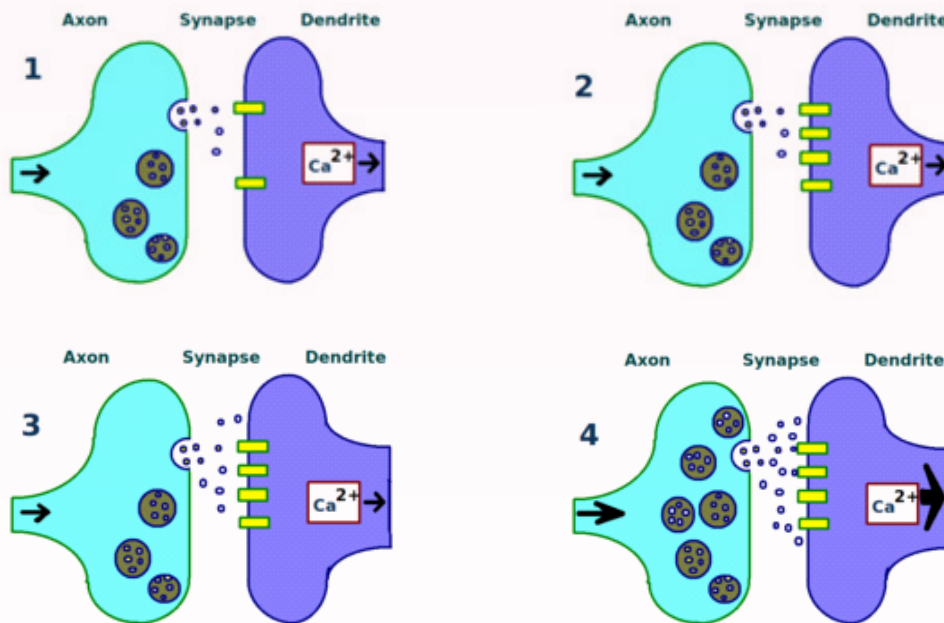
Kortikal plastisite yeni durumlara adaptas-yon yeteneğidir. Bu özellik sayesinde daha iyi bir piyanist olunabilmektedir ya da daha önceden farklı görevler üstlenen beyin hücreleri, beyin yaralanma sonrası zarar gören kısmının görevi-ni üstlenmek üzere eğitilebilmektedir. Örneğin

inme sonrası avasküler alana komşu bölgelerin is-tenilen fonksiyona özelleşmesi gibi ya da tendon transferi sonrası kasın yeni görevini öğrenebilme-si gibi. Fakat kortikal plastisite yeteneğin her za-man olumlu sonuçlar doğurduğunu söyleyeme-yiz. Periferik sinir yaralanması ya da immobilizasyon sonrası kortikal reprezentasyon alanlarının kaybolduğu durumlarda ya da reorganizasyonun kullanılmamaya bağlı olarak geliştiği durumlarda beyin plastisite kavramı olumsuz sonuçlar doğur-maktadır. Çevre ile etkileşim devam ettiği sürece seyrek olarak kullanılan bağlantılar zayıflatılarak hatta ortadan kaldırılarak, yararlı bağlantılar güç-lendirilerek ve yenileri yapılarak sinaptik bağlan-tılar değişmeye başlar. Aktif olan ve aktif olarak değişen sinapslar korunurken diğerleri ortadan kaldırılır. Genel anlamda kortikal plastisite bey-nimizin geleceğini biçimlendirdiğimiz bir tür bir KULLAN VEYA YOK ET ilkesidir (2-4).

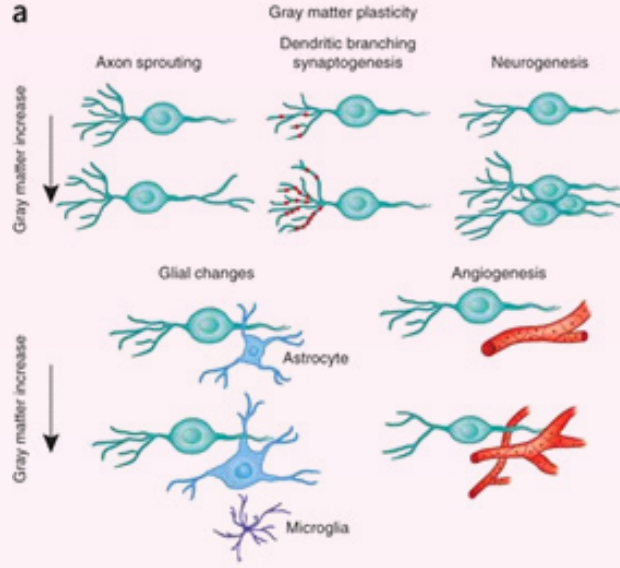
Plastisitenin Mekanizması

Plastisite kavramını açıklayabilmek için hücre-sel düzeyde meydana gelen pek çok farklı mekaniz-madan söz edilir (1, 7).

Anatomik olarak var olan inaktif bağlantıların çalışmaya başlaması ya da inhibisyon mekaniz-masının azaltılması ile inhibe edilmiş bölgelerin aktivasyonunun sağlanmasıyla erken dönemde (dakikalar/saatler içerisinde) oluşan plastisite açıklanabilir. Deride bir bölgenin duyu-sal olarak uyarılması somatosensorial sistemde kortikal represantasyonun oluştuğu alan merkezindeki



Şekil 6. Kortikal plastisite mekanizması (http://en.wikipedia.org/wiki/Long-term_potentiation)



Şekil 7. Plastisite sırasında oluşan nörogenesis (Zatorre, Fields, Johansen-Berg, 2012)

nöronların aktive olmasına bu alanın kenarında kalan bölgedeki nöronların ise inhibe olmasına neden olur. Gamma-aminobutirik asitin (GABA) en önemli inhibitör nörotransmitter olduğu düşünüldüğünde GABAerjik inhibisyonun azaltılması kısa sürede oluşan plastik değişikliklerin oluşmasına neden olmaktadır (1, 2, 4).

Daha uzun dönemde (günler, haftalar, yıllar içerisinde) meydana gelen plastisite ise var olan bağlantıların kuvveti artırılarak, yeni bağlantılar ya da yeni nöronlar oluşturularak sağlanır. Öncelikle nöronlar arasındaki sinaptik kuvvette bir artış meydana gelir. Kortikal nöronlar arası ağda sıkça kullanılan sinaptik bağlantılar fasilete olurken kullanılmayan sinaptik bağlantılar inhibe olur. Bu beynin daha önce de bahsettiğimiz kullan ya da yok et ilkesidir. Uzun süreli potansiyalizasyon (long term potentiation, LTP) ya da uzun süreli depresyon (long term depression, LTD) olarak adlandırılan bu süreç presinaptik sinir hücresinin yüksek frekansla (tekrar tekrar) uyarılmasının, postsinaptik potansiyelde yarattığı uzun süreli bir artış ya da kaybolma sürecidir. LTP, öğrenme ve hafızanın en önemli mekanizması olarak tanımlanmıştır (17) (Şekil 6)

Bunun yanında sinaptik bağlantıların ya da postsinaptik nöronların uyarılabilirlik eşik değerlerindeki değişimler sonucunda da plastisite meydana gelir. Beyinde nörogenesis, sinaptogenesis ve sinaptik remodelizasyon oluşur. Öğrenme, özellikle de motor hareketlerin öğrenilmesi sırasında yeni sinapsların oluşumu (sinaptogenesis) ya da mevcut sinapsların yapısında değişikliklerin olması (sinaptik reorganizasyon) ile beyin plastisitesi gelişir. Yeni sinapsların oluşumunun

özellikle kortikal haritanın reorganizasyonunda altta yatan en önemli neden olduğu düşünülmektedir. Aksonal, dendritik filizlenme ve yeni dendritlerin uzaması genellikle sinir sisteminin yaralanmaya verdiği cevaptır. Filizlenme daha fazla fonksiyonel taleplerin gerektiği durumlarda da (daha karmaşık motor aktiviteler gibi) cevap olarak oluşabilir (2, 5, 18).

Yeni nöronların oluşumu bir diğer plastisite mekanizmasıdır. Subventriküler alanda ve hipokampüste bulunan nöral stem hücreleri kendilerini yenileyebilir ve yeni nesil hücreler oluşturabilir. İnsanda bu hücrelerin görevleri belli değilken hayvanlarda bu hücrelerin çevresel taleplerin artmasına sonucu nörogenesis oluşturdukları gösterilmiştir. Bu yüzden hipokampus beynin en plastik bölgesi olarak kabul edilir (4, 19, 20) (Şekil 7).

Gelen uyarının şiddeti ve süresi ile santral sinir sisteminde primer olarak yanıt verecek bölgenin özelliklerine bağlı olarak bu değişikliklerin biri, birkaçı veya hepsi ortaya çıkabilir (2, 4).

Kortikal Plastisiteyi Etkileyen Faktörler

Çalışmalar bazı faktörlerin nöroplastisiteyi olumlu veya olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu faktörlerden en önemlisi deneyimdir. Santral sinir sisteminde deneyimlerdeki artışa bağlı olarak bazı özel sinaptik bağlantılar oluşur. Nöroplastisiteyi etkileyen bir diğer faktör de uyarın zenginliğidir. Uyarandan zengin ortamda ratların 60 gün sonra beyin ağırlıklarının %7-10 arttığı, sinaptik bağlantıların ise %20 oranında arttığı gözlenmiştir. Öte yandan nöronun yaşamı-

nı sürdürebilmesi ve yeni dentritlerin oluşumunu sağlayabilmesi için de nörotropik faktörler de önemlidir. Yüksek düzey östrojen hipokampüste dentrit gelişimini artırırken düşük düzey östrojen neokortekste daha fazla, hipokampüste daha az dentrit oluşumuna neden olur. Ayrıca testesteron azlığı neokortekste daha fazla dentrit oluşumuna neden olur (1, 3, 21). Nöroplastisiteyi olumsuz etkileyen en önemli faktör ise stresle birlikte adrenal korteksten salgılanan glikokortikoidlerdir. Glikokortikoidler protein ve karbonhidrat metabolizmasına yardım eder ve kan şekerini kontrol eder. Uzun süren stres durumlarında hipokampus hücreleri için nörotoksik etki gösterdikleri gösterilmiştir. Öte yandan çalışmalarda kronik ve şiddetli stres oluşturan faktörlerin olumsuz nöroadaptif değişikliklere yol açtığı, kısa süreli ve belli bir düzeyde stresin ise öğrenme için temel oluşturulan LTP için gerekli olduğu gösterilmiştir (2).

Kortikal Plastisite ve Rehabilitasyon

Kortikal bağlantıların güçlendiği ve deneyimlerimizle yeniden şekillendiği bir süreç içerisinde beynin gerek sağlıklı kişide gerekse yaralanma sonrası sürekli bir değişim içerisinde olduğu gösterilmiştir (4). Kortikal bağlantılar ile fonksiyonel performans arasında doğrudan bir ilişki vardır. Kortikal plastisitenin gerçekleşebilmesi için fonksiyonel performanstan yararlanılması ve yeni bağlantılar ve networkler oluşturulması gerekmektedir. Gerek tecrübeye dayalı plastisitede gerekse cross modal plastisitede kortikal haritada değişiklikler meydana getirebilmek için eğitim şarttır (22). Bunun yanında beynin gelişmesinde genetik yapıya bağlı olarak çevre uyaranlarının da nöronal yapıda ve işleyişinde önemli değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Zenginleştirilmiş bir çevrenin nöroplastik değişiklikler ve fonksiyonel sonuçlarda gelişimler elde etmede normalden daha fazla uyarı sağladığı gösterilmiştir. Fonksiyonel performans eğitimi ile birlikte çevre re-edukasyonunu kortikal plastisitede anlamlı değişiklikler geliştirir (23-25).

Ancak unutulmaması gerekir ki bir hareketin tekrarlı olarak yapılması kortikal reorganizasyon oluşturmaz. Öğrenme ya da özellikli motor hareketlerin öğrenilmesi sırasında yeni sinapsların oluşumu (sinaptogenezis) ya da mevcut sinapsların yapısında değişikliklerin olması (sinaptik reorganizasyon) ile beyin plastisitesi gelişir. Ancak basit hareketlerin tekrarı sırasında bu değişiklikler görülmez (26). Bunun yerine motor beceri gerektiren motor öğrenmenin devreye girdiği fonksiyonel aktivitelerin kullanımı kortikal haritayı değiştirir. Motor öğrenme, hareket yeteneğinde beceri gerektiren, tecrübe veya pratikle oluşan ka-

lıcı değişimleri içeren bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Motor öğrenme teorilerine göre kişinin aktif katılımı, uygulamada anlamlı amaçların yer alması ve bol tekrar öğrenmenin temelini oluşturmaktadır (24-26).

Kleim çalışmasında plastisitenin 10 temel prensibini tanımlamıştır (27). Bunlar:

1. KULLAN YADA KAYBET: Nöral bir devre belli bir süre beceri gerektiren performansta kullanılmazsa bu devre zaman içerisinde yok olacaktır. Kullanılmamaya bağlı olarak sinaps sayısında azalma meydana gelecek ve kortikal haritada silinmeler ve değişimler ortaya çıkacaktır.
2. KULLAN VE GELİŞTİR: Tecrübe-eğitim düzeyi arttıkça sinaptogenezis ve sinaptik bağlantılardaki artışa bağlı olarak kortikal haritadaki değişim artmaktadır. Özel beyin fonksiyonu gerektiren aktiviteler bu davranış için gerekli beyin fonksiyonları ve yapılarında gelişmeye neden olur. Benzer nöral değişikliklerin yaranma sonrasında rehabilitasyona cevap olarak da açığa çıkabileceği görüşü hakimdir.
3. ÖZELLEŞTİR: Beceri gerektiren aktivitelerin öğrenilmesinin daha fazla nöral bağlantı oluşumu gerektirmektedir. Daha önceden kazanılmış motor hareketlerin tekrarının yeni sinaps oluşumuna veya kortikal haritada değişime neden olmadığı gösterilmiştir.
4. YETERLİ TEKRAR: Beceri gerektiren hareketlerin öğrenilmesi için defalarca tekrar gereklidir. Hayvan çalışmalarında, bir sinaptik bağlantının oluşturulabilmesi (bir becerinin öğrenilmesi) için günde en az 400 tekrar yapılması gerekliliği belirtilmektedir. Bu süreçte önemli olan çeşitliliğin de işin içine katılmasıyla tekrarsız tekrar ortamlarının oluşturulabilmesidir (25).
5. YETERLİ YOĞUNLUK: Hareketin tekrarının yanı sıra stimülasyonun yoğunluğu da nöral plastisite sürecinde etkili olmaktadır. Düşük yoğunluktaki stimülasyon sinaptik bağlantılarda zayıflamaya (uzun süreli depresyon) yüksek yoğunluktaki stimülasyon ise artışa neden olmaktadır. Fakat özellikle beyin hasarı sonrasında yoğun stimülasyon adı altında etkilenmiş ekstremitenin daha hazır olmadan kullanımının artırılmasının doku hasarına ve fonksiyon kaybına neden olabileceği unutulmamalıdır. Plastisitenin doğru olarak ortaya çıkabilmesi için yeterli yoğunlukta stimülasyon gereklidir.
6. ZAMANLAMA: Plastisitenin bir süreç olduğu ve zamanla oluştuğu unutulmamalıdır.

Plastik değişim süreci dakikalar içinde başlamasına rağmen hafızanın oluşması zaman almaktadır. Zaman faktörü özellikle beyin hasarı sonrasında rehabilitasyon yaklaşımına karar verme sürecinde daha da önemlidir. Öğrenme sürecinde iyileşme ve kompensasyon birlikte rol oynamakla birlikte erken kompensatuar eğitimlerin, doğru iyileşme için engel oluşturacağı bilinmektedir (27). Bu yüzden de rehabilitasyona mümkün olan en erken sürede başlanması tavsiye edilmektedir (25).

7. DİKKAT: Yeterli motivasyon ve dikkat göreve katılımı arttırmak için gereklidir. Nöral plastisite hedefe odaklı ve anlamlı amacı olan, fonksiyonla ilişkili ve gerçek yaşam kurgularını temel alan aktiviteler ile daha çok artırılmaktadır (25, 27).
8. YAŞ: Yetişkin bir beyin bazı dereceye kadar yapısal reorganizasyonla gerek yaralanma sonrası gerekse deneyimlerle plastik değişimler yapabilme yeteneğine sahiptir. Fakat şunu belirtmek gerekir ki erişkin beyindeki bu yapısal değişiklikler genç beyinlerle kıyaslandığında daha yüzeysel ve daha yavaş olmaktadır. Plastisite yeteneği genç beyinlerde daha fazladır.
9. TRANSFER: Eğitim sonrası açığa çıkan bir nöral devredeki plastisite yeteneği eş zamanlı olarak ya da daha sonra kortikal haritayı geliştirebilir. Nöral fonksiyonda değişime neden olan plastisite aynı zamanda başka davranış ve becerileri de ortaya çıkmasına, bu becerilerin artmasına neden olabilir. Bir parmağın çalıştırılmasının kortikal uyarılabilirliği artırması veya el kaslarının primer motor korteksteki representasyon alanında artış olması örnek olarak gösterilebilir. Önemli olan belirli bir tedavinin becerinin ortaya çıkmasından sorumlu olup olmadığını ya da transferin tedavinin çeşidine bağlı olmaksızın mı ortaya çıktığına karar vermektir.
10. ETKİLEŞİM: Nöral fonksiyonda değişime neden olan plastisite aynı zamanda başka davranış ve becerileri de ortaya çıkmasının engellenmesine neden olabilir. Bir beceriyi geliştiren tedavi yaklaşımı diğer bir performans ile etkileşebilir. Devam eden fonksiyonlar yaralanma sonrası kaybedilmiş fonksiyonların ortaya çıkmasını engelleyebilir (27). Eşzamanlı olarak verilen sözel uyarılar performansı artırırken öğrenmeyi yavaşlatır (25).

Nörogelişimsel tedavi yaklaşımları, kısıtlayıcı yoğunlaştırılmış hareket tedavisi (constraint induced movement therapy), robot destekli tedavi yaklaşımları, imitasyon öğrenme, sanal gerçeklik

tedavisi, ayna terapisi, mental pratik, seçici anestezi, hedef/görev odaklı eğitim gibi motor öğrenme temelli rehabilitasyon yaklaşımları beyin plastisitesine dayanan en yaygın kullanılan rehabilitasyon yöntemleridir (28).

Sonuç

Günümüzde, beynin plastisite özelliği nedeniyle değişime açık bir alan olduğu, yaşamımız boyunca devamlı olarak değiştiği ve bu değişim sürecinin beyin hasarı sonrasında da ortaya çıkabildiğini anlamaya başlamış bulunmaktayız. Plastisiteyi etkileyen yoğunluk, zamanlama, dikkat, stres, aktif katılım gibi farklı faktörlerin manipülasyonu beynin şekillendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu farklı stratejilerin anlaşılması beyin hasarı sonrası daha etkin bir rehabilitasyon programı oluşturmamızı kolaylaştırmaktadır. Beyin hasarı sonrasında fonksiyonel sonuçları geliştirmek için bu farklı stratejiler performans bazlı rehabilitasyon programları geliştirmemizde fayda sağlamış ve bozukluk üzerine yoğunlaşmış tedavi yöntemlerimize yeni bakış açısı kazandırmıştır.

Kaynaklar

1. Kandel, E., Schwartz, J., Jessel, T. (2000). Principles of neural science (c. 4): Mc Graw-Hill.
2. Kotan, Z., Sarandöl, A., Eker, S., Akkaya, C. (2009) Depresyon, Nöroplastisite ve Nörotrofik Faktörler. *Psikiyatriye güncel yaklaşımlar*, 1, 22-35.
3. Selzer, M.E., Cohen, L.G., Clarke, S., Duncan, W.P. (2006). Textbook of Neural Repair Rehabilitation Neural Repair and Plasticity. (c. 1): Cambridge University Press.
4. Björkman, A. (2005) Brain plasticity and hand function In Lund University Faculty of Medicine Doctoral Dissertation Series 2005:87.
5. Başaran DC, Y.F., Ekenci BY, Kılıç S, Ülgen P. Nöroplastisite ve Güncel Yaklaşımlar.
6. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, La Mantia A-S, McNamara JO ve diğerleri. (2004). Neuroscience: Sunderland.
7. Merzenich, M.M., Nelson, R., Stryker, M., Cynader, M.S., Schoppmann, A., Zook, J.M. (1984) Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys. *J Comp Neurol*, 224 (4), 591-605.
8. Merzenich, M.M., Kaas, J.H., Wall, J., Nelson, R.J., Sur, M., Felleman, D. (1983) Topographic reorganization of somatosensory cortical areas 3b and 1 in adult monkeys following restricted deafferentation. *Neuroscience*, 8 (1), 33-55.
9. Jenkins, W.M., Merzenich, M.M., Ochs, M.T., Allard, T., Guic-Robles, E. (1990) Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation. *J Neurophysiol*, 63 (1), 82-104.
10. Pons, T.P., Garraghty, P.E., Ommaya, A.K., Kaas, J.H., Taub, E., Mishkin, M. (1991) Massive cortical reorganization after sensory deafferentation in adult macaques. *Science*, 252 (5014), 1857-1860.

11. Calford, M.B., Tweedale, R. (1990) Interhemispheric transfer of plasticity in the cerebral cortex. *Science*, 249 (4970), 805-807.
12. Huttenlocher, P. (2002). Neural plasticity : The effects of environment on the development of the cerebral cortex. : Cambridge: Harvard University press.
13. Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B., Taub, E. (1995) Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270 (5234), 305-307.
14. Candia, V., Elbert, T., Altenmüller, E., Rau, H., Schafer, T., Taub, E. (1999) Constraint-induced movement therapy for focal hand dystonia in musicians. *Lancet*, 353 (9146), 42.
15. Bavelier, D., Neville, H.J. (2002) Cross-modal plasticity: where and how? *Nat Rev Neurosci*, 3 (6), 443-452.
16. Gizewski, E.R., Gasser, T., de Greiff, A., Boehm, A., Forsting, M. (2003) Cross-modal plasticity for sensory and motor activation patterns in blind subjects. *Neuroimage*, 19 (3), 968-975.
17. Hess, G., Donoghue, J.P. (1994) Long-term potentiation of horizontal connections provides a mechanism to reorganize cortical motor maps. *J Neurophysiol*, 71 (6), 2543-2547.
18. Teskey, G.C., Monfils, M.H., VandenBerg, P.M., Kleim, J.A. (2002) Motor map expansion following repeated cortical and limbic seizures is related to synaptic potentiation. *Cereb Cortex*, 12 (1), 98-105.
19. Gevins, A., Brickett, P., Costales, B., Le, J., Reutter, B. (1990) Beyond topographic mapping: towards functional-anatomical imaging with 124-channel EEGs and 3-D MRIs. *Brain Topogr*, 3 (1), 53-64.
20. Zatorre, R.J., Fields, R.D., Johansen-Berg, H. (2012) Plasticity in gray and white: neuroimaging changes in brain structure during learning. *Nat Neurosci*, 15 (4), 528-536.
21. Keyvani, K., Schallert, T. (2002) Plasticity-associated molecular and structural events in the injured brain. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 61 (10), 831-840.
22. Johansson, B.B. (2003) Neurorehabilitation and brain plasticity. *J Rehabil Med*, 35 (1), 1.
23. Risedal, A., Mattsson, B., Dahlqvist, P., Nordborg, C., Olsson, T., Johansson, B.B. (2002) Environmental influences on functional outcome after a cortical infarct in the rat. *Brain Res Bull*, 58 (3), 315-321.
24. Johansson, B.B. (2000) Brain plasticity and stroke rehabilitation. The Willis lecture. *Stroke*, 31 (1), 223-230.
25. Yıldırım, S.A. (2013). İnme rehabilitasyonunda motor öğrenme A. A. Karaduman, S. A. Yıldırım & Ö. T. Yılmaz (Ed.). İnme Sonrası Fizyoterapi ve Rehabilitasyon: Pelikan Yayınevi
26. Classen, J., Liepert, J., Wise, S.P., Hallett, M., Cohen, L.G. (1998) Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. *J Neurophysiol*, 79 (2), 1117-1123.
27. Kleim, J.A., Jones, T.A. (2008) Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech Lang Hear Res*, 51 (1), S225-239.
28. Tüzün, E.H., Karaduman, A.A. (2013). İnmeli hastalarda kanıta dayalı fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları. A. A. Karaduman, S. A. Yıldırım & Ö. T. Yılmaz (Ed.). İnme Sonrası Fizyoterapi ve Rehabilitasyon: Pelikan Yayınevi

Rehabilitasyonda Görsel İmajinasyon Tedavileri: Ayna Tedavisi ve Plastik El İllüzyonu

Fzt. Damlağül AYDIN ÖZCAN

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

damlagul.aydin@hacettepe.edu.tr

Özet

Rehabilitasyonda görsel imajinasyon teknikleri son yıllarda bilimsel çalışmalara sık konu olan yeni bir yöntemdir. Görsel imajinasyon tekniklerinde hasta, olmayan uzvunu veya bir nesneyi bazı özel aletler yardımıyla görür veya varmış gibi hayal eder. Buradaki amaç; olmayan duyuşal inputları oluşturarak beyinde yeni bir yapılanmaya ve bazı nörofizyolojik süreçleri düzenlemeye yardımcı olmaktır. Bu sürecin mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte hayal edilerek oluşturulan duyuşal input, beyinde komşu olan duyuşal ve motor korteks arasındaki bağlantıyı güçlendirerek motor yanıtı kuvvetlendirdiği düşünülmektedir. Bu seminerde Görsel imajinasyon tedavisi, rehabilitasyonda en sık kullanılan yöntemlerinden olan ayna tedavisi ve plastik el illüzyon terapileri ile anlatılmaya çalışılmıştır. Bu tedavi yöntemlerinden ayna tedavisi; inme ve hemiparazi rehabilitasyonunda (1-4), amputasyon sonrası fantom ağrısında (5-11), kompleks bölgesel ağrı sendromlarında (12-15), kırık sonrası fizyoterapide (16), tendon yaralanmaları (17), serebral palsi (18), beyin tümörü (19) gibi hastalıklarda; plastik el tedavisi ise şizofreni (20), amputasyon (21), otizm (22) gibi hastalıklarda uygulanmış ve birçok parametrede başarılı sonuçlar vermiştir. Görsel imajinasyon teknikleri fonksiyonel ve tedavi edici etkileri ile rehabilitasyonda birçok hastalığın tedavisi için umut vaat etmektedir.

Anahtar kelimeler: Görsel İmajinasyon Tedavisi, Ayna Tedavisi, Plastik El İllüzyonu

Abstract

Visual imagination techniques have been studied for last few decades in scientific studies. In visual imagination techniques, the patient see or imagine the missing extremity or an object with the help of some special devices. The purpose of this technique is to create a new sensory input and restore neurophysiological processes in the brain. This process is still not known clearly but some scientists think that sensory input which is produced with imagination strengthens the motor response by providing connection between neighboring sensory and motor cortex. The visual imagination techniques is tried to explain with mirror therapy and plastic hand illusion therapies which are its most commonly used methods in this seminar. The Mirror Therapy used in stroke and hemiparesis rehabilitation (1-4), phantom pain after amputation (5-11), complex regional pain syndromes (CPRS) (12-15), fracture rehabilitation (16), tendon injuries (17), diseases such as cerebral palsy (18) and brain tumor (19) and Rubber Hand Therapy was studied in many diseases such as schizophrenia (20), autism (21), amputation (21). Successful results are obtained in many parameters of these diseases. Visual imagination therapy with its functional and therapeutic effects is a promising technique for the rehabilitation of many diseases.

Keywords: Visual Imagination Therapy, Mirror Therapy, Rubber Hand Illusion

Giriş

Rehabilitasyonda görsel imajinasyon tedavilerini anlatmaya başlamadan önce metin içinde geçecek olan bazı kelimelerin anlamlarının gözden geçirilmesinde yarar vardır.

İmaj: imge

İngelem: 1. Hayal etme anlamına gelen zihni görsellik olgusudur (23).

Eski türkçesi “tahayyül” olarak geçmektedir.

İllüzyon: 1. Göz bağı. 2. Yanılsama (23).

Hint felsefesine göre de illüzyon; doğru yada yanlış olmayan şey olarak tanımlanır.

İllüzyon Çeşitleri

Birçok illüzyon modeli oluşturulabilir (Resim.1). Bu yöntemlerden bazıları rehabilitasyonda kullanıldığında, plastisiteyi ve dolayısıyla motor yanıtları desteklemeye yardımcıdır.

Bu seminerde bunlardan yalnızca rehabilitasyonda daha sık kullanılan görsel illüzyon modelleri üzerinde durulmuştur.

İmajinasyon Tedavilerinin Kullanım Alanları

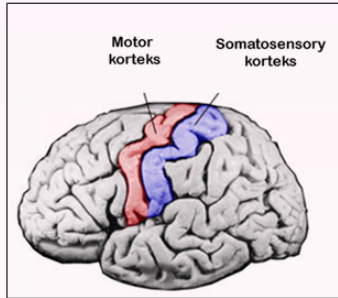
İmajinasyon; yani zihni görsellik olgusu tıpta ve diğer başka birçok alanda kullanılmaktadır. Tıpta en sık kullanım alanları Tablo.1’de özetlenmiştir.



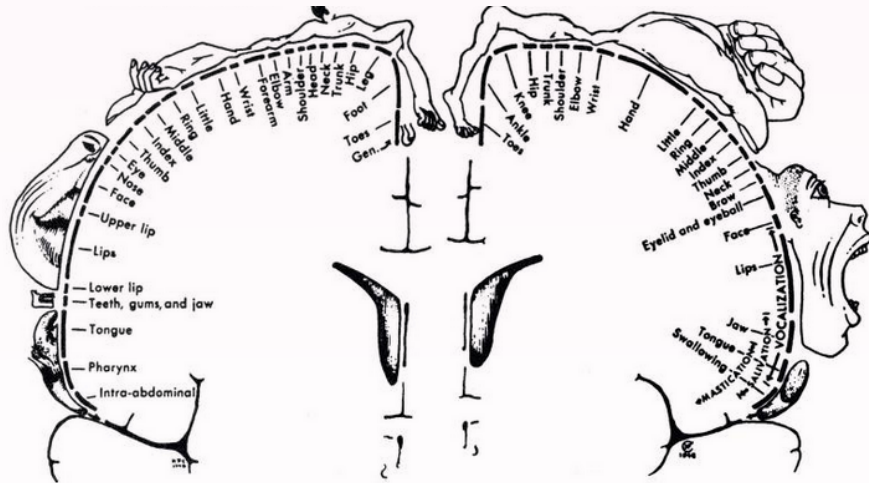
Resim 1. İllüzyon çeşitleri

Tablo 1. Görsel imajinasyonun tedavide kullanım alanlarından bazıları

• Psikoterapi
• Rehabilitasyon
• Diyet programlarının uygulanması
• Müzisyen eğitimleri
• Yoga egzersizleri
• Pilates egzersizleri



Resim 2. Duyusal ve motor korteksin yakın komşuluğu (24).



Resim 3. Penfield duyusal (sol) ve motor (sağ) homonkulusu (25).

Biz de Hacettepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Romatolojik Rehabilitasyon ünitesinde uyguladığımız Bilişsel Egzersiz Terapi Yaklaşımı (BETY) yönteminde, sıkça görsel imgelemelerden ve hayal gücünden yararlanmaktayız. Görsel imgelemeler kullanarak yapılan egzersiz ve dans terapi, hastalarda ağrı, kendini iyi hissetme ve yorgunluk vizüel analog skalası (VAS) değerlerinde olumlu yönde gelişime yardımcı olmaktadır.

İmajinasyon Tedavilerinde Santral Mekanizma

Bu yöntemde görsel imajinasyon veya illüzyon yardımıyla santral sistemde nörofizyolojik regülasyon hedeflenmektedir. Örneğin; olmayan bir ekstremiteyi varmış gibi hayal etmek veya varmış gibi görmek olmayan duyuşsal inputların bir şekilde oluşturulmaya çalışılmasıyla fantom ağrısını azaltmaktadır. Buradaki mekanizma tam olarak tanımlanamamıştır ve hayli ilgi çekicidir.

“Peki, bu organizasyon nasıl olmaktadır? Duyusal ve motor korteksin birbirine yakın komşuluğu ve aralarındaki sıkı ilişki bu soru işaretini çözen anahtarlardan biri olabilir mi? (Resim 2 ve Resim 3) “Örneğin neden bazı renklerin kokusu varmış gibi gelir?” Mesela algımızda kırmızı renk çilek kokusuyla eşleşmiş olabilir mi? Göremeyen ve dünyayı hayal etmek durumunda olan görme engelli bireylerin çokça hayal etmelerinin duyuşsal korteks gelişimi üzerinde etkisi var mıdır ve görme duyuşlarının dışındaki duyuşları bu sebeple mi bizlere göre daha çok geliştirmiş?”

Yapılan son beyin görüntüleme çalışmaları da göstermektedir ki, serebral kortekste hasara yol açan birçok hastalığın rehabilitasyonunda kullanılan görsel imajinasyon teknikleri kortikal reorganizasyon sağlamıştır (19, 26-31).

Yapılan bir çalışmada ayna terapisinin motor yanıtı ve motor plastisiteyi geliştirme üzerine etkisini test etmek üzere transkranial manyetik stimülasyon yardımıyla primer motor korteks (M1) plastik fonksiyon artışına bakılmıştır. Çalışmada ayna terapisi ile sağ ele uygulanan tekrarlı motor eğitimin sol elin motor performansını arttırdığı gösterilmiş. Bu davranışsal değişim kortikospinal yolağın eksitator fonksiyonlarının uyarılmasıyla sağlanmış, sağ M1'deki plastik değişimlerle ilişkili bulunmuştur (32).

Son yıllarda ortaya konan diğer mekanizma ise ayna tedavisinin ayna nöron sistemi üzerinden etkili olabileceği yönündedir (33).

Yapılan nörogelişimsel çalışmalar rehabilitasyon alanını da yakından ilgilendiren ayna terapisi üzerinde durmaktadır. Oluşan nöroregülasyonun mekanizması üzerine son yıllarda çokça çalışma yapılmaktadır.

Görsel İmajinasyon Tedavileri

Ayna Terapisi

Ayna tedavisi ilk defa Rogers-Ramachandran tarafından 1996 yılında fantom ağrı sendromunda anlamlı iyileşme rapor edilerek tanımlanmıştır (34). Günümüzde 'Pubmed'te ayna terapisi anahtar kelimesiyle arandığında 400 kadar çalışma mevcuttur. Ayna terapisinin; inme ve hemiparazi rehabilitasyonunda (1-4), amputasyon sonrası fantom ağrısında (5-11), kompleks bölgesel ağrı sendromlarında (12-15), kırık sonrası fizyoterapide (16), tendon yaralanmalarında (17), beyin tümörü (19) ve serebral palsi (18) gibi birçok hastalıkta etkinliği araştırılmıştır.

Ayna Tedavisi Nasıl Yapılmaktadır?

Ayna terapisinde kişi olmayan veya hasta olan ekstremitesinin Resim.4'teki gibi aynanın arkasında tutarak görmemesi sağlanır. Önünde gör-

düğü şey sağlam taraf ekstremitesi ve onun yansıması olan ayna aksidir.

Literatürde Ayna Terapisi

Ayna terapi ile görsel geri bildirim uygulamasının beyin fonksiyonlarını düzenlediğini savunan çalışmalar vardır (11).

Yapılan bir çalışmada spinal kord yaralanması sonrasında nöropatik ağrı yaşayan vakalarda ayna terapi ve görsel geri bildirim kullanılmış ve yöntemin minimal yan etkileri olan ve iyi tolere edilebilen bir yöntem olduğu bildirilmiştir (36).

2013 yılında yazılan bir derlemede toplamda 14 çalışma ve 567 innmeli hasta incelenmiş; motor fonksiyon, ağrı, günlük yaşam aktivitelerinde tedavi grupları ve kontroller arasında anlamlı fark bulunurken 'görsel uzaysal aldırılmazlık' değerlendirilmesinde istatistiksel açıdan anlamlı fark gözlenmemiştir (37).

2012 yılında yapılan bir derleme çalışmasında ayna terapiden ilaç tedavisi kadar başarılı bir yöntem olarak bahsedilmektedir (38).

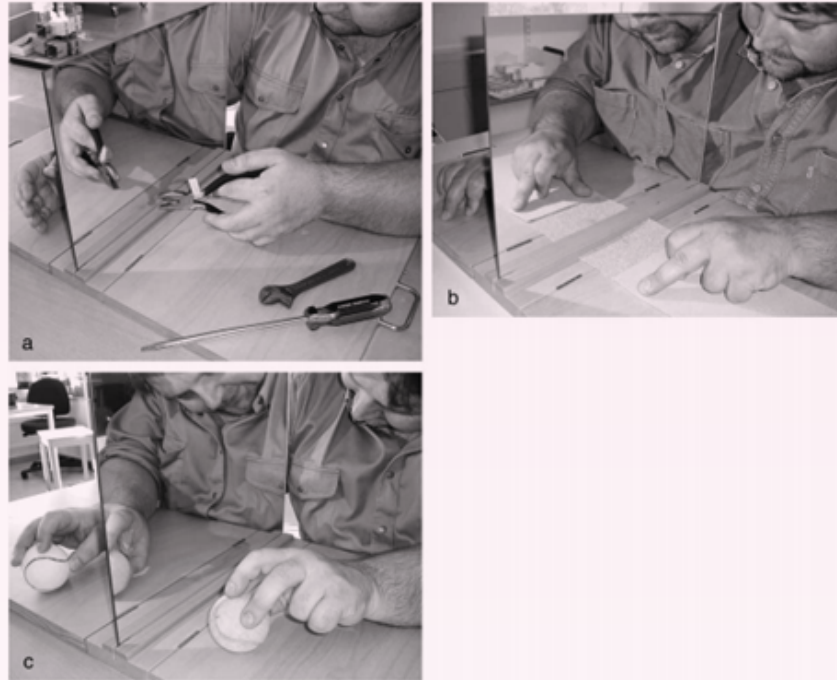
Bells palsy'li 8 hastada botox uygulaması sonrasında gelişen fasial sinkinezi için ayna geribildirim terapisi yapılmıştır. Çalışmanın sonucu; 10 ay tedavide başarı oranı %25'ten %70'lere ulaşmıştır (39).

Türkiye'de Kuzgun ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan çalışmada 20 innmeli hasta klasik egzersiz ve ayna terapi gruplarına ayrılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda Brunnstrom evrelemesi, Fugl Meyer Motor Fonksiyon Skalası, el bilek ekstansiyonunun gonyometrik ölçümü ve Barthel İndeksi ölçümlerinde iki grup arasında anlamlı fark bulunmamıştır (35).

Yapılan başka bir çalışmada ayna tedavisinin kullanıldığı 3 vakada el rehabilitasyonu yapılmış ve fleksör tendon tamiri, ekstansör tendon tamiri, median sinir tamiri gibi cerrahi sonrası vakalar-



Resim 4. Ayna terapisiyle çalıştırılan sağ el ekstansiyonu (35).



Resim 5. Ayna terapi ile çeşitli materyaller kullanılarak yapılan el rehabilitasyonu (17).

da da el fonksiyonları açısından başarılı sonuçlar alınmıştır (Resim 5) (17).

Ayna karşısında yapılan ve görsel geri bildirim yoluyla tedavi hedeflenen bir yöntem olan sanal yürüme tedavisinin uygulandığı bir çalışmada 4 hasta sanal yürüme terapisini 3 hafta boyunca her gün almıştır ve çalışmanın sonucunda VAS ağrı skorunda 3 hafta içinde ortalama 53 mm, 3 aylık takipte ise 43 mm düşüş elde edilmiştir (40).

Yapılan bir çalışmada ayna tedavisinin daha kolay ve daha uzun süre yapılması için bir gözlük tasarlanmıştır (Resim 5). Çalışmanın sonucu ayna tedavisi ile tasarlanan gözlüğün tedavi etkinliği benzer bulunmuştur (41).

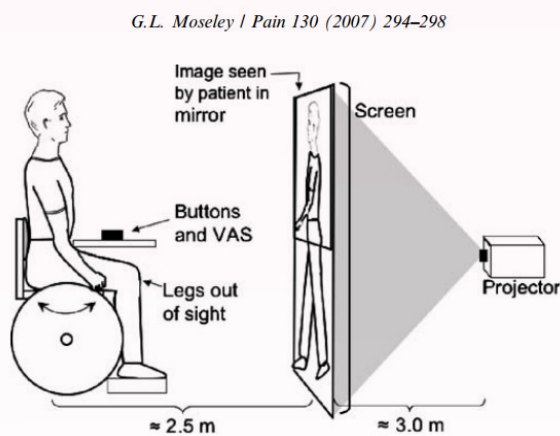
Plastik El İllüzyon Terapisi

Plastik el illüzyon terapisi ilk defa Botvinic ve arkadaşları tarafından tanımlanmış bir yöntemdir (42). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki 15 sn boyunca senkronize uyarı yapılan kişilerin %80'inde bu illüzyon oluşmaktadır (43, 44).

Bu yöntem vücut aidiyet hissinin azaldığı veya değiştiği, ağrı algısının artmış olduğu veya vücut kilo algısının bozulduğu durumlarda ve diğer algı sorunları yaşanan hastalıklarda kişinin algılarını değiştirmek için kullanılabilir ve gelecek için umut vaat eden bir rehabilitasyon yöntemidir.

Plastik El İllüzyonu Nasıl Yapılır?

Plastik el illüzyonu; Resim 5 ve Resim 6'daki gibi arada paravan varken hastanın gerçek eli örtülü ve hastanın görmesine izin verilmeyecek şekilde düzenlenir. Hastanın görüş alanında plastik ve gerçekçi bir maket el konulur. Hastadan bu ele bakması ve odaklanması istenir. Bu sırada terapist eş zamanlı olarak gerçek ve maket elin aynı noktasına elindeki fırça ile uyarılarda bulunur. Bir süre bu işlem devam ettikten sonra plastik



Resim 6. Ayna geribildirim tedavisinin düzeneği. Burada hasta ekranın yarısından aşağısında daha önceden çekilmiş ve yürüyen bacaklara odaklanıyor. Hasta aynada kendisini yürüyor gibi görürken bir taraftan kendisi ekrandaki adımlarla senkronize ağırlık aktarıyor (40).



Resim 7. Ayna terapiye kıyasla daha sık kullanılabileceği düşünülen gözlük tasarımı (41).



Resim 8. Plastik el illüzyonunun uygulanması sırasında her iki ele eş zamanlı uyarılar yapılırken (45).

el illüzyonu uygulanan kişide el gerçeklik algısı bozulmaya ve plastik eli kendi eli gibi hissetmeye başlar. Tam bu anda kişiden gözleri kapatılıp gerçek elinin nerde olduğunu göstermesi istenince kişi gerçek elini maket el ile gerçek el arasında bir yerlerde gösterir. Hatta bazen gerçek elini tam olarak maket elin yerinde bile gösterebilir.

Plastik El illüzyonu İle Yapılan Çalışmalar

Plastik el illüzyonu anahtar kelimesiyle 'Pubmed'te arandığında yapılmış 120 kadar çalışmaya ulaşılmaktadır.

Plastik el illüzyonu; inme, şizofreni (20), otizm (22), amputasyon (21) ve yeme bozukluklarında uygulanmış ve birçok parametrede başarılı sonuçlar vermiştir.

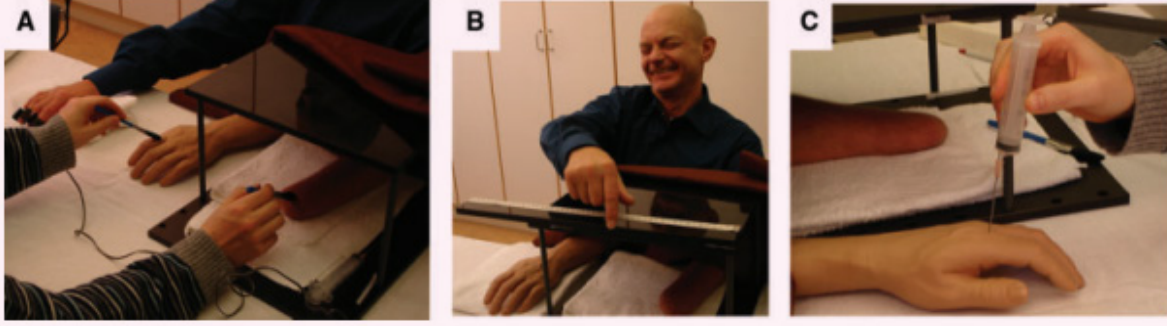
Ampute hastalarda yapılmış bir çalışmada hastaların plastik el illüzyonu sonrasındaki yorumları şöyledir (21);

1. Mankene verilen uyarıyı hisseder gibiydim.
2. Mankenin vücudunu kendi vücudum gibi görmeye başladım.
3. Aynı anda sanki iki vücudum var gibi hissettim.
4. Mankenin vücut görüntüsü değişti ve sanki benim vücudum gibi görünmeye başladı.
5. Fantom elimin mankenin güdük ucunda/içinde hissettim.

Yapılan fMRI çalışmaları plastik el illüzyonu terapisinde serebellum, parietal, insular, premo-



Resim 8. Plastik el illüzyonu sırasında paravan ve hastanın konumu (46).



Resim 10. Hastanın plastik el illüzyonunu kendi kendine deneyimleyeceği alet (53).

tor ve frontal operküler sınırlarda ve serebral kortekste metabolizma artışını tespit etmişlerdir (43, 47-51).

Yapılan bir başka çalışma, plastik el illüzyonunu hissetme gücünde ve hissetme süresinde çocuklar ile yetişkinler arasında fark olup olmadığını ölçmek için planlanmıştır. Çalışma sonucunda çocukların ve erişkinlerin görsel ve taktıl senkronizasyonları birbirine yakın çıkmıştır fakat çocuklar erişkinlere göre illüzyonu daha kuvvetli hissedip gerçek elin yerini plastik ele daha yakın göstermişlerdir (52).

Yapılan bir çalışma hastanın plastik el illüzyonunu terapist olmaksızın kendi kendine yapabilmesi için bir alet tasarlamıştır (Resim.10) (53).

Başka bir çalışma yine vücut algısında değişim gözlenen şizofreni hastalarının kontrol grubuna kıyasla illüzyonu daha kuvvetli ve daha kısa sürede hissettiğini rapor etmiştir. Çalışmanın sonucunda şizofreni hastalarında gerçeklik algısının bozulması ve halüsinasyonların altta yatan sebebinin fonksiyonel entegrasyonun ve çevresel input algısının bu vakalarda bozulması olabileceği görüşünü öne sürmüşlerdir (20).

Hacettepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümündeki Çalışmalar

- Prof. Dr. Sibel Aksu Yıldırım'ın danışmanlığında yapılan Çağla Özkul'un '*Medulla spinalis yaralanmalarına bağlı gelişen hastalarda görsel illüzyon tedavisinin ağrı şiddeti ve fonksiyonel kapasiteye etkisinin incelenmesi*' adlı tez yapılma aşamasındadır.
- Prof. Dr. Fatih Erbahçeci'nin danışmanlığında Uzm. Fzt. Bahar Anaforoğlu'nun '*Fantom ağrı tedavisinde ayna terapisi ve fantom egzersizlerinin etkinliğinin karşılaştırılması*' adlı doktora tezinde 40 diz altı ampute hasta randomize olarak iki gruba ayrılmıştır. Bir gruba

ayna tedavisi verilirken diğer gruba sadece fantom ağrısı için egzersiz yaptırılmıştır. 4 hafta tedavi programı ve sonrasında 6 aylık uzun dönem takiplerde bakılan SF-36, Beck depresyon, VAS ağrı değerlerinde; ayna tedavisi alan grup lehine egzersiz grubuna göre anlamlı ölçüde iyileşme gözlenmiştir.

Sonuç

Son dönemlerde çalışmalara konu olan ve rehabilitasyon alanında birçok hastalıkta olumlu sonuçların gözleendiği ayna terapisi ve plastik el illüzyon tedavisi görsel imajinasyon tedavileri de karşımıza umut vaad eden bir yöntem olarak çıkmaktadır.

Görsel imajinasyon tedavileriyle beyinde olası bir nöroplastisiteden söz edilmektedir. Bu mekanizma tam olarak bilinmemekle birlikte görsel imajinasyon tedavileri birtakım nörofizyolojik süreçleri düzenlemeye yardımcı olmaktadır. Bahsettiğimiz gibi yapılan birçok klinik araştırmada görsel imajinasyon tedavisi sonrasında hastalarda iyi yönde gelişen klinik bu tedavinin etkinliği kanıtlar yöndedir.

Rehabilitasyon alanında geliştirilecek farklı cihazlarla daha birçok görsel imajinasyon tedavi tekniği bulunabilir ve geniş bir hasta popülasyonuna hizmet verebilir. Yapılacak yeni çalışmalarda farklı görsel imajinasyon tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Teşekkür

Seminerimi hazırlarken danışmanlığımı yapan ve desteğini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Akmer MUTLU'ya, danışmanlığını yaptıkları tezlerinin detaylarını benimle paylaşan Sayın Prof. Dr. Sibel Aksu'ya ve Sayın Prof. Dr. Fatih Erbahçeci'ye ve bu sürecinde her türlü desteği ile bana yol gösteren Dr. Fzt. Muhammed KILINÇ'a çok teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Sathian, K., Greenspan, A.I., Wolf, S.L. (2000) Doing it with mirrors: a case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair*, 14 (1), 73-76.
- Sutbeyaz, S., Yavuzer, G., Sezer, N., Koseoglu, B.F. (2007) Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 88 (5), 555-559.
- Dohle, C., Pullen, J., Nakaten, A., Kust, J., Rietz, C., Karbe, H. (2009) Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 23 (3), 209-217.
- Yavuzer, G., Selles, R., Sezer, N., Sutbeyaz, S., Bussmann, J.B., Koseoglu, F. ve diğeri. (2008) Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 89 (3), 393-398.
- McDonald, D.D., Wiczorek, M., Walker, C. (2004) Factors affecting learning during health education sessions. *Clin Nurs Res*, 13 (2), 156-167.
- Brodie, E.E., Whyte, A., Niven, C.A. (2007) Analgesia through the looking-glass? A randomized controlled trial investigating the effect of viewing a 'virtual' limb upon phantom limb pain, sensation and movement. *Eur J Pain*, 11 (4), 428-436.
- Sumitani, M., Miyauchi, S., McCabe, C.S., Shibata, M., Maeda, L., Saitoh, Y. ve diğeri. (2008) Mirror visual feedback alleviates deafferentation pain, depending on qualitative aspects of the pain: a preliminary report. *Rheumatology (Oxford)*, 47 (7), 1038-1043.
- Darnall, B.D. (2009) Self-delivered home-based mirror therapy for lower limb phantom pain. *Am J Phys Med Rehabil*, 88 (1), 78-81.
- Mercier, C., Sirigu, A. (2009) Training with virtual visual feedback to alleviate phantom limb pain. *Neurorehabil Neural Repair*, 23 (6), 587-594.
- Cacchio, A., De Blasis, E., De Blasis, V., Santilli, V., Spacca, G. (2009) Mirror therapy in complex regional pain syndrome type 1 of the upper limb in stroke patients. *Neurorehabil Neural Repair*, 23 (8), 792-799.
- Ramachandran, V.S., Altschuler, E.L. (2009) The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*, 132 (Pt 7), 1693-1710.
- Cacchio, A., De Blasis, E., Necozone, S., di Orio, F., Santilli, V. (2009) Mirror therapy for chronic complex regional pain syndrome type 1 and stroke. *N Engl J Med*, 361 (6), 634-636.
- Moseley, G.L. (2006) Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled trial. *Neurology*, 67 (12), 2129-2134.
- Karmarkar, A., Lieberman, I. (2006) Mirror box therapy for complex regional pain syndrome. *Anaesthesia*, 61 (4), 412-413.
- Selles, R.W., Schreuders, T.A., Stam, H.J. (2008) Mirror therapy in patients with causalgia (complex regional pain syndrome type II) following peripheral nerve injury: two cases. *J Rehabil Med*, 40 (4), 312-314.
- Altschuler, E.L., Hu, J. (2008) Mirror therapy in a patient with a fractured wrist and no active wrist extension. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 42 (2), 110-111.
- Rosen, B., Lundborg, G. (2005) Training with a mirror in rehabilitation of the hand. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 39 (2), 104-108.
- Smorenburg, A.R., Ledebt, A., Feltham, M.G., Deconinck, F.J., Savelsbergh, G.J. (2011) The positive effect of mirror visual feedback on arm control in children with spastic hemiparetic cerebral palsy is dependent on which arm is viewed. *Exp Brain Res*, 213 (4), 393-402.
- Shinoura, N., Suzuki, Y., Watanabe, Y., Yamada, R., Tabei, Y., Saito, K. ve diğeri. (2008) Mirror therapy activates outside of cerebellum and ipsilateral M1. *NeuroRehabilitation*, 23 (3), 245-252.
- Peled, A., Ritsner, M., Hirschmann, S., Geva, A.B., Modai, I. (2000) Touch feel illusion in schizophrenic patients. *Biol Psychiatry*, 48 (11), 1105-1108.
- Schmalzl, L., Thomke, E., Ragno, C., Nilseryd, M., Stockselius, A., Ehrsson, H.H. (2011) "Pulling telescoped phantoms out of the stump": manipulating the perceived position of phantom limbs using a full-body illusion. *Front Hum Neurosci*, 5, 121.
- Palmer, C.J., Paton, B., Hohwy, J., Enticott, P.G. (2013) Movement under uncertainty: The effects of the rubber-hand illusion vary along the nonclinical autism spectrum. *Neuropsychologia*, 51 (10), 1942-1951.
- Türk Dil Kurumu, in Türk Dil Kurumu sözlük. 2013: Atatürk Bulvarı No.: 217, Kavaklıdere, 06680 Ankara.
- http://mva.me/educational/brain_areas.html.
- Penfield, W., Boldrey, E. (1937) Somatic motor and sensory representations in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain*, 60, 389-443.
- Lotze, M., Flor, H., Grodd, W., Larbig, W., Birbaumer, N. (2001) Phantom movements and pain. An fMRI study in upper limb amputees. *Brain*, 124 (Pt 11), 2268-2277.
- Fukumura, K., Sugawara, K., Tanabe, S., Ushiba, J., Tomita, Y. (2007) Influence of mirror therapy on human motor cortex. *Int J Neurosci*, 117 (7), 1039-1048.
- Eliassen, J.C., Boespflug, E.L., Lamy, M., Allendorfer, J., Chu, W.J., Szaflarski, J.P. (2008) Brain-mapping techniques for evaluating poststroke recovery and rehabilitation: a review. *Top Stroke Rehabil*, 15 (5), 427-450.
- Merians, A.S., Tunik, E., Fluet, G.G., Qiu, Q., Adamovich, S.V. (2009) Innovative approaches to the rehabilitation of upper extremity hemiparesis using virtual environments. *Eur J Phys Rehabil Med*, 45 (1), 123-133.
- Vargas, C.D., Aballea, A., Rodrigues, E.C., Reilly, K.T., Mercier, C., Petruzzio, P. ve diğeri. (2009) Re-emergence of hand-muscle representations in human motor cortex after hand allograft. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106 (17), 7197-7202.
- Dombovy, M.L. (2009) Maximizing recovery from stroke: new advances in rehabilitation. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 9 (1), 41-45.
- Nojima, I., Mima, T., Koganemaru, S., Thabit, M.N., Fukuyama, H., Kawamata, T. (2012) Human motor plasticity induced by mirror visual feedback. *J Neurosci*, 32 (4), 1293-1300.
- Garry, M.I., Loftus, A., Summers, J.J. (2005) Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Exp Brain Res*, 163 (1), 118-122.
- Ramachandran, V.S., Rogers-Ramachandran, D. (1996) Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc Biol Sci*, 263 (1369), 377-386.
- Kuzgun, S., Özgen, M., Armağan, O., Taşçıoğlu, F., Baydemir, C. (2012) İnme rehabilitasyon programı ile kombine edilen ayna tedavisinin motor ve fonksiyonel iyileşme üzerine etkinliğinin araştırılması. *Turkish Journal of Cerebrovascular Diseases*, 18 (3), 77-82.

36. Soler, M.D., Kumru, H., Pelayo, R., Vidal, J., Tormos, J.M., Fregni, F. ve diğerleri. (2010) Effectiveness of transcranial direct current stimulation and visual illusion on neuropathic pain in spinal cord injury. *Brain*, 133 (9), 2565-2577.
37. Thieme, H., Mehrholz, J., Pohl, M., Behrens, J., Dohle, C. (2013) Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Stroke*, 44 (1), e1-2.
38. Kramer, H.H., Tanislav, C., Birklein, F. (2012) [Non-drug therapies for CRPS]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 44 (3), 142-146.
39. Azuma, T., Nakamura, K., Takahashi, M., Ohyama, S., Toda, N., Iwasaki, H. ve diğerleri. (2012) Mirror biofeedback rehabilitation after administration of single-dose botulinum toxin for treatment of facial synkinesis. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 146 (1), 40-45.
40. Moseley, G.L. (2007) Using visual illusion to reduce at-level neuropathic pain in paraplegia. *Pain*, 130 (3), 294-298.
41. Walsh, G., Bannister, J. (2010) A device for the relief of phantom limb pain and rehabilitation in stroke. *Optom Vis Sci*, 87 (12), E971-978.
42. Botvinick, M., Cohen, J. (1998) Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391 (6669), 756.
43. Ehrsson, H.H., Holmes, N.P., Passingham, R.E. (2005) Touching a rubber hand: feeling of body ownership is associated with activity in multisensory brain areas. *J Neurosci*, 25 (45), 10564-10573.
44. Lloyd, D.M. (2007) Spatial limits on referred touch to an alien limb may reflect boundaries of visuo-tactile peripersonal space surrounding the hand. *Brain Cogn*, 64 (1), 104-109.
45. <http://seite360.de/2012/01/10/die-gummihand-illusion/>.
46. <http://scienceblogs.com/gregladen/2009/09/20/the-touch-of-the-phantom-when/>.
47. Graziano, M.S., Cooke, D.F., Taylor, C.S. (2000) Coding the location of the arm by sight. *Science*, 290 (5497), 1782-1786.
48. Ehrsson, H.H., Spence, C., Passingham, R.E. (2004) That's my hand! Activity in premotor cortex reflects feeling of ownership of a limb. *Science*, 305 (5685), 875-877.
49. Lloyd, D., Morrison, I., Roberts, N. (2006) Role for human posterior parietal cortex in visual processing of aversive objects in peripersonal space. *J Neurophysiol*, 95 (1), 205-214.
50. Kammers, M.P., Verhagen, L., Dijkerman, H.C., Hogendoorn, H., De Vignemont, F., Schutter, D.J. (2009) Is this hand for real? Attenuation of the rubber hand illusion by transcranial magnetic stimulation over the inferior parietal lobule. *J Cogn Neurosci*, 21 (7), 1311-1320.
51. Tsakiris, M., Hesse, M.D., Boy, C., Haggard, P., Fink, G.R. (2007) Neural signatures of body ownership: a sensory network for bodily self-consciousness. *Cereb Cortex*, 17 (10), 2235-2244.
52. Cowie, D., Makin, T.R., Bremner, A.J. (2013) Children's responses to the rubber-hand illusion reveal dissociable pathways in body representation. *Psychol Sci*, 24 (5), 762-769.
53. Ehrsson, H.H., Rosen, B., Stockselius, A., Ragnö, C., Kohler, P., Lundborg, G. (2008) Upper limb amputees can be induced to experience a rubber hand as their own. *Brain*, 131 (Pt 12), 3443-3452.

Spinal Musküler Atrofi'de Egzersizin Moleküler Genetik Yapı Üzerine Etkisi Var mıdır?

İpek ALEMDAROĞLU

Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

ipekalemdaroglu@windowslive.com

Özet

Spinal Musküler Atrofi'ler (SMA) otozomal resesif, otozomal dominant veya X'e bağlı resesif kalıtım formlarında görülen, genetik olarak heterojen bir grup nöromusküler hastalıktır. 1995'te, survival motor neuron geni 1 (SMN1) SMA hastalığından sorumlu gen olarak tanımlanmıştır. SMN geni SMN1 ve SMN2 olmak üzere, 5q13 üzerinde kromozomal segmente lokalize, iki kopya halinde bulunmaktadır. SMA fenotipinin şiddetini etkileyen en büyük faktör SMN2 kopya sayısıdır. SMA için geliştirilen terapötik yaklaşımlardaki temel hedef, her hastada bulunan SMN2 geninin desteklenerek, eksik SMN1 geni gibi fonksiyon göstermesini sağlamaktır. Son yıllarda SMA Tip 2'li fareler üzerinde yapılan araştırmalarda egzersizin bir şekilde SMN2 geninin 'splicing' regülasyonunda etki gösterdiği, SMN2 kopya sayısını artırdığı, nöron kaybını azalttığı, kas atrofisini sınırlandırdığı, dolayısıyla SMA Tip 2'li farelerin yaşam süresini uzattığı belirlenmiştir. Günümüzde egzersizin moleküler genetik yapı üzerindeki etkinliğinin SMA Tip 2'li bireyler üzerinde araştırılması aşamasına gelinmiştir. İlaç tedavileri (novel therapies) ile kombine önerilen egzersiz programlarının kümülatif bir yarar oluşturup oluşturmadığı da diğer güncel araştırma konusudur.

Anahtar Kelimeler: Spinal Musküler Atrofi, Egzersiz, Genetik

Abstract

Spinal Muscular Atrophy (SMA) is a heterogenic group of neuromuscular disorders with autosomal recessive, autosomal dominant or X-linked recessive inheritance patterns. Survival Motor Neuron gene 1 (SMN1) was identified as the gene responsible for the SMA in 1995. SMN gene has been localized on 5q13 chromosomal segment as two copies; SMN1 and SMN2. SMN2 copy number is the main factor that effects the severity of SMA phenotype. The basic purpose of therapeutic approaches for SMA is to provide SMN2 gene to function like SMN1 gene by supporting the SMN2 gene. Physical exercise was found to have an effect on 'splicing' regulation of SMN2 gene, increase the SMN2 copy number, decrease the neuronal death, limit the muscular atrophy, eventually prolong the survival of SMA Type 2-like mouse models. At present, the effectiveness of exercise on molecular genetic structure of individuals with SMA Type 2 is at the stage of investigation. Exercise programs combined with drug treatments (novel therapies) is another research topic whether it has an cumulative benefit.

Key words: Spinal Muscular Atrophy, Exercise, Genetic

Giriş

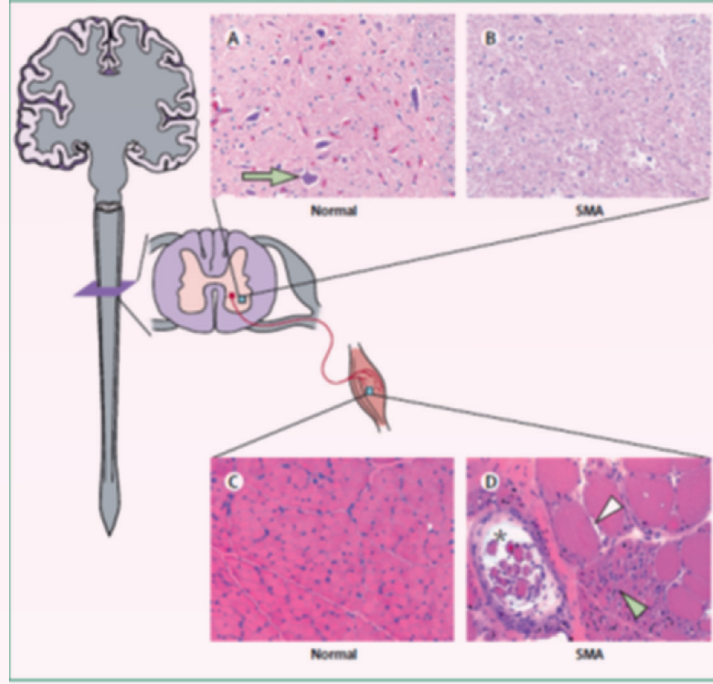
Spinal Musküler Atrofi'ler (SMA) otozomal resesif, otozomal dominant veya X-linked resesif kalıtım formlarında görülen, genetik olarak heterojen bir grup nöromusküler hastalıktır. Hastalığın büyük bölümü proksimal kas zayıflığı ile seyreden otozomal resesif kalıtım paterni gösterir ve otozomal resesif proksimal SMA olarak tanı alırlar. 1/10.000 insidans ile SMA, insanlarda görülen otozomal resesif bozuklukların en sık görülenidir (1, 2). Moleküler genetik testler ile belirlenen taşıyıcılık frekansı 1/35'tir (3-5).

Spinal kordun ön boynuzundaki alfa motor nöronların progresif kaybı ile meydana gelen hastalığın klinik özellikleri; proksimal istemli kol ve bacak kaslarında ve hastalık progresyonu ile

zamanla tüm gövdede simetrik zayıflık ve atrofidir. Hastalardaki elektromyografik bulgular, tipik olarak duyuşal tutulum veya göze çarpan sinir iletim hızında düşüş olmadan, bir denervasyon paterni gösterir. Kas biyopsisi ile yapılan histokimyasal analizde iskelet kas denervasyonu, grup halinde atrofik ve hipertrofik fibriller veya kronik vakalarda daha çok fibril-tip gruplanması şeklinde görülmektedir (Şekil 1) (5).

SMA'da hastalığın şiddeti çok değişken olduğu için, Uluslararası SMA Birliği (International SMA Consortium) başlangıç yaşı ve başarılı motor beceriye bağlı olarak 4 klinik grup tanımlamıştır (6, 7).

1. Tip 1 SMA (akut form, Werdnig-Hoffmann hastalığı) yaşamın ilk 6 ayında başlayan, genel kas zayıflığı ve hipotoni (floppy in-



Şekil 1. Sağlıklı ve SMA'lı bireylerde kas biyopsisi örnekleri

Kaynak: Lunn MR, Wang CH. *Spinal muscular atrophy*, Lancet 2008; 371: 2120–33

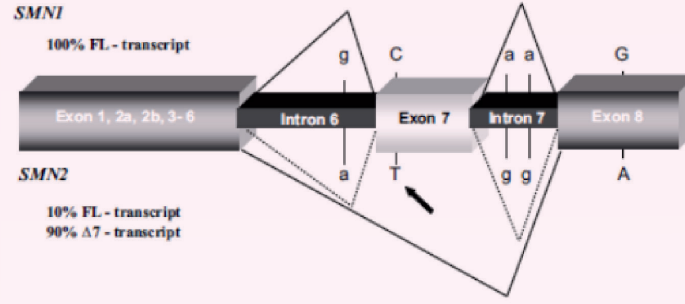
- fant) ile seyreden en şiddetli formudur. Çocuklar yürüme ve oturma becerisini kazanamazlar ve genellikle ilk 2 yılda kaybedilirler.
2. Tip 2 SMA (intermediate form) hastaları oturabilirler fakat asla yardımsız yürümezler, genellikle ilk semptomları yaşamın ilk 6 ayından sonra gösterirler ve 2 yıldan fazla yaşarlar.
 3. Tip 3 SMA (juvenil SMA, Kugelberg-Welander hastalığı) hastaları oturabilirler ve yürüyebilirler, yaşam süresi kısalmamıştır. Hastalığın başlangıcı 3 yaşından önce ise Tip 3a, 3 yaşından sonra ise Tip 3b SMA olarak sınıflandırılır. Tip 3a ve 3b arasında ambulasyon kapasitesinin korunmasında önemli bir fark vardır. Tip 3a'lı hastaların sadece %44'ü 20'li yaşlarına kadar yürüyebilirken, Tip 3b'li hastaların % 90'ı bu yaşlara kadar yürüyebilir (7).
 4. Tip 4 SMA hastaları (yetişkin form) diğer tiplerle karşılaştırıldığında, 30 yaştan sonra başlangıç ve normal bir yaşam beklentisi ile daha hafif etkilenmişlerdir (6, 7).

SMA'nın Moleküler Genetik Temeli: Survival Motor Neuron Geni ve Kopyaları

Tip 1, 2 ve 3 SMA'nın bağlantı analizi (linkage analysis) ile genetik lokasyonunun 5q11.2-q13.3

kromozomal bölgelerinde olduğu bulunmuştur (5, 8-10). 1995'te, survival motor neuron geni 1 (SMN1) SMA hastalığından sorumlu gen olarak tanımlanmıştır (5, 11).

SMN geni SMN1 ve SMN2 olmak üzere, 5q13 üzerinde 500kb civarında *duplike* (kendini tekrarlamak-çiftlenmek) ve *inverte* (ters çevrilmiş halde) kromozomal segmente lokalize, 2 kopya halinde bulunmaktadır (5). Genin 3. sonlanmasında lokalize 5 baz çiftinin birbirleri arasında değişimi dışında, 2 SMN kopyası birbirinin neredeyse aynıdır (Şekil 2) (11, 12). Fakat kodlama bölgesinde sadece ekzon 7'nin + 6 pozisyonunda C'den T'ye (C-to-T) geçiş görülmektedir. Her ne kadar bu sessiz bir mutasyon olsa da ve bu yüzden kodlanmış proteinlerin aminoasit dizilimi etkilenmesede, ekzon 7'nin doğru birleştirmesini (*splicing*: Genetikte uçbirleştirme transkripsiyon sonrasında RNA'daki bazı bölümlerin (intron'ların) çıkartılıp kalan kısımlarının (eksonların) birleştirilmesidir. Ökaryotlarda uçbirleştirme sonucunda prekürsör mesajcı RNA (pre-mRNA) ergin mesajcı RNA'ya dönüşür, bu da protein sentezinde kullanılır) çok ciddi etkiler. Doğru birleştirilmiş, tam uzunluktaki SMN1 transkriptlerini üreten SMN1'in aksine, SMN2 yalnızca tam uzunlukta SMN2 transkriptlerinin yaklaşık % 10'unu ve ekzon 7'den yoksun alternatif birleştirilmiş transkriptlerin (SMN2Δ7) % 90'ını üretir (11, 13)



Şekil 2. SMN1 ve SMN2 arasındaki genomik yapı, nükleotid ve 'splicing' farklılıkları

Kaynak: Wirth B, Brichta L, Hahnen E. Spinal Muscular Atrophy: From Gene to Therapy, Seminars in Pediatric Neurology, 13:121-131, 2006

SMN Proteini ve Fonksiyonları

SMN proteini tüm vücut hücrelerinin çekirdeğinde ve sitoplazmasında bulunur. Nükleusta, sarmal gemini organları (gemini of coiled bodies) adı verilen, hemen hemen hepsi Cajal bodies adı verilen yapının tamamen üstünde bulunan yapılarda lokalizedir (5, 14, 15). Tüm bu yapılar SMN partnerleri olarak görev yaparlar (5).

SMN proteini tüm vücut hücrelerinde eksprese olabiliyor olsa da, SMA'da spinal kordun motor nöronlarının spesifik olarak etkilenime yatkın olması şaşırtıcıdır. Çalışmalar SMN proteininin motor nöronlara özel belirli hücre fonksiyonlarında önemli bir parça olabileceğini göstermektedir. Araştırmacılar bu proteinin neurites'lerde (Neurite, bir nöronun hücre gövdesinden herhangi bir projeksiyonu temsil eder. Bu projeksiyon akson veya dendrit olabilir.) ve primer motor nöronların büyüme konilerindeki ribonükleoprotein granüllerinde ve embriyonik kök hücrelerden elde edilen motor nöronlarda lokalize olduğunu bildirmişlerdir (5, 16-18).

SMN, bir multiprotein kompleksinin parçasıdır. Embriyogenez sırasında yüksek oranlarda üretilir (eksprese edilir), fakat doğumdan sonra seviyesi hızlıca düşer. SMA'lı farede, dendritlerin uzunlukları önemli derecede azalmıştır, halbuki kontrol grubuyla karşılaştırıldığında motor nöronların sayısı önemli ölçüde etkilenmemiştir (19). Koşullu nöronal yıkım gösteren fareler (SmnΔ7) aksonal filizlenmeden yoksundurlar (20). Farelerdeki bu bulgularla tutarlı olarak, zebra balığı embriyolarında antisense morpholinolar tarafından SMN proteinlerinin yıkımı önemli bir aksonal dismorfolojiyi gözler önüne sermektedir. Aksonlar, erken dallanma ve kesilme nedeniyle motor nöronların son plaklarına ulaşmakta başarısız olurlar, bu durum SMN'nin aksonların yön bulmalarında önemli bir rolünün olduğunu da göstermektedir (21).

SMA Hastalarındaki SMN1 Gen Mutasyonları

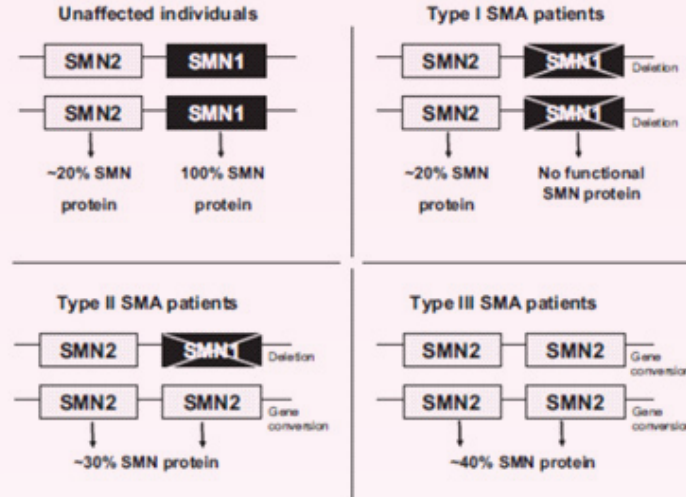
5q13-bağlantılı SMA hastalarından, tip1-3 SMA hastalarının % 96'sında SMN1'in delesyonu sonucu SMN1 ekzon 7 ve 8'in veya sadece ekzon 7'nin homozigot yokluğu veya SMN1'in SMN2 içine gen dönüşümü görülür (Şekil 3) (5, 11, 22-25). Tam tersine, SMN1'in homozigot yokluğu Tip 4 SMA'lı hastalarda çok nadir görülür (5, 26-28).

SMN1'in homozigot delesyonlarının görüldüğü SMA hastaları arasından yaklaşık % 90'ı hem ekzon 7 hem de ekzon 8'in homozigot yokluğunu gösterirken, yaklaşık %10'u yalnızca ekzon 7'nin homozigot yokluğunu gösterir, ekzon 8'in göstermez (29). İkinci fenomenin moleküler temeli ise *gen dönüşümüdür*. Gen dönüşümü, SMN1'in SMN2'ye ya da tam tersine dönüşmesine neden olan, SMA bölgesinde sık görülen bir mutasyonel mekanizmadır (11, 30, 31). Dönüşümün bölgesi tüm SMN geninin tamamını kaplayabileceği gibi sadece bir bölümünü de içerebilir (30, 32). Gen dönüşümü çok nadir vakalarda, ailesel kalıtımı olmayan bir mutasyon olarak açıklanmıştır (33-35).

Kontrol bireylerinin % 3-5'inin genotipinde görülen SMN2'nin homozigot yokluğu, gözle görülür fenotipik sonuçlar göstermez (11). En azından 1 fonksiyonel SMN1 geni, SMA'dan korunmak için yeterlidir (5).

SMN2 Kopya Sayısının SMA Fenotipine Etkisi

SMA fenotipinin şiddetini etkileyen en büyük faktör SMN2 kopya sayısıdır (3, 5, 27, 36). SMN2 kopya sayısı 1-4 arasında değişir, nadiren 8'e kadar çıkabilir. SMN2 kopya sayısının artmasına, ve SMN1'in azalmasına veya yokluğuna neden olan altta yatan mekanizma gen dönüşümüdür (5, 30, 31, 36).



Şekil 3. Etkilenmemiş sağlıklı bireylerde ve SMA Tip 1-3 hastalarında sıklıkla görülen SMN1 ve SMN2 genotipleri

Kaynak: Wirth B, Brichta L, Hahnen E. *Spinal Muscular Atrophy: From Gene to Therapy, Seminars in Pediatric Neurology*, 13:121-131, 2006

Her SMN2 kopyası tam uzunluklu SMN2 transkriptlerinin yaklaşık % 10'unu oluşturduğu için, SMA hastaları için SMN2 gen sayısının artması, hastalığın şiddetini azalttığı için çok yararlıdır (5, 13, 36).

Tip1 SMA hastalarının büyük çoğunluğu 2 SMN2 kopyası, Tip2 SMA hastalarının 3 SMN2 kopyası, Tip3a SMA hastalarının 4 SMN2 kopyası, Tip3b SMA hastalarının 4 SMN2 kopyası ve tip4 hastalarının 6 SMN2 kopyası bulunmaktadır (3, 5, 27). Protein seviyesinde, Tip1 ve 2 SMA hastalarının Tip 3 hastaları ve kontrol ile karşılaştırmalarında önemli farklılıklar bulunmuştur. 5-6 SMN2 kopyası taşıyan bireylerin çok hafif SMA semptomları gösterdikleri (Tip 4 SMA), fakat 8 SMN2 kopyasının SMA gelişimini tamamen önlediği bulunmuştur (5, 27, 38).

SMA'lı bir çocuğu olma riski olan ailelere prenatal tanı için, gestasyonun 10. ve 12. haftalarında alınan koryonik villus örneği veya 14. ve 16. haftalarda alınan amniyotik sıvı örneği testi önerilebilir. SMN1 delesyonları ile polimorfik markerlar kullanılarak yapılan haplotip analizi kombinasyonu fetusun SMA'lı olup olmayacağını % 100 hassaslıkta gösterir (5).

SMA hastalarının yaklaşık % 2'sinde, SMN1 delesyonu, temel olarak paternal orijinli eşit olmayan crossing-over veya gen dönüşümünün yol açtığı bir de novo olaydan kaynaklanır. Bu ailelerdeki tekrar riski genel popülasyondakiyle benzerdir (35). Fakat, gonadal mozaizm tamamıyla göz ardı edilemez (39). Bu aileler de mutlaka prenatal tanıya yönlendirilmelidir. Dahası, SMA için

preimplantasyon tanısı geliştirilmiştir ve birçok ülkede önerilmektedir (5, 40-45).

SMA İçin Terapötik Yaklaşımlar

SMA, aşağıdaki özelliklerinden dolayı, araştırmacılar tarafından benzersiz bir terapötik hastalık modeli olarak kabul edilmektedir (5);

- a) SMA'lı hastaların yaklaşık % 94'ünün basit bir moleküler genetik test ile belirlenebilen, benzer mutasyonlara sahip olması,
- b) SMA'lı hastalarda SMN1 homozigot olarak silinmiş olsa da, tüm SMA'lı hastalarda bulunan SMN2 isimli bir kopya genin SMN1 benzeri proteinin küçük bir miktarını üretebiliyor olması,
- c) Hücrel deneylerde ve insan üzerindeki pilot çalışmalarda, birçok ilacın tam uzunluklu SMN2 mRNA/protein seviyesini önemli ölçüde artırma özelliğinin olması.

Tedavideki temel hedef, her hastada bulunan SMN2 geninin desteklenerek, eksik SMN1 geni gibi fonksiyon göstermesini sağlamaktır (18). Bu hedef doğrultusunda SMA tedavisi için üretilen terapötik yaklaşımlar özetle aşağıdaki gibidir (5);

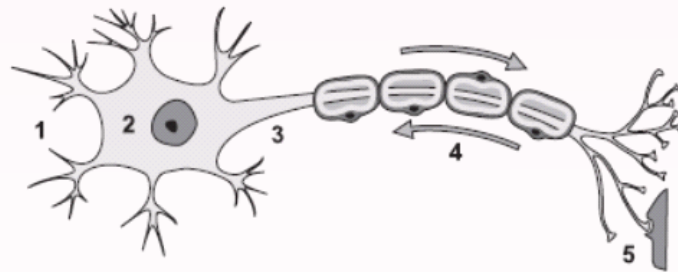
1. SMN2 tarafından üretilen endojen tam uzunlukta SMN protein seviyelerinin elevasyonu
2. SMN2 pre-mRNA'nın doğru birleştirilmesinin (splicing) restorasyonu
3. Tam uzunlukta SMN proteininin translasyonel aktivasyonu ve stabilizasyonu

4. SMN2Δ7 proteinini uzatmak ve stabilitesini artırmak için SMN2 stop kodonunun baskılanması
 - a) Yeterli SMN proteini eksikliğinin kompensasyonu:
 - Kök hücre tedavisi,
 - Gen terapisi
 - b) Alternatif yollardan motor nöron yaşayabilirliğini geliştirmek:
 - Nörotrofik faktörler (Cardiotrophin-1),
 - Neuroprotective bileşenler (Riluzol),
 - **Düzenli egzersiz** (5, 46)

Yukarıda açıklanan tedavi yöntemleri için üretilen birçok kimyasal bileşen, toksisite gibi sakıncalı farmakolojik özellikler ve diğer istenmeyen yan etkiler nedeniyle uzun-dönem SMA tedavisi için uygun değildir (5).

Egzersizin α-motor Nöronlar Üzerine Etkileri

α-motor nöronların bazı durumlarda özelliklerini değiştirdikleri bilinmektedir. α-motor nöronların özelliklerindeki adaptasyonlar; gelişme sürecinde, spinal kord yaralanmasını takiben, aksotomide, akson boyunca aksiyon potansiyelinin blokajı ile ya da çeşitli trofik faktörlerle tedavi sırasında meydana gelir (47). Sinir sistemi cevaplarında, artmış fiziksel aktiviteye cevaben değişiklikler olduğunu (ki bunlara 'egzersize nöral adaptasyon'da denilmektedir) gösteren önemli sayıda kanıt mevcuttur. Fakat bu değişikliklerin tam lokalizasyonu henüz belirlenememiştir. α-motornöronların endurans-tipi egzersize cevapları Şekil 4'de özetlenmiştir (47).



Şekil 4. α-motornöronlarda egzersiz ile uyarılan bölgeler ve olası mekanizmalar. 1= artmış dendrit boyu, 2= artmış protein sentezi, değişen gen ekspresyonu, 3= soma, başlangıç segmenti ve dendritlerde değişen iyon iletimi, 4= protein, nörotrofin, reseptörler ve kastan metabolik sinyallerin akson transportunda artışı, 5= artmış nöromusküler iletim etkinliği

Kaynak: Gardiner P, Dai Y, Heckman CJ. Effects of exercise training on α-motoneurons, *J Appl Physiol* 101: 1228-1236, 2006

SMA'da Düzenli Egzersizin Etkileri

2000 yılında Hsieh-Li ve ark., insan SMA'sına benzer genetik ve fenotipik özellikler gösteren bir SMA'lı fare modeli geliştirmişlerdir (46, 48). SMA'lı farelerden Tip 2'li olanlar egzersiz çalışması için gereklilikleri karşılayan karakteristikler göstermekte idi. Bu yüzden, SMA Tip 2'li farelerde hastalığın başlangıcı insanlara oranla daha erken olsa da, mutasyona uğramış fareler hastalığın progresyonu ve yaşam süresi üzerine egzersizin etkilerinin belirlenmesi için yeterli bir süre boyunca çalıştırılabilir yaşa ulaşmıştır. Ayrıca, bu farelerde SMN2 geninin birleştirme paterni (splicing) SMA'lı insanlarınkine benzer bulunmuştur. Birçok SMN transkripti şiddetli SMA'lı farelerde ekzon 7'den yoksundur (46, 48). Bu durumda SMA'lı farelerde egzersizin birleştirme paternini (splicing) modifiye edip edemeyeceği önemli bir soru haline gelmiştir (46).

90 Tip 2 SMA'lı fare egzersiz yaptırılacak çalışma grubu (n=45) ve yaptırılmayacak kontrol grubuna (n=45) rastgele dağıtılmıştır. Egzersiz bir tekerlekte, kontrollü bir hızda yaptırılmıştır. Protokol, farelerin yaşamlarının 10. gününde uygulanmaya başlanmıştır. Çalışma grubundaki fareler 2 gün boyunca progresif olarak tekerlekte çalıştırılmışlardır. İlk gün, 30 dakikalık bir dinlenme arası ile 5'er dakikalık 4 periyot koşu yaptırılmıştır. İkinci gün, 30 dakikalık bir dinlenme arası ile 10'ar dakikalık 2 periyot koşu yaptırılmıştır. Daha sonra her bir fare devamlı olarak günde 20 dakika çalıştırılmıştır. İlk 3 gün hız, dakikada 2 metre olacak şekilde sabitlenmiş, daha sonra aşamalı bir şekilde dakikada 1'er metre artırılarak sonuçta maksimal hız olarak dakikada 5 metreye ulaşılmıştır. Fareler ilk 3 gün 40 metre, 4. gün 60 metre, 5. gün 80 metre ve 6. günden itibaren 100 metre koşturulmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır (46);

1. Fiziksel egzersiz Tip2 SMA'lı farelerin yaşam süresini uzatmıştır:

Çalışma grubundaki farelerin yaşam süreleri $13, 7 \pm 2$ günden $21, 6 \pm 5, 6$ güne çıkarak, yaklaşık 8 gün uzamıştır, bu da tüm yaşam sürelerinin % 57.3'ü kadar bir yaşam süresi kazanımı sağlamıştır (46).

Aynı zamanda SMA'lı farelerde egzersiz uygulaması ile yaşamın 17. gününe kadar artan bir kilo kaybı görülmüştür. Çalıştırılan fareler daha sonra ölene dek kilo kaybetmeye devam etmiştir (46).

2. Fiziksel egzersiz Tip2 SMA'lı farelerin motor davranışlarını geliştirmiştir:

Koşu egzersizi ile motor fonksiyonlardaki kazanımları değerlendirmek için gruplardaki fareler tutunma testi ve açık-alan testine alınmıştır. Tutunma testinde farelerin, havada asılı bir metal çubuğa ön ayakları ile tutunma süreleri ortalama olarak saniye cinsinden kaydedilmiştir (46).

Kontrol grubundaki fareler 12. günde çubuğa asılı kalamazken, çalışma grubundaki fareler >5 sn kadar asılı kalmışlardır. 14. günde farelerin çubuğa asılma süreleri değişmemiştir. SMA Tip 2'li farelerin ölüme yakın zamanlarında çubuğa asılı kalamadıkları görülmüştür (46).

Açık alan testinde, farelerin spontane aktiviteleri test edilmiştir. 13. günde kontrol grubundaki SMA'lı farelerin lokomasyon aktivitelerinde değişiklik görülmemiş, fakat alanın periferine nadiren ulaşabilmişlerdir. Çalışma grubundaki SMA Tip2'li fareler ise neredeyse normal farelere benzer lokomasyon aktivitesi göstermişlerdir (46).

3. Koşu nöral kaybın derecesini (büyüklüğünü) sınırlandırmıştır:

Koşu egzersizinin nöronları koruyucu etkisinin olup olmadığının belirlenmesi için spinal kordun ön boynuz motor nöron hücreleri, çalışma ve kontrol grubunda sayılmıştır. Yaşamın 10. gününde SMA Tip2'li farelerin nöron kaybı yaklaşık % 14, 8 bulunmuştur (46).

13. günde çalıştırılmayan SMA Tip2'li farelerin nöron kaybı normal fareler ile karşılaştırıldığında yaklaşık % 35, 1'lik düşüş ile çok yüksek bulunmuştur. Spinal kord nöronlarının sayısı, egzersiz yaptırılan SMA Tip2'li farelerde 13. günde %19, 6'lık bir düşüş ile egzersiz ile önemli ölçüde korunmuştur (46).

Egzersizin motor nöronlar üzerinde olumlu etkileri olup olmadığını belirlemek için bir immunohistokimyasal analiz yöntemi aracı olan choline acetyltransferase (ChAT), spinal kord bölgesindeki motor-nöronların boyanması için kullanılmıştır. Spinal kordun ön boynuz hücrelerindeki ChAT-pozitif nöronlar (yaşayan nöronlar), egzersiz yaptırılmayan ve yaptırılan farelerde sayılmıştır. Çalıştırılmayan Tip2 SMA'lı farelerde yaşamın 10. gününde aynı yaştaki normal farelerle karşılaştırıldığında önemli ölçüde ChAT-pozitif nöron kaybına (% 24 kayıp) rastlanmıştır (46).

13. günde çalıştırılan farelerde, çalıştırılmayan farelere oranla çok daha yüksek miktarda ChAT-pozitif nörona rastlanmıştır (kontrol değerlerine göre %75, 7'ye % 62, 6). Çünkü çalıştırılan farelerdeki % 24'lük motornöron kaybı, SMA Tip2'li farelerin yaşamlarının başlangıçtaki 10. gününde belirlenen kaybın karşılığıdır, egzersiz programı spinal korddaki nöron ölümünü durdurma yönünde etki göstermiştir (46).

4. Koşu, nöronları ölümden korumaktadır:

Egzersizin nöronlardaki apoptoz sürecinin büyüklüğünü kısıtlayıp kısıtlamadığını belirlemek için, TUNEL boyaması SMA Tip2'li farelerin spinal kordlarına yaşamlarının 10. gününde ve 13. gününde uygulanmıştır. 10 günlük SMA Tip2'li farelerin ön boynuz motor nöron hücrelerindeki TUNEL-pozitif hücreler tespit edilmiştir (46).

Çalışma sonrası, çalıştırılan ve çalıştırılmayan fareler arasındaki apoptoz süresi önemli ölçüde birbirinden farklı bulunmuştur. Çalıştırılan SMA Tip2'li farelerin apoptoz seviyesi, ön boynuz başına 5 boyalı nükleustan az bulunarak stabil olmasına rağmen, çalıştırılmayan farelerde spinal kordda ön boynuz başına 24, 75 boyalı nükleus ile ciddi ölçüde nöronal apoptoz artışı gözlenmiştir. Böylece, çalıştırılmayan farelere oranla çalıştırılan SMA Tip2'li farelerde nöronal apoptoz oranı limitli bir seviyede kalmıştır (46).

5. Egzersiz SMA Tip 2'li farelerin spinal kordlarındaki ekzon 7 içeren SMN transkriptlerini artırmıştır:

13. günde egzersiz uygulamasına alınan SMA Tip2'li farelerin ekzon 7 içeren transkriptlerinin oranında -her ne kadar çok düşük de olsa- çalıştırılmayan farelere oranla önemli ölçüde yükseklik bulunmuştur (46).

Ek olarak, ekzon 5 ve 7'den yoksun SMN transkriptleri, çalıştırılan farelerde çalıştırılmayanlara oranla önemli ölçüde azalmıştır. Ekzon 7'nin birleştirme paternindeki (splicing) değişiklik Southern blot analizinde de kanıtlanmıştır (46).

Ekzon 5 içeren transkriptlerde ise iki grup arasında önemli fark gözlenmemiştir (46).

Bu bilgiler, hayvanların spinal kordlarında bulunan SMN2 geninin ekzon 7 transkriptlerinin çalıştırılan hayvanlarda arttığını göstermiştir (46).

6. Egzersiz kas atrofisini sınırlar:

SMA'da kas zayıflığı en önemli özür nedeni olduğu için motor nöron kaybının koşu ile korunmasının, kas fenotipinin devamlılığını sağlayıp sağlamadığı belirlenmek istenmiştir. Siyatik sinirin köken aldığı lumbal spinal kord bölgesindeki nöronlar sayılmıştır. Daha sonra siyatik sinir tarafından inerve edilen baldırın iki kasının fenotipi analiz edilmiştir. Bunlar hızlı kasılan plantaris kası ile yavaş kasılan soleus kasıdır. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında SMA Tip2'li farelerde total fibril sayısında önemli bir düşüşe rastlanmıştır (46).

Bu kassal hipoplazi ölüme kadar önemli bir gelişim göstermeden en erken 10. günde belirlenmiştir. Egzersiz programının kassal hipoplazi üzerinde hiçbir etkisi bulunmamıştır.

Aynı zamanda, bu iki kasın fibril çapında da progresif bir azalma gözlenmiştir (46).

Çalıştırılmayan farelerde her iki kasta atrofik fibril grupları 13. günden itibaren görülmeye başlamış ve ortalama fibril alanında dramatik bir düşüşe neden olmuştur (46).

Egzersiz programının kassal atrofiye karşı etkili olduğu kanıtlanmıştır, çünkü kas fibrillerinin ortalama alanı 10 ile 13. günler arasında önemli bir azalma göstermemiştir (46).

Egzersizle Uyarılan NMDA Reseptörlerinin SMA Tip2'li Fareler Üzerine Etkileri

Motor nöronların aktivite bağımlı maturasyonları, memelilerin merkezi sinir sistemlerinin en büyük eksitator nörotransmitteri olan L-glutamat tarafından NMDA reseptörlerinin (NMDA reseptörü bir glutamat reseptörüdür. Glutamat reseptörü sinaptik plastisitenin ve hafıza fonksiyonunun kontrolünde öncül bir moleküldür) aktivasyonu-

na bağlıdır (49-51). İlginç olarak, NMDA reseptörlerinin aktivasyonu SMN seviyelerinde önemli ölçüde artışa neden olmaktadır (49, 52).

Biondi ve ark.'nın 2008 yılında yaptıkları bir çalışmada, SMA'lı farelerde egzersizle uyarılan nöron korunmasının (neuroprotection) NMDA sinyal yolunun tetiklenmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (49).

SMA Tip 2'li farelerde SMN proteininin hatalı ekspresyonu; motor nöron, nöromusküler kavşak ve kas fibrili gibi motor ünitenin her bir parçasında, egzersiz ile kısmen düzeltilebilen yapısal değişiklikleri uyarmaktadır. Bu değişikliklerin genişliği motor nöron ölümünün derecesi ile korelasyon göstermektedir. Bu durum, soleus ve plantaris ekstansörleri ile, tibialis fleksörünü inerve eden motor nöron popülasyonunun gözlenen nöronal kayıp genişliği karşılaştırmasında açıkça gösterilmektedir. Gerçekten de, ekstansörlerin nöronal kaybı, tibialisten kaydedilene oranla iki kat fazladır. Kontrol ve SMA'lı farelerde, tibialis-teki postnatal maturasyonun, soleus ve plantaris-tekine oranla daha hızlı olduğu, kas tipi analizinde açıkça gösterilmiştir (49).

Fiziksel egzersizin, post-natal motor ünite maturasyon oranına bağlı olmaksızın, motor nöron ölümünde bir gecikmeye yol açtığı belirlenmiştir (49). Bu egzersizle uyarılan etki, uygun motor ünite post natal maturasyonu için ihtiyaç duyulan aktivitenin bazal seviyelerinin restorasyonundan kaynaklanabilir (53). Basitçe, egzersiz motor nöron ölümünü doğrudan, potansiyel olarak nöromusküler kavşağın reinervasyonunu ve sonuçta motor ünite yapılarının remodelingini sağlayan spesifik bir nöron koruyucu etki ile geciktirebilir. Böylece motor nöron popülasyonlarının egzersizle uyarılan korunması, çalıştırılan ve çalıştırılmayan SMA Tip2'li farelerin motor ünitelerinin her bir bölümünün fenotipinin karşılaştırılması ile kanıtlanan postnatal maturasyonlarının hızlanmasına eşlik etmektedir (49).

NMDA reseptörlerinin aktivasyonu, nöronların SMN seviyelerinde önemli bir artışa neden olmaktadır (52). NMDA sinyallenmesinin egzersizle uyarılan tetiklenmesi, egzersizle yapıtılan SMA tip 2'li farelerde SMN transkriptleri içeren ekzon 7 seviyelerinin artışına ve sonuç olarak SMN protein seviyelerinin artışına neden olan motor nöronlardaki Smn gen ekspresyonunu artırabilir (46, 49). Böylece, eğer egzersiz motor nöronlardaki NMDA sinyallenmesini tetikliyorsa, bu durum motor ünitelerin korunmasına neden olan, motor ünitelerin postnatal gelişimini hızlandırabilir (49).

Yenidoğan SMA'lı farelerin spinal kord motor nöronlarında NMDA reseptörlerinin en büyük

aktive edici faktörü olan ve NR2A olarak isimlendirilen altünitenin hatalı ekspresyonu gözlenmiştir. Egzersiz programının, çalıştırılan SMA'lı farelerin motor nöronlarında NR2A gen ekspresyonunu artırdığı belirlenmiştir. Fakat egzersiz programı SMA'lı farelerde NR2B ekspresyon paternini modifiye etmemektedir (49). NR2A içeren NMDA reseptörlerinin aktivasyonlarının matür kortikal kültürlerde nöronal yaşam süresini artırdığı, NR2B içeren NMDA reseptörlerinin aktivasyonunun ise eksitotoksiste ve nöronal apoptoza neden olduğu Liu ve ark. tarafından 2007 yılında bildirilmiştir (54). SMA'lı farelerin motor nöronlarında NR2A alt ünite geninin egzersiz ile uyarılan ekspresyonu, nöron korunmasına neden olan, NR2A içeren NMDA reseptörlerinin sayısının artmasına yol açmaktadır. Yani; NMDA reseptörlerinin aktivasyonu, SMA'lı spinal kordun motor nöronlarının yaşam süresinin uzatılmasında yararlı olduğu gösterilmiştir (49). Bu nedenle, hastalığın tedavisi için, NMDA sinyal yolunun postnatal periyoda geçmeden, henüz embriyoda NR2A ekspresyonunun restore edilmesi ile desteklenmesinin terapatik bir yaklaşım olabileceği düşünülmektedir (49).

Sonuç

- SMA Tip2'li hayvan modellerinde egzersiz programı, hemen tanıdan sonra başlanan ve yaşam süresini % 39 uzatan sodyum bütrat (sodium butyrate) tedavisine göre yaşam süresini % 57, 3 artırarak daha iyi bir sonuç vermiştir.
- Egzersizin bir şekilde SMN2 geninin "splicing" regülasyonunda etki gösterdiği bulunmuştur. Fakat egzersize bu moleküler adaptasyonun, nöron korunmasının bir sonucu mu yoksa nedeni mi olduğu henüz kesin değildir.
- Buna rağmen egzersiz, çalıştırılan hayvanlarda spinal korddaki ekzon 7 içeren transkriptlerin miktarında dramatik bir artışa yol açarak, SMN proteinlerinin de belirlebilirliğinde önemli artışa yol açmıştır. Bu durum egzersizin gen ekspresyonu regülasyonu üzerindeki etkisini de kanıtlamaktadır.

Fiziksel egzersizin SMA Tip2'li farelerde olumlu etkileri kanıtlanmıştır. Gelecek çalışmalarda ilaç tedavileri ile kombine önerilen egzersiz programlarının kümülatif bir yarar oluşturup oluşturmadığı araştırılmalıdır (46).

Kaynaklar

1. Pearn J: Incidence, prevalence, and gene frequency studies of chronic childhood spinal muscular atrophy. *J Med Genet* 15: 409-413, 1978.
2. Czeizel A, Hamula J: A Hungarian study on Werdnig-Hoffmann disease. *J Med Genet* 26: 761-763, 1989.
3. Feldkotter M, Schwarzer V, Wirth R, et al: Quantitative analyses of SMN1 and SMN2 based on real-time lightCycler PCR: Fast and highly reliable carrier testing and prediction of severity of spinal muscular atrophy. *Am J Hum Genet* 70: 358-368, 2002.
4. Cusin V, Clermont O, Gerard B, et al: Prevalence of SMN1 deletion and duplication in carrier and normal populations: Implication for genetic counselling. *J Med Genet* 40:E39, 2003.
5. Wirth B, Brichta L, Hahnen E. Spinal Muscular Atrophy: From Gene to Therapy, *Seminars in Pediatric Neurology*, 13: 121-131, 2006.
6. Munsat TL, Davies KE: International SMA consortium meeting (26-28 June 1992, Bonn, Germany). *Neuromuscul Disord* 2: 423-428, 1992.
7. Zerres K, Rudnik-Schöneborn S: Natural history in proximal spinal muscular atrophy. Clinical analysis of 445 patients and suggestions for a modification of existing classifications. *Arch Neurol* 52: 518-523, 1995.
8. Gilliam TC, Brzustowicz LM, Castilla LH, et al: Genetic homogeneity between acute and chronic forms of spinal muscular atrophy. *Nature* 345: 823-825, 1990.
9. Brzustowicz LM, Lehner T, Castilla LH, et al: Genetic mapping of chronic childhood-onset spinal muscular atrophy to chromosome 5q11.2-13.3 *Nature* 344:540-541, 1990.
10. Melki J, Abdelhak S, Sheth P, et al: Gene for chronic proximal spinal muscular atrophies maps to chromosome 5q. *Nature* 344:767-768, 1990.
11. Lefebvre S, Burglen L, Reboullet S, et al: Identification and characterization of a spinal muscular atrophy-determining gene. *Cell* 80: 155-165, 1995.
12. Burglen L, Lefebvre S, Clermont O, et al: Structure and organization of the human survival motor neuron (SMN) gene. *Genomics* 32: 479-482, 1996.
13. Helmken C, Hofmann Y, Schoenen F, et al: Evidence for a modifying pathway in SMA discordant families: Reduced SMN level decreases the amount of its interacting partners and Htra2-beta1. *Hum Genet* 114: 11-21, 2003.
14. Liu Q, Dreyfuss G: A novel nuclear structure containing the survival of motor neurons protein. *Embo J* 15: 3555-3565, 1996.
15. Young PJ, Le TT, thi Man N, et al: The relationship between SMN, the spinal muscular atrophy protein, and nuclear coiled bodies in differentiated tissues and cultured cells. *Exp Cell Res* 256: 365-374, 2000.
16. Fan L, Simard LR. Survival motor neuron (SMN) protein: role in neurite outgrowth and neuromuscular maturation during neuronal differentiation and development. *Hum Mol Genet* 2002; 11: 1605-14.
17. Zhang H, Xing L, Rossoll W, Wichterle H, Singer RH, Bassell GJ. Multiprotein complexes of the survival of motor neuron protein SMN with Gemins traffic to neuronal processes and growth cones of motor neurons. *J Neurosci* 2006; 26: 8622-32.
18. Lunn MR, Wang CH. Spinal muscular atrophy, *Lancet* 2008; 371: 2120-33.
19. Rossoll W, Jablonka S, Andreassi C, et al: Smn, the spinal muscular atrophy-determining gene product, modulates axon growth and localization of beta-actin mRNA in growth cones of motoneurons. *J Cell Biol* 163: 801-812, 2003.

20. Cifuentes-Diaz C, Nicole S, Velasco ME, et al: Neurofilament accumulation at the motor endplate and lack of axonal sprouting in a spinal muscular atrophy mouse model. *Hum Mol Genet* 11: 1439-1447, 2002.
21. McWhorter ML, Monani UR, Burghes AH, et al: Knockdown of the survival motor neuron (SMN) protein in zebrafish causes defects in motor axon outgrowth and pathfinding. *J Cell Biol* 162: 919-931, 2003.
22. Simard LR, Rochette C, Semionov A, et al: SMN(T) and NAIP mutations in Canadian families with spinal muscular atrophy (SMA): Genotype/phenotype correlations with disease severity. *Am J Med Genet* 72: 51-58, 1997.
23. Rodrigues NR, Owen N, Talbot K, et al: Deletions in the survival motor neuron gene on 5q13 in autosomal recessive spinal muscular atrophy. *Hum Mol Genet* 4: 631-634, 1995.
24. Hahnen E, Forkert R, Marke C, et al: Molecular analysis of candidate genes on chromosome 5q13 in autosomal recessive spinal muscular atrophy: evidence of homozygous deletions of the SMN gene in unaffected individuals. *Hum Mol Genet* 4: 1927-1933, 1995.
25. Velasco E, Valero C, Valero A, et al: Molecular analysis of the SMN and NAIP genes in Spanish spinal muscular atrophy (SMA) families and correlation between number of copies of cBCD541 and SMA phenotype. *Hum Mol Genet* 5: 257-263, 1996.
26. Brahe C, Servidei S, Zappata S, et al: Genetic homogeneity between childhood-onset and adult-onset autosomal recessive spinal muscular atrophy. *Lancet* 346:741-742, 1995.
27. Wirth B, Brichta L, Schrank B, et al: Mildly affected patients with spinal muscular atrophy are partially protected by an increased SMN2 copy number. *Hum Genet* 119: 422-428, 2006.
28. Clermont O, Burlet P, Lefebvre S, et al: SMN gene deletions in adult-onset spinal muscular atrophy. *Lancet* 346: 1712-1713, 1995.
29. Wirth B: An update of the mutation spectrum of the survival motor neuron gene (SMN1) in autosomal recessive spinal muscular atrophy (SMA). *Hum Mutat* 15: 228-237, 2000.
30. Hahnen E, Schonling J, Rudnik-Schöneborn S, et al: Hybrid survival motor neuron genes in patients with autosomal recessive spinal muscular atrophy: new insights into molecular mechanisms responsible for the disease. *Am J Hum Genet* 59: 1057-1065, 1996.
31. van der Steege G, Grootscholten PM, Cobben JM, et al: Apparent gene conversions involving the SMN gene in the region of the spinal muscular atrophy locus on chromosome 5. *Am J Hum Genet* 59: 834-838, 1996.
32. Bussaglia E, Clermont O, Tizzano E, et al: A frame-shift deletion in the survival motor neuron gene in Spanish spinal muscular atrophy patients. *Nat Genet* 11: 335-337, 1995.
33. Wirth B, Herz M, Wetter A, et al: Quantitative analysis of survival motor neuron copies: Identification of subtle SMN1 mutations in patients with spinal muscular atrophy, genotype-phenotype correlation, and implications for genetic counseling. *Am J Hum Genet* 64: 1340-1356, 1999.
34. Raclin V, Veber PS, Burglen L, et al: De novo deletions in spinal muscular atrophy: Implications for genetic counselling. *J Med Genet* 34: 86-87, 1997.
35. Wirth B, Schmidt T, Hahnen E, et al: De novo rearrangements found in 2% of index patients with spinal muscular atrophy: mutational mechanisms, parental origin, mutation rate, and implications for genetic counseling. *Am J Hum Genet* 61: 1102-1111, 1997.
36. Burghes AH: When is a deletion not a deletion? When it is converted. *Am J Hum Genet* 61: 9-15, 1997.
37. McAndrew PE, Parsons DW, Simard LR, et al: Identification of proximal spinal muscular atrophy carriers and patients by analysis of SMNT and SMNC gene copy number. *Am J Hum Genet* 60: 1411-1422, 1997.
38. Brahe C: Copies of the survival motor neuron gene in spinal muscular atrophy: The more, the better. *Neuromuscul Disord* 10: 274-275, 2000.
39. Eggermann T, Zerres K, Anhufer D, et al: Somatic mosaicism for a heterozygous deletion of the survival motor neuron (SMN1) gene. *Eur J Hum Genet* 13: 309-313, 2005.
40. Daniels G, Pettigrew R, Thornhill A, et al: Six unaffected livebirths following preimplantation diagnosis for spinal muscular atrophy. *Mol Hum Reprod* 7: 995-1000, 2001.
41. Dreesen JC, Bras M, de Die-Smulders C, et al: Preimplantation genetic diagnosis of spinal muscular atrophy. *Mol Hum Reprod* 4: 881-885, 1998.
42. Fallon L, Harton GL, Sisson ME, et al: Preimplantation genetic diagnosis for spinal muscular atrophy type I. *Neurology* 53: 1087-1090, 1999.
43. Malcov M, Schwartz T, Mei-Raz N, et al: Multiplex nested PCR for preimplantation genetic diagnosis of spinal muscular atrophy. *Fetal Diagn Ther* 19: 199-206, 2004.
44. Moutou C, Gardes N, Rongieres C, et al: Allele-specific amplification for preimplantation genetic diagnosis (PGD) of spinal muscular atrophy. *Prenat Diagn* 21: 498-503, 2001.
45. Pickering S, Polidoropoulos N, Caller J, et al: Strategies and outcomes of the first 100 cycles of preimplantation genetic diagnosis at the Guy's and St. Thomas' Center. *Fertil Steril* 79: 81-90, 2003.
46. Grondard C, Biondi O, Armand AS, et al: Regular exercise prolongs survival in a type 2 spinal muscular atrophy model mouse. *J Neurosci* 25: 7615-7622, 2005.
47. Gardiner P, Dai Y, Heckman CJ. Effects of exercise training on α -motoneurons. *J Appl Physiol* 101: 1228-1236, 2006.
48. Hsieh-Li HM, Chang JG, Jong YJ, Wu MH, Wang NM, Tsai CH, LiH (2000) A mouse model for spinal muscular atrophy. *Nat Genet* 24: 66 -70.
49. Biondi O, Grondard C, Lecolle S, Deforges S et al. Exercise-Induced Activation of NMDA Receptor Promotes Motor Unit Development and Survival in a Type 2 Spinal Muscular Atrophy Model Mouse, *The Journal of Neuroscience*, 28(4):953-962, 2008.
50. Kalb RG, Hockfield S. Activity-dependent development of spinal cord motor neurons. *Brain Res Brain Res Rev* 17: 283-289, 1992.
51. Kalb RG. Regulation of motor neuron dendrite growth by NMDA receptor activation. *Development* 120:3063-3071, 1994.
52. Andreassi C, Patrizi AL, Monani UR, Burghes AH, Brahe C, Eboli ML. Expression of the survival of motor neuron (SMN) gene in primary neurons and increase in SMN levels by activation of the N-methyl-D-aspartate glutamate receptor. *Neurogenetics* 4: 29 -36, 2002.
53. Navarrette R, Vrbova G. Activity-dependent interactions between motoneurons and muscles: their role in the development of the motor unit. *Prog Neurobiol* 41: 93-124, 1993.
54. Liu Y, Wong TP, Aarts M, Rooyackers A, Liu L, Lai TW, Wu DC, Lu J, Tymianski M, Craig AM, Wang YT. NMDA receptor subunits have differential roles in mediating excitotoxic neuronal death both in vitro and in vivo. *J Neurosci* 27: 2846 -2857, 2007.

Pulmoner Arteriyel Hipertansiyonda Egzersiz Eğitimi ve Rehabilitasyon

Dr. Fzt. Melda SAĞLAM

Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Kardiyopulmoner Rehabilitasyon Ünitesi

msaglam@hacettepe.edu.tr

Özet

Pulmoner arteriyel hipertansiyon (PAH) hastalarında fonksiyonel egzersiz kapasitesinde ve yaşam kalitesinde azalma görülmektedir. Son yıllarda hastalığa özgü ilaç tedavisinde önemli gelişmeler olmasına rağmen, PAH hastalarında egzersiz intoleransı devam etmektedir. Egzersiz eğitiminin, pulmoner hipertansiyonun sekonder görüldüğü kronik obstrüktif akciğer hastalığında ve sol kalp yetmezliğinde yararlı olduğu bilinmektedir. PAH hastalarının hemodinamik, kardiyovasküler, ventilatuar ve iskelet kas bulguları benzer olmasına rağmen, egzersiz eğitimi klinik durumda kötüleşme ve yan etkilerden endişe edilmesi nedeni ile kısıtlanmıştır. Son birkaç yılda, bir çok küçük ölçekli çalışmada gözetimli ve monitorize egzersiz eğitimi programlarının stabil PAH hastalarında yarar sağladığı gösterilmiştir. Kabul edilebilir düzeyde yan etkiler ile birlikte egzersiz kapasitesinde artış ve yaşam kalitesinde iyileşme görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Egzersiz Eğitimi, Pulmoner Arteriyel Hipertansiyon, Rehabilitasyon

Abstract

Functional exercise capacity and quality of life has decreased in patients with pulmonary arterial hypertension (PAH). Despite the progress made in recent years in disease-specific therapies, PAH patients still experienced exercise intolerance. Exercise training is beneficial in patients with pulmonary hypertension secondary to chronic obstructive pulmonary disease and left heart failure. However, although similar hemodynamic, cardiovascular, ventilatory and skeletal muscle findings are seen in PAH patients, exercise training is discouraged due to concerns of clinical deterioration and adverse effects. In the last few years, several small-scale studies have demonstrated that supervised and monitored exercise training programs may provide benefits in stable patients with PAH. Improved exercise capacity and quality of life with an acceptable low risk of adverse effects are also seen.

Keywords: Exercise Training, Pulmonary Arterial Hypertension, Rehabilitation

Giriş

Pulmoner arteriyel hipertansiyon (PAH), pulmoner arteriyel basıncıdaki yükselmeler ile karakterize nadir görülen ilerleyici bir pulmoner damar hastalığıdır (1, 2).

Genellikle tanı konduğunda şiddetlidir (ortalama pulmoner arter basıncı >40 mmHg) ve prognoz hemodinamik anormalliklerin derecesi ile ilgilidir. Pulmoner hipertansiyon tedavi edilmediği takdirde hastalarda sağ kalp yetersizliğine ve ölüme neden olabilmektedir (3).

Her yaştan ve her ırktan kişiyi etkiler fakat ortalama başlangıç yaşı 37'dir. Kadınları erkeklerden 2-3 kat daha fazla etkilemektedir. Bazı etyolojik faktörler olmasına rağmen, çoğunlukla PAH'nın belirli bir nedeni yoktur (4). İlk olarak 1951 yılında primer PAH, Dresdale ve arkadaşları tarafından 39 hastada açıklanamayan PAH olarak rapor edilmiştir. Avrupa'da PHT'nin insidansın-

da aminorex ve diyet hapları kullanımı nedeni ile hızlı bir artış olmuştur (5). Dünya Sağlık Örgütü ilk olarak 1973 yılında pulmoner hipertansiyonu primer ve sekonder olarak ikiye ayırmıştır (6).

Tanım ve Sınıflandırma

Pulmoner arter basıncının normalden daha fazla yükselmesi ile ilgili hemodinamik bir bulgudur.

İstirahatte ortalama pulmoner arter basıncının 25 mmHg'dan yüksek olması veya egzersiz sırasında 30 mmHg'dan yüksek olması durumudur. Pulmoner kapiller kama basıncı ile gösterilen sol kalp basınçları normaldir (15 mmHg ve altı).

Pulmoner hipertansiyon Dünya Sağlık Örgütü sınıflandırılmasına göre kategorize edilmektedir. Pulmoner arteriyel hipertansiyon (PAH) idiopatik ve ailesel PAH, konjenital kalp hastalıkları, konjektif doku hastalıkları ve diğer sorunlarla ilişkili PAH'ı içeren Grup 1'i kapsamaktadır.

Tablo 1. Dünya Sağlık Örgütü pulmoner arteriyel hipertansiyon için fonksiyonel sınıflandırması (9)

Sınıf I	Normal fiziksel aktivitede kısıtlanma yok. Aktivite sırasında dispne, yorgunluk, göğüs ağrısı veya senkop olmaz. Asemptomatik.
Sınıf II	Fiziksel aktivite sırasında hafif kısıtlanma var. İstirahatte rahatsızlık yok, günlük aktiviteler sırasında dispne, yorgunluk, göğüs ağrısı veya senkop var.
Sınıf III	Fiziksel aktivite sırasında belirgin kısıtlanma var. İstirahatte problem yokken hafif aktiviteler sırasında bile dispne, yorgunluk, göğüs ağrısı veya senkop olur.
Sınıf IV	Semptom olmaksızın herhangi bir fiziksel aktiviteyi sürdürmede yetersizlik. Sağ ventrikül yetmezliği veya senkop belirtisi. İstirahat sırasında dispne ve/veya yorgunluk görülebilir ve fiziksel aktivitede rahatsızlık artar.

Pulmoner Hipertansiyonun Semptomları

Kondüsyon azlığı, nefes darlığı, yorgunluk, palpasyonlar, ayak bileğinde ödem, göğüs ağrısı, senkop ve anksiyeteyi içeren semptomlar görülür. Erken dönemdeki spesifik olmayan bu semptomlar nedeniyle hastalık ilerleyene kadar tanı konulamaz (7, 8). Bu semptomlara ek olarak, hastalar sağ ventriküler iskemi nedeni ile göğüste basınç hissi, baş dönmesi ve aktivite sırasında senkopla karşılaşabilirler.

Fonksiyonel durumu değerlendirirken, hastaların yaşam kalitesi ve günlük yaşam aktiviteleri arasındaki semptomları sorgulanmalıdır. Hastalığın ilerlemesini takipte ve tedaviye yanıtı değerlendirmede fonksiyonel sınıflandırma olarak

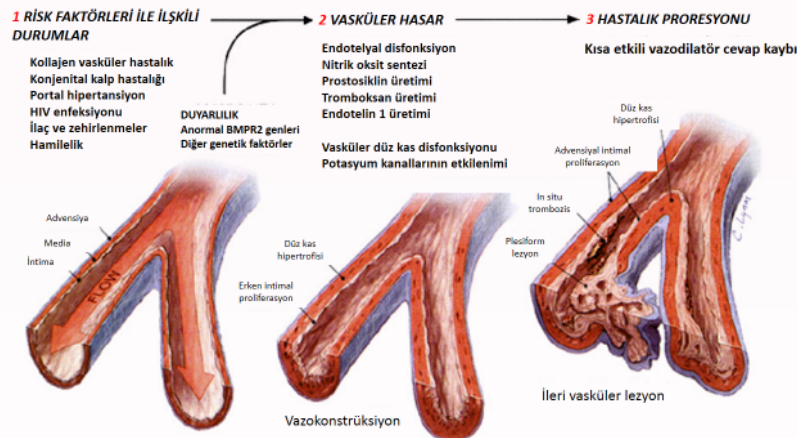
Dünya Sağlık Örgütü'nün fonksiyonel sınıflandırılması da kullanılır (Tablo 1).

Pulmoner Hipertansiyonun Patofizyolojisi

Pulmoner hipertansiyon patofizyolojisi oldukça karmaşık olup, vazokonstriksiyon, vasküler yeniden şekillenme ve trombozisten oluşan temel faktörler üzerine yoğunlaşmaktadır (Şekil 1). Pulmoner arter basıncının artması, pulmoner vasküler direncin artması ve sonuçta kalp debisinin azalması ile karakterizedir (10). Bu hemodinamik bulgulara düz kas hipertrofisi, intimal hiperplazi ve trombüs oluşumu ile karakterize bir vaskülopati eşlik eder. Sağ ventrikül hipertrofisi ve dilatasyonu pulmoner vasküler direncin artmasına cevap olarak ortaya çıkar (11).

Pulmoner hipertansiyonun gelişiminde ve ilerlemesinde endotel disfonksiyonunun önemli bir patojenik rol oynadığını gösteren kanıtlar mevcuttur. Reaktif oksijen türleri, genetik mutasyonlar, sürtünme stresi, otoimmünite ve inflamasyon gibi faktörler endotel disfonksiyonuna neden olabilir. Endotel disfonksiyonu, endotel hücre proliferasyonuna, artan koagülopatiyeye, sitokin ve büyüme faktörleri aracılığı ile vazokonstriksiyona ve vasküler hipertrofiye neden olmaktadır (13). Disfonksiyonel pulmoner arter endotelinde prostasiklin ve nitrik oksit sentezinin azaldığı buna karşılık endotelin-1 sentezinin ise arttığı görülmektedir (14).

Pulmoner vasküler yeniden şekillenme intimal proliferasyonu, medial hipertrofiyi ve adventisiyal kalınlaşmayı kapsamaktadır (15). İntimal vasküler lezyonların endotel hasarını takiben düz kas hücre migrasyonunun aktivasyonu, ekstraselüler matris yer değişimi ve endotel hücre proliferasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. İntimal lezyonlar küçük pulmoner arterlerin luminal alanının redüksiyonuyla oluşur ve pulmo-



Şekil 1. Pulmoner arteriyel hipertansiyonun patogenezi (Gaine S, izinle) (12).

ner vasküler direnci büyük ölçüde etkiler. İntimal lezyonlar dış intimanın kalınlaşmasıyla pleksiform arteriopati ve fibrotik olarak oluşmaktadır (16, 17).

Medial düz kas hücre hipertrofisi, PHT'nin karakteristik patolojik özelliği olup öncelikli olarak muskularize arterler ile prekapiller damarları kapsamaktadır. Pulmoner hipertansiyondaki pulmoner arterlerin tunika media tabakasının genişlemesi hipertrofi ve hiperplazinin bir kombinasyonu sonucu oluşmaktadır. Ekstraselüler matriks birikimi ile birlikte düz kas hücre hipertrofisi, daha kalın elastik laminayı da kapsayan PHT'deki medial kalınlaşmanın sebebinin oluşturmaktadır (16).

Endotel disfonksiyonu PHT'nin pek çok formunda trombotik sürece katkı sağlamaktadır. Trombozis, pulmoner damar lümenin obstrüksiyonuna neden olarak PHT'yi şiddetlendirmektedir. Pulmoner hipertansiyonu olan hastalarda dolaşan trombositler sürekli aktif durumdadır ve hasarlı endotel hücrelerinde agregasyon ile protrombotik ortama katkıda bulunmaktadır (17).

Pulmoner Arteriyel Hipertansiyonda Değerlendirme

Sağ kalp kateterizasyonu, PAH tanısı koymada altın standarttır. Sağ kalp kateterizasyonu sırasında, pulmoner basınçlar (pulmoner arter sistolik ve diastolik, ortalama pulmoner arter basıncı, pulmoner kapiller kama basıncı, sağ ventrikül basıncı, sağ atrial basınç), kalp debisi ve karışık venöz oksijen satürasyonu ölçülmektedir. Bu ölçümlerden pulmoner vasküler direnç hesaplanmaktadır (8). Ayrıca PAH'de tanısız sağ kalp kateterizasyonu yapılırken, ilaç tedavisinden yarar görece hastaları saptamak için vazoreaktivite testi de yapılır (8).

Bunu yanında ekokardiyografi (1), elektrokardiyografi (18), solunum fonksiyon testleri, arteriyel kan gazları (19), ventilasyon-perfüzyon sintigrafisi, pulmoner anjiyografi, kardiyak manyetik rezonans görüntüleme, kan testleri ve immünoloji, abdominal ultrasonografi gibi yöntemlerden de yararlanılmaktadır (8, 20).

Aerobik Egzersiz Kapasitesinin Değerlendirilmesi

Pulmoner hipertansiyon hastalarında objektif egzersiz kapasitesi değerlendirilmesinde genellikle 6 dakikalık yürüme testi ve kardiyopulmoner egzersiz testi kullanılır (21, 22).

6 dakikalık yürüme testi teknik açıdan basit, ucuz, yinelenebilir ve yeterince standartlaştırılmış bir testtir. Yürünen mesafe yanında, efor dispnesi

ve oksijen satürasyonu kaydedilmektedir. Pulmoner hipertansiyonda iki farklı çalışmada 332 m'nin veya 250 m'nin altında yürüme mesafeleri ile % 10'un üzerinde oksijen desatürasyonu kötü prognoz göstergesi olduğu rapor edilmiştir (21, 23). Pulmoner hipertansiyon alanındaki öncül nitelikteki randomize kontrollü çalışmaların çoğunda 6 dakikalık yürüme testi mesafesindeki artış başlıca son nokta olmaya devam etmektedir. Test vücut ağırlığı, cinsiyet, boy uzunluğu, yaş ve hasta motivasyonundan etkilenmektedir (24).

Kardiyopulmoner egzersiz testinde her basamakta sürekli olarak gaz değişimi ve ventilasyon kaydedilmektedir. Pulmoner hipertansiyonda, anaerobik eşikte (erken laktik asit üretimi) ve zirve egzersizde oksijen kullanımı hastalığın şiddetiyle orantılı bir şekilde azalmakta, benzer bir azalma zirve iş yükü, zirve kalp hızı, oksijen nabızı değeri ve ventilatuar etkinlikte de gözlenmektedir (22). Bu patofizyolojik sorunlar, hastaların fonksiyonel kapasitelerinde ve günlük yaşam aktivitelerini yapma yeteneğinde azalma ile sonuçlanır.

Pulmoner hipertansiyonda iki yöntemin sonuçları birbiriyle bağlantılı olmakla birlikte, randomize kontrollü çalışmalarda 6 dakikalık yürüme testi sırasında gözlemlenen düzelme kardiyopulmoner egzersiz testinde doğrulanmamıştır (25, 26). 6 dakikalık yürüme testi, PAH tedavilerinin etkilerini değerlendirmede bugüne kadar Gıda ve İlaç Dairesi ve Avrupa İlaç Ajansı tarafından kabul edilmiş yegane egzersiz son noktası olmaya devam etmektedir (27). Egzersiz kapasitesinin değerlendirmesi yalnızca hastalığın şiddetini ve derecesini belirlemede değil aynı zamanda egzersiz eğitiminin şiddetini belirlemede ve gelişmelerin takibinde çok önemlidir.

Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

PAH hastalarında kan akımındaki azalma ve arteriyel hipoksemi kaslara oksijen alımını azaltır. Buna bağlı iskelet kas zayıflığı ve yorgunluk olur (28). Araştırmacılar hem solunum hem de iskelet kas zayıflığının görülmesinin sol kalp yetersizliği hastalarında görüldüğü gibi genel sistemik kas zayıflığını belirtebileceğini düşünmektedirler (29, 30). İskelet kas metaboreseptörleri ve/veya ergoreseptör refleks hareketine dispne ve yorgunluk cevabı görülmektedir. Bu kas hipotezi kalp debisinin azalması ile ortaya çıkan ısrarlı sempatik sinir sistemi aktivasyonu olarak yorumlanır ve yakın zamanda PAH hastalarında gösterilmiştir (31).

Yapılan bir çalışmada PAH olan farelerde diyafragma kas lifi atrofisi gösterilmiştir ve proteolizisteki artışın buna neden olduğu ifade edilmiştir. Bu durumun dispnenin patogenezeine katkıda

bulunduğu da belirtilmiştir (32). Araştırmacılar, kas zayıflığına, sistemik oksijen taşıma kapasitesinin azalmasına bağlı olarak kullanmamaya bağlı kas atrofisi, çabuk yorulan tip II kas liflerinin artışı, oksidatif enzimler ve mitokondrinin azalması, anormal intrasellüler kalsiyum profili ve fosfokreatinde azalmasını içeren sonuçların neden olabileceğini savunmuşlardır (33-35).

PAH'ta Tedavi Yaklaşımları

PAH için řu an kesin bir tedavi yaklaşımı yoktur. Pulmoner hipertansiyonun radikal tedavisi bazı endikasyonlarda söz konusu olup, genelde semptomatik tedavi uygulanmaktadır. PHT'nin gelecekteki tedavisi, vazodilatörler, antikoagülanlar, inotropik ajanlar, diüretikler ve oksijen tedavisi ile yapılmaktadır (10).

Son bir kaç yılda, özgül ilaç tedavisi ile hastaların semptomatik durumunda anlamlı düzelme sağlanmakta ve klinik tablonun kötüleşme hızı yavaşlamaktadır. Bu alanda kalsiyum kanal blokerleri, prostanoidler, endotelin reseptör antagonistleri ve fosfodiesteraz tip 5 inhibitörleri yer almaktadır. Bunların kombinasyonları da kullanılmaktadır (8). Bu bulguya karşın, PAH tam iyileşme sağlanamayan kronik bir hastalık olmaya devam etmektedir.

Pulmoner hipertansiyon için hem kalp akciğer, hem de çift akciğer transplantasyonu yapılmaktadır. Pulmoner hipertansiyonda transplantasyonun ardından toplam 5 yıllık sağkalım % 45-50'dir ve kanıtlar yaşam kalitesinin iyi olmasına devam ettiğini göstermektedir (18).

Pulmoner hipertansiyon tedavisinde amaç, fonksiyonel sınıflandırmayı düzeltmek, 6 dakika yürüme testi mesafesinde hedefi 400-500 m'de tutmak, sağ ventrikül fonksiyonlarını iyileştirmek, oluşabilecek tromboembolik yükü azaltmak, yaşam kalitesini artırmak ve iyi prognoz sağlamaktır (36).

Egzersiz Eğitimi

Klinik olarak stabil olan bütün PAH hastalarında egzersiz eğitimi önemli bir tedavi yaklaşımıdır. Hastalar semptomları elverdiği ölçüde aktif olmaya teşvik edilmelidir. Bununla beraber aerobik egzersiz eğitimi temel yaklaşım olarak benimsenmeli diğer yöntemler daha sonra düşünölmelidir.

Aerobik Egzersiz Eğitimi

PAH hastaları, pulmoner hipertansiyonun sıklıkla göröldüğü kronik obstrüktif akciğer hastaları ve interstisyel akciğer hastaları çoğunlukla fizik-

sel olarak yetersizlerdir (37). Egzersiz eğitimi şiddetli hastanın bireysel düzeyine göre belirlenmeli ve ilerlenmelidir. Hafif soluksuz kalma kabul edilebilir, ancak hastalar şiddetli nefes darlığına, efora bağlı sersemlik haline ve göğüs ağrısına neden olacak efordan kaçınmalıdır (38).

Diğer pulmoner hastalıklar ile karşılaştırıldığında PAH hastalarında aerobik egzersiz eğitimi ile ilgili çalışmalar çok azdır. Bu durumun, PAH hastalarının yaşam sürelerinin kısa olması ve uzun süre egzersiz eğitiminin klinik durumu kötüleştirdiği inancından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu konuda yapılan ilk randomize kontrollü çalışma, Mereles ve arkadaşları (39) tarafından küçük bir grupta yapılmış ve sonucunda 6 dakika yürüme testi mesafesi, zirve oksijen tüketimi ve anaerobik eşik düzeyindeki oksijen tüketiminde gelişme bulunmuştur. De Man ve arkadaşlarının (40) 19 PAH hastasında yaptığı başka bir çalışmada aerobik ve kuvvetlendirme eğitimi birlikte uygulanmıştır. Zirve oksijen tüketimi ve 6 dakika yürüme testi mesafesinde gelişme elde edilmemiş, buna karşın anaerobik eşik düzeyindeki oksijen tüketimi, egzersiz endurans zamanı, quadriceps kas kuvveti ve enduransında anlamlı gelişme bulunmuştur. Çalışmada quadriceps kapiller yoğunluğu ve oksidatif enzim aktivitesinde de belirgin gelişme kaydedilmiştir.

2013 yılında yayınlanan geniş çaplı bir çalışmada, farklı nedenlere bağlı PAH olan 183 hastaya egzersiz eğitimi yapılmıştır. Hastaların %13'ünde egzersize bağlı ciddi olmayan komplikasyonlar rapor edilmiştir (41). Bu komplikasyonlar presenkop, senkop ve oksijen desatürasyonudur. Diğer çalışmalarda belirtilen egzersize bağlı komplikasyonlar ise palpasyonlar, göğüs ağrısı ve baş dönmesidir. Bu nedenlerden PAH hastalarında egzersiz eğitimi sırasında yakın takip önemlidir.

PAH hastalarında egzersiz eğitimini araştıran ilk çalışmalarda düşük-orta şiddette egzersiz programları uygulanmıştır (egzersiz sırasında maksimal kalp hızının 120 atım/dk'nın altında olması, aralıklı eğitim, kuvvetlendirme eğitimine daha geç başlanması gibi.). Bununla beraber, son yapılan randomize kontrollü çalışmada New York Kalp Birliği'nin sınıflamasında sınıf II ve III hastalarında, koşubandı eğitimi kalp hızı rezervinin %70-80'ininde uygulandığında tolere edilmiş ve yararlı olduğu gösterilmiştir. Bundan dolayı, pulmoner rehabilitasyon uygulamaları yapılan diğer hastalara benzer eğitim iş yükleri orta şiddette PAH hastalarında uygundur denebilir. Bu zamana kadar yapılan egzersiz eğitimi çalışmalarına stabil ve optimal medikal tedavi verilen hastalar dahil edilmiştir. Son zamanlarda varolan eforla senkop hikayesi egzersiz eğitimi için bir

kontraendikasyondur. Çalışmalara dahil edilen hasta grubunun çoğunluğu Dünya Sağlık Örgütü/ New York Kalp Birliği'nin sınıflamasında sınıf II ve III hastalardır. Güvenlik ve egzersiz eğitiminin toleransı nedeni ile Sınıf IV PAH hastaları çalışmalara dahil edilmemiştir (42).

Kuvvetlendirme Eğitimi

Pulmoner hipertansiyon dahil bir çok pulmoner hastalıkta iskelet kas zayıflığı da görülmektedir. Kas kuvvetindeki azalma, fonksiyonel aktivitelerde başarıyı olumsuz yönde etkilemektedir. Kronik obstrüktif akciğer hastalarında aerobik ve kuvvetlendirme egzersiz eğitiminin bir arada uygulanması yönünde kanıtlar vardır (43). Aynı kanıtlar PAH hastaları için yetersizdir. Çalışmalarda düşük şiddetli kuvvetlendirme eğitimi, aerobik egzersiz eğitimi ile birlikte uygulanmıştır (39, 40). Bu nedenle kuvvetlendirme eğitiminin etkin ve güvenli olduğunu gösteren çalışmalara ihtiyaç vardır.

Son yıllarda egzersiz eğitimi programlarına katılamayan solunum hastaları için güncel bir konu olan nöromusküler elektrik stimülasyonu da PAH olan hastalarda araştırılmamıştır. Nöromusküler elektrik stimülasyonunun genel özellikleri nedeni ile kardiyovasküler ve pulmoner sistem üzerine az yük vereceğinden faydalı olabilir diye düşünülmektedir (44, 45).

Solunum Kas Eğitimi

Pulmoner hipertansiyon (34) kronik obstrüktif akciğer hastalığı (46) ve interstisyel akciğer hastalıkları (47) solunum kas kuvvetinde zayıflama görülmektedir, bu durum hastaların semptomlarında kötüleşme ve fonksiyonel kapasitelerinde azalmaya katkıda bulunur. Solunum kas eğitimi, inspiratuar kas kuvveti ve endüransı, fonksiyonel kapasite ve yaşam kalitesinde gelişme sağlar ve dispne azalmaya neden olur (48). Solunum kas disfonksiyonu, PAH olan hastalarda gösterilmiş olmasına rağmen solunum kas eğitiminin etkisi bilinmemektedir.

Sonuç

PAH hastalarında pulmoner rehabilitasyon ve egzersiz eğitiminin klinik olarak önemli yararlar sağladığını gösteren yeni çalışmalar vardır. PAH hastalarında egzersiz eğitimi gözetimli, bireysel ve monitorize olarak yapılmalıdır. Yalnızca klinik olarak stabil ve optimal medikal tedavisini alan hastalar egzersiz eğitimine kabul edilmelidir. Egzersiz eğitimi yapılan diğer hasta grupları ile karşılaştırıldığında, PAH hastalarındaki ideal

egzersiz programı hala bilinmemektedir. Hangi hastaların egzersiz eğitiminden yarar sağlayamayacağı veya çok daha şiddetli PAH'ı olan hastaların güvenli bir şekilde bu programlara katılıp katılamayacağı ve bu programlardan benzer yarar sağlayıp sağlayamayacağı henüz açık olarak belirlenmemiştir. Özellikle prognoz, sağ ventrikül fonksiyonu, hastaneye yatış sıklığı ve sağlık bakım harcamalarının araştırıldığı yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

İlgili kitap bölümünün hazırlanmasında bilgisini esirgemeyen ve danışmanlığını yapan Sayın hocam Prof. Dr. Hülya Arıkan'a teşekkür ederim. Ayrıca çok sevgili arkadaşım Sayın Dr. Fzt. Naciye Vardar Yağlı'ya katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Kaynaklar

1. Barst, R.J., McGoon, M., Torbicki, A., Sitbon, O., Krowka, M.J., Olschewski, H. ve diğerleri. (2004) Diagnosis and differential assessment of pulmonary arterial hypertension. J Am Coll Cardiol, 43 (12 Suppl S), 40S-47S.
2. McGoon, M.D., Kane, G.C. (2009) Pulmonary hypertension: diagnosis and management. Mayo Clin Proc, 84 (2), 191-207.
3. Rubin, L.J. (1997) Primary pulmonary hypertension. N Engl J Med, 336 (2), 111-117.
4. McLaughlin, V.V., Davis, M., Cornwell, W. (2011) Pulmonary arterial hypertension. Curr Probl Cardiol, 36 (12), 461-517.
5. Newman, J.H. (2005) Pulmonary hypertension. Am J Respir Crit Care Med, 172 (9), 1072-1077.
6. Hoeper, M.M. (2009) The new definition of pulmonary hypertension. Eur Respir J, 34 (4), 790-791.
7. Rubin, L.J. (2006) Pulmonary arterial hypertension. Proc Am Thorac Soc, 3 (1), 111-115.
8. Galie, N., Hoeper, M.M., Humbert, M., Torbicki, A., Vachiery, J.L., Barbera, J.A. ve diğerleri. (2009) Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. Eur Respir J, 34 (6), 1219-1263.
9. McLaughlin, V.V., Archer, S.L., Badesch, D.B., Barst, R.J., Farber, H.W., Lindner, J.R. ve diğerleri. (2009) ACCF/AHA 2009 expert consensus document on pulmonary hypertension a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents and the American Heart Association developed in collaboration with the American College of Chest Physicians; American Thoracic Society, Inc.; and the Pulmonary Hypertension Association. J Am Coll Cardiol, 53 (17), 1573-1619.
10. Lee, S.H., Rubin, L.J. (2005) Current treatment strategies for pulmonary arterial hypertension. J Intern Med, 258 (3), 199-215.
11. Traiger, G.L. (2007) Pulmonary arterial hypertension. Crit Care Nurs Q, 30 (1), 20-43.
12. Gaine, S. (2000) Pulmonary hypertension. JAMA, 284 (24), 3160-3168.
13. Budhiraja, R., Tudor, R.M., Hassoun, P.M. (2004) Endothelial dysfunction in pulmonary hypertension. Circulation, 109 (2), 159-165.

14. Levine, D.J. (2006) Diagnosis and management of pulmonary arterial hypertension: Implications for respiratory care. *Respir Care*, 51 (4), 368-381.
15. Jeffery, T.K., Wanstall, J.C. (2001) Pulmonary vascular remodelling in hypoxic rats: effects of amlodipine, alone and with perindopril. *Eur J Pharmacol*, 416 (1-2), 123-131.
16. Tuder, R.M., Marecki, J.C., Richter, A., Fijalkowska, I., Flores, S. (2007) Pathology of pulmonary hypertension. *Clin Chest Med*, 28 (1), 23-42, vii.
17. Ghamra, Z.W., Dweik, R.A. (2003) Primary pulmonary hypertension: an overview of epidemiology and pathogenesis. *Cleve Clin J Med*, 70 Suppl 1, S2-8.
18. Karabiyikoglu, G., . (2007). Pulmoner arteriyel hipertansiyon. Ankara: Antip Basimevi.
19. Yildiz, O.A. (2007). Pulmoner hipertansiyonda solunum fonksiyon testleri, arter kan gazları ve egzersiz testleri. Ankara: Antip Basimevi.
20. McGoon, M., Gutterman, D., Steen, V., Barst, R., McCrory, D.C., Fortin, T.A. ve diğerleri. (2004) Screening, early detection, and diagnosis of pulmonary arterial hypertension: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*, 126 (1 Suppl), 14S-34S.
21. Miyamoto, S., Nagaya, N., Satoh, T., Kyotani, S., Sakamaki, F., Fujita, M. ve diğerleri. (2000) Clinical correlates and prognostic significance of six-minute walk test in patients with primary pulmonary hypertension. Comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med*, 161 (2 Pt 1), 487-492.
22. Oudiz, R.J., Barst, R.J., Hansen, J.E., Sun, X.G., Garofano, R., Wu, X. ve diğerleri. (2006) Cardiopulmonary exercise testing and six-minute walk correlations in pulmonary arterial hypertension. *Am J Cardiol*, 97 (1), 123-126.
23. Paciocco, G., Martinez, F.J., Bossone, E., Pielsticker, E., Gillespie, B., Rubenfire, M. (2001) Oxygen desaturation on the six-minute walk test and mortality in untreated primary pulmonary hypertension. *Eur Respir J*, 17 (4), 647-652.
24. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. (2002) *Am J Respir Crit Care Med*, 166 (1), 111-117.
25. Barst, R.J., Langleben, D., Frost, A., Horn, E.M., Oudiz, R., Shapiro, S. ve diğerleri. (2004) Sitaxsentan therapy for pulmonary arterial hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*, 169 (4), 441-447.
26. Barst, R.J., McGoon, M., McLaughlin, V., Tapson, V., Rich, S., Rubin, L. ve diğerleri. (2003) Beraprost therapy for pulmonary arterial hypertension. *J Am Coll Cardiol*, 41 (12), 2119-2125.
27. Palange, P., Ward, S.A., Carlsen, K.H., Casaburi, R., Gallagher, C.G., Gosselink, R. ve diğerleri. (2007) Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J*, 29 (1), 185-209.
28. Bauer, R., Dehnert, C., Schoene, P., Filusch, A., Bartsch, P., Borst, M.M. ve diğerleri. (2007) Skeletal muscle dysfunction in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Respir Med*, 101 (11), 2366-2369.
29. Drexler, H. (1992) Skeletal muscle failure in heart failure. *Circulation*, 85 (4), 1621-1623.
30. Clark, A.L., Poole-Wilson, P.A., Coats, A.J. (1996) Exercise limitation in chronic heart failure: central role of the periphery. *J Am Coll Cardiol*, 28 (5), 1092-1102.
31. Velez-Roa, S., Ciarka, A., Najem, B., Vachiery, J.L., Naeije, R., van de Borne, P. (2004) Increased sympathetic nerve activity in pulmonary artery hypertension. *Circulation*, 110 (10), 1308-1312.
32. de Man, F.S., van Hees, H.W., Handoko, M.L., Niessen, H.W., Schalij, I., Humbert, M. ve diğerleri. (2011) Diaphragm muscle fiber weakness in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*, 183 (10), 1411-1418.
33. Kabitz, H.J., Schwoerer, A., Bremer, H.C., Sonntag, F., Walterspacher, S., Walker, D. ve diğerleri. (2008) Impairment of respiratory muscle function in pulmonary hypertension. *Clin Sci (Lond)*, 114 (2), 165-171.
34. Meyer, F.J., Lossnitzer, D., Kristen, A.V., Schoene, A.M., Kubler, W., Katus, H.A. ve diğerleri. (2005) Respiratory muscle dysfunction in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Eur Respir J*, 25 (1), 125-130.
35. Desai, S.A., Channick, R.N. (2008) Exercise in patients with pulmonary arterial hypertension. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 28 (1), 12-16.
36. Hoeper, M.M., Rubin, L.J. (2006) Update in pulmonary hypertension 2005. *Am J Respir Crit Care Med*, 173 (5), 499-505.
37. Mainguy, V., Provencher, S., Maltais, F., Malenfant, S., Saey, D. (2011) Assessment of daily life physical activities in pulmonary arterial hypertension. *PLoS One*, 6 (11), e27993.
38. Fowler, R., Jenkins, S., Maiorana, A., Gain, K., O'Driscoll, G., Gabbay, E. (2011) Australian perspective regarding recommendations for physical activity and exercise rehabilitation in pulmonary arterial hypertension. *J Multidiscip Healthc*, 4, 451-462.
39. Mereles, D., Ehlken, N., Kreuscher, S., Ghofrani, S., Hoeper, M.M., Halank, M. ve diğerleri. (2006) Exercise and respiratory training improve exercise capacity and quality of life in patients with severe chronic pulmonary hypertension. *Circulation*, 114 (14), 1482-1489.
40. de Man, F.S., Handoko, M.L., Groepenhoff, H., van 't Hul, A.J., Abbink, J., Koppers, R.J. ve diğerleri. (2009) Effects of exercise training in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Eur Respir J*, 34 (3), 669-675.
41. Grunig, E., Lichtblau, M., Ehlken, N., Ghofrani, H.A., Reichenberger, F., Staehler, G. ve diğerleri. (2012) Safety and efficacy of exercise training in various forms of pulmonary hypertension. *Eur Respir J*, 40 (1), 84-92.
42. Zafrir, B. (2013) Exercise training and rehabilitation in pulmonary arterial hypertension: rationale and current data evaluation. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 33 (5), 263-273.
43. Ries, A.L. (2008) Pulmonary rehabilitation: summary of an evidence-based guideline. *Respir Care*, 53 (9), 1203-1207.
44. Gerovasili, V., Stefanidis, K., Vitzilaios, K., Karatzanos, E., Politis, P., Koroneos, A. ve diğerleri. (2009) Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Crit Care*, 13 (5), R161.
45. Arena, R. (2011) Exercise testing and training in chronic lung disease and pulmonary arterial hypertension. *Prog Cardiovasc Dis*, 53 (6), 454-463.
46. Cooper, C.B. (2009) Airflow obstruction and exercise. *Respir Med*, 103 (3), 325-334.
47. Holland, A.E. (2010) Exercise limitation in interstitial lung disease - mechanisms, significance and therapeutic options. *Chron Respir Dis*, 7 (2), 101-111.
48. Gosselink, R., De Vos, J., van den Heuvel, S.P., Segers, J., Decramer, M., Kwakkel, G. (2011) Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *Eur Respir J*, 37 (2), 416-425.

Kanserde Fizyoterapi ve Rehabilitasyon

Dr. Fzt. Naciye VARDAR YAĞLI

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

naciyevardar@yahoo.com

Özet

Giderek artan yoğun tedaviler sonucunda kanser hastaları ve bakım verenlerin günlük yaşam aktivitelerini sürdürebilme becerisi etkilenir. Hastanın fonksiyon gösterme, bağımsızlığın iyileştirilmesi ve durumuna uyum sağlamasına yardımcı olma kanser rehabilitasyonu tanımı içinde yer alır. Bazı hastalar için tedavi tam iyileşme ve fiziksel eksiklik oluşmaması ile sonuçlansa da bazı kişilerde tam bir tedavi belirgin fiziksel bozukluk veya yetersizlik ile sonuçlanabilir. Optimal fonksiyonun hızla geri kazanımı fizyoterapi ve rehabilitasyon ile sağlanabilir. Bu müdahaleler entegre ve doğru zamanda yapıldığında, ağrıyı azaltır ve kişisel bakımı ve hareket becerisini en üst düzeye çıkarır ve bu şekilde kanserin zararlarını ve fiziksel etkilenimi azaltmaya yardımcı olur, yaşam kalitesini ve öz saygıyı artırır.

Anahtar Kelimeler: Kanser, Rehabilitasyon, Egzersiz

Abstract

Increasingly intensive treatment affects the ability of cancer patients and their caregivers to continue with their usual daily activities. Cancer rehabilitation defines functioning, improving independence and helping cancer patients adapt to their condition. While the treatment for some patients may now result in complete cure and no perceived physical deficits, for others may result in significant physical impairment or disability. Quick restoration of optimal function can be provided with physiotherapy and rehabilitation. These intervention reduce pain, and maximize self-care and mobility skills, and thereby help to reduce the stigma of cancer and physical impairment while providing dignity and a better quality of life for the cancer patient.

Key words: Cancer, Rehabilitation, Exercise

Giriş

Kanser son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de en önemli toplumsal sağlık problemlerinden biri olmuştur. Tüm dünyada ölüm nedenleri arasında ikinci sırada yer alan kanserin, hızla artarak birinci sıraya yerleşeceği öngörülmektedir (1). Kanser tedavilerinin uzun sürmesi ve tedavinin yan etkileri fonksiyonel kapasitede azalmaya, özellikle aerobik kapasitenin azalması kas kuvveti, esneklik ve vücut kompozisyonunu etkileyerek sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi parametrelerinde azalmaya yol açar (2-7).

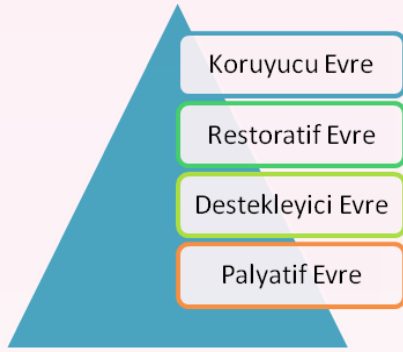
Kanser rehabilitasyonu bireye, hastalığın ve tedavisinin neden olduğu sorunları restore etmek, fiziksel, sosyal, psikolojik ve mesleki fonksiyonları maksimumda tutmak için yapılan yardımlardır (8).

Bir çok çalışma kanser rehabilitasyon programlarının bireyselleştirilip, özel ve gerçekçi hedefler seçildiğinde ölçülebilir faydalarla sonuçlandığını göstermiştir. İyileşmiş veya kontrol altında olan kanser hastalarında kapsamlı yatan hasta rehabilitasyonu ile kötü prognozlu hasta-

larda bile mobilite ve kişisel bakım becerilerinin kazanılmasını sağlayarak erken taburculuğu kolaylaştırabilir. Kanser hastalarında sıklıkla birlikte bulunan psikolojik, seksüel, sosyal ve beceri yönlerinden etkileri ve fiziksel bozuklukları düzeltmeyi hedefleyen rehabilitasyon sağlanması da önemlidir. Beklenen psikososyal zorluklar tercihen tanı konduğunda ortaya konulmalı ve tedavi başlanmalıdır. Kanser bakımının hedefi sadece malignansiye kontrol altına alarak ortadan kaldırmak ve yaşamı uzatmak değil; ayrıca yaşam kalitesini sağlamak ve yeniden kurmaktır. Kanser fiziksel yetersizlikle sonuçlanan yönü hızlıca tanıyıp genellikle iyi tedavi edilse de sıklıkla hastaneden taburculuk sonrası gelişen psikososyal etkiler farkedilmeden kalabilir ve bu nedenle tedavi edilmeyebilir. Sonuç olarak bunlar fiziksel bozukluklardan daha fazla yetersizliğe neden olabilirler (5, 6). Kanser tedavisi tam olarak korunma, erken tanı ve tedaviye odaklanır fakat etkin bir tedaviyi takiben çoğu kanser hastası fiziksel yetersizlik veya engel ile sonuçlanan bazı fiziksel bozukluklar yaşarlar. Çoğu kanser tipinde en geniş anlamıyla önceki fonksiyonlarına geri dönebilmeleri için tüm hastaların maksimum fonksiyonu geri

kazanmalarını sağlamak önemlidir. Bu nedenle multidisipliner ve interdisipliner tedavi kanser hastasının tedavi bütününe önemli bir parçasıdır. Her hasta için fonksiyonel eksiklik tam olarak belirlenmeli ve diğer tedaviler ile eş zamanlı olarak uygun rehabilitasyon tedavileri başlanmalıdır (6, 8).

Kanser Rehabilitasyonunda Evreler



Koruyucu Evrede amaç hasta eğitiminin sağlanması, beklenen sorunlar ve fonksiyon kaybı olmadan koruyucu önlemler ve hastanın fonksiyonel kapasitesini artırmaya yönelik egzersiz programı oluşturmaktır.

Restoratif Evrede hastanın yaşı, mental durumu, motivasyonu, fiziksel sorunları, psikolojik adaptasyon sorunları göz önünde bulundurularak, kanser veya tedavi sonucu oluşan sorunların aşılması, hastalık öncesi fonksiyonel, fiziksel, psikososyal düzeye ve kişinin elde edebileceği maksimum kapasiteye ulaşılması hedeflenir.

Destekleyici Evrede var olan yetersizliklerle baş etmeye yönelik hasta eğitimi, hastalığın ve tedavi gereksiniminin devam etmesi, fonksiyonel kapasitenin iyileştirilmesi ve fonksiyonel yetersizliklerinin azaltılması üzerinde durulur.

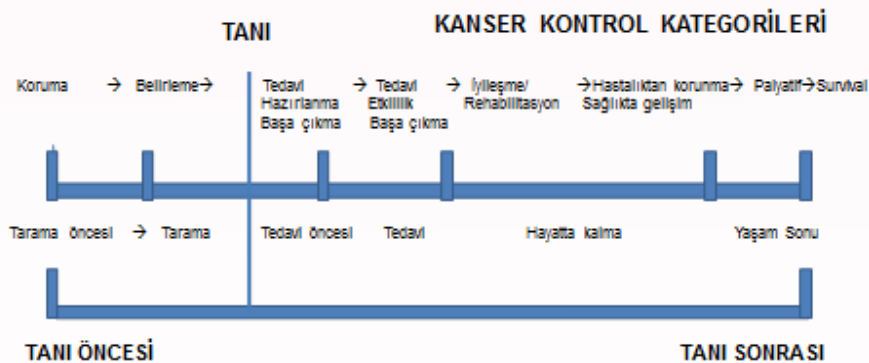
Palyatif Evrede Hasta ve ailesi için olası en iyi yaşam kalitesinin sağlanması, hastalığın terminal

döneminde görülebilecek problemlere ve hastanın fonksiyonel beklentilerine odaklanılmalıdır. Komplikasyonların azaltılması, ağrı kontrolü, evde bakım konusunda aile eğitimi, hasta ve ailesine psikolojik destek sağlanması önemlidir (8).

Son 20 yılda egzersiz kanser önleme ve kontrolünde hayati role sahip olduğu açıklık kazanmıştır (9, 10). Courneya ve Friedenreich kanser sürecinin özel evreleri için egzersiz oynadığı rolü aydınlatan Fiziksel Aktivite ve Kanser Kontrol Çerçevesi çalışmasını planlamışlar (Şekil 1) ve her bir evredeki egzersiz programı için tanı öncesi iki ve tanı sonrası dört bağımsız dönem ortaya koymuşlardı (10, 11).

Kanser hastaları ve sağ kalanlarında egzersiz ile yaşam kalitesi arasındaki ilişkiyi açıklamak için birçok biyopsikososyal mekanizma öne sürülmüştür. Bu mekanizmalar kardiyopulmoner adaptasyonlar, endorfinler, deneyim kazanma, pozitif geribildirim, dikkat ve sosyal etkileşimdir (7, 12). Egzersiz ayrıca kanser tedavisi sırasındaki başa çıkmayı ve kansere uyumu artırarak yaşam kalitesini iyileştirebilmektedir (13). Kanser hastalarında tedaviye bağlı semptomların egzersiz eğitimi ile düzenlenmesi günlük yaşam, boş zaman aktiviteleri ve diğer kişilerle ilişkiyi de olumlu etkileyebilmektedir. Fiziksel ve sosyal aktivitede artış, iyi olma halini olumlu etkileyerek toplam yaşam kalitesini geliştirebilir (7, 12). Fiziksel aktivitenin yapıldığı grupta temel hedef sosyal destek veya kanserin tartışılması olmasa da destek gruplarında olduğu gibi kişilerin sosyal ihtiyaçlarını karşılamaktadır (14).

Fiziksel aktivite, kişinin tedaviyi beklerken hastalıkla fiziksel ve duygusal olarak başa çıkmasına yardım eder, zorlayıcı tedavilere (örneğin akciğer cerrahisi, kardiyotoksik ilaçlar) yeterince izin vermek için sağlıklı ilişkili fiziksel uygunluğu artırır, hastalığı ve semptomlarını düzenleyerek tedavi ihtiyacına yanıt verir. Aktif tedavi



Şekil 1. Fiziksel aktivite ve kanser kontrol çerçevesi (11)

evresinde fiziksel aktivite medikal tedavinin yan etkilerinin azaltılması, fiziksel fonksiyonların sağlanması, kas kaybının ve kilo alımının önlenmesi ve yaşam kalitesi ile ruh halinin iyileştirilmesi, zor tedavilerin tamamlanmasının kolaylaştırılması ve kanser tedavisinin etkinliğinin artırılmasına destek olur. Tedavi sonrası evrede ise fiziksel aktivite, fiziksel fonksiyon ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesine, tedavinin geç ortaya çıkan ve/veya kronik etkilerinin yönetilmesine (örneğin yorgunluk, lenfödem, kilo alımı ve kemik kaybı), hastalığın tekrar ihtimalinin azaltılmasına ve kanser sağkalanlarında riskin arttığı diğer kronik hastalıkların (örneğin osteoporoz, kalp hastalığı, diyabet) gelişim ihtimalinin azaltılmasına yardımcıdır (15, 16). Kanser tedavisinden kaynaklanan fiziksel değişikliklere bakıldığında, vücut imajı ile ilgili sorunların arttığı ve sonuç olarak duygusal sağlığın ve psikolojik durumun bozulduğu bildirilmiştir. Çalışmalar genellikle fiziksel aktivitenin birçok vücut imaj bileşeni (tatmin, güven, fiziksel durum algısı, görünüm algısı, endişe) ile bağlantılı olduğunu göstermiştir. Kesitsel çalışmalardan elde edilen bulgular, fiziksel aktiviteye katılan kanser sağ kalanlarında sedanter olanlara göre daha iyi vücut imajı algısının olduğunu göstermektedir (14, 17, 18).

Kanser rehabilitasyonunda ekip çalışmasının yeri büyüktür. Kanser bakımında fizyoterapistin rolü ve fizyoterapi rehabilitasyon programının hedefleri aşağıda yer almaktadır (Tablo 1) (8).

Kanser rehabilitasyonunda fizyoterapistin rolü

- Toplumu erken tanı konusunda bilinçlendirmek,

Tablo 1. Fizyoterapi ve Rehabilitasyonda Hedefler

• Fonksiyonel yetenekleri artırmak
• Hasta ve aileye emosyonel destek sağlamak
• Hastanın durumuna yönelik eğitim vermek
• Tedavi ve ev programı belirlemek
• Ağrı, yorgunluk ve diğer semptomlara yönelik kontrol yöntemleri öğretmek
• Sağlığı geliştirmeye yönelik destek
• Kuvvet ve endüransı artırmak
• Anksiyete ve depresyonla başa çıkabilmesini sağlamak
• Postür bozukluklarını azaltmak
• Normal eklem hareketini ve esnekliği geliştirmek
• Günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığı sağlamak

- Hasta aile ve tüm sağlık çalışanlarını rehabilitasyon konusunda eğitmek,
- Solunum, nörolojik, lenfatik, ortopedik, kas iskelet sistemi ve hastalık semptomlarına yönelik tedavi yöntemlerini uygulamak,
- Bireye özgü gerçekçi hedefleri olan fonksiyonel ve güvenli rehabilitasyon programını takip etmek,
- Yaşam kalitesini artıma yaklaşımları uygulamak,
- Tedavinin yan etkilerini azaltabilmek için kişileri bilinçlendirmek,

Tablo 2. Kemoterapi ve Fizyoterapi

Miyelosupresyon→ Her tedavi seansı öncesi tam kan sayımı değerlendirilmelidir. Trombositopeninin kronik veya akut olması durumuna göre egzersiz planı değişebilir. Trombositopeni 200.000-5.000.000 / mm ³ →normal değer 30.000 - 50.000 / mm ³ → dirençli egzersiz yapılmaz aktif egzersiz yapabilir 30.000 altı → yatak içi hafif egzersiz 20.000 altı →hasta minimal egzersiz ile sınırlanmalı
Lökopeni→ Enfeksiyon riski nedeniyle temas izolasyonu
Kardiyak toksisite→ Adriamisin, daunomisin geri dönüşümsüz kalp hasarına yol açabilir. Kalp yetmezliği açısından vital bulgular sık kontrol edilmelidir
Pulmoner fibrozis→ Bleomisin restriktif akciğer hastalığına neden olabilir
Fibrozis→ İlaç intravenöz verildiyse selülit ve sonrasında ödem ve dokuda fibrozis gelişerek eklem hareket açıklığı kısıtlanabilir. Fibrozis akciğer dokusunda olursa solunum kapasitesi etkilenir.
Alopesi→ Geçicidir
Psikososyal durum→ Depresyon anksiyete yan etkilere bağlı olarak ortaya çıkabileceği gibi bazı ilaçların doğrudan yan etkisi de olabilir
GIS toksisitesi→ orta- ciddi bulantı kusma ishal ve ülserler görülebilir
Sisplatin→ Böbrek yetmezlik, iştah kaybı, kulak çınlaması, periferik nöropati
Karboplatin→ Bulantı, kusma, elektrolit değişiklikleri, böbrek yetmezliği
İfosfamide→ Hemorajik sistit, konfüzyon, depresif psikoz
Taxol→ Ritm bozukluğu, bradikardi, solunum sıkıntısı
Vinblastine→ Nötropeni, trombositopeni, anemi, bulantı, kusma, kabızlık

- Hastaya psikososyal rehabilitasyon yaklaşımları ile destek olmaktadır.

Kanser rehabilitasyonunda kişinin cerrahi tedavi, kemoterapi ve radyoterapi gibi tedavileri sırasında fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarına katılımları cesaretlendirilmelidir. Tüm bu yoğun tedaviler sırasında göz önüne alınması gereken pratik noktalar aşağıdaki tablolarda özetlenmiştir (Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4) (8). Fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarının dinamik ve kişinin klinik durumuna uygun olarak planlanması önemlidir.

Kemoterapi doz şeması tedavi programını belirgin olarak etkiler. Seans öncesi, sırası ve sonrasında vital bulgular, laboratuvar değerleri ve periferik duyu takip edilmelidir. Miyelosupresyon, kardiyak veya pulmoner toksisite ve periferik nöropati bulguları konusunda dikkatli olunmalıdır.

Eksternal radyasyon: Fizyoterapist eksternal radyasyon verilen bölgedeki derinin bütünlüğünün korunmasına dikkat etmelidir. Radyasyon

Tablo 3. Radyoterapi ve Fizyoterapi

Kemik iliği baskılanması, özellikle lökopeni
Yorgunluk ve enduransa azalma
Eritem, yanma veya kaşıntı, derinin pigmentasyonu
Döküntü, deri ve mukoz membranlarda yaralar
Pnömoni
Yumuşak dokuda atrofi ve fibrozis
Lenfödem
Sıcak soğuk duyusunda bozukluk
Alopesi
Santral sinir sistemi etkileri Radyasyon miyeliti, parezi, pleji,
Radyasyon hastalığı : Anoreksi, bulantı, kusma, kuvvetsizlik
Kemik ve eklem nekrozu
Radyasyon alan bölgelerde neoplazi
Emosyonel reaksiyonlar: Ağrı, vücut imajında bozukluk, depresyon, ekonomik zorluklar

Tablo 4. Cerrahi ve Fizyoterapi

Kanser cerrahisinde fizyoterapi diğer cerrahilerdeki gibidir ancak fonksiyonel prognoz hastadan hastaya göre değişkendir.
Cerrahiye takiben fonksiyonel potansiyel belirlenmeli
Hastanın erken mobilizasyonu önemlidir
Solunum fizyoterapisi cerrahi öncesi başlanmalı ve cerrahi sonrası devam etmelidir

Tablo 5. Kanser sağ kalanlarında fiziksel aktiviteye katılımın yararları

Sağlık konusu	Fiziksel aktivitenin yararı
Mortalite	Azaltır • Tüm nedenlere bağlı mortalite • Kansere bağlı ölüm oranı
İmmün fonksiyonlar	• C-reaktif protein (CRP) azalır • Hücre sitotoksik etkisini geliştirir • Periferik kan lenfositleri tarafından timidin alımını uyarır
Sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi	Geliştirir • Fiziksel sağlık • Fonksiyonel sağlık • Mental sağlık
Yorgunluk	Kanserle ilişkili yorgunluk azalır
Fiziksel uygunluk	Geliştirir • Kardiyorespiratuar fiziksel uygunluk • Kas kuvveti • Esneklik • Kan basıncını düzenler
Vücut kompozisyonu	Azaltır • Vücut ağırlığını • Yağ kitlesini
Kemik sağlığı	Kemik kaybına karşı korur
Fiziksel iyilik hali	Geliştirir • Cinsel fonksiyonlar • Uyku • Denge • Hemogloblin seviyesi Azaltır • İnkontinans • Ağrı • İstirahat kalp hızı
Psikososyal iyilik hali	Geliştirir • Yaşam kalitesi • Ruh hali ve mutluluk • Vücut imajı • Kendine güven • Cinsel çekicilik algısı • Kişisel fonksiyonlar • Kontrol ve oryantasyon Azaltır • Depresyon • Anksiyete • Stres • Gerilim • Kognitiforganizasyon bozukluğu • Duygusal hassasiyet • Konfüzyon
Sosyal destek	Geliştirir • Sosyal destek algısını • Bağımsızlık duygusunu

bölgesinde kırık riski artması nedeniyle yardımcı cihazlarla günlük yaşam aktiviteleri desteklenmelidir (8).

Brakiterapi: Tedavi planı hastanın radyoaktif olduğu dikkate alınarak planlanmalıdır.

Fiziksel aktivite kanser sürecinde farmakolojik olmayan tedavi yaklaşımlarındandır. Kanser sağ kalanlarında fiziksel aktiviteye katılımın sağlık üzerine olumlu etkileri Tablo 5'te gösterilmiştir (8, 14).

Fiziksel aktivite birçok akut ve kronik hastalığın önlenmesi ve tedavisinde önemli bir davranıştır (19). Artan sayıda kanıt fiziksel aktivitenin meme kanseri üzerinde koruyucu etkisi olduğunu desteklemektedir. Bu kanıt postmenopozal kadınlarda premenopozal olanlara göre daha güçlüdür. Orta ve şiddetli aktivitenin her ikisi için riskte azalma benzerdir (20-23). Fiziksel aktivitenin potansiyel korumayı sağlama mekanizması iyi anlaşılamamış olsa da; koruyucu mekanizma sağlamada vücut kitlesi, hormonlar ve enerji dengesi üzerine etkilerinin önemli olduğu düşünülebilir (19, 21, 24-26).

Kanser sağkalımı çoğunlukla tedavi modalitelerinin ardışık kombinasyonu anlamına gelir (cerrahi, radyoterapi, sistemik kemoterapi ve hormon tedavisi). Kanser tedavisi birçok farklı yaşam kalitesi sonucunda anlamlı azalma ile sonuçlanabilir (27, 28). Kanser rehabilitasyonundaki mevcut programlar temel olarak psikoterapi, egzersiz programları ve sosyal desteğe dayanır. Egzersiz, kanser tanısı sonrası çok sayıda yaşam kalitesi problemini düzeltebilecek bir müdahaledir (6, 16, 29-31).

Üniversitemizde yapılan egzersiz uygulama örneklerinden biri olan Hacettepe Üniversitesi Kanser Enstitüsü, Onkoloji Hastanesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümünün gönüllü destek verdiği Umuda Destek Programı, yurt dışında uygulanmakta olan benzer bazı programların ülkemizdeki ilk örneğidir. Program ile Hacettepe Üniversitesi Onkoloji Hastaneleri'nde tedavi gören kanser hastalarına ve hasta yakınlarına psiko-sosyal destek sağlanması amaçlanmaktadır. Umuda Destek programı kapsamında, haftada 2-3 kez yoga, pilates ve vücut farkındalığı tedavilerini içeren egzersiz seansları uygulanmaktadır.

2008 Fiziksel Aktivite Kılavuzu tüm yetişkinlerin günlük yaşam aktivitelerine ek olarak haftada en az 150 dakika orta yoğunlukta fiziksel aktivite ve 75 dakika aşırı yoğun veya eşdeğer bir kombinasyonda fiziksel aktivite yapmalarını önermektedir (10). Programlar bisiklet sürme ve yürüme gibi aerobik egzersiz türlerinden oluşmaktadır ve bazı programlarda ise dirençli egzersizlere yer verilmektedir (32). Birçok program

ASCM kılavuzlarına paralel olarak egzersiz kalp hızı maksimal kalp hızının %50-80'inde ve VO₂ maksimum %50-80'inde veya kalp hızı rezervinin %50-70'inde olacak biçimde orta-yüksek yoğunlukta aerobik egzersiz kullanmıştır. Çoğu durumda 10-30 dakikalık egzersiz süresi kullanılmıştır ve sıklıkla haftada 3 gün ile her gün arasında değişmektedir (20, 23, 27, 29, 33, 34).

Fiziksel aktivitenin östrojenin metabolik profilini değiştirdiği bilinmektedir. Bazı östrojen metabolitlerinin onları oluşturan östradiol molekülüne kıyasla hormonal aktiviteyi azalttığı bulunmuştur. Ayrıca fiziksel aktivitenin meme kanseri riskini sadece yağ dokusunun azalması ile birlikte endojen östrojen seviyesini azaltarak değil, ayrıca dolaşan östrojeni bağlayan globulin miktarını da artırarak sağladığı gösterilmiştir (35).

Çok sayıda çalışma orta ve yoğun şiddette fiziksel aktivitenin hem premenopozal hem postmenopozal meme kanseri riskini azalttığını ve riski fazla olan kadınlarda tam olarak %25 azalmaktadır (28). Kanser tanısı alan kişilerde egzersiz ve artmış fiziksel aktivitenin faydaları fonksiyonun, yaşam kalitesinin, kuvvetin, endüransın iyileşmesi ve depresyon, bulantı ve ağrının azalmasıdır. Yeni kanıtlar ayrıca artmış aktivite seviyelerinin kanser rekürrensini azalması ile de ilişkili olduğunu göstermektedir (18, 20). Diğer kronik hastalıklarda olduğu gibi kanserden korunma ve kanserin fizyoterapi ve rehabilitasyonunda fiziksel aktivitenin kanıtlanmış etkileri eşliğinde toplumda farkındalık sağlanarak yaşam kalitesinin iyileştirilmesi en önemli hedefimiz olmalıdır.

Sonuç

Kanser birçok bozukluğa, aktivite sınırlanmasına ve katılım kısıtlanmasına neden olabilir. Kanser tanısı ile izlenen bireyin bulgu ve ihtiyaçlarına göre rehabilitasyon planı değişir. Fonksiyonel eksiklik nedeniyle kanser hastaları sürekli duygusal ve sosyal stres altındadırlar ve yaşam kaliteleri azalmıştır. Yaşam kalitesinin fiziksel, duygusal, sosyal ve bilişsel fonksiyon şeklindeki tüm alt boyutlarının geliştirilmesinde rehabilitasyon kişinin ihtiyaçlarına göre belirlenmelidir. Koruyucu dönemden palyatif döneme kadar rehabilitasyon programlarının hedefi kişinin toplumsal katılımının sürdürmek olmalıdır. İleri çalışmalarda rehabilitasyonun etkilerinin farklı kanser tanılarında ve tedavinin farklı dönemlerinde sonuçlarını gösteren uzun dönem takip çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

Bu bölümünün hazırlanmasında bilgi ve desteklerini esirgemeyen yol gösteren değerli hocalarım

Prof. Dr. Gül Şener ve Prof. Dr. Hülya Arıkan'a, ayrıca sevgili arkadaşım Sayın Dr. Fzt. Melda Sağlam'a her zaman yanımda olduğunu hissettiğim için desteği için çok teşekkür ederim.

Kaynaklar

1. Murat Tuncer, N.Ö., Emire Özen Olcayto, Murat Gültekin (2011). T:C. Sağlık Bakanlığı Kanseri Savaş Dairesi Başkanlığı Ulusal Kanseri Programı 2011-2015. Ankara.
2. Mustian, K.M., Palesh, O.G., Flecksteiner, S.A. (2008) Tai Chi Chuan for breast cancer survivors. *Med Sport Sci*, 52, 209-217.
3. Mustian, K.M., Katula, J.A., Zhao, H. (2006) A pilot study to assess the influence of tai chi chuan on functional capacity among breast cancer survivors. *J Support Oncol*, 4 (3), 139-145.
4. Galvao, D.A., Newton, R.U. (2005) Review of exercise intervention studies in cancer patients. *J Clin Oncol*, 23 (4), 899-909.
5. Loprinzi, P.D., Cardinal, B.J., Winters-Stone, K., Smit, E., Loprinzi, C.L. (2012) Physical activity and the risk of breast cancer recurrence: a literature review. *Oncol Nurs Forum*, 39 (3), 269-274.
6. Fong, D.Y., Ho, J.W., Hui, B.P., Lee, A.M., Macfarlane, D.J., Leung, S.S. ve diğerleri. (2012) Physical activity for cancer survivors: meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ*, 344, e70.
7. Chen, X.L., Zheng, Y., Zheng, W., Gu, K., Chen, Z., Lu, W. ve diğerleri. (2009) The Effect of Regular Exercise on Quality of Life Among Breast Cancer Survivors. *Am J Epidemiol*, 170 (7), 854-862.
8. Stubblefield, M.D., O'dell M.W. (2009). Cancer Rehabilitation Principles and Practice (1 bs. bs.). New York: Demos Medical Publishing.
9. Courneya, K.S., Friedenreich, C.M. (2001) Framework PEACE: an organizational model for examining physical exercise across the cancer experience. *Ann Behav Med*, 23 (4), 263-272.
10. Schmitz, K.H., Courneya, K.S., Matthews, C., Demark-Wahnefried, W., Galvao, D.A., Pinto, B.M. ve diğerleri. (2010) American College of Sports Medicine roundtable on exercise guidelines for cancer survivors. *Med Sci Sports Exerc*, 42 (7), 1409-1426.
11. Courneya, K.S., Friedenreich, C.M. (2007) Physical activity and cancer control. *Semin Oncol Nurs*, 23 (4), 242-252.
12. Courneya, K.S. (2001) Exercise interventions during cancer treatment: biopsychosocial outcomes. *Exerc Sport Sci Rev*, 29 (2), 60-64.
13. Lemieux, J., Goodwin, P.J., Bordeleau, L.J., Lauzier, S., Theberge, V. (2011) Quality-of-life measurement in randomized clinical trials in breast cancer: an updated systematic review (2001-2009). *J Natl Cancer Inst*, 103 (3), 178-231.
14. Sabiston, C.M., Brunet, J. (2012) Reviewing the Benefits of Physical Activity During Cancer Survivorship. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 6 (2), 167-177.
15. Courneya, K.S., Friedenreich, C.M. (2011) Physical activity and cancer: an introduction. *Recent Results Cancer Res*, 186, 1-10.
16. Stubblefield, M.D., O'dell M.W. (2009). Cancer Rehabilitation Principles and Practice (1 bs.). New York: Demos Medical Publishing.
17. Pinto, B.M., Trunzo, J.J. (2004) Body esteem and mood among sedentary and active breast cancer survivors. *Mayo Clin Proc*, 79 (2), 181-186.
18. Brunet, J., Sabiston, C.M., Meterissian, S. (2011) Physical Activity and Breast Cancer Survivorship: Evidence-Based Recommendations. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 6 (3), 224-240.
19. Kerry S Courneya, C.M.F. (2011). Physical activity and cancer (1 bs.). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
20. Lynch, B.M., Neilson, H.K., Friedenreich, C.M. (2011) Physical activity and breast cancer prevention. *Recent Results Cancer Res*, 186, 13-42.
21. Friedenreich, C.M. (2011) Physical activity and breast cancer: review of the epidemiologic evidence and biologic mechanisms. *Recent Results Cancer Res*, 188, 125-139.
22. Schmitz, K. (2011) Physical activity and breast cancer survivorship. *Recent Results Cancer Res*, 186, 189-215.
23. Schneider, C.M., Dennehy, C.A., Carter, S.D. (2003). Exercise and Cancer Recovery. United states of America: Human Kinetics.
24. Neilson, H.K., Friedenreich, C.M., Brockton, N.T., Millikan, R.C. (2009) Physical Activity and Postmenopausal Breast Cancer: Proposed Biologic Mechanisms and Areas for Future Research. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 18 (1), 11-27.
25. 2011-2012, A.C.S.C.F.a.F. (2011) Breast Cancer Facts and Figures 2011-2012
26. 2011-2012, A.C.S.C.F.a.F. (2011) Cancer Facts and Figures 2011-2012
27. Irwin, M.L. (2009) Physical activity interventions for cancer survivors. *Br J Sports Med*, 43 (1), 32-38.
28. Kushi, L.H., Doyle, C., McCullough, M., Rock, C.L., Demark-Wahnefried, W., Bandera, E.V. ve diğerleri. (2012) American Cancer Society Guidelines on nutrition and physical activity for cancer prevention: reducing the risk of cancer with healthy food choices and physical activity. *CA Cancer J Clin*, 62 (1), 30-67.
29. Friedenreich, C.M., Cust, A.E. (2008) Physical activity and breast cancer risk: impact of timing, type and dose of activity and population subgroup effects. *Br J Sports Med*, 42 (8), 636-647.
30. Binkley, J.M., Harris, S.R., Levangie, P.K., Pearl, M., Guglielmino, J., Kraus, V. ve diğerleri. (2012) Patient perspectives on breast cancer treatment side effects and the prospective surveillance model for physical rehabilitation for women with breast cancer. *Cancer*, 118 (8 Suppl), 2207-2216.
31. Cadmus, L.A., Salovey, P., Yu, H., Chung, G., Kasl, S., Irwin, M.L. (2009) Exercise and quality of life during and after treatment for breast cancer: results of two randomized controlled trials. *Psychooncology*, 18 (4), 343-352.
32. Herrero, F., San Juan, A.F., Fleck, S.J., Balmer, J., Perez, M., Canete, S. ve diğerleri. (2006) Combined aerobic and resistance training in breast cancer survivors: A randomized, controlled pilot trial. *Int J Sports Med*, 27 (7), 573-580.
33. Wolin, K.Y., Schwartz, A.L., Matthews, C.E., Courneya, K.S., Schmitz, K.H. (2012) Implementing the Exercise Guidelines for Cancer Survivors. *J Support Oncol*.
34. Medicine, A.C.o.S. (2009). ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription (6 bs.). Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
35. Na, H.K., Oliynyk, S. (2011) Effects of physical activity on cancer prevention. *Ann N Y Acad Sci*, 1229, 176-183.

Klinik Uygulamalarda Yoga

Dr.Fzt. Naciye Vardar Yağı, Doç Dr. Özlem Ülger

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

naciyevardar@yahoo.com, ozlemulger@yahoo.com

Özet

Farklı klinik uygulamalarda yoga tedavi edici özelliklerinin yanı sıra rahatlatıcı, stres azaltıcı ve zindelik sağlayıcı etkilerinden dolayı kullanılmaktadır. Yoga, pek çok hastalığın oluşmasını engellemekte var olan hastalıkların semptomlarını azaltmakta, tekrar oluşumları engelleyerek yaşam kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Yoga kas iskelet sistemi hastalıkları, nörolojik hastalıklar, kardiyopulmoner sistem hastalıkları, psikosomatik rahatsızlıklar, gebelik, çağın en sık karşılaşılan ve pek çok hastalığa etken faktör olarak rol oynayan obezite ve stres üzerinde olumlu etkiler ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla fiziksel inaktiviteyle oluşabilecek diabetes mellitus, hipertansiyon, kanser gibi hastalıkların tedavilerinde alternatif bir yaklaşım olarak uygulanabilmektedir. Pek çok hastalığın tedavisi sürecinde ve bireylerin sağlığı üzerinde koruyucu etkilerinden dolayı rahatlıkla uygulanabilecek yoganın, düzenli olarak yapılmak koşuluyla sağlık etkileri oluşturabileceği akılda tutulmalıdır.

Anahtar Kelime: Yoga, Gevşeme, Egzersiz

Abstract

Yoga is used due to the effects of relaxing, stress reduction and wellness provider as well as its therapeutic properties in different clinical practice. Yoga has a positive effect on quality of life by preventing many diseases, reducing disease symptoms and preventing recurrence. Yoga reveals positive effects on musculoskeletal disorders, neurological diseases, cardiovascular and respiratory diseases, psychosomatic disorders, pregnancy, obesity and stress which are the most common causative factors. It can be applied as an alternative approach in the treatment of diseases such as diabetes mellitus which may occur with physical inactivity, hypertension and cancer. It should be kept in mind that yoga which can be used due to its therapeutic and protective impacts, create health effects if it is done regularly.

Key words: Yoga, Relaxation, Exercise

Giriş

Yoga, kişinin fiziksel ve ruhsal iyilik halinin devam ettirilmesi amacıyla, yorgunluk, ağrı, konsantrasyon güçlüğü ve denge kaybı gibi rahatsızlıkların giderilmesine yönelik gevşeme, nefes alıp verme teknikleri, düzgün duruş ve dinamik egzersizlerden oluşan alternatif bir tedavi yaklaşımıdır (1, 2).

Amerika, Kanada ve gelişmiş pek çok Avrupa ülkesi, değişen yaşam koşulları artan kronik hastalık sayısı, yaşlı popülasyonu ve obezite oranı nedeniyle Hindistan'da doğmuş Batı'da modernize edilmiş yoga programlarını artık günlük hayata yerleştirmiş ve kanıta dayalı uygulamalar ile tıbbın çeşitli yaklaşımlarından biri olarak görülmeye başlanmıştır (3, 4). Hemipleji, Multiple skleroz, Parkinson gibi nörolojik hastalıklarda, Astım, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı gibi

kardiyopulmoner sistem hastalıklarında, kanser, konuşma ve yutma bozuklukları, ankilozan spondilit, osteoartrit gibi pek çok ağrılı durumda, hamilelikte, stresli yaşam olayları ile başa çıkmayı sağlamada ve kronik hastalıklarda gevşeme eğitiminin sağlanmasında etkin bir yol olarak kullanılmaya başlamıştır (2, 5-9).

Hobi veya fiziksel aktivite olarak yoga giderek daha popüler olmaktadır ve yoganın fiziksel ve psikolojik faydaları olduğu kabul edilmektedir (10). Kanıta dayalı çalışmalar yoganın değişik durumlarda olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Örneğin yoganın ürolojik bozukluklarda (11), pulmoner tüberkülozda (12), osteoartritte (13) ve menopozda (14) ve romatoid artritli bireylerde (15), kronik obstrüktif akciğer hastalığında (16) ve kronik sırt ağrısında (17, 18) semptomları azalttığı ve iyileştirdiği bulunmuştur. Kanıtlar

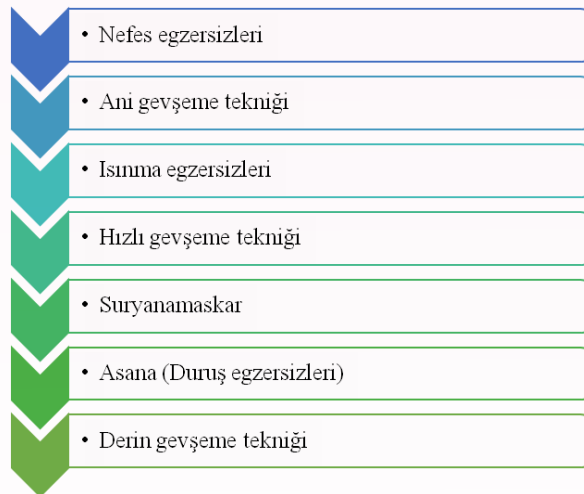
ayrıca yoganın farklı popülasyonlarda değişik psikolojik durumlarda faydalı etkileri olduğunu göstermiştir, örneğin hastaneye psikiyatri servisine yatacak olan hastalarda (19, 20), hafif depresif genç erişkinlerde depresyon semptomlarını azaltmada, anksiyete ve olumsuz ruh halini düzeltmede (21), mental hastalığı olan kadınlarda psikolojik sonuçlarda iyileşme (22) ve kronik insomniada uyku kalitesini artırmada etkili olmuştur. Ayrıca sağlıklı yaşlılarda ve kanser hastalarında yoganın etkilerini araştırmayı amaçlayan çalışmalara rastlamak mümkündür. Mevcut bulgular yoganın yaşlı kişilerde yaşam kalitesini ve fiziksel zindeliği artırmaya yardım ettiğini göstermektedir (23). Yoga ayrıca kanser hastalarının uyku kalitelerini artırmada, yaşam kalitesi, ruh hali ve stres durumunu iyileştirmede ve yorgunluğunu azaltmada yardımcı olabilir (24-26).

Yoga ve Klinik Uygulamalar

Yüksek fiziksel aktiviteye toleransı azaltan ve hareket kısıtlılığı yaratan obezite, kas iskelet sistemi problemi gibi durumlarda genel sağlığı artırmada görece güvenli bir fiziksel aktivitedir. Bir kişi yogayı ne sıklıkta yaptığına bağlı olarak farklı derecelerde ve türde fiziksel sağlık faydası ve fonksiyonel kapasitede artma yaşayabilir. Örneğin kişi tek yogik duruşu ara ara yapıyorsa kas kuvvet, esneklik ve postürde iyileşme sağlanabilir ancak sürekli ve yoğun duruşlarda kişi kardiorespiratuar fiziksel uygunlukta da artış sağlayabilir (7, 27).

Yoga terapatik egzersizler, farklı duruş pozisyonları, gevşeme ve bunların solunum egzersizleri ile kombinasyonundan oluşur (28).

Yogasana olarak uygulanan bir seans içeriği;



Şekil 1. Yogasana içeriği (28)

Yoga fiziksel postürleri, nefes egzersizleri ile kas kuvvetini ve esnekliği artırır. Kan dolaşımını hızlandırır ve hormonal fonksiyonları düzenler. Meditatif yaklaşımları ile stresli durumlardan kurtulmayı sağlayan yoga ile strese bağlı ortaya çıkabilecek hastalıklardan korunulabilir. Yoga ile primer olarak yaşam kalitesinin artırılması hedeflenir (28).

Fiziksel hastalıkların çoğuna psikolojik hastalıklar eşlik etmekte ve çağın en sık karşılaşılan sorunlarından biri olan stres de bu tür rahatsızlıkları tetiklemektedir. Akıl ve vücut birlikteliğini sağlayan yöntemlerden biri olan yoga, vücudun dolayısıyla zihnin gevşemesi için bir araç olarak kullanılabilir (29).

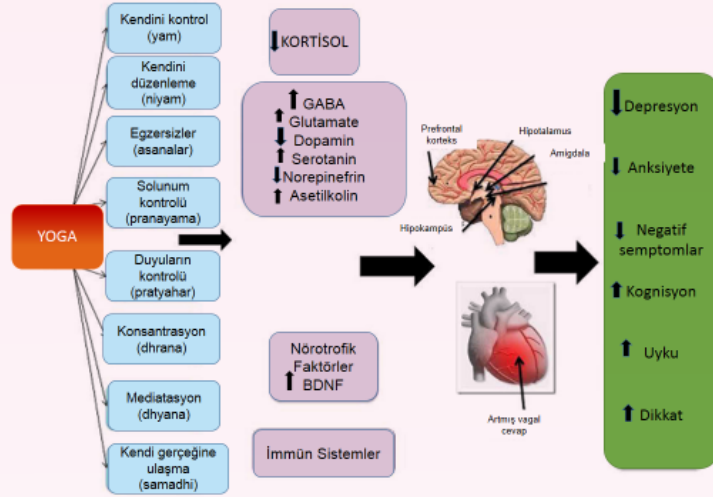
Fiziksel uygunluk üzerine faydalı etkilerinin yanında yoga uygulaması, bilinç ve üst düzey fonksiyonlar yönünden birçok gelişim sağlar. Çocukluk çağından itibaren bu gelişimin desteklenmesi yoga ile sağlanabilir. Üst düzey fonksiyonlardaki bu gelişimin en iyi göstergesi, okul yıllarındaki matematik ve okuma becerileridir (30). Yoganın bilinç ve üst düzey fonksiyonları geliştirme muhtemeldir, bu durum yoganın fizik ötesi birçok mental teknik içermesindendir. Ayrıca 10 gün yoga yapan okul çocuklarında uzaysal hafıza skorları, stratejik planlama ve konsantrasyon yeteneği artmıştır. Bu nedenle yoga uygulaması fiziksel uygunluk ve bilişsel fonksiyonları etkilemektedir. Bununla birlikte yoga ruhsal durumu da etkiler (30).

Osteoporoz tanısı ile izlenen kişilerde ağrının azalması, fiziksel aktivite düzeyinin artması, bireysel ve sosyal rollerin yerine getirilmesinde avantaj sağlaması gibi olumlu etkiler üzerinde durulmuştur (32).

Son yıllarda yoga özellikle kanser tanısı ile izlenen kişilerde ağrı, uykusuzluk, yorgunluk gibi semptomlarla başa çıkmada kemoterapi ve radyoterapi gibi uzun ve yoğun tedavilerde hastanın yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilendiğinde başa çıkmayı sağlayan etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Anksiyete, depresyon, şiddetli ağrı, uykusuzluk gibi sorunlarda inaktivitenin azaltılmasında yoga uygulamaları bireysel ya da grup aktiviteleri şeklinde uygulanabilmektedir (26, 33, 34).

Yoga uygulamalarının grup halinde yapılması sosyal açıdan da kişileri destekleyerek toplumsal katılımı artırması yönünden önemlidir (28).

Fiziksel aktivite için yoga giderek daha fazla miktarda bir alternatif olmaktadır, yoga önemli sağlık ve yaşam kalitesi faydaları sunmaktadır.



Şekil 2. Yoga'nın iç organlar üzerindeki potansiyel etkileri (31)



Şekil 3. Yoga uygulama resimleri

Ağrılı kas iskelet sistemi durumları (ve genellikle ağrı) birçok insanın yoga yapmasının önemli bir nedenidir. Birlikte ele alındığında çalışmalardan gelen, giderek artan sayıda kanıt yoganın romatizmal hastalığı olanlarda güvenli ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir (35). Tamamlayıcı hastalık tedavisi yaklaşımının bir parçası olarak stres azaltıcı bu egzersiz yaklaşımı ayrıca psikolojik iyilik için de ek fırsatlar sunabilir, ağrıyı azaltabilir, fonksiyon ve katılımı artırabilir. Başlangıç uygulamalarında yoga konusunda deneyimli, sağlık profesyonellerinden doğrudan yardım alınmalıdır, bu kişi olası eklem ve kas iskelet sistemi kısıtlamalarını bilmeli ve doğru şekilde uygulama önerebilmeli ve güvenlik için gerektiğinde değişiklikler yapabilmelidir. Ancak kişi uygulamayı rahat yapabildiğinde yoga sağlıklı pozitif ve aktif bir yaşam tarzının merkezini oluşturacaktır (9, 31). Kanıta dayalı çalışmalarda, yoganın kas-iskelet sistemi üzerine etkileri kinetik, kinematik ve elektromyografik olarak incelenmiş ve özellikle yoga yapan kişilerde yürüyüş sırasında rektus abdominus kası üzerinde %70 oranında kas aktivitesinde artış elde edilmiştir. Ayrıca, eklem hareketlerinde, esneklik derecelerinde ve kas kuvvetinde belirgin artış olduğu bildirilmiştir (36).

Son zamanlarda yoganın hamilelik sürecini destekleyen bir aktivite olarak uygulanması, yoganın bu konu üzerindeki etkilerinin araştırılması üzerine olan çalışmalara hız katmıştır. Bu konu üzerindeki kanıtlar, hamilelik sürecinde annenin karşılaşabileceği psikososyal problemlerin üstesinden gelme, kas-iskelet sistemine ait yaşanabilecek ağrı, eklem limitasyonları, kas kısalıkları gibi sorunların önlenmesi, kilo kontrolünün sağlanması gibi olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Ayrıca, doğum sonrası bebeğin doğum ağırlığının yoga yapmayan annelerin bebeklerine oranla daha yüksek olduğu bildirilmiştir (37). Yoga yapan annelerin doğum sonrası daha kısa sürede normal yaşantılarına dönmeleri, doğum sonrası depresyon yaşamamaları diğer olumlu etkileridir (38).

Çağın en büyük sıkıntılardan biri olan ve iskemik kalp hastalığı, hipertansiyon gibi hastalıklar için risk faktörü olan obezite konusunda da yoganın etkisi bildirilmektedir. Yoga ideal vücut ağırlığı ve kompozisyonun sağlanmasında etkilidir. Düzenli yoga programlarına katılan iskemik kalp hastalığı olan kişilerde, serum lipid profillerinde iyileşme kaydedilmiştir. Düzenli yapılan yoga, obeziteyi ve hiperlipidemiye kontrol altına alarak iskemik kalp hastalıklarını engelleyebilir (8). Ayrıca diabetes mellitus hastalığı olan kişilerde,

mekanizması tam olarak açıklanamamakla birlikte, insülin ve glukagon aktivitesi üzerinde etkili nörohormonal mekanizmayı düzenleyerek, hastalığın semptomlarının azaltılmasında ve kontrolünde rol üstlenmektedir (39).

Yoganın pulmoner fonksiyonlar üzerine özellikle solunum tekniklerinin aktif uygulaması neticesinde yararlı etkileri olduğu literatür çalışmaları ile gösterilmiştir (40). Ortalama 10 hafta süre ile yapılan düzenli yoga uygulaması, fiziksel uygunluk düzeyi ve pulmoner fonksiyonlarda gelişme sağlamaktadır. Bu uygulama sırasında uzun süreler ayrılarak nefes tekniklerinin yoğun bir şekilde uygulanması, pulmoner fonksiyonlarda bozuklukları olan hastalarda medikal tedaviyi destekleyen ve katılımlarını arttıran yaklaşım olarak yoganın uygulanabileceğini göstermektedir (40, 41).

Yoganın yoğun olarak kullanılmaya başlandığı alanlardan biri de yeme bozuklukları, psikosomatik hastalıklar, uyku bozuklukları gibi rahatsızlıklardır. Yoga ile vücudun, nefesin ve zihnin kontrolünün öğrenilmesi dolayısıyla, bu rahatsızlıkların üstesinden gelinebilmesi mümkündür (42).

Nörolojik hastalıklardan yoganın uygulandığı ve olumlu sonuçlarının bildirildiği hastalıklar, MS, Parkinson, Hemipleji gibi hareket bozuklukları ve solunum problemlerine neden olan rahatsızlıklardır. Solunumun düzenlenmesi, konsantrasyon yeteneğinin artırılması, hareket becerisinin arttırılmasına yönelik teknikleri ve uygun asanaların seçimi ile bu hastalıklarda tedavi seçeneklerine yardımcı bir aktivite olarak uygulanabileceği bildirilmiştir (43, 44).

Yoganın koruyucu olarak da, sağlıklı kişilerde uygulanması gerektiğini bildiren çalışmalar mevcuttur. Yoğun iş stresinden ve sedanter yaşam tarzından uzaklaşarak bedensel ve zihinsel iyilik halinin sağlanması ile kişilerde özgüveni ve sosyal açıdan da motivasyonu arttırdığı gösterilmiştir (43).

Kas-iskelet sistemi yaralanmaları, aşırı kas kullanımları, zorlayıcı germeler, denge pozisyonuna bağlı olarak meydana gelebilecek düşmeler, küçük kemik kırıkları, kardiyak yetersizlikler nedeniyle ani ölümler yoganın yan etkileri olarak bildirilmiştir. Ancak, yoga öncesi yoga terapisi konusunda deneyimli sağlık profesyonellerine danışılması, deneyimli kişiler eşliğinde ve bilinçli olarak yoga uygulamalarına katılınması, yan etkilerin oluşmasını önlemektedir. Literatürde de konuya ilişkin çalışmalarda çok az yan etki bildirilmektedir (43).

Sonuç

Sonuç olarak yoga, alternatif bir yöntem olarak pek çok hastalığın tedavisinde kullanılırken mutlaka hastalık hakkında bilgi sahibi yoga profesyonelleri tarafından uygulanmalıdır. İnaktif yaşam tarzından kurtulmak, var olan fiziksel aktivite düzeyini korumak, sosyal çevreye uyumu sağlamak, düzgün vücut imajı kazanmak, solunum farkındalığı ve nefesi kontrolünü öğrenmek, tüm bedeni ve zihni sakinleştirmek, iş motivasyonunu artırarak iyilik halini geliştirmek için yoga uygulamalarının önemi bilinmeli, sağlıklı ve kaliteli yaşamak ve yaşlanmak için farklı bir bakış açısı ile sağlığı geliştirici etkisi bilinmelidir.

Kaynaklar

- Ross, A., Thomas, S. (2010) The health benefits of yoga and exercise: a review of comparison studies. *J Altern Complement Med*, 16 (1), 3-12.
- Field, T. (2011) Yoga clinical research review. *Complement Ther Clin Pract*, 17 (1), 1-8.
- Smith, K.B., Pukall, C.F. (2009) An evidence-based review of yoga as a complementary intervention for patients with cancer. *Psychooncology*, 18 (5), 465-475.
- Yang, K. (2007) A review of yoga programs for four leading risk factors of chronic diseases. *Evid Based Complement Alternat Med*, 4 (4), 487-491.
- Sharma, M., Haider, T., Knowlden, A.P. (2013) Yoga as an alternative and complementary treatment for cancer: a systematic review. *J Altern Complement Med*, 19 (11), 870-875.
- Lakkireddy, D., Atkins, D., Pillarisetti, J., Ryschon, K., Bommana, S., Drisko, J. ve diğerleri. (2013) Effect of yoga on arrhythmia burden, anxiety, depression, and quality of life in paroxysmal atrial fibrillation: the YOGA My Heart Study. *J Am Coll Cardiol*, 61 (11), 1177-1182.
- Bartlett, S.J., Moonaz, S.H., Mill, C., Bernatsky, S., Bingham, C.O., 3rd. (2013) Yoga in rheumatic diseases. *Curr Rheumatol Rep*, 15 (12), 387.
- Miles, S.C., Chun-Chung, C., Hsin-Fu, L., Hunter, S.D., Dhindsa, M., Nualnim, N. ve diğerleri. (2013) Arterial blood pressure and cardiovascular responses to yoga practice. *Altern Ther Health Med*, 19 (1), 38-45.
- Cramer, H., Lauche, R., Langhorst, J., Dobos, G. (2013) Yoga for rheumatic diseases: a systematic review. *Rheumatology (Oxford)*, 52 (11), 2025-2030.
- Saper, R.B., Eisenberg, D.M., Davis, R.B., Culpepper, L., Phillips, R.S. (2004) Prevalence and patterns of adult yoga use in the United States: results of a national survey. *Altern Ther Health Med*, 10 (2), 44-49.
- Ripoll, E., Mahowald, D. (2002) Hatha Yoga therapy management of urologic disorders. *World J Urol*, 20 (5), 306-309.
- Visweswaraiyah, N.K., Telles, S. (2004) Randomized trial of yoga as a complementary therapy for pulmonary tuberculosis. *Respirology*, 9 (1), 96-101.
- Taibi, D.M., Vitiello, M.V. (2012) Yoga for osteoarthritis: nursing and research considerations. *J Gerontol Nurs*, 38 (7), 26-35; quiz 36-27.
- Booth-LaForce, C., Thurston, R.C., Taylor, M.R. (2007) A pilot study of a Hatha yoga treatment for menopausal symptoms. *Maturitas*, 57 (3), 286-295.
- Bosch, P.R., Traustadottir, T., Howard, P., Matt, K.S. (2009) Functional and physiological effects of yoga in women with rheumatoid arthritis: a pilot study. *Altern Ther Health Med*, 15 (4), 24-31.
- Donesky-Cuenca, D., Nguyen, H.Q., Paul, S., Carri-eri-Kohlman, V. (2009) Yoga therapy decreases dyspnea-related distress and improves functional performance in people with chronic obstructive pulmonary disease: a pilot study. *J Altern Complement Med*, 15 (3), 225-234.
- Groessl, E.J., Weingart, K.R., Aschbacher, K., Pada, L., Baxi, S. (2008) Yoga for veterans with chronic low-back pain. *J Altern Complement Med*, 14 (9), 1123-1129.
- Holtzman, S., Beggs, R.T. (2013) Yoga for chronic low back pain: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain Res Manag*, 18 (5), 267-272.
- Lavey, R., Sherman, T., Mueser, K.T., Osborne, D.D., Currier, M., Wolfe, R. (2005) The effects of yoga on mood in psychiatric inpatients. *Psychiatr Rehabil J*, 28 (4), 399-402.
- Varambally, S., Vidyendaran, S., Sajjanar, M., Thirthalli, J., Hamza, A., Nagendra, H.R. ve diğerleri. (2013) Yoga-based intervention for caregivers of outpatients with psychosis: a randomized controlled pilot study. *Asian J Psychiatr*, 6 (2), 141-145.
- Woolery, A., Myers, H., Sternlieb, B., Zeltzer, L. (2004) A yoga intervention for young adults with elevated symptoms of depression. *Altern Ther Health Med*, 10 (2), 60-63.
- Michalsen, A., Grossman, P., Acil, A., Langhorst, J., Ludtke, R., Esch, T. ve diğerleri. (2005) Rapid stress reduction and anxiolysis among distressed women as a consequence of a three-month intensive yoga program. *Med Sci Monit*, 11 (12), CR555-561.
- Chen, K.M., Chen, M.H., Chao, H.C., Hung, H.M., Lin, H.S., Li, C.H. (2009) Sleep quality, depression state, and health status of older adults after silver yoga exercises: cluster randomized trial. *Int J Nurs Stud*, 46 (2), 154-163.
- Culos-Reed, S.N., Carlson, L.E., Daroux, L.M., Hately-Aldous, S. (2006) A pilot study of yoga for breast cancer survivors: physical and psychological benefits. *Psychooncology*, 15 (10), 891-897.
- DiStasio, S.A. (2008) Integrating yoga into cancer care. *Clin J Oncol Nurs*, 12 (1), 125-130.
- Ulger, O., Yagli, N.V. (2010) Effects of yoga on the quality of life in cancer patients. *Complement Ther Clin Pract*, 16 (2), 60-63.
- Sarvottam, K., Magan, D., Yadav, R.K., Mehta, N., Mahapatra, S.C. (2013) Adiponectin, interleukin-6, and cardiovascular disease risk factors are modified by a short-term yoga-based lifestyle intervention in overweight and obese men. *J Altern Complement Med*, 19 (5), 397-402.
- Nagarathna, R., Nageranda, H. R. . (2007). Integrated Approach of Yoga Therapy for Positive Health (4th bs.). Bangalore: Swami Vivekananda Yoga Prakashana.
- Cramer, H., Lauche, R., Langhorst, J., Dobos, G. (2013) Yoga for depression: a systematic review and meta-analysis. *Depress Anxiety*, 30 (11), 1068-1083.
- Telles, S., Singh, N., Bhardwaj, A.K., Kumar, A., Balkrishna, A. (2013) Effect of yoga or physical exercise on physical, cognitive and emotional measures in children: a randomized controlled trial. *Child Adolesc Psychiatry Ment Health*, 7 (1), 37.
- Balasubramaniam, M., Telles, S., Doraiswamy, P.M. (2012) Yoga on our minds: a systematic review of yoga for neuropsychiatric disorders. *Front Psychiatry*, 3, 117.

32. Smith, E.N., Boser, A. (2013) Yoga, vertebral fractures, and osteoporosis: research and recommendations. *Int J Yoga Therap* (23), 17-23.
33. Sadja, J., Mills, P.J. (2013) Effects of yoga interventions on fatigue in cancer patients and survivors: a systematic review of randomized controlled trials. *Explore (NY)*, 9 (4), 232-243.
34. Buffart, L.M., van Uffelen, J.G., Riphagen, II, Brug, J., van Mechelen, W., Brown, W.J. ve diğerleri. (2012) Physical and psychosocial benefits of yoga in cancer patients and survivors, a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Cancer*, 12, 559.
35. Posadzki, P., Ernst, E., Terry, R., Lee, M.S. (2011) Is yoga effective for pain? A systematic review of randomized clinical trials. *Complement Ther Med*, 19 (5), 281-287.
36. Salem, G.J., Yu, S.S., Wang, M.Y., Samarawickrame, S., Hashish, R., Azen, S.P. ve diğerleri. (2013) Physical Demand Profiles of Hatha Yoga Postures Performed by Older Adults. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2013, 165763.
37. S. Narendran, R.N. (2005) Efficacy of Yoga on Pregnancy Outcome. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*.
38. Curtis, K., Weinrib, A., Katz, J. (2012) Systematic review of yoga for pregnant women: current status and future directions. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2012, 715942.
39. Lau, H.L., Kwong, J.S., Yeung, F., Chau, P.H., Woo, J. (2012) Yoga for secondary prevention of coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev*, 12, CD009506.
40. Abel, A.N., Lloyd, L.K., Williams, J.S. (2013) The effects of regular yoga practice on pulmonary function in healthy individuals: a literature review. *J Altern Complement Med*, 19 (3), 185-190.
41. Santana, M.J., J. S.P., Mirus, J., Loadman, M., Lien, D.C., Feeny, D. (2013) An assessment of the effects of Iyengar yoga practice on the health-related quality of life of patients with chronic respiratory diseases: a pilot study. *Can Respir J*, 20 (2), e17-23.
42. Klein, J., Cook-Cottone, C. (2013) The effects of yoga on eating disorder symptoms and correlates: a review. *Int J Yoga Therap*, 23 (2), 41-50.
43. Sengupta, P. (2012) Health Impacts of Yoga and Pranayama: A State-of-the-Art Review. *Int J Prev Med*, 3 (7), 444-458.
44. Wahbeh, H., Elsas, S.M., Oken, B.S. (2008) Mind-body interventions: applications in neurology. *Neurology*, 70 (24), 2321-2328.

Nörolojik Rehabilitasyon Hastalarında İkincil Gelişen Solunum Problemleri ve Fizyoterapisi

Fzt. Özge MÜEZZİNOĞLU

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

ozgemuezzinoglu@gmail.com

Özet

Akut veya subakut inme, multipl skleroz ve kronik multipl sistem atrofisi ya da siringobulbi gibi merkezi sinir sisteminin kronik hastalıkları respiratuar kontrol nükleuslarını ve nöronal yolları etkileyebilir. Nörolojik rehabilitasyon hastalarında nörolojik probleme sekonder gelişen solunum problemleri başta gelen ölüm nedenidir. En sık görülen respiratuar problemler disfaji ve etkisiz öksürme nedeniyle pnömoni, solunum kaslarının paralizisi, yetersiz solunum ve göğüs duvarı mobilitesinin azalmasıyla akciğer hacimlerinde azalma ve atelektazidir. Bu nedenle hastaların rehabilitasyon programında göğüs fizyoterapisi önemlidir. Solunum problemlerine yönelik fizyoterapi rehabilitasyon uygulamalarında hastalığın prognozu ve hastanın durumuna göre tercih edilen tekniğe dikkat edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Nörolojik Rehabilitasyon, Solunum Problemleri, Solunum Fizyoterapisi, Rehabilitasyon

Abstract

Certain diseases of central nervous system such as acute or subacute stroke, multiple sclerosis and chronic multiple system atrophy or syringobulbia may affect the including nucleus and neuronal ways of respiratory control. Respiratory problems secondary to neurological problems may be a leading cause of death in patients. The most common respiratory problems are pneumonia due to dysphagia and ineffective coughing, respiratory muscle paralysis, decreased lung volumes due to depressed respiration and decreased chest wall mobility and atelectasis. So pulmonary rehabilitation is very important in their rehabilitation program. The preferred technique should be considered depending on prognosis and patient condition in physiotherapy rehabilitation approaches.

Key words: Neurological Rehabilitation, Respiratory Problems, Respiratory Physiotherapy, Rehabilitation

Solunum Sistemi Anatomisi ve Fizyolojisi

Solunum sistemi üst ve alt solunum yolu olmak üzere iki kısımda incelenir.

Üst solunum yolu; burun ya da ağızdan larinkste yalancı vokal kordlara kadar uzanır. Burun, larinks ve farinks üst solunum yolunu oluşturur.

Alt solunum yolu; larinkste gerçek vokal kord seviyesinden akciğerlerdeki alveollere kadar uzanır.

Solunum mekanik akciğer ve göğüs duvarının mekanik özelliklerini yansıtmaktadır. Solunum sisteminin en önemli fonksiyonu gaz alışverişi olup, yeterli düzeyde gaz alışverişinin olabilmesi de ventilatuar pompanın mekanik özellikleriyle yakından ilgilidir. Ventilatuar pompanın fonksiyonları ise akciğerler ile göğüs duvarını oluşturan kostalar, interkostal kaslar, diyafram ve abdominal duvar arasındaki etkileşim ile ilişkilidir (1).

Zorlu ekspirasyon kasları	İnnervasyon seviyesi
İnternal interkostal kaslar	T1-T12
Abdominal kaslar	T7-L1
İnspirasyon kasları	
Diafragma	C3-C4-C5
Eksternal interkostal kaslar	T1-T12
Sternomastoid	11. kranial sinir
Skalen kaslar	C1-C2

Solunum Kontrolü

Solunumun nörolojik kontrolü; medulla oblongata, pons, periferik kemoreseptörler, santral kemoreseptörler, spinal kord, üst hava yolu refleksleri, n.vagus, n.glossofaringealis ve serebral korteks ile sağlanır (2).

Beyin Sapı Respiratuar Kontrolü

Beyin Sapı Respiratuar Grupları

Solunum ritmini kontrol eden nöral ağ; pontin respiratuar grup (PRG), dorsal respiratuar grup (DRG) ve ventral respiratuar grup (VRG) olmak üzere birbiriyle bağlantılı 3 grup nöronlardan oluşur.

PRG; gelişmiş hayvanlarda pnömotaksik merkez olarak adlandırılan rostral dorsolateral pons yerleşimli parabrakial kompleksi içerir. Bu alanın solunum kontrolü ile ilgili pulmoner mekanoreseptörler ile respiratuar faz süresi ve reflekslerin integrasyonu içeren çeşitli fonksiyonları vardır. Ayrıca parabrakial nükleus medüller respiratuar nöronlardan amigdala, hipotalamus ve diğer suprapontin yapılara bilgi iletir (3).

DRG; periferik respiratuar kemoreseptör ve mekanoreseptör afferentleri için ilk merkezi düzenleme alanı olan solitary tractus nükleusunda (NTS) bulunur. Solunumun derinliği ve hızını ayarlar (3).

VRG; ventrolateral medulla ve fasial nükleustan C1 seviyesine kadar uzanan bilateral longitudinal nöronları içerir. VRG'nin rostral kısmı inspiratuar nöronları inhibe eden ve spinal kordda yansıtan ekspiratuar nöronların oluşturduğu Bötzinger kompleksini içerir. Pre-Bötzinger kompleksi respiratuar ritmin oluşturulmasında kritik rolü olan propriobulbar nöronları içerir. Pre -Bötzinger kompleksin hemen kaudalinde ventralden nucleus ambiguosa uzanan ve inspiratuar bulbospinal nöronları içeren rostral VRG bulunur. VRG'nin en kaudal parçası nucleus retroambigualise denk gelir, obeksten C1'e uzanan ve interkostal ve abdominal motor nöronlara giden bulbospinal ekspiratuar nöronları içerir (3).

Respiratuar Ağın Kemoreseptör Uyarımı ve Solunum Kontrolü

Solunumun otomatik düzenlenmesi CO₂ ve O₂ seviyelerinin kimyasal feedbackine bağlıdır. O₂ algılayan karotit kemoreseptörleri hipoksida aktif olur ve NTS aracılığıyla beyin sapı, respiratuar nöronları uyarır.

Santral kemoreseptörler CO₂ değişikliklerine hassastır ve özellikle medullanın ventrolateral yüzeyinde bulunur. PCO₂'deki küçük değişikliklerde bile solunum oldukça önemli derecede artar. Santral kemoreseptörler metabolik ihtiyaca göre ventilasyon uyumunu sağlar (3, 4).

Solunumun Davranışsal Kontrolü

Serabral korteks, hipotalamus, amigdala ve orta beyindeki periaküaduktal gri maddeyi içeren

suprapontin yapıların konuşma, hareket ve savunma reaksiyonları gibi stres yanıtları boyunca normal solunumun kontrolünde büyük rolü vardır.

Kaudal hipotalamustaki nöronların hipoksi, hiperkapni yanıtını oluşturan ve hareket sırasında aktive olan bazal respiratuar dürtü üzerine uyarıcı etkisi vardır. Periaküaduktal gri madde hipotalamus ve amigdaladan input alır, pontin ve medüller respiratuar gruba iletir. Bu iletim konuşma, savunma ya da diğer emosyonel yanıtlarda solunum kontrolü için önemlidir.

Parabrakial, NTS, VRG ve suprapontin yapıların medulla spinalisin anterolateralı boyunca inen frenik, interkostal ve abdominal kasların motor nöron aksonları solunumu kontrol eder. İstemli sistemin inen yolları beyin sapı ve üst servikal kordaki kortikospinal traktusla ilişkili olmasına rağmen inen otonomik yollar çoğunlukla medüller ve pontin tegmentumun paramedian retiküler formasyonunda ve üst servikal spinal kordun lateralinde spinotalamik traktusun yanında uzanır (3, 4).

Bozulmuş Otomatik Solunum Kontrolünün Klinik Belirtileri

Merkezi sinir sisteminin bazı hastalıkları, respiratuar kontrolü içeren nükleus ve yolları seçici ya da önemli ölçüde etkiler. Lezyonun akut olmasından çok respiratuar bozukluğa neden olması önemlidir.

Pontin respiratuar grup, NTS, VRG ya da santral kemoreseptörlerdeki lezyon; santral alveolar hipoventilasyon (*ondine laneti*), anormal solunum ritmi ya da her ikisinin de bozulmasına neden olabilir. Santral alveolar hipoventilasyonda, tekrarlı sabah baş ağrıları, gece uyku bölünmesi, gün içinde yorgunluk ya da uyuklama, siyanoz, uyku da ya da uyanırken düzensiz solunum paternleri görülür (3).

Solunum Sistemini Etkileyen Nörolojik Hastalıklar

Solunum Merkezini Etkileyen Lezyonlar

İnfratentorial İnme

Piramidal yol hasarı sonucu bilateral medüller enfarkt istemli solunum kontrolünü bozar. Etkilenen tegmentum yetersiz otomatik solunum oluşturur, CO₂'ye istemli ventilatuar cevaplar bozulur ve uyku apnesi gelişir ancak uyanırken yetersiz istemli solunum sağlanır.

Ventrolateral meduller tegmentumda NTS, VRG ve bağlantılarını içeren tek taraflı bir lezyon olsa bile otomatik ventilasyon bozulur, uyku apnesi gelişir ve istemli solunum etkilenir.

VRG'yi içeren lateral medullanın tek taraflı lezyonlarında CO₂'ye ventilatuar yanıt küntleşir ve uyku apnesi gelişebilir. Serebral hemisferlerin bilateral enfarktında ve beyin sapı iskemik inme-lerinde *Cheyne-stokes* solunum görülür (2, 4).

Hastalarda diyaframın tek taraflı paralizisi, solunum hacimlerinde azalma, uzun süreli immobilizasyon mikroatelektazi, disfaji nedeniyle meydana gelen aspirasyon pnömonisi hayati tehlike yaratan ciddi bir durumdur (2, 5, 6).

Kafa Travması

Beyin yaralanması primer ve sekonder beyin hasarı olarak ikiye ayrılabilir. Primer hasarda beyin dokusu travma anında ve geri dönüşsüz olarak etkilenir. Sekonder hasar biraz zaman geçtikten sonra, intrakranial basınç (İKB) artışı sonucu hipertansiyon ve hipoksiye sekonder serebral perfüzyonun azalmasıyla görülür (5).

Intrakranial Basınç, Serebral Perfüzyon Basıncı ve Serebral Kan Akımı

İKB beyin omurilik sıvısının (BOS) lateral ventriküllere ya da beyin meningesleri, BOS ve serebral kan hacminin, kafatasına uyguladığı basınç olarak tanımlanır. Normal İKB 0-15 mmHg arasındadır. Basıncın 15 mmHg üzerine çıkmasıyla intrakranial hipertansiyon oluşur, 25mmHg üzerine çıkması tedavi gerektirir. İKB'nın yüksek olması kötü prognoz ile ilişkilidir ve kontrol edilemezse ölümcül olabilir.

Serebral perfüzyon basıncının (SPB) belirleyicileri İKB ve sistemik kan basıncıdır.

$$SPB = \text{Ortalama arteriel basınç} - \text{İKB}$$

SPB kanın beyin dokusundaki dağılımının basıncıdır ve serebral dolaşım yeterliliğinin ölçüsüdür. Bu nedenle İKB'ı arttırabilecek, kan basıncını düşürebilecek ve serebral perfüzyon basıncını azaltabilecek durumlarda çok dikkatli olunmalı ve bakım verilmelidir.

SPB'nın normal sınırları 60-90 mmHg'dır. SPB 50mmHg altına düştüğünde serebral kan akımı %25 azalır, 40 mmHg'a düştüğünde serebral vaskülarizasyonun refleks vazodilatasyonu sonucu serebral perfüzyon ciddi tehlikeye girer. Artmış serebral kan hacmi İKB'ı artırır ve serebral kan akımını düzenler.

İKB, SPB ve kan akımı arasındaki ilişki Monro Kellie doktrini ile açıklanabilir. Buna göre kafatası hacmi sabittir.

Normal koşullarda serebral otoregülasyonda, serebral kan akımı SPB'nın serebral vasküler rezistansa (SVR) oranıyla düzenlenir. Normal değeri dakikada 50ml/100g'dır.

SVR arterden jugular vene olan serebrovasküler dolaşımın basıncıdır. Ödem, vazospazm ya da önceki hipertansiyon nedeniyle bozulabilir (4, 5, 7).

Serebral Vaskülariteyi Etkileyen Faktörler

CO₂ basıncının artması, O₂ basıncının azalması, ekstraselüler pH'ın düşmesi ve metabolik ürünlerin artması serebral vazodilatasyona neden olur.

Serebral vazodilatasyon serebral kan hacmini dolayısıyla İKB'ı artırır. Sistemik kan basıncındaki artış değişmezse, SPB'ı düşer ve serebral kan akımı azalır.

İKB, SPB ve serebral kan akımı arasındaki direkt ilişki nedeniyle fizyoterapi uygulamaları İKB'ı etkileyen uygulamalarla bu ilişkiyi etkileyebilir. Ancak tedavinin olumlu kazanımları sıklıkla İKB'nın azaltılmasıyla elde edilir. İKB'nın azalmasına rağmen SPB sistemik kan basıncının yüksek olması nedeniyle değişmeyeceği bilinmelidir.

Akut kafa travması hastaları çoğunlukla mekanik ventilasyona bağlıdır. İlk 48-72 saat sedatize edilirler. Hastalar çoğunlukla istemli hiperventilasyon yapar, hipokapni kan ve BOS'ta H₂O konsantrasyonunu azaltarak serebral vazokonstriksiyona neden olur. Hiperventilasyon sırasında parsiyel arteriel karbondioksit basıncı (PaCO₂) 3, 8-4, 2 kPa arasında tutulur. 36-48 saat sonra böbreklerden salınan bikarbonat gibi kompensatuar mekanizmaların BOS pH'ını normale döndürmesi nedeniyle hiperventilasyon İKB kontrolünde etkisiz kalır. Hasta aşırı hiperventilasyon ile PaCO₂'yi 3kPa'ya düşürürse serebral kan akımının kritik seviyenin altına düşmesi nedeniyle ciddi vazokonstriksiyon sonucu serebral hipoksi gelişir. Serebral iskemide ve ardından İKB artışı görülür. Arterial kan gazının (AKG) düzenli bakılarak PaCO₂ seviyesinin kontrolü hayati öneme sahiptir.

Hastanın düzenli değerlendirilmesi, İKB, SPB, kardiovasküler parametreler, AKG, röntgen, oskültasyon ve glaskow koma skoru uygun fizyoterapi programının belirlenmesinde önemlidir. Tedavinin yarar-zarar dengesine dikkat edilmelidir (5).

Kafa Travmasının Solunuma Etkisi

- Bilinç kaybı; öğürme ve öksürme reflekslerini baskılayarak hava yolunda sekresyonların atılmasını zorlaştırır.

- Beyin sapındaki solunum merkezinde basınç artışına bağlı bozuk respiratuar paternler gelişir.
- Pulmoner yüzey geriliminde %50'den fazla değişiklik olması akciğer kompliansını azaltır.
- İmmobilizasyon nedeniyle azalan tidal volüm küçük hava yollarının kollapsı ve mikroateletazilere neden olur.
- Son çalışmalar nadir görülen nörojenik pulmoner ödem akut ya da geç başlangıçlı olabileceğini göstermiştir.
- Spastisite nedeniyle göğüs duvarı hareketlerinde azalma meydana gelebilir (5).

Spinal Kord Yaralanması (SKY)

Diyaframı inerve eden frenik motor nöronlar C3-C5'e kadar uzanır. Bu nedenle C5 üstündeki yaralanmalarda bulbospinal inputların kesilmesine bağlı ani respiratuar yetmezlik gelişir. Hastaların diyafram fonksiyonları tam olsa bile ilerleyici aksesuar ve interkostal kas zayıflığına bağlı respiratuar durum bozulabilir (3).

SKY hastalarının ileri bakımı ile akut ve uzun dönem mortalite oranları azalmıştır. Ancak bu gelişmelere rağmen SKY hastalarında morbidite, mortalite ve ekonomik sıkıntıya neden olan respiratuar problemler yaygındır. SKY popülasyonunda genellikle problem efektif olmayan öksürüktür. Bu durum SKY sonrası respiratuar kasların supraspinal kontrolünün kaybı nedeniyle meydana gelir. Buna ilave zayıf respiratuar kaslar nedeniyle akciğerler ne maksimum akciğer kapasitesinde genişler ne de minimal rezidual volüme kadar sıkışır. Kısa, gerilemeyen sert doku, zayıf kasların fibrozisi ve yaygınlaşan mikroateletaziler göğüs duvarı kompliansının azalmasına yol açar. Respiratuar yetersizlik akciğer kapasitesini azaltır ve öksürme yeteneğini bozar. Öksürme kuvveti azalırsa hava yolu sekresyonları yeterince atılamaz. Bozulmuş sekresyon temizliği sonucu oluşan mukus tıkaçı ateletazi ve pnömoni gibi akciğer komplikasyonlarına neden olur. Ani gelişen respiratuar bozuklukların %90'ı efektif olmayan öksürük sonucu hava yolu temizliğinin bozulması nedeniyle meydana gelir. Bu hastalarda pulmoner hijyen terapisinin en önemli basamağı etkili öksürmenin geliştirilmesidir (8, 9).

Ventilatör desteği için arteriel kan gazı ölçümü önemli bir yöntemdir. Spinal yaralanmayla beraber akciğer kontüzyonu, hemopnömotoraks ve pnömoni gibi toraks lezyonları da sık görülür. Bu durum kaza sonrası 24-48 saat içinde PO₂ azalması, PCO₂ artması ile ortaya çıkan ve birkaç hafta mekanik ventilatör desteği gerektiren ciddi bir

tablodur. Torakal yaralanması olmayan hastalarda yaralanma sonrası ilk günlerde birkaç seviye spinal kord hasarı, ödem, kordun hipoksisi ya da yorgunluk nedeniyle solunum problemi gelişebilir. Kord fonksiyonları geri dönene kadar mekanik ventilasyon gerekir.

Şiddetli ventilatuar yetmezlik; akciğer hacmini azaltan inspiratuar ve ekspiratuar kas paralizisi, etkili öksürüğün olmayışı, göğüs duvarı mobilitesinin azalması, akciğer kompliansının azalması, artmış enerji harcaması ve paradoks hareketler gibi komplikasyonların biri ya da birkaçı nedeniyle meydana gelebilir (7).

Multipl Skleroz (MS)

MS'te solunum merkezi tutulumu nadir görülür. Solunum problemleri çoğunlukla restriktif nedenlerden kaynaklanır.

Üst servikal spinal kord ve medullayı içeren lezyonlarda respiratuar yetmezlik gelişebilir. Bilateral kortikospinal traktus etkilenimi istemli solunum yeteneğini kaybederek otonom solumaya neden olur. Servikal spinal kordun ventrolateral bölgesindeki demiyelinizasyon otonomik solunum kaybına yol açar. Dorsolateral medullayı içeren akut demiyelinizan lezyonlar otonomik solunum kaybıyla sonuçlanabilir ve genellikle aspirasyon pnömonisi riskini arttıran bozulmuş çiğneme ve öksürme refleksi ile ilişkilidir. Medüller lezyonlar inspirasyon ortasında kısa apneik duruşlarla beraber düzensiz inspirasyonla karakterize "ratchet solunum" a neden olabilir. Ponsun dorsolateral bölgesini içeren lezyonlar apnöstik solunuma neden olabilir ve akut üst beyin sapı lezyonları sonrası paroksizmal hiperventilasyon artar. Bulbar zayıflık MS'in son dönemlerinde sıklıkla aspirasyonu takiben bronkopnömoniye yol açar. Erken dönemde azalmış CO₂ yanıtı ve hiperkapnik respiratuar yetmezlik nadirdir (3, 10).

Chiari Malformasyonu (CM)

Yetişkinlerde CM ve diğer servikokranial bileşke anomalileri ciddi hipotansiyonu takiben bilinç bulanıklığı, baş ağrısı, yüzde kızarma ve beklenmeyen keskin arteriel hipertansiyonla beraber santral, obstrüktif ya da miks apneik episotları oluşturabilir. Uyku apnesi ve santral nedenli paroksizmal arteriel basınç değişiklikleri ölümcül olabilir. CM'de respiratuar yetmezliğin altında yatan mekanizma alt medulla ya da üst servikal kordun mekanik kompresyonu, alt medulla vasküler desteğinin karışıklığı ve 9.-10. kranial sinirlerin gerilmesiyle yok olan periferik kemoreseptör fonksiyonudur (3).

Siringomyeli ve Siringobulbi

Siringomyelide solunum anormalliği; spinal motor nöron sirinks nedeniyle hasara uğramasına bağlı kas kuvvetsizliği sonucu gelişir. Çok nadiren servikal sirinks ya da chiari tip 1 malformasyonu inen ve çıkan ventrolateral spinal yollarda kompresyona sebep olarak uyku apnesi meydana getirir.

Siringobulbide yarı kaudal medullanın dorso-lateral bölgesinde 4. ventrikül tabanından ventrolateral olarak uzanma eğilimindedir. Sıklıkla NTS ve NA da dahil olarak disfaji, disfoni, kardiovasküler ve respiratuar anormalliğe neden olur. Bu lezyonlar DRG, VRG nöronlarının her ikisi ya da meduller retiküler formasyondaki bağlantılarını etkiler. Siringobulbide görülen diğer solunum problemleri; unilateral ya da bilateral diyafram zayıflığı, uyanırken santral apne (forgotten breathing), santral uyku apnesi, obstrüktif uyku apnesi ve ani ölümdür (3).

Tümör

Beyin sapı etkilenimine neden olan tümörler santral nörojenik hiperventilasyona neden olabilir. Bazen solunum kontrol anormallikleri sadece tümöre bağlı olabilir ve rezeksiyonla beraber düzelir (3).

Nörodejeneratif Hastalıklar

Multipl Sistem Atrofisi (MSA)

MSA şiddetli otonomik yetmezlik, parkinsonizm ve serebellar ataksinin çeşitli kombinasyonlarıyla karakterize nadir görülen bir bozukluktur. Geniş çapta respiratuar anormalliklere neden olabilir.

Uykuyla ilgili solunum problemleri başta olmak üzere, laringeal stridor, obstrüktif uyku apnesi, respiratuar aritmi sık karşılaşılan sorunlardır.

Alveolar hipoventilasyon sonucu uykuda ya da bazen uyanırken hiperkapnik solunum yetmezliği görülebilir. Bazı hastalarda hipoksemi ölüme kadar gidebilir. Bozulmuş ventilatuar kemotoksivite alveolar hipoventilasyon ve santral uyku apnesine neden olabilir. Ayrıca hastalarda *Cheyne-stokes solunumu*, *cluster solunum* (Uzun apneler, kısa solunum periyotları olan, apneden solunuma geçişi ani, solunumdan apneye geçişi tedrici olan solunum şekli), periyodik inspiratuar zorlanma, alveolar hipoventilasyonla beraber aritmik respirasyonu içeren disritmik solunum görülebilir.

MSA'da respiratuar anormalliğe neden olan patolojik etken tam olarak açıklanamasa da stri-

dor, nucleus ambiguustaki nöron kaybına, alveolar hipoventilasyon ve respiratuar ritim anormalliklerinin santral kemotoksivite alanlar, ventral medulla alandaki putatif glutamaterjik ve serotonerjik nöronlar ve pre-Botzinger kompleksindeki putatif respiratuar ritim generatör nöronlara bağlanmaktadır (3).

Parkinson Hastalığı (PH)

PH'nda respiratuar anormallikler oldukça yaygındır ve genellikle ölüm nedeni aspirasyon pnömonisidir. Kas güçsüzlüğü, hipokinezi, tremor ve diskinezi kombinasyonu inspiratuar ve ekspiratuar üst hava yolu tıkanıklığına neden olur. Obstrüktif uyku apnesi beklenilenden daha az görülür. Ciddi disfaji ile ilişkili olarak nadiren nokturnal stridor görülür (3).

Disfajiye bağlı aspirasyon pnömonisinin önlenmesinde dil ve konuşma terapistleriyle birlikte çalışmak faydalı olacaktır (11).

Respiratuar Motor Ünite Hastalıkları

Motor Nöron Hastalıkları

Amiyotrofik Lateral Skleroz (ALS): Respiratuar semptomlara solunum kas gücü kaybı neden olur. Hastalığın erken dönemlerinde dinlenmede dispne ve iç çekme gibi respiratuar semptomlar görülür. Bunun yanı sıra dinlenme dispnesi, aksesuar respiratuar kas kullanımı, yüzüstü uyuyamama, ortopne, uyku apnesi, sabah baş ağrısı, hipoksemi ve hiperkapni görülür (3, 7). Hastalığın erken dönemlerinde hastalar yüksek yastıkta yatmayı tercih eder. Diyafram zayıflığı nedeniyle uykuda ciddi hipopne ve oksijen desaturasyonu görülür. Orta dereceli respiratuar distressi olan hastalar omuz hareketleriyle beraber boynundaki yardımcı respiratuar kasları kullanır. Öksürme zorluğu ekspiratuar kas kuvvetsizliği ya da abdominal kas tonusunda azalmanın belirtisidir.

Bulbar tutulumu olan hastalarda larinks ve farinks kaslarında kuvvet ve kontrolün etkilenmesi etkili çiğnemenin azalmasına ve aspirasyon nedeniyle pnömoni riskinin artmasına neden olur. Aktivite azalmasının indirekt etkisi akciğer atektazisi ve sekresyon retansiyonuna neden olabilir. Çok az hastada ilk problem respiratuar yetmezliktir ve bu kötü prognoza işaret eder. Sıklıkla yoğun bakımda acil respiratuar desteğe ihtiyaç duyarlar (3, 7, 12).

Periferik Nöropatiler

Guillain Barre Sendromu (GBS): Akut kuadripareziye neden olan, monofazik, simetrik, progresif periferik nöropatidir (13, 14). Respiratuar

komplikasyonlar ile ventilatuar desteği gereken, respiratuar yetmezliğe neden olan en yaygın nöromusküler hastalıktır (15). Destekleyici bakım teknolojilerinin gelişmesine rağmen ölüm oranı %2-12'dir ve hastaların %15'i engelli kalır. GBS hastalarında respiratuar yetmezlik acımasız bir problemdir ve hastaların %20-30'u mekanik ventilasyona ihtiyaç duyar. Mekanik ventilasyon ihtiyacının en önemli nedeni respiratuar kas zayıflığı ve sekresyonun temizlenememesidir. Respiratuar yetmezlik dil, farinks ve larinks zayıflığından kaynaklanan azalmış sekresyon temizliği, ateletazi ve progresif hipoksiye neden olan diyafram-interkostal zayıflıktan kaynaklanan progresif tip 2 respiratuar yetmezliğin kombinasyonu sonucu oluşur (13, 15). Pulmoner enfeksiyonla birleşen nöromusküler respiratuar fonksiyon azalması ölüm ve özürlü arttırır (13, 14).

Bulbar tutulum, oral ve faringeal koruyucu mekanizmaları etkilediği için nöromusküler respiratuar zayıflık olmaksızın entübasyon nedenidir. Motor sinirlere ek olarak kardiyak ve vagal sinirleri içermesi nedeniyle otonomik tutulum kötüye işaretler. Otonom inervasyonla süren respirasyonun baskılanmaması için entübasyon gereklidir. Otonomik disfonksiyon seri monitorizasyonun sağlanması için yoğun bakıma transferin baş nedenidir (14).

Nöromusküler Geçit Defektleri

Myastenia Gravis (MG): Nöromusküler sinaps blokajı ile karakterize otoimmün bir hastalıktır. Kas kuvveti ve endurans azalırken kaslarda yorgunluk artar (16-18). İskelet kaslarının yanı sıra respiratuar kaslarda etkilenebilir. Normal spirometrik değerlere rağmen hastalarda maksimum istemli ventilasyonda azalan respiratuar hacim ve azalmış respiratuar kas enduransı ile karakterize "myastenik patern" görülür (16-17). Bronkopnömoni gibi enfeksiyonlar myastenik krizi tetikleyen en yaygın sebeptir (17). Respiratuar kas fonksiyonunun bozulmasıyla MG'li hastalarda solunum paterni değişir (18). Maksimum istemli ventilasyonda azalma ya da dinlenme sırasında sık ve yüzeysel solunum görülebilir. Respiratuar kas disfonksiyonu ileri dönemlerde hastanın fiziksel fonksiyonlarını etkiler, üst havayolu obstrüksiyonuna, uyku apnesi ve myastenik krize neden olabilir (17).

Kas Hastalıkları

Duchenne Muskuler Distrofi: Respiratuar etkileşim ergenlik çağında görülmeye başlar. Skolyoz ilerleyici pulmoner ekspansiyon kısıtlılığına neden olur. Bu da kardiyak disfonksiyon ve respiratuar kas fonksiyonlarının azalmasıyla beraber yılda ortalama %8 oranında vital kapasitede düşüşe yol açar. Respiratuar kas güçsüzlüğü nedeniyle etkili öksürme sağlanamaz ve pulmoner sekres-

yonların birikmesi sonucu pnömoni ve ateletazi gibi komplikasyonlar ortaya çıkar. Gündüz hiperkapni geliştikten sonra yaşam süresi 1 yıldan azdır (7, 19, 21).

Değerlendirme ve Tedavi Yöntemleri

Değerlendirme

Tıbbi öykü, fizik muayene, semptomlar (ortopne, dispne, başağrısı), inspeksiyon, palpasyon, oskültasyon, göğüs çevre ölçümü, BMI, solunum fonksiyon testleri (FVC/VC, MIP, MEP), solunum kas dayanıklılığı (MSV, MVV) endurans, laboratuvar testleri, egzersiz toleransı ve fonksiyonel aktiviteler değerlendirilir.

Nörolojik hastalarda solunum fonksiyon testlerinde genellikle; VC, PImax ve PEmax azalmış, RV artmıştır. Restriktif değişiklikler izlenir. Total akciğer kapasitesi ve rezidüel kapasite korunur.

Tedavi Yöntemleri

Akut nörolojik hastalıkların tedavisinde hastayı güvenli ve etkili şekilde değerlendirme ve tedavi etmek için intrakranial dinamikleri ve fizyoterapi tekniklerine etkisini anlamak, hayati öneme sahiptir (22).

Sekresyonu Uzaklaştırma Teknikleri

Postural Drenaj: Gravite etkisinin kullanımı ile sekresyonların distaldeki akciğer lob ve segmentlerinden santral hava yollarına iletilmesini sağlayan bir pozisyonlama yöntemidir (25).

Perküsyon: Solunum siklusunun başından sonuna kadar kubbe şeklindeki el ile göğüs kafesine ritmik bir şekilde vurarak ya da mekanik perküsyon kullanarak havayolu sekresyonunun bronşial duvardan gevşetilmesi için uygulanır (25).

Shaking: Sarsma tarzında yapılan daha yavaş vibrasyon formudur. Solunumun ekspirasyon fazı boyunca etkilenmiş akciğer segmenti üzerine 2 Hz frekans ile yukarıdan aşağı doğru basınç uygulanır. Sıklıkla perküsyondan sonra uygulanır (23).

Vibrasyon: Ekspirasyon boyunca etkilenmiş akciğer segmenti üzerine elle uygulanan shaking'in daha nazik modifikasyonudur (5, 23-25).

Shaking/vibrasyon, perküsyon uygulamalarının İKB'ı artırabileceği unutulmamalıdır (5).

Hava Yolu Temizleme Teknikleri

Öksürme Manevraları: Büyük ve santral hava yollarının temizliği için en sık ve en kolay kullanılan yöntemdir.

1. **Kontrollü öksürük:** Hava yolu kollapsına neden olmayacak şekilde mukusun zorlu ekspirasyonla mobilize edilmesini sağlar (5).

2. **Trakeal öksürük stimülasyonu:** Öksürüğü kontrol etmeye gücü yetmeyen hastalar için kullanılır (strok, kafa travması). Öksürük refleksini başlatmak için trakeaya hızlıca içten ve aşağı doğru basınç uygulanır (5).

3. **Aktif-asistif öksürük:** Zayıf ve paralizili karın kaslarından dolayı (servikal tetrapleji gibi) etkisiz öksürüğü olan hastalarda kullanılır. Hastanın vital kapasitesi 1200-1500 ml altında ise derin mekanik solunum ve takiben aktif-asistif öksürük sağlanmalıdır.

a. **Manuel-asistif öksürük:** Yardımcı kişi kolu veya elinin tepesi ile göğüs kafesi üzerine güç uygularken eşzamanlı olarak hasta ekspirasyon ve öksürmek için çabalar.

b. **Self-asistif öksürük:** Daha avantajlıdır ve hastanın daha fazla aktif katılımını içerir. Maksimal inspirasyon süresince baş ve gövdenin pozisyonlanması hastaya öğretilmeli ve böylece öksürme sağlanmalıdır (5).

Huffing: Hastadan derin nefes alması ve hemen sonra karın kaslarını kasarak havayı dışarı atarken "ha, ha, ha" diye ses çıkarması istenir (5).

Aspirasyon: Ağız veya burun yoluyla yapılabilir fakat endotrakeal tüp ve trakeostomi tüpü ile daha kolaylaştırılabilir. Diğer hava yolu teknikleri ile beraber ya da diğer teknikler etkili olmadığı zaman yapılmalıdır.

T6 üstünde lezyon olan hastalarda torakolumbal sempatik aktivasyon kesilmiştir. Aspirasyon sırasında n.vagus tek çalıştığı için hipotansiyon ve bradikardi ile kardiyak arreste neden olabilir (5).

Aktif Solunum Teknikleri Döngüsü: Solunum kontrolü, torakal ekspansiyon egzersizleri ve zorlu ekspirasyon tekniğinden oluşur (22-25).

Pozitif Ekspiratuar Basınç (PEP) Tedavisi: Hastanın değişken akım rezistörüne karşı aktif ekspirasyon yapmasını gerektiren bir uygulamadır. PEP tedavisinin her zaman öksürme ve zorlu ekspirasyon tekniğiyle birlikte kullanılması gerekir.

Mekanik İnsüflasyon-Eksüflasyon: Pozitif basıncın ardından negatif basınç uygulanarak öksürüğün taklit edilmesi amacıyla geliştirilmiş bir alettir.

Manuel Hiperinflasyon: Entübe hastalarda sekresyonların temizlenmesi ve atelektatik alanların yeniden genişletilmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Uygulama için hasta dekonnekte edilir. Manuel resusitasyon bag kullanılarak, yavaş

ve derin bir inspirasyonun ardından inspirasyon sonu nefes tutma ve onu izleyen hızlı bir ekspirasyon yapılır (22-25).

Manuel hiperinflasyon yöntemi intratorasik basıncı artırarak İKB artışına neden olabilir (5-22).

Akciğer Volumünü Koruyan ve Artıran Yaklaşımlar

Pozisyonlama: Akciğer volümünü koruma ve düzeltme, sekresyonların temizlenmesi ve oksijenasyonun artırılması için hastanın 1-2 saatte bir döndürülmesi önemlidir. Ortopne ve dispne problemi olan hastalarda modifiye postür veya oturma tavsiye edilir.

Son yıllarda akciğer ekspansiyonunun sağlanması, oksijenasyonun artırılması ve sekresyon birikiminin önlenmesi için kinetik terapi (sürekli lateral rotasyonel tedavi) kullanımı gündeme gelmiştir.

Solunum Egzersizleri: Atelektazi gelişme riski olan veya gelişmiş olan hastalarda ventilasyon dağılımının sağlanması amacıyla derin bir inspirasyondan sonra üç saniye nefes tutarak uygulanır.

Solunum merkezi etkilemi olan hastalar solunumu tehdit eden neden ortadan kalkana kadar mekanik ventilasyona bağlanır. Solunum egzersizleri entübe hastalarda mekanik ventilasyon sırasında endike değildir. Ancak mekanik ventilatörden ayrılma periyodunda önem taşır.

Diyafram Solunumu: Abdominal bölgenin inspirasyon sırasında dışarıya, ekspirasyon sırasında içeriye hareketi ile üst göğüs hareketlerinin solunuma katılmasının azaltılmasıdır.

Derin Solunum Egzersizleri: İnspiratuar kasların kullanımı ile plevra basıncının azaltılmasıdır.

McKim ve ark. 22 DMD hastasında günde iki defa hand-held resusitasyon bag ve ağızlık ile 3-5 max akciğer inflasyonu (max insüflasyon kapasitesi) yaptırmış ve düzenli eğitim ile FVC düşüşünde önemli ölçüde gelişme görülmüştür (26).

İnsentif Spirometre: Hastayı görsel veya işitsel geri bildirim yolu ile istemli nefes almaya yönlendiren bir araçtır. Maksimal inspirasyon manevrasının sürdürülmesine dayanır.

Solunumun Nörofizyolojik Fasilitasyonu: Eksternal proprioseptif ve taktıl uyarılar ile sağlanan refleks cevapların, solunum derinliği ve hızını artırmasıdır. Genellikle, bilinci kapalı ve yüzeyel solunum yapan hastalarda, solunumun derinliğini artırmak, öksürüğü stimule etmek ve sekresyonların temizlenmesini sağlamak amacı ile

uygulanır. Perioral stimulasyon, interkostal germe, abdominal kontraksiyon, yüksek ve düşük torasik manual vertebra basıncı ve anterior germe-posterior bazal bölgenin kaldırılması olmak üzere altı farklı teknikten oluşur.

Glossofaringeal Solunum: İnspiratuar kas paralizisi nedeni ile vital kapasitesi azalan hastalarda kullanılır. Hastanın istemli kasları (dudaklar, dil, yumuşak damak, farinks ve larinks) ile yaratılan pozitif basıncın akciğerlere zorlanması ve akciğerlerde tutulmasıdır.

Pozitif Hava Yolu Basıncı Uygulamaları: Solunum fizyoterapisinde pozitif havayolu basıncı, ateletazinin önlenmesi veya tedavisi amacı ile pulmoner komplikasyon gelişimi riski yüksek olan hastalarda, pulmoner komplikasyon geliştiren ancak koopere olmayan veya konfüze olan hastalarda, sırt üstü pozisyonda immobilize edilen hastalarda, kosta kırığı olanlarda, mobilizasyon, derin solunum egzersizleri ve insentif spirometre gibi istemli tekniklere cevap vermeyen hastalarda kullanılır.

1. *Aralıklı pozitif basınç solunumu (IPPB):* Spontan solunumu olan hastalarda kullanılan inspiratuar pozitif basınç uygulamasıdır. Diğer uygulamalara cevap vermeyen ateletazi ve diğer tekniklere koopere olamayan hastalarda kullanılır.
2. *Sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP):* Hava yoluna inspirasyon ve ekspirasyon boyunca pozitif basınç uygulamasıdır.
3. *EzPAP pozitif hava yolu basıncı tedavi sistemi:* IPPB'ye alternatif olarak geliştirilmiş, taşınabilir, tek kullanımlık bir sistemdir. Fonksiyonel kapasiteyi arttırarak akciğerin genişlemesini sağlar.
4. *BİPAP:* İnspirasyonda solunum desteği, ekspirasyon sonunda pozitif basınç uygulanmasıdır (24).

CPAP, IPPB'nin İKB artışına neden olacağı akıldan tutulmalıdır (5).

Solunum Kas Eğitimi

Solunum kas kuvveti ve enduransını arttırmak, solunum kaslarının uzunluk gerilim ilişkisini düzeltmek ve solunum kapasitesini arttırmak amacı ile iskelet kaslarının eğitim prensipleri kullanılarak solunum kas eğitimi uygulanır. Solunum kas eğitimi, inspiratuar ve ekspiratuar kaslara uygulanabilir (24).

Uygun egzersiz yüklemesi (inspiratuar kas kuvveti [PImax] $\geq$ % 30) ile uygulanan inspiratuar kas eğitimi, solunum kaslarında yapısal değişiklikler oluşturur. İnspiratuar kasların kuvvet

ve enduransını artırır, egzersiz sırasında oluşan semptomları ve dispne algılamasını azaltır. Rassler ve ark. 2007 yılında yaptıkları çalışmada 4-6 hafta süreyle haftada 5 gün uygulanan respiratuar kas endurans eğitiminin MG'li hastalarda respiratuar enduransını artırarak dispne ve yorgunlukta azalma sağladığını (17), 2011'de daha uzun süreli respiratuar kas eğitimi ile akciğer komplikasyonlarında ve yorgunlukta azalma, MG skorunda gelişme olduğunu göstermişlerdir (16).

Sütbeyaz ve ark. 2010 yılında hastanede yatan inme hastalarını üç gruba ayırmış, bir gruba inspiratuar kas eğitimi (IMT), diğer gruba diyafram ve pursed lip solunumu yaptırmış, bir grupta kontrol grubu olmuştur. Hastalara altı hafta, haftada altı gün, günde yarım saatlik seanslar uygulanmış, tedavi sonrasında her iki eğitim grubunda solunum fonksiyon sonuçlarında artış görülmüştür. Egzersiz kapasitesi, respiratuar kas fonksiyonu ve yaşam kalitesinde kısa süreli etki sağlanmıştır (27).

Inzerberg ve ark. 20 parkinson hastasında uyguladıkları 3 aylık inspiratuar kas eğitimi ile hastalarda inspiratuar kas gücü ve enduransın arttığını böylece dispne hissinin azaldığını göstermişlerdir (28).

Mekanik Ventilasyon

Mekanik ventilasyon; yaşamsal bir fonksiyon olan solunum işleminin yapay olarak ventilatör adı verilen bir cihaz yardımıyla sürdürülmesidir.

Apne, akut solunum yetmezliği, ciddi hipoksemi durumlarında mekanik ventilatör kullanımı endikedir. Mekanik ventilasyonun;

1. Fizyolojik amaçları; pulmoner gaz değişimini desteklemek, akciğer hacmini arttırmak, solunum işini azaltmaktır.
2. Klinik amaçları; akut solunum yetersizliğini, solunum sıkıntısını, hipoksemiye ve solunum kaslarının yetersizliğini düzeltmek, ateletaziyi önlemek, kafa içi basıncını azaltmak, göğüs duvarı stabilizasyonunu sağlamaktır (29).

Mekanik Ventilasyon Modları

Göğüs içinde oluşan basınç şekline, hasta ventilatör bağlantısına, inspirasyon akımının başlama şekline, inspirasyon akımının hedefine, inspirasyondan ekspirasyona geçiş şekline göre farklılaşırlar.

Göğüs İçinde Oluşan Basınç Şekline Göre;

Negatif basınçlı ventilasyon: Toraks ve abdomen çevresinde subatmosferik bir negatif basınç

oluşturarak, havanın ağız ve burundan akciğer içerisine girmesi esasına dayanır. Göğüs duvarı çevresindeki basınç akciğer içerisine giren hava ile dengelendiğinde; akciğer ve göğüs duvarının elastik recoil güçleri sayesinde pasif olarak ekspiryum oluşur (30).

Pozitif basınçlı ventilasyon: Bu tür ventilasyon endotrakeal entübasyon veya trakeostomi ile sağlanan bir yapay havayolu aracılığıyla akciğerlere belirli bir basınçta gaz akımı sağlanması prensibine dayanmaktadır. Pozitif basınçlı ventilatörler hastanın akciğerlerine hava yollanmaya başladığında basınç değeri ağızda pozitif, alveolde ise sıfırdır. Böylece oluşan bir basınç gradiyenti ile solunum havası alveollere ulaştırılır. Ekspirasyon pasiftir ve alveoler basıncın sıfıra dönmesi ile ekspirasyon son bulur. Günümüzde klinik uygulamada rutin olan mekanik ventilasyon tekniği pozitif basınçlı ventilasyondur (25).

Hasta-Ventilatör Bağlantısına Göre

Noninvasif ventilasyon: Yüz maskesi veya nazal maske ile uygulanır. Bilinci açık, klinik durumu stabil ve yeterli öksürük refleksi olan hastalar için uygundur. Maske-yüz uyumuna dikkat edilmelidir.

Entübasyona bağlı komplikasyonları, mekanik ventilasyon süresini, hastanede yatış süresini ve mortaliteyi azaltır, hasta konforunu artırır, sedasyon gereksinimi azdır ve aralıklı kullanılabilir. Uyku problemlerini tedavi ederek hastanın yaşam kalitesini arttırabilir.

İnvazif ventilasyon: Hastanın entübe edilmesi gerekir (29).

İnspirasyon Akımının Başlama Şekline Göre

Kontrollü ventilasyon: İnspirasyonu ventilatör başlatır.

Yardımlı ventilasyon: İnspirasyonu hasta başlatır, ventilatör sonlandırır (A/C, SIMV, PSV).

Spontan ventilasyon: İnspirasyon ve ekspirasyon hasta tarafından yapılır (CPAP, BIPAP) (29).

İnspirasyon Akımının Hedefine Göre

Volüm kontrollü: Sabit dakika ventilasyonu ve değişken havayolu basınçları oluşturur. Yüksek basınçlara ve akciğer hasarına yol açabilir.

Basınç kontrollü: Sabit havayolu basınçları, değişken dakika ventilasyonu oluşturur. Basınç yükselmesine izin vermez, akciğer hasarını önler, hipoventilasyona yol açabilir (4, 29).

İnspirasyondan Ekspirasyona Geçiş Şekline Göre

Tetikleme: İnspirasyonu başlatan değişkendir (Basınç, zaman, volüm ve akım).

Limit: Önceden ayarlanmış değerlerin aşılmasını önleyen değişkendir (Basınç, akım, volüm).

Siklus: İnspirasyonu sonlandıran değişkendir (Basınç, zaman, volüm ve akım) (29).

Mekanik Ventilasyon Komplikasyonları

Entübasyon komplikasyonları: Organizmaları orofarinksten akciğere taşır, laringeal ya da trakeal yaralanma, aspirasyon.

Bozulmuş mukosiliar fonksiyon ve yetersiz nemlendirme: Kuru havanın inhalasyonu solunum mukozasını irite eder, mukusiliar taşıma azalır, kuruma ve akciğer sekresyonlarının retansiyonuna neden olur.

Respiratuar kas güçsüzlüğü ve yorgunluk: Uzun süre mekanik ventitatöre bağlı hastalarda yetersiz nöromuskuler fonksiyon, respiratuar kas atrofisi, nöromuskuler blokaj paralizisi, elektrolit dengesizliği, yetersiz beslenme gibi nedenlerle kas küçsüzlüğü meydana gelir.

Ventilatör kaynaklı akciğer hasarı: Akciğerlere uygulanan tekrarlı aşırı stres difüz alveolar hasara neden olur. Yüksek ventilasyon basınçları ve volümleri barotravma ve volutravmaya neden olur. Mekanik hasara cevap olarak sitokin salınımı alveollerde inflamatuvar hasara neden olan biyotravmaları meydana getirir (25).

Mekanik Ventilasyondan Ayırma (Weaning)

Hastanın mekanik ventilasyondan ayrılabilmesi için solunum sıkıntısına neden olan problemin ortadan kalkmış olması ve medikal durumun stabil olması gerekir. Bu da arteriel kan gazı ölçümleri ile yapılabilir. Ayrıca hastanın uyanık olması gerekir.

Mekanik ventilasyondan ayırmak için kriterler;

- Dakika ventilasyonu 10l/dk'dan az
- Dakikadaki solunum sayısı 12-20 arası
- VC vücut ağırlığının her kilogramına 15 ml'den fazla
- -20 ile -25 mmH₂O arasında negatif inspiratuar kuvvet oluşturabilmesidir.

Hastanın elektrolit ve asit-baz anormallikleri çözülmeli, nutrisyonel durum optimal olmalı ve hasta psikolojik olarak hazırlanmalıdır.

Mekanik ventilasyondan ayrılma sırasında sekresyonların temizlenmesi, kuvvetin geri kazanılması ve atelektatik alanların tekrar ekspanse olması için fizyoterapist hayati önem taşır (1, 29).

Ayırma sırasında hipoventilasyon gelişebileceğinden sekresyonların temizlenmesi önemlidir. Öksürme, zorlu ekspirasyon tekniği, inspiratuar kas eğitimi, manuel hiperinflasyon ve yeterli ventilasyonu sağlayan hastalarda insentif spirometre kullanılabilir. Hastaların genel durumu göz önüne alınarak ve mutlaka monitörize edilerek tedavi uygulanmalıdır (22).

Kaynaklar

- Hillegass EA. Essentials Of Cardiopulmonary Physical Therapy. 1994; 12- 626
- Tunalı Y. Nörolojik Rehabilitasyon Hastalarında Non-invazif Ventilasyon. Türk Yoğun Bakım Derneği Dergisi. 2008; 6(3): 52-63.
- Nogués MA, Benarroch E. Abnormalities Of Respiratory Control And The Respiratory Motor Unit. Neurologist. 2008; 14(5): 273-88.
- Irwin S. Cardiopulmonary Physical Therapy. 1990. 217-388
- Edwards S. Neurological Physiotherapy, A Problem-Solving Approach. 1996. 87-114
- Masiero S, Pierobon R, Previato C, Gomiero E. Pneumonia In Stroke Patients With Oropharyngeal Dysphagia: A Six-Month Follow-Up Study. Neurol Sci. 2008; 29(3): 139-45.
- Stokes M. Physical Management In Neurological Rehabilitation. 2004; 73-280
- Kang SW, Shin JC, Park CI, Moon JH, Rha DW, Cho DH. Relationship Between Inspiratory Muscle Strength And Cough Capacity In Cervical Spinal Cord Injured Patients. Spinal Cord. 2006; 44(4): 242-8.
- Roth EJ, Stenson KW, Powley S, Oken J, Primack S, Nussbaum SB, Berkowitz M. Expiratory Muscle Training In Spinal Cord Injury: A Randomized Controlled Trial. Arch Phys Med Rehabil. 2010; 91(6): 857-61.
- Srouf N, LeBlanc C, King J, McKim DA. Lung Volume Recruitment In Multiple Sclerosis. Plos One. 2013; 8(1): E56676.
- Sathyaprabha TN, Kapavarapu PK, Pall PK, Thennarasu K, Raju TR. Indian J Chest Dis Allied Sci. 2005; 47: 251-257.
- Cleary S, Misiaszek JE, Kalra S, Wheeler S, Johnston W. The Effects Of Lung Volume Recruitment On Coughing And Pulmonary Function In Patients With ALS. Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener. 2013; 14(2): 111-5.
- Ali MI, Fernández-Pérez ER, Pendem S, Brown DR, Wijedicks EF, Gajic O. Mechanical Ventilation In Patients With Guillain-Barre Syndrome. Respiratory Care. 2006; 51(12): 1403-1407.
- Sundar U, Abraham E, Gharat A, Yeolekar ME, Trivedi T, Dwivedi N. Neuromuscular Respiratory Failure In Guillain-Barre Syndrome: Evaluation Of Clinical And Electrophysiological Predictors. Japi. 2005; 53: 764-768.
- Melillo EM, Sethi JM, Mohsenin V. Guillain-Barre Syndrome: Rehabilitation Outcome And Recent Developments. Yale Journal Of Biology And Medicine. 1998; 71: 383-389.
- Rassler B, Marx G, Hallebach S, Kalischewski P, Baumann I. Long-Term Respiratory Muscle Endurance Training In Patients With Myasthenia Gravis: First Results After Four Months Of Training. Autoimmune Dis. 2011; 2011:1-7.
- Rassler B, Hallebach G, Kalischewski P, Baumann I, Schauer J, Spengler CM. The Effect Of Respiratory Muscle Endurance Training In Patients With Myasthenia Gravis. Neuromuscul Disord. 2007. 17(5): P. 385-91.
- Fregonezi GA, Resqueti VR, Güell R, Pradas J, Casan P. Effects Of 8-Week, Interval-Based Inspiratory Muscle Training And Breathing Retraining In Patients With Generalized Myasthenia Gravis. Chest. 2005; 128: 1524-1530.
- Kang SW, Kang YS, Sohn HS, Park JH, Moon JH. Respiratory Muscle Strength And Cough Capacity In Patients With Duchenne Muscular Dystrophy. Yonsei Medical Journal. 2006; 47(2): 184 - 190.
- Aboussouan LS. Mechanisms Of Exercise Limitation And Pulmonary Rehabilitation For Patients With Neuromuscular Disease. Chron Respir Dis. 2009; 6(4): 231-49.
- Perrin C, Unterborn JN, Ambrosio CD, Hill NS. Pulmonary Complications Of Chronic Neuromuscular Diseases And Their Management. Muscle Nerve. 2004; 29: 5-27.
- Savcı S. Yoğun Bakım Ünitesinde Göğüs Fizyoterapisi. Yoğun Bakım Dergisi. 2001; 1(1): 33-40.
- İnce D. Yoğun Bakım Ünitesinde Solunum Tedavisi. Yoğun Bakım Dergisi. 2006; 6(1): 28-42.
- Karadağ M. Pulmoner Rehabilitasyon. Toraks Kitapları. 2009; 7: 101-116.
- DeTurk W, Cahalin L. Cardiovascular & Pulmonary Physical Therapy. An Evidence Based Approach. 2010; 2: 499- 642
- McKim DA, Katz SL, Barrowman N, Ni A, LeBlanc C. Lung Volume Recruitment Slows Pulmonary Function Decline In Duchenne Muscular Dystrophy. Arch Phys Med Rehabil. 2012. 93(7): 1117-22.
- Sutbeyaz ST, Koseoglu F, Inan L, Coskun O. Respiratory Muscle Training Improves Cardiopulmonary Function And Exercise Tolerance In Subjects With Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. Clin Rehabil. 2010. 24(3): 240-50.
- Inzelberg R, Peleg N, Nisipeanu P, Magadle R, Carasso RL, Weiner P. Inspiratory Muscle Training And The Perception Of Dyspnea In Parkinson's Disease. Can. J. Neurol. Sci. 2005; 32 (2): 213-217.
- Hess DR, Kacmarek RM. Essentials Of Mechanical Ventilation; 2002; 2: 121-174
- Ursavaş A, Özyardımcı N. Akut Solunum Yetmezliklerinde Noninvaziv Mekanik Ventilasyon. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi. 2003; 29(3): 55-59.

Ekstrakorporeal Şok Dalga Tedavisi

Dr. Fzt. Z. Özlem YÜRÜK

Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi , Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

bastug@baskent.edu.tr

Özet

Ekstrakorporeal şok dalga tedavisi (ESWT), 1980'li yılların ortalarında hayvan çalışmalarında osteoblastik cevabın arttığının gözlenmesi ile kas iskelet sistemi problemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Son 10-15 yıldır omzun kalsifiye tendiniti, lateral epikondilit, kırık tedavisi ve plantar fasiit başta olmak üzere pek çok ortopedik problemde kullanılmaktadır. Bununla birlikte üroloji, peridonti, nöroloji gibi farklı alanlarda da çalışmaların devam ettiği görülmektedir. ESWT özellikle Avrupa ve Uzak Doğu ülkelerinde popüler hale gelmiştir. ESWT ile ilgili pek çok çalışma yapılmış olmakla birlikte etkinliği ve kullanım parametreleri konusunda fikir birliği bulunmamaktadır.

Anahtar kelimeler: Şok Dalgaları, Ortopedi, Ağrı

Abstract

Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) has been used in musculoskeletal disorders with the observation of increased osteoblastic response in animal studies in the mid 1980s. It is used in many orthopedic problems, especially in calcific tendinitis of the shoulder, lateral epicondylitis, fracture treatment and plantar fasciitis in the last 10 to 15 years. However, it has been seen that researches continue in different areas such as urology, periodontology and neurology. ESWT has become popular especially in Europe and Far East countries. Although there are many studies on ESWT, there is no consensus about the effectiveness and user parameters of it.

Key words: Shock Waves, Orthopedics, Pain

Giriş

Ekstrakorporeal şok dalga tedavisi (ESWT), yüksek şiddetli basınç dalgalarının vücuda uygulanmasına yönelik bir tedavi yöntemidir. Yüksek enerjili şok dalgaları uzun yıllardan beri ürolojide böbrek taşlarını kırmak için kullanılmaktadır. 1980'li yılların sonunda gecikmiş kemik kaynamasında etkili olduğuna dair ilk kanıtlar yayınlanmıştır. Bu alandaki çalışmalarda tedaviden fayda gören hastalarda özellikle düşük enerjili şok dalga ile analjezi meydana geldiği bulunmuş ve 1990'larda ilk olarak Dahmen ve Haist, entesopatilerde şok dalgalarını kullanmaya başlamışlardır (1). Şok dalga tedavisinin etki mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte bugün pek çok alanda kullanılmaktadır. Şok dalga uygulamalarının etkileri farklı alanlarda hem hayvanlarda hem de insanlar üzerinde yapılan çalışmalarla araştırılmaya devam edilmektedir (2).

Şok Dalgalarının Özellikleri ve Elde Edilişi

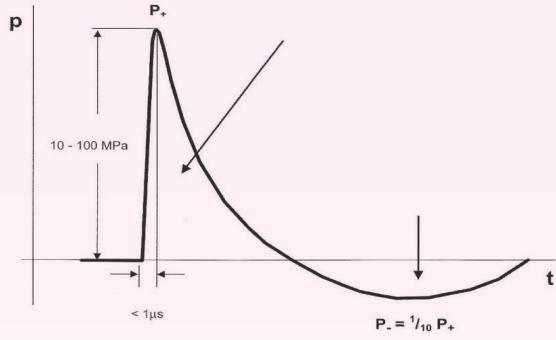
Şok dalgaları basınçtaki ani değişimlerle ortaya çıkar. Bu değişimler, kompresif ve gerilime yol açan kuvvetli dalgalar oluşturur (Şekil 1) (3).

Şok dalgaları empedans değişiminin olduğu dokulardan geçerken yansır veya kırılır ve kinetik enerji dokuda dağılarak etkisini gösterir. Kaviteasyon etkisi ile dokuda basınç ve parçalanma meydana getirir (2).

Ekstrakorporeal şok dalgaları odaklanmış ve odaklanmayan şok dalgaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Odaklanmış şok dalgaları üç farklı mekanizma ile meydana getirilir. Piezoelektrik, elektrohidrolik ve elektromanyetik sistemler ile sıvı içinde şok dalgaları oluşturularak vücuda uygulanması sağlanır (Şekil 2) (2, 3).

Radyal ekstrakorporeal şok dalga tedavisi (RESWT) odaklanmış şok dalga tedavisinden farklı olarak tek bir noktaya odaklanmayan yayılım gösteren ve yüzeyel etki gösteren mekanik şok dalgalarıdır. Radyal dalgaların elde edilmesinde basınç dalgalarını oluşturmak için bir pnömatik roket mekanizması kullanılır (Şekil 3, Şekil 4) (4).

Ekstrakorporeal şok dalga "enerji yoğunluğu" ile ölçülür ve birimi mJ/mm^2 'dir. Enerji yoğunluğu her şok dalgasında mm^2 başına düşen enerji miktarını tanımlar. Literatürde düşük ve yüksek enerji yoğunluğundan söz edilmektedir. Düşük



Şekil 1. Şok dalgası: (P+) basıncın pozitif artışı, (tr) basıncın çıkış süresi, (P-) basıncın negatif düşüşü. – Rompe (3)'den alınmıştır.

enerji yoğunluğu $< 0.10-0.12 \text{ mJ/mm}^2$; yüksek enerji yoğunluğu ise $> 0.12 \text{ mJ/mm}^2$ olarak kabul edilir. Düşük enerji yoğunluğu hafif bir rahatsızlık hissi oluşturduğu için kolay tolere edilirken, yüksek enerji yoğunluğu şiddetli ağrıya yol açtığı için lokal anestezi altında uygulanır (2).

Şok Dalgalarının Etki Mekanizması

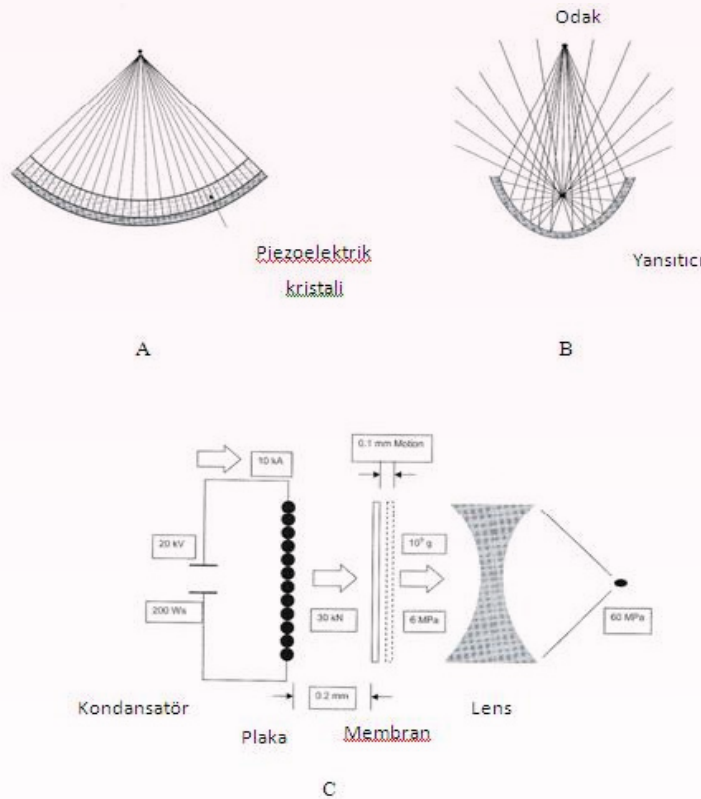
Şok dalgalarının etki mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte tedavinin başarı oranı %65-%91 arasında değişmektedir (6). ESWT'nin

damarlardan sitokinin difüzyonunu artırarak anjiogenezi ve tendon-kemik birleşkesinde yeni damar oluşumunu sağladığı, hiperstimülasyon analjezi meydana getirdiği, analjezik etki sağlayan serbest radikallerin salınımı ile hücre ortamının kimyasal yapısını değiştirdiği düşünülmektedir. Tavşanlarda yüksek enerjili şok dalgalarının tendon hasarına yol açarak inflamatuvar reaksiyonu başlattığı görülmüştür. Düşük enerjili şok dalgaları ise böyle bir hasar oluşturmaz. Eklem kartilajında değişime yol açmadığı ve termal bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (2).

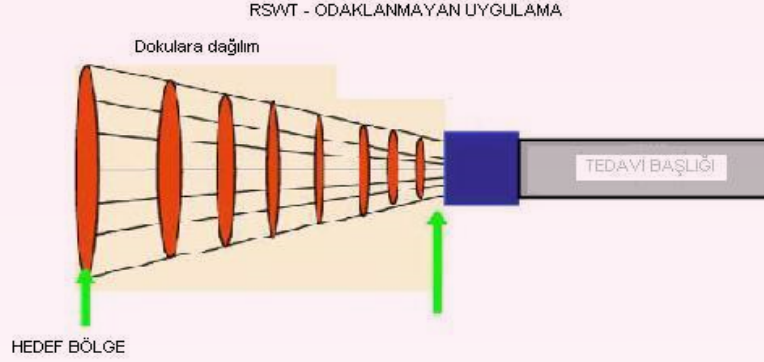
Ekstrakorporeal Şok Dalga Tedavisinin Kullanım Alanları, Kontraendikasyonları ve Görülebilecek Komplikasyonlar

ESWT pek çok alanda kullanılmaktadır. Bunlar:

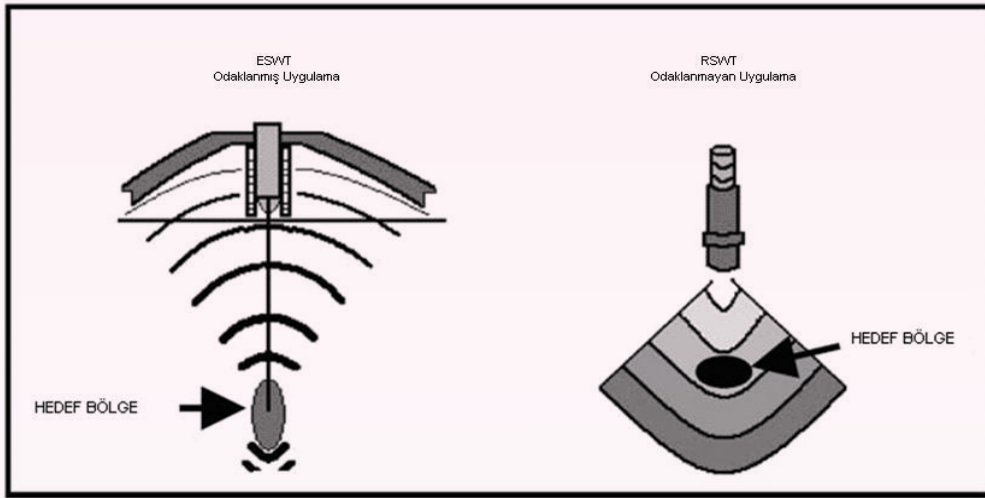
- Ortopedik problemler: Gecikmiş kırık kaynaması, stres kırıkları, avasküler kemik nekrozu, tendinopatiler, osteokondritis dissekans, osteoartrit, torakanterik sendrom
- Yara iyileşmesi
- Spastisite
- Miyokardial iskemi



Şekil 2. Ekstrakorporeal şok dalgalarının elde edilme mekanizmaları: A) Piezoelektrik Jeneratör, B) Elektrohidrolik Jeneratör C) Elektromanyetik Jeneratör – Rompe (3)'den alınmıştır.



Şekil 3. RESWT elde edilmesinde kullanılan başlık (5)



Şekil 4. ESWT ile yapılan tek bir bölgeye odaklanmış, derin dokuya etki eden uygulama ve RESWT ile yapılan odaklanmayan ve geniş alana yayılan uygulama. Cacchio (4)'den alınmıştır.

- Periodontal hastalıklar
- Ürolojik problemler: Litotripsi, Peyroni hastalığı, Kronik pelvik ağrı sendromu

ESWT kompleks bölgesel ağrı sendromu, spinal füzyon, gen tedavisi ve malign hücreler üzerinde de kullanılmaktadır. Ancak bu konuda çalışmalar henüz deneysel aşamadır (6).

ESWT'nin kontraendikasyonları (7):

- Malign durumlar
- Kan koagülasyon bozukluğu olan olgular
- Patolojik nörolojik bulguları olan hastalar
- Hamileler
- Aktif enfeksiyon geçirmekte olan hastalar
- Kalp pili kullanan kişiler
- Akciğer, kranium ve vertebral kolon üzerine uygulama yapılmamalıdır.

ESWT ile görülebilecek komplikasyonlar (8):

- Deride kızarıklık

- Ağrı ve rahatsızlık hissi
- Hassasiyet
- Ödem
- Hematom
- Senkop
- Mide bulantısı

ESWT'nin Farklı Tanılarda Kullanımı

Kemik Doku Üzerine ESWT

Şok dalga tedavisinin "Bone Morphogenic Protein 2 (BMP-2)" adı verilen kemik sentezi ve onarımını sağlayan mediatörü, nitrik oksit sentezini ve angiogenezde önemli rol oynayan "Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)" adı verilen mitojenik faktörü artırdığı gösterilmiştir. Literatürde gecikmiş kırık kaynaması, kronik stres kırıkları, avasküler kemik nekrozu ve osteoporoz üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur (9).

Patellar Tendinopati

Patellar tendinopatide ESWT konusunda 2009 yılında yayınlanan bir meta analizde ESWT'nin ağrı ve fonksiyon üzerinde etkili olduğu ve yan etki görülmediği belirtilmiştir. Patellar tendinopatide ESWT'nin uygulama protokolü hakkında fikir birliği bulunmamaktadır (10).

Aşıl Tendinopatisi

2011 yılında yayınlanan bir derlemede ESWT'nin aşıl tendinopatisinde etkili olduğu ancak yüksek ve düşük enerjili tedavi protokollerinin karşılaştırılması gerektiği belirtilmiştir (11). Rompe ve ark (12), düşük enerjili ESWT (2000 atım, 0.12mJ/mm²) ve eksentrik egzersizin etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmada ESWT'nin iyileşme sürecini hızlandırdığını kaydetmişlerdir.

Omuz Tendinitisi

Şok dalga tedavisinin kavitasyon etkisi ile kalsifiye dokuda parçalanmaya yol açtığı düşünülmektedir. Kalsifiye omuz tendinitinde yüksek enerjili ESWT'nin düşük enerjili ESWT'ye göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (13).

Yapılan çalışmalarda ESWT'nin kalsifiye dokuda ve ağrıda azalma, kuvvet, fonksiyonellik ve günlük yaşam aktivitelerinde gelişme sağladığı görülmüştür (14). Yine RESWT ile yapılan çalışmalarda da gelişme olduğu belirlenmiştir. Şok dalgalarının kalsifiye omuz tendinitlerinde etkili olduğu düşünülürken; kalsifiye olmayan omuz tendinitlerinde etkili olup olmadığı henüz saptanamamıştır.

Plantar Fasiit

Plantar fasiit probleminde yapılan bazı çalışmalarda şok dalga tedavisinin radyolojik bulgular, subjektif ağrı şiddeti ve günlük yaşam aktiviteleri üzerinde etkili olduğu belirlenirken (2, 6, 15); bazı araştırmacılar ise şok dalga tedavisinin plasebo uygulamaya göre farkı olmadığını savunmuşlardır (16). Porter ve Shadbolt (17) ise, kortikosteroid enjeksiyonunun ESWT'ye göre daha etkili ve maliyetinin de düşük olduğunu savunmuşlardır.

Lateral Epikondilit

Şok dalgalarının lateral epikondilitte nasıl semptomatik iyileşme sağladığı tam olarak aydınlatılabilmemiş değildir. Yaygın olarak kabul edilen görüşe göre, ağırlı noktadaki sinir uçlarının stimülasyonunun refleks ağrı inhibisyonuna (hiperstimülasyon analjezi) neden olduğu düşünülmekte-

dir. Ayrıca, enerji transferi ile EKRB tendonunda oluşan lokal travma, akut inflamasyon ve onarımı başlatarak angiogenez ile ilişkili büyüme faktörlerinin ortama salınması, yeni damar oluşumu ve ortamdaki oksijenizasyonu artırması diğer kabul edilen etki mekanizmalarıdır. Spacca ve ark (18), lateral epikondilitte yüksek atımlı ve düşük atımlı RESWT'nin etkinliğini incelemiştir ve yüksek atımlı uygulamanın daha etkili olduğunu bildirmiştir. Radwan ve ark (19), kalsifiye lateral epikondilitte tenotomi ve yüksek enerjili ESWT'yi karşılaştırdıkları çalışmalarında, ESWT'nin cerrahiye alternatif olabilecek faydalı bir tedavi olduğunu bildirmişlerdir. ESWT'nin lateral epikondilitte etkili olduğunu gösteren çalışmalarla birlikte, plasebo uygulamadan farkı olmadığını belirten çalışmalarda mevcuttur. Buchbinder ve ark (20), 2005 yılında yayınladıkları sistematik derlemede, ESWT ve plasebo uygulamalarını karşılaştıran 9 çalışma, steroid enjeksiyonu ve ESWT'yi karşılaştıran 1 çalışma incelemiştir. Sonuçta, ESWT'nin lateral epikondilit tedavisindeki etkisine yönelik kanıtların zayıf olduğu, steroid enjeksiyonunun ise ESWT'den daha etkili bulunduğu ifade edilmiştir.

Osteoartrit

Literatürde şok dalga tedavisinin osteoartrit üzerindeki etkisi ile ilgili deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalar mevcuttur. Henüz insanlarda yapılan çalışma yoktur. Bu çalışmalarda histolojik ve radyografik değerlendirmelerde progresyonun yavaşladığı görülmüştür. ESWT'nin "Chondroprotective" etki sağladığı düşünülmektedir. Ayrıca "Calcitonin gene-related peptide (CGRP)" düzeyinde azalma ile ağrı üzerinde etkili olduğu savunulmaktadır (6, 21, 22).

Şok Dalga Tedavisinin Yara İyileşmesinde Kullanımı

Şok dalgalarının; hücresel bölünmeyi, savunma hücrelerini, nitrik oksit üretimini ve vaskülarizasyonu arttırdığı ve antibakteriyel etki sağladığı düşünülmektedir.

Diyabetik ayak yaralarında ESWT'nin hiperbarik oksijen tedavisine göre daha etkili olduğu görülmüştür (23). Dekübit ülserinde yapılan bir çalışmada 4 seans, yara üzerine iletken jel ile temasla, 300 atım, 0.1mJ/mm² yoğunlukta uygulanan ESWT'nin plasebo uygulamaya göre etkili olduğu görülmüştür (24). Vücut yüzeyi %5'in altındaki akut derin yanık yaralarında 2 seans, düşük enerjili (500 atım, 0.15mJ/mm²) ESWT'nin etkili olduğu ve cerrahiye alternatif olabileceği gösterilmiştir (25).

Spastisitede Şok Dalga Tedavisine Yönelik Çalışmalar

Şok dalgalarının spastisite üzerindeki etki mekanizması tam olarak bilinmemektedir. İnme ve se-rebral palsy tanısı olan hastalara yapılan uygulamalarda spastisitenin azaldığı görülmüştür. Şok dalga tedavisinin bu hastalarda nitrik oksit sentezi ile plastisiteyi uyardığı ve endorfin enkefalin sentezinde denge sağladığı düşünülmektedir. Şok dalgalarının periferik sinir denervasyonuna yol açmadığı bilinmektedir (26, 27).

Miyokardial İskemi

Ekstrakorporeal kardiyak şok dalga tedavisinin anjina pektorisite kullanımı ilk olarak hayvanlar üzerindeki deneysel çalışmalarla başlamıştır. Bu çalışmalarda alınan olumlu sonuçlar ile 2003 yılında insanlarda uygulamaya geçilmiştir (28).

Şiddetli anjina pektoris şikayeti olan 8 hastaya 200 atım, 0.09 mJ/mm² şiddetinde tek seans uygulanan kardiyak şok dalga tedavisinin 6 dakika yürüme testi, Manyetik Rezonans Görüntüleme ve sol ventriküler ejeksiyon fraksiyonu değerleri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (29).

Periodontal Hastalıklar

Periodontal inflamasyon, diş ve diş etini destekleyen dokuların inflamasyonudur. Periodontal ligamentin hasarına ve alveolar kemik kaybına yol açabilir. Bazı çalışmalarda yüksek enerjili ESWT'nin planktonik mikroorganizmalar üzerinde antibakteriyel etkisi olduğu gösterilmiştir. Düşük enerjili şok dalgalarının, oral bakterilerin tümü üzerinde etkili olmadığı yalnızca bir kısmının çoğalmasını engellediği belirtilmiştir. Ayrıca ESWT ile periodontal dokuların ve alveolar kemiğin rejenerasyonun sağlanabileceği düşünülmektedir. Ancak bu konuda detaylı çalışmalara gerek duyulduğu ifade edilmektedir (30, 31).

Sonuç

ESWT'nin mekanizması tam olarak açıklanamamakla birlikte pek çok alanda uygulanmakta ve kliniklerde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Literatürdeki çalışmalarda farklı uygulama yöntemleri ve parametreleri kullanılmıştır. Bu nedenle çalışmaların sonuçları farklılık göstermekte ve şok dalgalarının etkinliği konusunda kesin bir sonuç verilememektedir. ESWT için uygun dozaj ve uygulama şekilleri belirlenmelidir. Literatürdeki araştırmalara paralel olarak ülkemizde de bu konuda çeşitli patolojilerde, farklı parametreler kullanılarak yapılan, laboratuvar ve radyolojik bulgu-

lar ile desteklenen araştırmalara gerek olduğunu düşünmekteyiz.

Teşekkür

Hacettepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü'nün gelenekselleşen Cuma seminerlerine beni davet ederek Doktora tez çalışmamdaki deneyimlerimi paylaşabilmem için bana olanak tanıyan ve seminer hazırlama süreci boyunca her türlü ilgi ve desteğini esirgemeyerek beni cesaretlendiren saygıdeğer hocam Prof. Dr. Nuray KIRDI'ya saygı ve sevgilerimle teşekkür ederim.

Kaynaklar

1. Siebert, W. ve Buch, M. (1998). *Extracorporeal Shock Waves in Orthopaedics*. Germany: Springer.
2. Sems, A., Dimeff, R. ve Ianotti, J.P. (2006). Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of chronic tendinopathies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 14, 195-204.
3. Rompe, J.D. (2002). *Shock Wave Applications in Musculoskeletal Disorders*. Germany: Thieme.
4. Cacchio, A., Paoloni, M., Barile, A., Don, R., de Paulis, F., Calvisi, V., ve diğerleri. (2006). Effectiveness of radial shock wave therapy for calcific tendinitis of the shoulder: Single-blind, randomized clinical study. *Physical Therapy*, 85 (5), 672-782.
5. Storz Medical Medlaser Dış Tic. (t.y.). Erişim: 05 Ekim 2011, <http://www.eswtr.com>.
6. Wang, C.J. (2012). Extracorporeal shock wave therapy in musculoskeletal disorders. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 7, 11.
7. Chung, B., Wiley, P. ve Rose, M.S. (2005). Long term effectiveness of extracorporeal shockwave therapy in the treatment of previously untreated lateral epicondylitis. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15, 305-312.
8. Haake, M., Bölddeker, I.R., Decker, T., Buch, M., Vogel, M., Labek, G., ve diğerleri. (2002). Side-effects of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) in the treatment of tennis elbow. *Archives of Orthopaedic Trauma and Surgery*, 122, 222-228.
9. Furia, J.P., Rompe, J.D., Cacchio, A., Maffuli, N. (2010). Shock wave therapy as a treatment of nonunions, avascular necrosis, and delayed healing of stress fractures. *Foot and Ankle Clinics North America*, 15, 651-662.
10. Van Leeuwen, M.T., Zwerver, J., van den Akker-Scheek, I. (2009). Extracorporeal shockwave therapy for patellar tendinopathy: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 43, 163-168.
11. Wilson, M., Stacy, J. (2010). Shock wave therapy for achilles tendinopathy. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 26, 4 (1), 6-10.
12. Rompe, J.D., Furia, J., Maffuli, N. (2008). Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy, a randomized, controlled trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 90, 52-61.
13. Mouzopoulos, G., Stamatakis, M., Mouzopoulos, D., Tzurbakis, M. (2007). Extracorporeal shock wave treatment for shoulder calcific tendonitis: a systematic review. *Skeletal Radiology*, 36, 803-811.

14. Ioppolo, F., Tattoli, M., Di Sante, L., Venditto, T., Tognolo, L., Delicata, M., ve diğ. (2013). Clinical improvement and resorption of calcifications in calcific tendinitis of the shoulder after shock wave therapy at 6 months' follow-up: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94 (9), 1699-706.
15. Gerdesmeyer, L., Frey, C., Vester, J., Maier, M., Weil, L.Jr., Weil, L.Sr., ve diğ. (2008). Radial extracorporeal shock wave therapy is safe and effective in the treatment of chronic recalcitrant plantar fasciitis: Results of a confirmatory randomized placebo-controlled multicenter study. *American Journal of Sports Medicine*, 36, 2100-9.
16. Marks, W., Jackiewicz, A., Witkowski, Z., Kot, J., Deja, W., Lasek, J. (2008). Extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) with a new-generation pneumatic device in the treatment of heel pain; A double blind randomised controlled trial. *Acta Orthopaedica Belgica*, 74, 98-101.
17. Porter, M.D., Shadbolt, B. (2005). Intralesional corticosteroid injection versus extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciopathy. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15, 119-24.
18. Spacca, G., Necozone, S. ve Cacchio, A. (2005). Radial shock wave therapy for lateral epicondylitis: A prospective randomised controlled single blind study. *Europa Medicophysica*, 41, 17-25.
19. Radwan, Y.A., ElSobhi, G., Badawy, W.S., Reda, A. ve Khalid, S. (2008). Resistant tennis elbow: Shock wave therapy versus percutaneous tenotomy. *International Orthopaedics*, 32, 671-677.
20. Buchbinder, R., Green, S.E., Youd, J.M., Assendelft, W.J.J., Barnsley, L. ve Smidt, N. (2006). Systematic review of efficacy and safety of shock wave therapy for lateral elbow pain. *Journal of Rheumatology*, 33, 1351-63.
21. Ochiai, N., Ohtori, S., Sasho, T., Nakagawa, K., Takahashi, K., Takahashi, N., ve diğ. (2007). Extracorporeal shock wave therapy improves motor dysfunction and pain originating from knee osteoarthritis in rats. *Osteoarthritis and Cartilage*, 15, 1093-6.
22. Frisbie, D.D., Kawcak, C.E., McIlwraith, C.W. (2009). Evaluation of the effect of extracorporeal shock wave treatment on experimentally induced osteoarthritis in middle carpal joints of horses. *American Journal of Veterinary Research*, 70, 449-54.
23. Wang, C.J., Wu, R.W., Yang, Y.J. (2011). Treatment of diabetic foot ulcers: a comparative study of extracorporeal shockwave therapy and hyperbaric oxygen therapy. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 92 (2), 187-93.
24. Larking, A.M., Duport, S., Clinton, M., Hardy, M., Andrews, K. (2010). Randomized control of extracorporeal shock wave therapy versus placebo for chronic decubitus ulceration. *Clinical Rehabilitation*, 24, 222-229.
25. Arno, A., Garcia, O., Hernan, I., Sancho, J., Acosta, A., Barret, J.P. (2010). Extracorporeal shock waves, a new non-surgical method to treat severe burns. *Burns*, 6, 844-849.
26. Amelio, E., Manganotti, P. (2006). Effect of shock-wave therapy on spastic equinus foot in patients affected by cerebral palsy. *Journal of Neurology*, 253 (Suppl 2), 152.
27. Amelio, E., Manganotti, P. (2010). Effect of shock wave stimulation on hypertonic plantar flexor muscles in patients with cerebral palsy: a placebo-controlled study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42 (4), 339-43.
28. Ito, K., Fukumoto, Y., Shimokawa, H. (2009). Extracorporeal shock wave therapy as a new and non-invasive angiogenic strategy. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 219, 1-9.
29. Kikuchi, Y., Ito, K., Ito, Y., Shiroto, T., Tsuburaya, R., Aizawa, K., ve diğ. (2010). Double-blind and placebo-controlled study of the effectiveness and safety of extracorporeal cardiac shock wave therapy for severe angina pectoris. *Circulation*, 74 (3), 589-91.
30. Sathishkumar, S., Meka, A., Dawson, D., House, N., Schaden, W., Novak, M.J. ve diğ. (2008). Extracorporeal shock wave therapy induces alveolar bone regeneration. *Journal of Dental Research*, 87, 687-691.
31. Novak, K.F., Govindaswami, M., Ebersole, J.L. (2008). Effects of low energy shock waves on oral bacteria. *Journal of Dental Research*, 87, 928-931.

Yapay Zeka ve Rehabilitasyon

Fzt. Seval TAMER

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

sevaltamer@hotmail.com.tr

Özet

Hayatın her alanında olduğu gibi yapay zeka programlarının, rehabilitasyon alanında kullanımı teknoloji ile birlikte gelişimini sürdürmektedir. Yapay zeka terimi rehabilitasyonda, robotik, tele rehabilitasyon, görsel gerçeklik ve nano teknoloji uygulamalarını içinde barındırır. Rehabilitasyonda yapay zeka ile yapay zeka iş yardımcıları ve zeki robot timleri geliştirilir ve geliştirilen bu uygulamalar engelli bireylerin günlük yaşam aktivitelerinde hareketlerini destekleme, sosyal rehabilitasyon ve tekrarlayan hareketler için fizyoterapistlere yardım etmede kullanılır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu sistemlerin tedaviye etki düzeyleri konusunda çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmada robotik rehabilitasyon cihazlarının uygulamalarının tedaviye etki düzeyleri ve fizyoterapistin bu uygulamalardaki yeri anlatılacaktır.

Anahtar kelimeler: Yapay Zeka, Robotik, Rehabilitasyon

Abstract

Artificial intelligence programs has been developing with the technology in rehabilitation field and all areas of life. Artificial intelligence term in rehabilitation defines robotics, tele-rehabilitation, virtual reality, and nano-technology applications. Intelligent robotic teams and artificial job aids are developed with artificial intelligence at rehabilitation and those developed applications are used to support movement of disabled people in daily living activities, social rehabilitation and help physiotherapists for repetitive movements. These systems are widely used currently and studies about treatment effectiveness levels are ongoing. In this study, treatment effectiveness levels of robotic rehabilitation devices and the role of physiotherapist in these applications will be explained.

Key Words: Artificial Intelligence, Robotic, Rehabilitation

Giriş

Zeka karmaşık bir problemi kısa yoldan çözme kabiliyetidir (1). Yapay zeka kavramı ise; ilk kez 1957 yılında Dartmouth New Hampshire’de yapılan konferansta John Mc Carthy tarafından ifade edilmiştir ve insanın anlama, algılama, hafıza, öğrenme, sonuç çıkarma, karar verme, düşünce üretme, öneride bulunma veya bazı uygulamalar için eylem yapma gibi özelliklerini makinelerle oluşturmayı amaçlayan bilim dalıdır (2).

Kol gücüne dayanan işlerin kolaylaştırılması-na yönelik çalışmalardan sonra insanlar, yapay zeka programlarını kullanan bilgisayarlar ile bilgi saklama, değerlendirme gibi beyin gücü faaliyetleri gerektiren araç ve düzenler ile insan yapısı örnek alınarak pek çok bilgisayar programı geliştirmiştir (1). Bu programlar tıpta teşhis ve tedavi etme amacı ile kullanılmaya devam etmektedir. Yapay zeka programları; ses komutlu televizyonlar, bankalarda telefon ile işlem olanağı tanıyan sistemler, otomatik vitesler, dil anlama ve çevir-

me programları (google translate), bankacılıkta kredi değerlendirme ve sigorta risklerini belirleme gibi günlük hayatta da birçok kullanım alanına sahiptir (3).

İnsana benzer faaliyetlerin uygulanabilmesi için 4 farklı yapay zeka programı geliştirilmiştir. **Uzman sistemler:** Bir konuda uzmanlaşmış kişilerce yapılabilen uzmanlık bilgisini bilgisayar ortamına aktarabilen (4), kişilerin yapabildiği tasarım, planlama, teşhis etme, yorumlama, özetleme, genelleme, kontrol etme, tavsiyelerde bulunma gibi işlemleri taklit edebilme özellikleri olan (6) bilgisayar programlarıdır. Örneğin yürüme analizi konusunda uzman bilgisine sahip programlar, hastayı değerlendirdikten sonra tedavi önerisinde bulunur (3). **Bulanık mantık:** Bulanık mantıkla doğru veya yanlış olmayan veri ve sonuçlar değerlendirilir, dil ile ifade edilebilen göreceli durumlar açıklanabilir. Örneğin tıpta, tanı ve tedavi verme sırasında ateşin hastalık grubunda yer aldığı veya almadığı durumlar oluyor-

sa bu durumun kararı etkilememesi için bu yapay zeka programı kullanılır (6, 7). İnsan sinir hücre yapısı ve bağlantıları örnek alınarak yapılmış *Yapay sinir ağları*, öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi açığa çıkarabilme eksik verileri tamamlayabilme özelliğine sahip yöntemlerdir (örnek: meteoroloji sıcaklık öngörüsü). Protezlerde denge durumuna göre kişiye özel doğal yürüyüş parametrelerinin tahmini için kullanılmaktadır (3). Tıpta tanı koymada önceden uzman bilgi tabanı oluşturma gerekliliği olmadığı için uzman sistemlere göre avantajlı olan yapay sinir ağları, farklı klinik protokolleri, laboratuvar sonuçları ve görüntüleme metotlarından çıkan verileri birleştirerek teşhis sistemi geliştirebilir (6). Problemleri en iyi sonuca ulaştırmak için evrim süreci kullanan *Genetik algolıtma* programları ile çaprazlama ve mutasyonlar yapılarak çok sayıda alternatif çözüm üretilir. Genetik algoritma programları motor kaybı olan hastalarda dış iskelet sistemleri, nöral kontrolü sağlamak için eklem torklarını tahmin etme amacı ile myoışlemci ve EMG'nin düzenlenmesi için kullanılmıştır (3).

Pek çok alanda kullanılan yapay zeka programlarının birçok işlevi yapabilmesi ve gerçekte zeki olarak problemleri çözebilmesi ile insana olan ihtiyaç azalmaktadır. Ancak şunu belirtmekte yarar var ki, yapay zeka hangi problemleri çözerse çözsün insanın sahip olduğu psikolojik öğelere sahip olamayacak, karar vermede uzmanlardan daha dikkatli iken sağduyu ve farklı alan bilgilerini kullanamayacaktır. Ömür boyu öğrenme yetisi olmayacaktır. Dolayısıyla insan bulunduğu sistemlerin her noktasında baskın karakterini koruyarak kontrolörlük gücünü ve yetkisini sürdürecektir.

Yapay zeka uygulamalarının rehabilitasyon alanındaki yeri konusundaki çalışmalar özellikle son yıllarda artmaktadır. Çalışmalar; daha çok inme sonrası alt (8) ve üst ekstremitte rehabilitasyonu (5, 9), pediatrik rehabilitasyon (10), ortopedik rehabilitasyon (11), geriatri (12) ve kistik fibrozis (13), konularında yapılmıştır.

Yapay zekanın en büyük ticari başarıyı elde ettiği ve rehabilitasyon alanında da en çok kullanılan alan robotik alanıdır. Yapay zeka uygulamaları içerisinde incelenen Tele rehabilitasyon uygulamaları ise telefon, video konferans, sanal gerçeklik, internet kullanılarak tedavinin uzaktan yapılabilirdiği yapay zeka sistemleridir. Kardiyo-loji, kanser, nöroloji, ortopedi, romatolojik rahatsızlıklarda klinik olarak yararlarının kanıtlandığı sistemlerdir. Rehabilitasyon eğitiminde devamlılığı sağlama, hastanede kalış süresinin azaltılması nedeni ile kullanılmaktadır ve ülkemizde gelecek yıllarda da yaygınlaşması beklenmektedir (34). Nano-teknolojik alanda ise özellikle

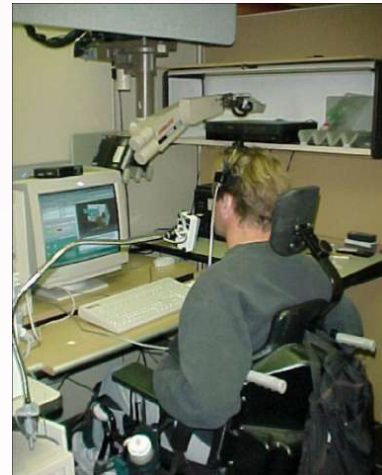
protezlere dokunma hissini kazandırma amacı ile yürütülen çalışmalar sonuçları merakla beklenen çalışmalardır.

Rehabilitasyon alanında yapay zeka yöntemleri ile doğru ve sayısal değerlendirme yapılabilmesi bu sistemlerin en önemli avantajlarındandır. Bunun yanı sıra bu sistemlerin günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığı sağlama, tanımlanan hareketlerin doğru olarak yapılabilmesi, yoğun ve güvenli egzersiz olanağı sağlama, tekrarlı egzersiz ile plastisite için uygun koşulları sağlama ve feedback ile kişinin motivasyonunu artırması nedeniyle rehabilitasyon alanında kullanımı yaygınlaşmaktadır. Fakat sistemlerin kişiye özel sensörlere ihtiyaç duyması nedeniyle maliyetlerinin yüksek olması sistemlerin yaygın olarak kullanımında karşılaşılan en önemli sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Rehabilitasyon alanında robotik yapay zeka uygulamaları, değerlendirme, karar verme, düzenleme olanakları ile fizyoterapide değerlendirme ve tedavi amacı ile kullanılır. Rehabilitasyonda kullanılan robotlar 4 ana sınıfa ayrılarak incelenebilir.

Yardımcı (asistif) Robotlar

Hastaların kendi başına yemek yiyebilme, raflardaki eşyaları alabilme gibi günlük yaşam aktivitelerini başkalarına ihtiyaç duymadan bağımsız olarak gerçekleştirebilmeleri amacı ile geliştirilmişlerdir (14). Kişiye özel tasarım gerektirdiği için maliyetleri yüksek olan robotlardır. Aynı zamanda robotik sistemi hasta kontrol ettiği için hastanın bilişsel durumunun da iyi olması gerekir. Bunun yanında bu robotik sistemler ses kaydı sistemleri, göz izleme sistemleri gibi çok sayıda donanım gerektirebilirler (15).



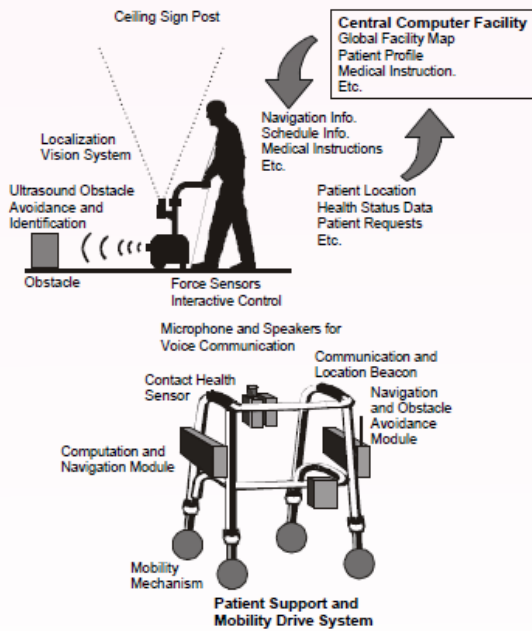
Resim 1. DE-VAR (16).



Resim 2. HANDY (17).

ProVAR (Professional Vocational Assistant Robot), DeVAR (16), HANDY (17), ses komutları ile çalışan, hastaların banyo yapma, yemek yeme, diş fırçalama gibi günlük yaşam aktivitelerini bağımsız olarak yapabilmelerine yardımcı olan, özellikle de ağır engeli olan bireyler için tasarlanmış yardımcı robotlardır.

Pek çok sensör, göz izleme, ses tanıma gibi aparatları bulunan zeki tekerlekli sandalye düzenekleri de mobilitayı destekleyen yardımcı rehabilitasyon robotları arasında sayılmaktadır. PAMM (personal aid mobility monitor) bu amaçla yaşlılar için baston tarzında düzenlenmiş bir robottur. Kullanıcının verdiği kuvvete göre hız ve yön ayarlayabilmesi ve fiziksel destek sağlamasının yanı sıra yönlendirme, daha önceden belirlen harita kaydına göre yol gösterme, basit vital bul-



Resim 3. PAAM (18)



Resim 4. MAID (19).

guları monitorize etme özelliğine sahip bir robottur. Robotun kullanıcının kalp atışı farklılıklarında veya kullanıcı düştüğünde yakınlarına ve hastanenin acil servisine bilgi veriyor olması cihazı kullanışlı hale getirmektedir (18).

MAID zeki kontrol ve navigasyon sistemi ile donatılmış, dar ve geniş alanlarda kullanma imkanı olan, çevredeki objelerin hareket edip etmediğini tespit edebilen ve bu nedenle kalabalık alanlarda da kolayca kullanılabilme olanağı sağlayan mobilitaya katkı sağlayan ticari bir tekerlekli sandalyedir.(19).

Dış İskelet Robotlar

Üst ve alt ekstremitte problemlerinde tanı ve tedavi amacıyla kullanılabilen, ekstremitayı dışarıdan saran iskelet robotlardır. EMG yöntemi ile geri bildirim yapabilme özelliğine sahip olmasının yanında bu cihazların en önemli özellikleri uyguladığı kuvveti ayarlayabilmeleri nedeniyle aktif-asistif, aktif veya dirençli egzersiz yapılabilen cihazlar olmalarıdır. Omuz, dirsek, el bileği ve el (20) hareketlerinin bir kısmı veya hepsine sahip çeşitleri vardır (15). Dış iskelet robotları ile kinezyolojik değerlendirme ve EMG analizi yapılarak koordinasyon ve ko-kontraksiyonlar ölçülerek hareket değerlendirilebilir (21). Bu cihazlar fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında gerek yurt dışında gerekse ülkemizde kullanımı yaygınlaşmakta olan robotik cihazlardır.

Literatürde bu robotların rehabilitasyon alanında kullanımı ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Frisoli ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada hemiparezili 9 hasta 6 hafta boyunca haftada 3 saat egzersiz programına alınmıştır. Hastaya sanal gerçeklik programının gerektirdiği omuz abd-add, flex -ext, int ext rot, dirsek flex-ext ve pro-sup hareketlerini farklı hız ve dirençlerde aktif- aktif/asistif olacak şekilde dış

iskelet tarafından yaptırılmıştır. Hareketin düzgünlüğü ve uygulama zamanı, kas tonusu ve kontraksiyon ile koordinasyon parametrelerinde iyileşme görüldüğü belirtilmiştir (21).

Terapötik Robotlar

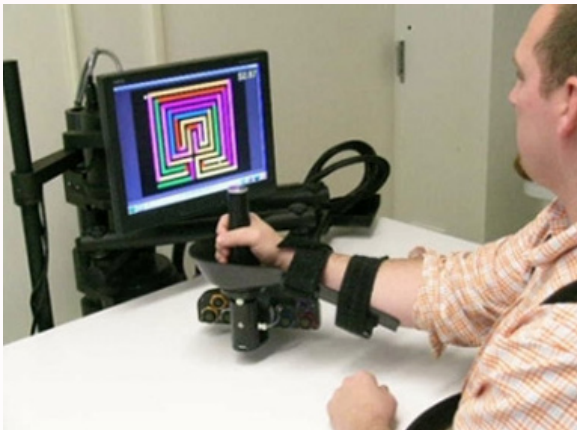
Rehabilitasyon için kullanılan terapötik robotik cihazlar, göreve özgü ve yüksek yoğunlukta olması, hastanın interaktif katılımının sağlaması, motivasyonunu artırması, feedback vermesi, ölçümlerin ve ilerlemenin objektif ölçülmesi nedeni ile önemlidir (22). Literatürde bu robotların rehabilitasyon alanında kullanımı ile ilgili daha çok üst ekstremiteye yönelik çalışmalar bulunmaktadır (25, 27, 28).

Üst Ekstremité Rehabilitasyonu

Üst ekstremité rehabilitasyonunu için en çok kullanılan cihazlar Mıt-manus, Mime (mirror image manus enabled), BiManu Tract'dır. Bu cihazlar pasif aktif-asistif, aktif ve dirençli hareket edebilen mekanik bir sistem ile donatılmıştır (24, 25, 28).

Bu robotlar içerisinde en çok kullanılan Mıt-manus üst ekstremité tedavi robotudur. Kuvvet ve hareketler hasta tarafından el dinamometresi ile sisteme aktarılır. Robot, kişiye engel olan direnci intrinsik dinamiğini sağlayacak şekilde kontrol eder. Görsel olarak hareketi grafik halinde veren monitörü ile hastaya feedback verilir.

20 unilateral hemiparezi hastanın haftada 3 gün, 6 hafta boyunca tedaviye alındığı çalışmada cihazın Mıt-manus üst ekstremité tedavi robotunun kullanım farkları ölçülmüştür. Progresif olarak cihaz tarafından direnç verilerek yapılan uygulamanın etkili olduğu, ancak dirençsiz uygulama yapılan grubun Fugl Mayer ve Motor Status skorlarında değişme göstermediği belirtilmiştir (24).



Resim 5. Mıt-Manus (24).



Resim 6. Bimanual-Tract (25).

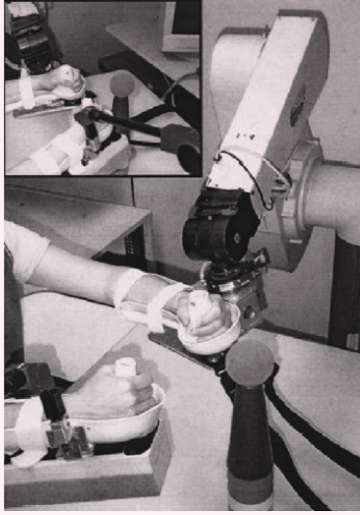
Bimanual tract robotik cihazı ise pronasyon, supinasyon, el bileği fleksiyon ve ekstansiyon hareket açıklığına sahiptir. Bu robotik cihaz ile 3 hafta boyunca haftanın her günü 30 dk yapılan egzersizin orta düzeyli spastisiteli olgularda kas tonusunda azalma gösterdiği belirtilmiştir (25).

2012 de randomize kontrollü olarak yapılan çalışmada 4 hafta boyunca haftada 5 gün, 42 hemiplejik hasta tedaviye alınmıştır. 1. Grup terapistle birebir egzersiz çalışmaları yaparken, 2.grup robotla bilgisayar oyunu üzerinden, pasif, aktif-asistif ve aktif olacak şekilde her seans egzersiz yapmıştır. Sonuçta terapist destekli tedavi sonucu gövde kontrolü, distal ekstremité iyileşmesi, hareketin akıcılığı ve temporal etkinlikte artma gözlenmişken, robot tedavisi ile sadece omuz fleksiyonu ve yaşam kalitesinde iyileşme olduğu gösterilmiştir (26). Bir başka çalışmada da benzer özellikteki hastalar bimanuel robotik sistem ve terapistler tarafından 4 hafta boyunca haftada 5 kez, 90-100 dk tedaviye alınmıştır ve robotik sistem ile tedavi edilen grubun diğer gruba oranla koordinasyon ve iyileşme parametrelerinin daha etkili bir biçimde arttığı gösterilmiştir (27).

Mime üst ekstremitéde önkol hareketlerini kontrol eden alıcılara sahip olan ve bi manual-tract'a benzer şekilde bilateral kolların simetrik olarak tutulabildiği ve hareketin koordinasyonun sağlandığı sık kullanılan üst ekstremité terapötik rehabilitasyon cihazlarından (28).

Alt Ekstremité Rehabilitasyonu

Haptic Walker, Lokomat yürüme sistemi, PAM+Arthur yürüme sistemi alt ekstremité için



Resim 7. Mime (23).

kullanılan terapötik robotlardır (14). Bu robotlar fizyoterapistlere yardımcı olma ve hastanın mobilizasyonunu kolaylaştırma, iş yükünü azaltma nedeni ile ülkemizde en fazla kullanılan robotik cihazlar arasındadır.

Yürümeye yardımcı robotların nörogelişimsel tedavi yöntemleri, PNF ve diğer konvansiyonel tedavilere oranla kanıt değeri henüz yeterli değildir. Çalışmalar terapist tarafından yapılan tedavilerle karşılaştırıldığında sonuçların farklı olduğunu göstermiştir ve robotik uygulamalarının diğer tedavi yöntemlerine oranla üstünlükleri farklı bulunmuştur. Bu nedenle fizyoterapi'ye ek olarak yapılması gerektiği söylenirse de henüz çalışma konsepti oluşturulamamıştır (29).

Alt ekstremitte rehabilitasyonu için kullanılan Lokomat'ın, alt ekstremitte iskelet sistemi (yürüyüş ortezi ile diz ve kalça eklemleri hareketleri bilgisayara aktarılır), gövde ağırlığını destekleyen ortezi ve treadmill aparatları mevcuttur. Terapistin iş gücünü azaltması, harekete özel olması, hastanın performansını ve gelişimi sürekli gösterebilmesi cihazın rehabilitasyonda kullanımını teşvik etmektedir (8).

Geleneksel olarak lokomatın pasif kontrolü bulunmaktadır ve lokomat sabit referansta önceden belirlenmiş diz ve kalçanın sagittal plandaki hareketlerine göre tekrarlayan hareketler yaptırır. Son zamanlarda ise hastanın kooperasyonu ile kontrolü geliştirilmiştir. Aktif-asistif egzersizlerden hasta tarafından kontrol edilecek şekilde aktif egzersizlere ilerlenerek hastanın aktif katılımı artırılmıştır. Monitorize edilmiş sistemle hastanın görsel olarak yaptığı ve yapması gereken eklemler hareket açıklıklarını görebilmesi, hastanın hareketin kontrolüne katkı sağlaması, yürümenin

spatial ve temporal paternleri yerleştirilmesi açısından değerlidir (8).

Pam- Arthur isimli cihaz Lokomatla yapılan hareketlere ek olarak pelvis hareketlerine izin veren sisteme sahiptir. Haptic Walker günlük yaşamda daha çok karşılaşılan merdiven inip çıkma hareketlerine olanak sağlayacak düzende yapılmıştır, ancak sistemin fazla güce gereksinim duyması kullanımının zor olması nedeniyle çok fazla tercih edilmemektedir(14).

Kognitif robotlar

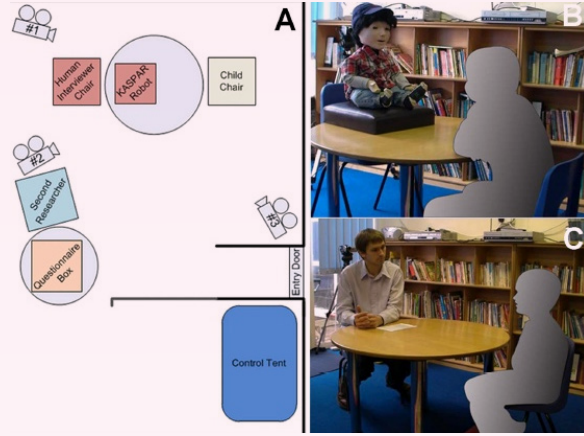
Kognitif robotlar bireylerin sosyal ve mental rehabilitasyonunu desteklemek amacı ile üretilmiştir. Bu robotlardan *Kaspar* baş, boyun ve kollarında hareket ettirebilme, gülümseme ve insan sesine benzer konuşma yeteneğine sahiptir. Cilt yüzeyinde bulunan dokunma sensörlerinin yardımıyla çocuklar ile daha rahat etkileşime geçebilir. Kullanıcı tarafından Kasparın hareketleri kontrol edebilir.

Yaşları 7-9 arasında değişen sağlıklı 21 çocuk ile yapılan çalışmada çocuklara bir önceki günün ders konusu önce insan, sonra Kaspar tarafından sorulmuş ve çocukların robot ile daha rahat iletişime geçtiği gösterilmiştir. Zaman arttıkça çocukların robotla göz teması kurma süresi ve iletişim süresinin arttığı, ancak aynı sayıda kelime kullanmış oldukları gösterilmiştir. Bu çalışma sonucunda bu robotların otistik çocukların rehabilitasyonunda diğer oyuncaklara göre daha fazla tercih edilebileceği vurgulanmıştır (30).

Duygusal ve mental bozukluğu olan yaşlı ve çocuklarda kullanılmak üzere evcil hayvan robotları (kedi, köpek, fok gibi) geliştirilmiştir. PARA



Resim 8. Haptic Walker (14).

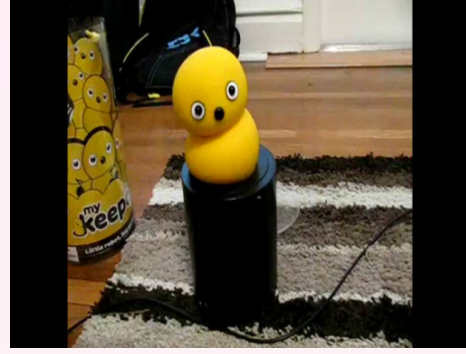


Resim 9. Kaspar ve Kontrolü (30).

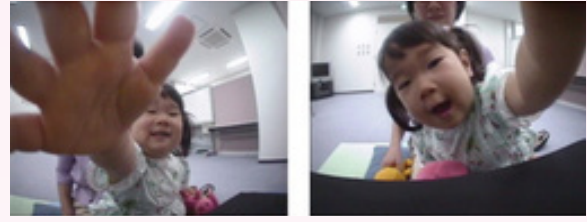
terapatik robot adı verilen bu robotlar, görsel, işitsel ve dokunma gibi birçok tipte sensörleri ile insanlarla etkileşime giren ve duyguları taklit etme yeteneklerine sahip olan robotlardır. Bu robotlar hastane ve sosyal bakım yerlerinde zararsız ve hijyenik olmaları sayesinde özellikle pediatri ve yaşlı bakımı alanlarında rahatlıkla kullanılabilir. Yapılan çalışmalar alzheimer ve demansı olan yaşlı hastaların PARA terapatik robot kullanımından sonra kortikal EEG değerlerinin arttığını, kandaki stres değerlerinin ve depresyon anketlerinin azalma gösterdiğini belirtmişlerdir. PARA terapatik robotların evcil hayvanlar kadar etkili olduğu söylenirse de bu konuda yapılan randomize kontrollü çalışma sayısı yeterli değildir (31).



Resim 10. Para-Terapatik robot (31).



Resim 11. Keepon (32).



Resim 12. Keepon izleme yöntemi (32).

Keepon, Michalowski tarafından geliştirilen evcil hayvan robotlarına diğer bir örnektir. Bu robot sensör olarak iki adet video kameraya (gözler) ve bir adet mikrofona (burun) sahiptir. Kamera sayesinde terapist göz teması sağlanamayan ve iletişime geçilmekte zorlanan çocukların gelişimini farklı odadan izleyebilir ve değerlendirme yapabilir. Müzik ya da sesler süresinde zıplayan cihaz çocukların dikkatini çekmektedir (32).

Protezler

Robotik alanın en fazla gelişme sağladığı alan protezler konusundadır. İnce beceri hareketlerini sağlayabilen myoelektrik protezler günümüzde en fazla gelişim gösteren cihazlardır. Geribildirim yapabilen bu cihazlara dokunma hissini kazandırma amacı ile nano- teknolojik çalışmalar yürütülmektedir (33).



Resim 13. Dış iskelet protez

Rehabilitasyona yararlı katkılarının gösterildiği bu sistemlerin gelecekte fizyoterapistlerin yerini alabileceği düşünülebilir. Ancak zeki sistemlerin kontrolünde insan kontrolüne ihtiyaç olduğu gibi, rehabilitasyon alanındaki yapay zeka uygulamalarının kontrolü için de rehabilitasyon konusunda uzman olan fizyoterapistlere ihtiyaç vardır. Bu nedenle fizyoterapist yapılan çalışmalarda da açık olarak belirtildiği üzere donanımın bir parçasıdır, bilgisayar aracılığı ile hastanın hareketlerini kontrol eder ve düzenler (14).

Ülkemizde yapay zeka ve rehabilitasyon konusu gelişmekte olan bir alandır. Konu ile ilgili çalışmaları bilgisayar, makine ve elektrik elektronik bilimlerinin kombinasyonu olan mekatronik mühendisliğinin alt dalı biyomekatronik bölümü ve biyomedikal mühendisliği yürütmektedir. Bu konuda Yıldız Teknik Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi'nden öğretim üyelerinin değerli çalışmaları bulunmaktadır.

Sonuç

Son yıllarda yapay zeka ve rehabilitasyonda kullanımı konusunda yapılan çalışmaların sayısı hızla artmaktadır. Fakat bu çalışmalara ayrıntılı olarak baktığımızda çalışmaların daha çok cihaz tanıtımları şeklinde olduğunu görmekteyiz. Konu ile ilgili çok merkezli, randomize kontrollü olarak yapılmış çalışmaya rastlanmamaktadır. Literatürde bu cihazların diğer konvansiyonel tedavi yöntemleri ile karşılaştırıldığı ve cihazların uzun süreli etkilerinin araştırıldığı çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmaların yapay zekanın rehabilitasyondaki kullanımına olan güvenirliliğini arttıracığını, tedavi dozajı ve etkinliği konusunda fikir birliğine ulaşmayı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Teşekkür

Seminer vesilesi ile kendisi ile tanışmaktan çok mutlu olduğum, çok değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli hocam Doç. Dr. Çiğdem Öksüz'e, konu seçimi ve yol göstericiliği ile katkıları olan Öğr. Gör. Muhammed Kılıç'a ve çalışmalarını benimle paylaşan Prof. Dr. Sibel Aksu Yıldırım'a teşekkür ederim.

Kaynaklar

1. Kocabaş, Ş. (2002) Yapay zekaya giriş ders notları. Birinci kısım 4-8. www.sakirkocabas.com (31.10.2013).
2. McCarthy J.(1957). What is artificial intelligence? <http://library.thinkquest.org> (31.10.2013)
3. Akdoğan, E., Demir M.H. (2012). Yapay Zekâ ve Rehabilitasyon Teknolojileri, Eğitim notları 5-32. tech2010.com (31.10.2013).

4. Nabyev., W. (2003). Yapay zeka. Ankara, Seçkin Yayınları.
5. Balasubramanian S, Colombo R, Sterpi I, Sanguineti V, Burdet E. (2012). Robotic assessment of upper limb motor function after stroke . *Am J Phys Med Rehabil* 91, 255-269.
6. Bilge, U. (2007). Tıpta Yapay Zeka ve Uzman Sistemler (Yrd. Doç. Dr. Uğur Bilge, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi AD, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Antalya 113-118. www.turkmia.org (31.10.2013).
7. Dourra, H. (2002) Investment using technical analysis and fuzzy logic", *Fuzzy Sets and Systems*. 127 (2), 221-240.
8. Krishnan, C., Ranganathan, R., Kantak, S.S., Dhaher, Y.Y., Rymer, W.Z. (2012) Active robotic training improves locomotor function in a stroke survivor. *J Neuroeng Rehabil*, 9, 57.
9. Hayward, K., Barker, R., Brauer, S. (2010) Interventions to promote upper limb recovery in stroke survivors with severe paresis: a systematic review. *Disabil Rehabil*, 32 (24), 1973-1986.
10. Fasoli, S.E., Ladenheim, B., Mast, J., Krebs, H.I. (2012) New horizons for robot-assisted therapy in pediatrics. *Am J Phys Med Rehabil*, 91 (11 Suppl 3), S280-289.
11. Padilla-Castaneda, M.A., Sotgiu, E., Frisoli, A., Bergamasco, M. (2012) A robotic & virtual reality orthopedic rehabilitation system for the forearm. *Stud Health Technol Inform*, 181, 324-328.
12. Broadbent, E., Tamagawa, R., Patience, A., Knock, B., Kerse, N., Day, K. ve diğerleri. (2012) Attitudes towards health-care robots in a retirement village. *Australas J Ageing*, 31 (2), 115-120.
13. Slavici, T., Almajan, B. (2013) Artificial intelligence techniques: An efficient new approach to challenge the assessment of complex clinical fields such as airway clearance techniques in patients with cystic fibrosis? *J Rehabil Med*, 45 (4), 397-402.
14. Akdoğan, E. (2007). Rehabilitasyon amaçlı bir robot kolunun kuvvet ve konumunun zeki kontrolü. Doktora tezi, Marmara üniversitesi
15. Başçiftçi, F., İncekara, H. (2011) internet tabanlı bulanık girişli uzman sistem tasarımıyla mikrobiyoloji tahlil sonuçlarının yorumlanması. *Journal of Technical-Online*, 10, 53.
16. Loos M. (1995). lessons learned in the application of robotics tecnology to the field of rehabilitation. *IEEE Trans Rehabil Eng*, 3(1):46-55.
17. Topping, M. (2002) An Overwiev of the development of HANDY 1 rehabilitation robot to assist severely disabled. *journal of intelligent and robotic systems*, 34, 353-363.
18. Dubowsky, S., Frank Genot, Godding, S., Hisamitsu Kozono, Adam Skwersky, Haoyong Yu ve diğerleri (2002). A Robotic Aid to the Elderly for Mobility Assistance and Monitoring: A "Helping-Hand" for the Elderly. *IEEE Int Conf Robot Autom* 1-7.
19. Prassler E, Scholz J, Fiorini P (1999). Navigating a Robotic Wheelchair in a Railway Station During Rush-Hour. *The international journal of robotics*, 18(7)711- 727.
20. Huang, Y.Y., McGregor, A.H., Kong, K.H. (2011) Clinical-based Engineering assessment and data interpretation of hand strenght for task-oriented robotic rehabilitation. *Advanced Robotics*, 25, 1991-2008.
21. Frisoli, A., Procopio, C., Chisari, C., Creatini, I., Bonfiglio, L., Bergamasco, M. ve diğerleri. (2012) Positive effects of robotic exoskeleton training of upper limb reaching movements after stroke. *J Neuroeng Rehabil*, 9, 36.

22. Timmermans, A.A., Seelen, H.A., Willmann, R.D., Kingma, H. (2009) Technology-assisted training of arm-hand skills in stroke: concepts on reacquisition of motor control and therapist guidelines for rehabilitation on technology design. *J Neuroeng Rehabil*, 6, 1.
23. Lum, P., Burgar, C.G., Shor, P.C., VanDerloos, M. (2002). Robot-assistant movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 83, 952-959.
24. Fasoli, S.E., Krebs, H.I., Stein, J., Frontera, W.R., Hogan, N. (2003) Effects of robotic therapy on motor impairment and recovery in chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 84 (4), 477-482.
25. Hesse, S., Schmidt, H., Werner, C., Bardeleben, A. (2003) Upper and lower extremity robotic devices for rehabilitation and for studying motor control. *Curr Opin Neurol*, 16 (6), 705-710.
26. Wu, C.Y., Yang, C.L., Chuang, L.L., Lin, K.C., Chen, H.C., Chen, M.D. ve diğeri. (2012) Effect of therapist-based versus robot-assisted bilateral arm training on motor control, functional performance, and quality of life after chronic stroke: a clinical trial. *Phys Ther*, 92 (8), 1006-1016.
27. Liao, W.W., Wu, C.Y., Hsieh, Y.W., Lin, K.C., Chang, W.Y. (2012) Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation on daily function and real-world arm activity in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 26 (2), 111-120.
28. Riener, R., Nef, T., Colombo, G. (2005) Robot-aided neurorehabilitation of the upper extremities. *Med Biol Eng Comput*, 43 (1), 2-10.
29. Pennycott, A., Wyss, D., Vallery, H., Klamroth-Marganska, V., Riener, R. (2012) Towards more effective robotic gait training for stroke rehabilitation: a review. *J Neuroeng Rehabil*, 9, 65.
30. Luke Jai Wood, Kerstin Dautenhahn, Austen Rainer, Ben Robins, Hagen Lehmann, Syrdal, D.S. (2013) Robot-Mediated Interviews - How Effective Is a Humanoid Robot as a Tool for Interviewing Young Children 8(3).
31. Shibata, T., Wada, K. (2011) Robot Therapy: A New Approach for Mental Healthcare of the Elderly - A Mini-Review. *Gerontology*, 57, 378-386.
32. Kozima H, Nakagawa C, Yasuda Y. (2007) Children-robot interaction: a pilot study in autism therapy. *Prog Brain Res*, 164, 385-400.
33. Matrone, G.C., Cipriani, C., Carrozza, M.C., Magenes, G. (2012) Real-time myoelectric control of a multi-fingered hand prosthesis using principal components analysis. *J Neuroeng Rehabil*, 9, 40.
34. Hailey, D., Roine, R., Ohinmaa, A., Denner, L. (2010) Evidence on the effectiveness of telerehabilitation applications.

Egzersiz, Hafıza ve Beyin

Fzt. Şulenur SUBAŞI

Hacettepe Üniversitesi SBF Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

sulenur.subasi@hacettepe.edu.tr

Özet

Yetenekleri ve kapasitesinin çok azının bilim dünyasına açıklanmış olması insan beyni hakkında gün geçtikçe daha çok sorunun sorulmasına ve daha çok araştırma yapılmasına yol açmaktadır. Beynin şaşırtıcı fonksiyonlarının karmaşık çalışma yapısı içerisinde, en çok dikkati çeken konulardan biri de hafızadır. Hafıza üzerine olumsuz faktörlerin etkisi kadar, mevcut olmuş hafıza sorunlarının etkisini minimize indirmek, normal işleyişteki hafızayı bulduğu seviyede tutmak veya daha da geliştirmek dikkat çeken konular arasındadır. Egzersiz ise hem olumlu hem de olumsuz durumlarda hafıza üzerine etkisi olan çok yönlü bir araçtır. Günümüzde Alzheimer Hastalığı'ndan, obeziteye, depresyondan dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğuna kadar bir çok durumda olumlu etkileri gösterilmiştir. Düzenli aerobik egzersiz, ilerleyen yaşın getirdiği bellek sorunlarını minimize indirdiği gibi çocuklarda da akademik performans üzerinde etkilidir. Sonuç olarak daha iyi bir hafıza gibi daha iyi beyin fonksiyonları için egzersiz mutlaka devrede olmalıdır.

Anahtar kelimeler: Beyin, Egzersiz, Hafıza

Abstract

The human brain whose abilities and capacity are explained scarcely makes people ask more questions and make more investigations about it. One of the most interesting function of the brain is memory. As much as the effects of negative factors on memory, minimalizing present memory problems, keeping normal functioning and improving memory are important issues nowadays. Exercise is the key element which has effects on memory in both negative and positive conditions. It is stated that exercise has beneficial effects on wide range of conditions like Alzheimer Disease, obesity, depression, attention deficit, hyperactivity disorder and more. Regular aerobic exercise minimizes memory declines which is originated from aging, also affects school performance of children in a good way. All in all, exercise should take part when we talk about better brain functions like better memory.

Key words: Brain, Exercise, Memory

Giriş

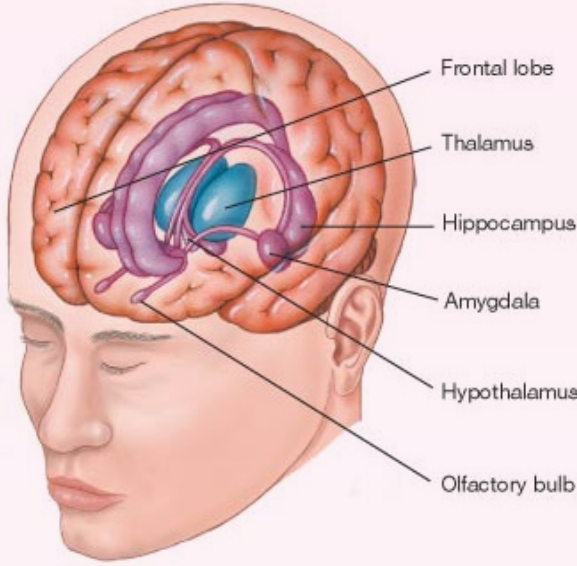
İlerleyen teknolojiyle doğru orantılı olarak artış gösteren sedanter yaşam tarzının giderek normalleştiği günümüzde; fiziksel olarak aktif olmanın kardiyovasküler hastalıklar, kanser tipleri, obezite gibi fiziksel hastalıklar üzerine olumlu etkileri olduğu gibi bireyin mental açıdan daha iyi durumda olmasını sağlayan etkileri de gösterilmiştir. Sedanter yaşam tarzına sahip fiziksel uygunluk düzeyi iyi olmayan çocukların, normalde yetişkinlikten önce görülmeyen çeşitli kronik hastalıklara daha erken yaşta yakalanma riskine sahip oldukları dikkat çeken endişe verici bir konudur (1, 2). Bu durumda egzersizin koruyucu, önleyici ve olumsuz durumların etkisini azaltıcı etkisinden bahsedilebilir.

Fiziksel aktivitenin, tüm vücut sistemlerine olumlu etkisi bilinmesinin yanı sıra, sinir sistemine özellikle beyin fonksiyonu ve kognisyon üzerine etkileri konusunda yapılan çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu durumu ilgi çekici kılan belki de hala işleyişi konusunda soru

işaretleri olan beynin yarattığı meraktır. Aerobik egzersizin, beyin yapıları, hafıza ve diğer bilişsel fonksiyonları üzerine etkilerini insanlarda ve hayvan deneklerde gösteren çalışmalar giderek artmaktadır.

Beyin

Ortalama bir insanın vücut ağırlığının yaklaşık %2'sini oluşturan ama buna rağmen vücudun kalori ve oksijen tüketiminin %20'sinden sorumlu olan beyin; uzun yıllar boyunca kendini yaralanmalar sonrasında iyileştirebilme yeteneğinden yoksun olarak düşünülmüştür. Fakat hayvan modellerinde gösterilen egzersizin nöronal büyümeye etkisi ve nörogörüntüleme tekniklerinin gelişmesi sonucunda insanlarda da egzersizin beyin yapısı ve fonksiyonu üzerindeki etkilerinin açığa çıkarılması ile bu hipotez çürütülmüştür (3). Özellikle hafıza ile ilgili bölümlerdeki olumlu gelişmeler, her yaş grubunda ve çeşitli hastalıklarda gözlenmektedir.



Şekil 1. Beynin bazı bölümlerinin anatomik gösterimi (4)

Hafıza

Hafıza, bilginin depolanmasını, yeniden kullanılabilir forma sokulmasını ve bu bilgiyi kullanabilme yeteneğini ifade eden bilişsel bir fonksiyondur. Tekrar ve deneyimler sonucunda davranışlarda meydana gelen kalıcı değişikliklerin (motor öğrenme), oluşma sürecinde verimli çalışan hafızanın önemi büyüktür. Günlük yaşamdaki birçok hareketin temelini oluşturan bu süreçte, davranışların hızlı ve doğru olarak yapılabilmesi için gerekli tekrar ve deneyim aşamalarında; hafıza ve öğrenme iç içedir.

İnsan beyninde, mediotemporal bölge (hipokampus ve ilgili bölgeler) hafızanın organizasyonundan sorumludur (Şekil 3.1). Kortikal bölgeler, günlük yaşamda kullanılmak üzere depolanacak bilgilerin uzun süreli muhafazasında devreye girer. Hafızanın emosyonel yönünden ise amigdala sorumludur. Öğrenilen motor yeteneklerin doğru zamanlanması hafızası için serebellum önem taşır.

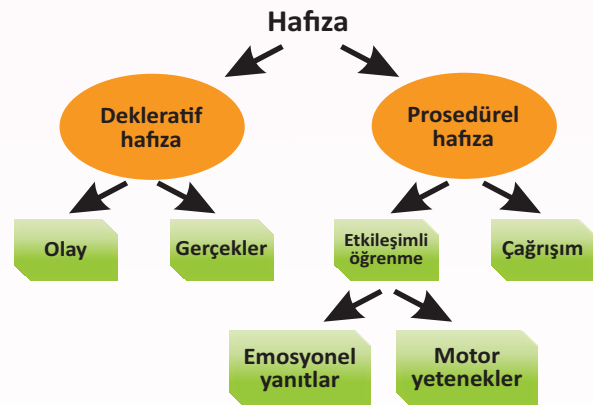
Hafıza; süre açısından *duyusal hafıza*, *kısa süreli hafıza* ve *uzun süreli hafıza* olarak sınıflandırılır. Saniyeden daha kısa sürede gelen bilgilerin, bilinç faktörü olmaksızın depolandığı, görsel işitsel ve koku ile ilgili duylardan gelen bilgilerden oluşan hafızaya *duyusal hafıza* denir. Yeterli dikkat ile duyusal hafıza, kısa süreli hafızaya çevrilebilir. Bu hafıza tipi, yaklaşık 30 saniyeye kadar bilgilerin toplandığı, sınırlı kapasitesi olan, bilginin bilinçli olarak işlendiği hafıza tipidir. Yeni bilgiler tarafından maskelenen kısa süreli hafızada depolanan veriler, kısa zamanda silinir



Şekil 2. Hafızanın işleyişi (6)

ya da uzun süreli hafızaya aktarılır. *Uzun süreli hafıza*, bilginin aylar yıllar ya da ömür boyu depolandığı; depolanma sürecinde doğru kodlama ve yeterli tekrarın önemli olduğu kalıcı fonksiyonel, biyokimyasal ve yapısal nöronal bağlantıların gerektiği hafıza çeşididir. Kısa süreli hafızanın uzun süreliye çevrilmesi, öğrenme süreciyle yakından ilgilidir. Tekrar, dikkat ve geçmişteki bilgilerle yenileri arasında bağlantılar kurarak yeni bilgi kodlanır. Kodlama (encoding) hipokampüste bilginin tekrarlanması ile olur (5) (Şekil 2).

Hafıza süreye göre sınıflandırılmasının yanında, iki çeşit hafıza sistemine de ayrılır. *Dekleratif (bildirimsel) hafıza*, günlük hayatta kullanılan anlamda hafızayı tanımlar. Bilinç düzeyinde hatırlanan genel bilgiler, geçmiş olaylar ve gün içerisindeki kişisel gözlemlerden oluşur. Hipokampusün birincil merkez olduğu bu hafıza sistemi, 'ne' sorusunu cevaplar; 'nasıl' sorusunu cevaplayan diğer bir hafıza sistemi olan *prosedürel hafıza* ise bilinçli hatırlama ve sözel bildirimlere dayanmaksızın koşullamalar, emosyonel yanıt ve motor yeteneklerden oluşur. Bu iki hafıza sistemi beynin farklı bölgelerinin devreye girmesini gerektirir (7) (Şekil 3).



Şekil 3. Hafıza sistemleri (8)

Beynin farklı bölgelerinden kontrol edilen en önemli bilişsel fonksiyonlardan olan hafıza, birçok durumdan olumsuz etkilenebilir ve etkilenim bölgesine göre farklı semptomlar açığa çıkarır. Hafızayı olumsuz etkileyebilecek bazı durumlar Tablo 1’de listelenmiştir.

Hafıza bozuklukları, hafızanın 3 temel işlevinden (kayıt, muhafaza ve hatırlama) birinin ya da daha fazlasının bozulması sonucunda oluşur. Amnezi, beyin hasarı sonunda görülen geçici ya da kalıcı bir bozukluk tipidir. Hipokampus hasarında, anterograd amnezi görülür ve bu durumda hasarın olduğu zamandan itibaren kişi; kısa süreli hafızayı uzun süreli hafızaya çeviremez. Asosiyatif kortikal yapıların hasarında ise retrograd amnezi gözlenir ve kişi hasarın oluşumundan önceki anılarını hatırlayamaz. Kronik alkol kullanımı ya da malnutrisyonla açığa çıkan anterograd ve retrograd amnezi ise Korsakoff Sendromu olarak bilinir (9).

Hafızanın değerlendirilmesinde; kişiden alınan ayrıntılı hikaye, nörolojik görüntüleme yöntemleri (PET, fMRI) nin yanı sıra klinikte nörofizyolojik testlerde kullanılmaktadır (2).

Bu testlerden biri olan Mini Mental Durum Testi, kısaca kognitif fonksiyonu hızlı bir şekilde değerlendirmeyi sağlar. Oryantasyon, dikkat, hesaplama, hatırlama, praksi, dil ile ilgili parametreleri içerir (10). Kullanılan diğer bir test olan Kognistat; dili hafızayı, aritmetiği, dikkati, muhakemeyi ve düşünmeyi inceler (11). Karışık ve uzun nöropsikolojik testleri tolere edemeyen kişiler için uygundur.

Hafızayı olumsuz etkileyen durumların yanında; mental aktiviteler (okuma, bulmaca çözme, eğitim), düzenli uyku, dengeli ve yeterli beslenme ve stresin azaltılması hafızanın işleyişinde olumlu sonuçlar doğurur. Özellikle egzersiz sonrasında artan serebral dolaşım ile oksijenden zenginleşen kan; egzersizle artan metabolizma sonucu açığa

çıkan karbondioksit ve diğer metabolik artıkların atılmasını hızlandırarak; daha hızlı bir toparlanma süreci sağlar. Alzheimer hastalığında görülen, amiloid protein gibi metabolik artıkların birikiminin engellenmesinde de bu durum devreye girer (12).

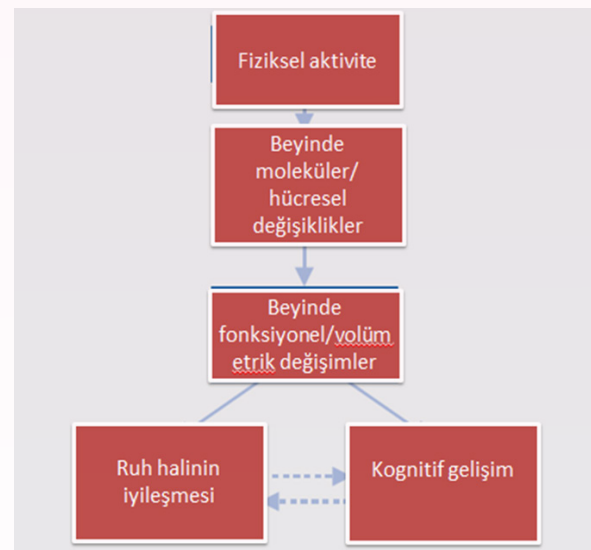
Egzersiz

Düzenli egzersiz alışkanlığı, vücutta kan basıncının optimal seviyede düşmesini sağlayarak vücutta artmış kan basıncının olumsuz etkilerinden korunurken, artan dolaşım sonucunda aterosklerotik değişimlerden kaynaklı vasküler hastalık görülme riski de azalır.

Beynin, bir hasar sonrasında kendini iyileştirme yeteneğinin olmadığı miti, yapılan çalışmalar sonrasında yıkılmıştır. Egzersiz sonrasında artan metabolizma ve gen ekspresyonu ile nörogenesis görülür (13). Bu aşamada beyin plastisitesi devreye girer. Sinir sisteminin en plastik olduğu zamanlar erken dönemler olduğu düşünülmektedir. Bu özelliğin yaşam boyu korunduğu belirlenmiştir. Bu sayede değişen koşullara uyum gösterebilme yeteneği sayesinde beyin birçok olumsuz koşuldaki en az zararla çıkabilir. Artan nöron sayısı, sinapslar arasındaki bağlantıların sayı ve kuvvetlerinin artması, özellikle uzun süreli potansiyasyon- yani birikim yeteneğinde artışa yol açar. Bu da bilişsel fonksiyonlar ve özellikle hafıza açısından çok önemlidir. Ayrıca aerobik egzersiz sonrasında nörotransmitter yoğunluğu büyüme faktörleri yoğunluğundaki değişim, anjiyogenezis ve gliyogenezis çalışmalarla gösterilmiştir (14, 15, 16) (Şekil 4.1).

Tablo 1. Hafızayı olumsuz etkileyen durumlar

• Serebrovasküler olay • Hipotiroidizm • Hiper/hipoparatiroidizm • Perfüzyon azlığı(kalp yetmezliği) • Kafa travması • Folat, B12 ve B6 vitamini eksikliği • Yapısal ve metabolik nedenler	• Sedatif kullanımı • Uyku bozuklukları (OSAS) • Depresyon • Psikolojik stres • Toksinler • Enfeksiyonlar
--	--



Şekil 4. Fiziksel aktivitenin beyin üzerindeki etkisinin şematik gösterimi (17)

Öğrenme ve hafıza açısından önemli bir bölge olan hipokampusun dentat gyrusunda düzenli egzersizle artan serebral akımın nöroenezisi tetikleyerek verbal öğrenme ve hafızada gelişmeye yol açtığı düşünülmektedir. Hipokampal nöroenezis (dentat gyrus hacmi), uzaysal öğrenme ve hafıza üzerine bilgiler mevcuttur (18, 19).

Aerobik egzersizin beyne etki mekanizmasında artan hormon ve nörotransmitter yoğunluğunda etkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle egzersizin Beyin Kaynaklı Nörotrofik Faktör (BDNF) üzerindeki etkisi üzerinde birçok çalışma mevcuttur. BDNF, sinapsların yakınında biriken ve hücreler arasında iletimde görevli olan, büyüme ve hücrelerin korunması ve yaşamını sürdürmesinde etkili bir faktördür. BDNF olmayan farelerde azalmış sinaptik inervasyon ve azalmış seviyede sinaptik vezikül proteinleri gözlenmiştir (15).

Ayrıca egzersizle stres anında salgılanan kortizolün uzun süreli kronik durumlarda hipokampus ve dolayısıyla hafıza üzerindeki olumsuz etkisi de azaldığı çalışmalarla gösterilmiştir. Uzun süreli kortizolün uzun süreli potensiyasyon birikimi olumsuz etkileyip uzaysal öğrenme ve hafıza üzerine olumsuz etkileri vardır (20).

Chaddock ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ergenlik öncesi dönemde, yüksek fiziksel uygunluğu olan çocuklarda hafızaya dayalı görevlerde daha yüksek başarı elde edilmiş ve bu çocuklarda daha büyük bir hipokampal volüm gözlenmiştir (21). Ayrıca İsveç'te orduya alım döneminde 270, 000 erkek üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucunda yüksek kardiyovasküler uygunluk düzeyinin IQ düzeyi ile ilişkili olduğu gösterilirken, kas kuvveti ve IQ arasında benzer bir ilişki saptanamamıştır (22).

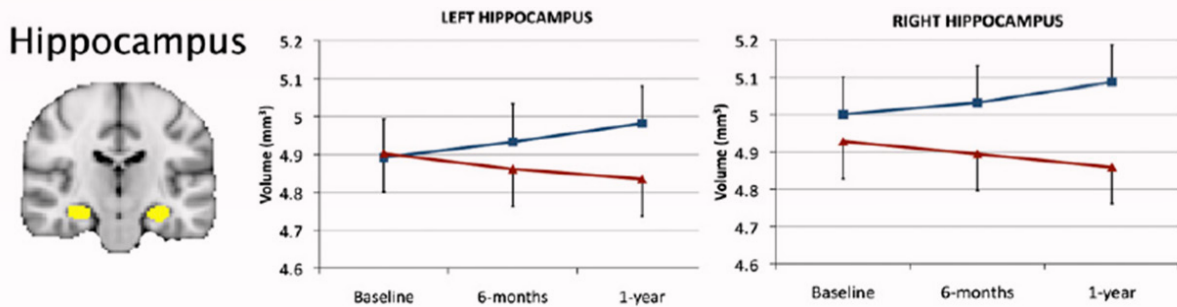
İlerleyen yaşla küçülen hipokampus; demans ve hafıza kaybı için risk yaratır. Yaşlılarda yapılan çalışma sayısında azımsanmayacak düzeydedir. 1966-2001 yılları arasında yapılan 18 rando-

mize kontrollü çalışmanın metaanalitik analizinde, aerobik egzersizin yürütücü fonksiyonlarda (planlama, çalışan hafıza ve çoklu görevler) en etkili olduğu görülmüş. Ayrıca bu çalışmalar içerisinde en etkilileri aerobik egzersize ek olarak kuvvetlendirme ve esneklik komponentlerini içerenler olarak belirlenmiştir (24). Yaffe ve arkadaşlarının çalışmasında 5925 bayanda yapılan MMS testinin 6-8 yıl sonra tekrarlandığında başlangıç fiziksel aktivite düzeyi yüksek olan bayanlarda gerilemenin daha az olduğu gösterilerek, fiziksel olarak aktif bayanların yaşlanma sürecinde bilişsel fonksiyonlarının daha az aktif olan bayanlara göre daha az etkilendiği gösterilmiştir (25). Bir diğer deyişle fiziksel aktivite kadınlarda yaşa bağlı kognitif gerilemeyi engeller.

Kognitif bozukluğu olmayan 1740 hastanın ortalama 6, 2 yıl süre ile takibinde haftada 3 veya daha fazla gün egzersiz yapan grupta demans görülme oranı 13/1000 iken, 3 günden az yapan grupta ise 19, 1/1000 olarak bulunmuştur (26). Aktif farelerde beyinde amiloid B miktarının ve aktif inflamatuvar maddelerin azalarak AD görülme riskini azalttığı gösterilmiştir. Sağlıklı ve şizofrenli bireylerde aerobik egzersizle hipokampusun hacminde artış gözlenirken, şizofrenli bireylerde kısa süreli hafıza skorlarında %34 artış görülmüştür (27).

156 gönüllü major depresyon bulgusu olan bireyde aerobik egzersiz, setralin tedavisi ve setralin ile aerobik egzersiz gruplarında 4 ay sonra tüm gruplarda depresyonu değerlendiren skorlarda iyileşme görülürken, 10 ay sonra yapılan tekrar değerlendirmede en az geri dönüşün egzersiz grubunda olduğu gözlenmiştir (28).

21 erkek olguda yapılan akut aerobik ve dirençli egzersizin çalışan hafıza üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise, reaksiyonu zamanı üzerinde istenen etkinin sadece akut aerobik egzersize özel olduğu görülmüştür (29).



Şekil 5. Aerobik egzersiz ve germe gruplarında hipokampus hacimlerindeki değişim (mavi: Aerobik egzersiz grubu, kırmızı: Germe grubu) (23)

Sonuç

Aerobik egzersizin, beyin fonksiyonları ve yapısı üzerine olumlu etkilerini gösteren birçok çalışma olmasına rağmen çalışmaların metodolojik farklılıkları (yapılan çalışmalarda yaş gruplarının çeşitliliği, çalışma planlarının farklılığı, genel sağlık-fiziksel uygunluk seviyeleri, cinsiyet, kontrol gruplarının özellikleri) standart bir egzersiz programı çizmeyi zorlaştırmaktadır. Ama bu limitasyona rağmen gerek hayvan denekler gerekse insanlarla yapılan çalışmalarla egzersizin, beyin ve hafıza üzerindeki olumlu etkileri olduğu ve kaliteli bir hayat için kaçınılmaz olduğu gerçektir.

Teşekkür

Seminerimi hazırlama sürecinde yol göstericilikleri ve desteklerinden dolayı saygıdeğer hocalarım Prof.Dr.A.Ayşe Karaduman, Prof.Dr. Öznur Tunca Yılmaz ve seminer danışmanım Prof.Dr.Mintaze Kerem Günel'e teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- Secretary of Health and Human Services and the Secretary of Education. Promoting better health for young people through physical activity and sports. Centers for Disease Control and Prevention. <http://www2.ed.gov/offices/OSDFS/physedrpt.pdf>.
- Hillman, C.H., Erickson, K.I., Kramer, A.F. (2008) Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*, 9 (1), 58-65.
- Vaynman, S., Gomez-Pinilla, F. (2006) Revenge of the "sit": how lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity. *J Neurosci Res*, 84 (4), 699-715.
- http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/morris5/medialib/images/F02_09.jpg
- Mesulam MM. Principles of Behavioral and Cognitive Neurology. İkinci baskı, Oxford University Press, 2000;257-293.
- <http://www.human-memory.net>
- Thompson R.F., Kim J.J. (1996) Memory systems in the brain and localization of a memory. *PNAS*, 93 (11) 13438-13444.
- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.133.374>.
- Rempel-Clower, N.L., Zola, S.M., Squire, L.R., Amaral, D.G. (1996) Three cases of enduring memory impairment after bilateral damage limited to the hippocampal formation. *J Neurosci*, 16 (16), 5233-5255.
- Folstein, M.F., Folstein, S.E., McHugh, P.R. (1975) "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*, 12 (3), 189-198.
- Engelhart, C., Eisenstein, N., Johnson, V., Wolf, J., Williamson, J., Steitz, D. ve diğerleri. (1999) Factor structure of the Neurobehavioral Cognitive Status Exam (COGNISTAT) in healthy, and psychiatrically and neurologically impaired, elderly adults. *Clin Neuropsychol*, 13 (1), 109-111.
- Wilson, R.S., Mendes De Leon, C.F., Barnes, L.L., Schneider, J.A., Bienias, J.L., Evans, D.A. ve diğerleri. (2002) Participation in cognitively stimulating activities and risk of incident Alzheimer disease. *JAMA*, 287 (6), 742-748.
- van Praag, H., Christie, B.R., Sejnowski, T.J., Gage, F.H. (1999) Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96 (23), 13427-13431.
- Meeusen, R., De Meirleir, K. (1995) Exercise and brain neurotransmission. *Sports Med*, 20 (3), 160-188.
- Cotman, C.W., Berchtold, N.C., Christie, L.A. (2007) Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends Neurosci*, 30 (9), 464-472.
- Swain, R.A., Harris, A.B., Wiener, E.C., Dutka, M.V., Morris, H.D., Theien, B.E. ve diğerleri. (2003) Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. *Neuroscience*, 117 (4), 1037-1046.
- <http://www.dialogues-cns.org>.
- van Praag, H., Kempermann, G., Gage, F.H. (1999) Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nat Neurosci*, 2 (3), 266-270.
- Van der Borght, K., Havekes, R., Bos, T., Eggen, B.J., Van der Zee, E.A. (2007) Exercise improves memory acquisition and retrieval in the Y-maze task: relationship with hippocampal neurogenesis. *Behav Neurosci*, 121 (2), 324-334.
- Sapolsky, R.M. (1996) Why stress is bad for your brain. *Science*, 273 (5276), 749-750.
- Chaddock, L., Erickson, K.I., Prakash, R.S., Kim, J.S., Voss, M.W., Vanpatter, M. ve diğerleri. (2010) A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Res*, 1358, 172-183.
- Aberg, M.A., Pedersen, N.L., Toren, K., Svartengren, M., Backstrand, B., Johnsson, T. ve diğerleri. (2009) Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106 (49), 20906-20911.
- <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1015950108>.
- Colcombe, S., Kramer, A.F. (2003) Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*, 14 (2), 125-130.
- Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M., Lui, L.Y., Covinsky, K. (2001) A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Arch Intern Med*, 161 (14), 1703-1708.
- Larson, E.B., Wang, L., Bowen, J.D., McCormick, W.C., Teri, L., Crane, P. ve diğerleri. (2006) Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Ann Intern Med*, 144 (2), 73-81.
- Pajonk, F.G., Wobrock, T., Gruber, O., Scherk, H., Berner, D., Kaizl, I. ve diğerleri. (2010) Hippocampal plasticity in response to exercise in schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry*, 67 (2), 133-143.
- Babyak, M., Blumenthal, J.A., Herman, S., Khatiri, P., Doraiswamy, M., Moore, K. ve diğerleri. (2000) Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Psychosom Med*, 62 (5), 633-638.
- Pontifex, M.B., Hillman, C.H., Fernhall, B., Thompson, K.M., Valentini, T.A. (2009) The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (4), 927-934.

Engellilerin Spora Yönlendirilmelerinde Değerlendirme Yöntemleri

Fzt.Vesile YILDIZ

Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

vesile.yildiz@hacettepe.edu.tr

Özet

Engelliler için sosyal rolün evrensel dili “spor”dur. Engelli rehabilitasyonunda spor; öz güven, denge, kas kontrolü, hareketlerde özgürlük ve koordinasyon kazandırmak için kullanılabilir. Fizyoterapist tarafından seçilecek olan spor türü engellinin kapasitesine uygun olmalı, yetersizliklerini fazla zorlamamalı ve iyileşmesine yardım etmeli, yetenekleri ve ilgisi doğrultusunda olmalıdır(1).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 2001 yılında, Uluslar arası Fonksiyon, Engellilik ve Sağlık Sınıflandırması (International Classification of Functioning, Disability and Health -ICF) düzenlemiştir. Bu sınıflandırma ile herhangi bir patolojik durumun bozukluğa, aktivite limitasyonuna ve sonuç olarak, aktiviteye katılımda azalmaya neden olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden, “engellilik” yerine, “aktiviteye katılım” üzerine yoğunlaşılması gerektiğini vurgulamıştır(2).

Dünya Sağlık Örgütü’ne göre aktiviteye katılım kişisel olduğu kadar, çevresel faktörlere de bağlıdır. Sorumluluk; sadece hasta ve ailesinde değil, tüm toplumdadır.

Düzenli fiziksel aktivite ve spor engelli bireylerde aktiviteye katılımda etkin bir araç olarak kabul görmektedir. Dolayısıyla, engelli kişilerin, engel nedeni ne olursa olsun düzenli fiziksel aktivite ve spor yapmak suretiyle kendilerini fiziksel, ruhsal, zihinsel ve sosyal açıdan daha iyi hissetmeleri, yaşam kalitelerini geliştirmeleri mümkün olacaktır.

Engellilere uygun bir spor dalı seçmeden ve spor eğitimi vermeden önce iyi bir kontrol ve değerlendirme yapılması gerekir. Bu yolla bireyin, fiziksel ve mental yetenek sınırları öğrenilmeli, psikolojik ve sosyal yönden eksiklikleri belirlenmeli, kısaca birey çok iyi tanınmalıdır.

Anahtar kelimeler: Engellilerde Spor, Aktiviteye Katılım, Değerlendirme

Abstract

Sports is the international language of social role for disabled people. Sports can be used for gain self-confidence, balance, muscle control, coordination and independence of movements. The sports branch which is selected by physical therapist, must suit to the capacity of disabled and help for recover.

World Health Organization (WHO) organized International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) in 2001. According to the classification, any pathological disease might cause the impairment, activity limitation and following decrease in the activity participation. For this reason, WHO emphasized concentrate to activity participation instead of handicap.

According to WHO, activity participation depends not only on personal but also environmental factors. Because of this reason, whole society, responsible from this. Regular physical activity and sports are considered as one of the most effective tool to activity participation. Physical activity and sports help people to well being in physical, psychological, mental and social domains and will be improved their quality of life.

Before selecting proper sports branch and giving sports education, there is need for making a good control and assessment. By this way, individual’s physical and mental ability limitations must be learned and be determined to deficiency of psychological and social domains.

Keywords: Disability Sports, Activity Participation, Assessment

Giriş

Bedensel engellilerde spor ilk olarak 1 Şubat 1945 tarihinde Dr. Ludwig Guttmann tarafından rehabilitasyonun devamı olarak başlatılmıştır. İlk olarak; okçuluk, bowling, bilardo, basketbol ve masa tenisi uygulamaya konmuştur(3).

Uluslar arası ilk spor organizasyonu ise yine Dr.Guttman tarafından 1948’de İngiltere Stoke Mandeville’de paraplejikler için spor ve oyunlar olarak gerçekleştirilmiştir. Engelliler sporu alanında, yıl boyu pek çok ulusal ve uluslar arası yarışmalar düzenlenmektedir. Uluslar arası dü-

zeyde yapılan en önemli yarışmalar arasında aşağıdaki oyunlar yer almaktadır(4):

- İşitme Engelliler Dünya Oyunları (Yaz-Kış)
- Paralimpikler (Yaz-Kış)
- Uluslar arası Özel Olimpiyatlar (Yaz-Kış)

Paralimpik oyunlar, çeşitli engelli gruplarından elit sporcuların katıldığı oyunlardır. Paralimpik oyunlar ilk defa 1960 yılında Roma Olimpiyatları'nda oynanmış ve her 4 yılda bir tekrarlanmaktadır. 1988 Yaz Oyunları ve 1992 Kış Oyunlarından bu yana paralimpik oyunlar, olimpiyat oyunları ile aynı tesislerde yapılmaktadır. Tüm paralimpik oyunlar, Uluslararası Paralimpik Komitesi (IPC) tarafından yönetilir.

Ülkemizde ise 1991 yılında Türkiye Özürlüler Spor Federasyonu kurulmuştur. Bu federasyon 4 ana engel grubunu bünyesine almıştır. 2000 yılından itibaren bu federasyon 4 federasyona ayrılmıştır:

- Zihinsel Engelliler Spor Federasyonu (Özel Sporcular Spor Federasyonu)
- Bedensel Engelliler Spor Federasyonu
- İşitme Engelliler Spor Federasyonu
- Görme Engelliler Spor Federasyonu

Türkiye ilk kez 1992 yılında Barselona Paralimpik Oyunları'na bir sporcu ile yüzme dalında katılmıştır. Yüzmede yine bir oyuncu ile katıldığımız 2000 Sidney Paralimpik Oyunları'na kadar bir sessizlik olmuştur. Sekiz oyuncu ile katıldığımız 2004 Atina Paralimpik Oyunları'nda 2 madalya (altın ve bronz) kazanılmıştır.

Tekerlekli Sandalye Genç Milli basketbol takımımız Avrupa ikincisi olmuştur. 2007'de Ampute Futbol Şampiyonası'nda takımımız birinci olmuştur. 2008 Pekin Paralimpik Oyunları'nda ise bir altın bir bronz madalya okçuluk ve masa tenisinde gelmiştir. Son olarak 67 sporcu ile katıldığımız Londra 2012 Paralimpik Oyunları'nda 10 madalya kazanılmıştır.

Bunlar:

- Masa tenisinde 1 gümüş ve 1 bronz madalya
- Halterde 1 altın, 1 gümüş ve 1 bronz madalya
- Okçulukta 1 bronz madalya
- Atıcılıkta 1 gümüş madalya
- Görme engellilerde ise goalball'de 1 bronz ve judo'da 2 gümüş madalya kazanılmıştır.

Spora Yönlendirmede Değerlendirme Yöntemleri

Paralimpik oyunlarda, kabul edilen engellilik tipleri ICF'e göre belirlenmiştir(5). Buna göre kabul edilen özellikler şunlardır:

- Kas kuvvetinde zayıflık
- Pasif eklem hareket açıklığında azalma
- Ekstremiteler total/ parsiyel yokluğu
- Alt ekstremiteler uzunluk farkı
- Boy kısalığı (Cücelik)
- Hipertoni
- Ataksi
- Atetoz
- Görme bozukluğu
- Zihinsel yetersizlikler

Engel tipi ve spor branşına göre yapılan uluslararası sınıflandırmada, değerlendirmeler şu alanlarda yapılır (6):

1. Sağlık ve fonksiyon değerlendirmesi
2. Spora yönelik değerlendirmelerdir.

Sağlık ve Fonksiyon Değerlendirmesi

Tweedy, 2002 yılında ICF ile paralimpik sınıflama arasında taksonomik bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Buna göre ICF'in fonksiyon ve disabilite bileşenleri paralimpik sınıflamada güvenilir bir yöntem olarak kullanılabilir (7).

Paralimpik oyunlarda değerlendirme hem spora ve engele özel olmalı, hem de spora özel olmayan ve eğitim düzeyini ölçen değerlendirme yapılmalıdır. Böylece iyi eğitilmiş ile eğitimsiz bireyler ayırt edilebilmelidir (6).

Spora Yönelik Değerlendirme

1940'lı yıllarda paralimpik sporların başladığı zamanlarda değerlendirme sadece kişinin tıbbi tanısına göre yapılmıyordu. Bu kullanım, tam olarak uygun olmadığından problemler yaratmıştır. Paralimpik hareket geliştikçe başlangıçta rehabilitasyon sürecinin uzantısı olan spor, daha önemli hale gelmiştir. Rehabilitasyon yerine spora odaklanma, fonksiyonel değerlendirme sistemlerinin gelişimine yol açmıştır(6).

Buna göre sporcunun; engeli, aktivite seviyesi, kas-iskelet sistemi, spor hareketlerini yaparken gösterdiği fonksiyonel becerileri, sporcunun yarışmada ortaya koyduğu performansı değerlendirilip en uygun puanı belirlenerek sınıflandırması yapılmalıdır(8).

Spora Uygunluğun Değerlendirilmesinde Brockport Fiziksel Uygunluk Test Bataryası

BROCKPORT, engelli bireylere yönelik geliştirilmiş, geçerli ve güvenilir testlerden oluşmaktadır. Toplam 27 adet test bataryası içermektedir. Her



Şekil 1. The PACER (The Testi Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run) 20 m Testi (Winnick J.P., 1999)

bir testin parametresi amputasyonlar, konjenital anomaliler, spinal kord yaralanmaları, serebral paralizi, görme veya zihinsel engelliler için düzenlenmiştir. Testler farklı yaş gruplarına göre genel veya spesifik standartlara sahiptir. Genel standartlar minimal skor ve tercih edilen skor olarak ayrılmıştır. Her bir testin sonucu, bu standart skorlar ile karşılaştırılarak değerlendirme yapılır. Kişinin mevcut durumuna karar verilir(9).

Brockport, 3 adet fiziksel uygunluk komponentini değerlendirir:

1. Aerobik fonksiyon
2. Vücut kompozisyonu
3. Muskuloskeletal fonksiyon

Bu komponentlerin alt başlıkları bireye göre seçilebilir. Tavsiye edilen fiziksel uygunluk parametreleri birçok spesifik popülasyona uygun olduğu gibi herkese uygun olmayabilir. Testi uygulayan kişi, engellinin ihtiyaçlarına göre testleri düzenleme ve yedek materyal kullanma hakkına sahiptir. Bazı testler tavsiye edilirken, bazılarının isteğe bağlı yapılması önerilir(9).

Engelli bir bireyin fiziksel uygunluk düzeyini belirlemek için engeline uygun 4 veya 6 testin uygulanması yeterlidir .Bu testlerden en az 1 tanesi aerobik fonksiyonu, 1 tanesi vücut kompozisyonunu, 2-4 tanesi ise muskuloskeletal fonksiyonu

değerlendirmelidir(9).

Testi uygulayacak kişinin takip etmesi gereken aşamalar şöyledir:

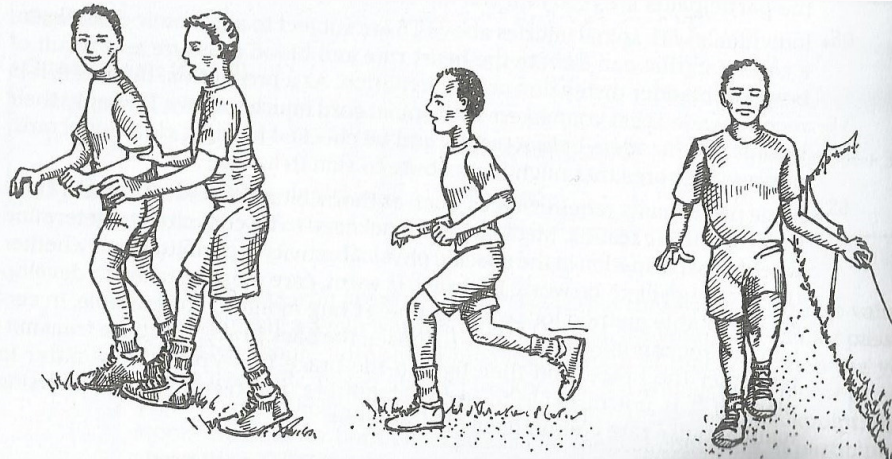
1. Bireylerin uygun bir biçimde sınıflandırılması,
2. Uygun testlerin seçilmesi,
3. Testlerin standartlara uygun biçimde uygulanması ve sonuçların kaydedilmesi,
4. Sonuç skorlarının, aynı yaş grubundaki standart referans değerler ile karşılaştırılması ve sağlıkla ilişkili fiziksel uygunluğun değerlendirilmesidir(9).

Aerobik Fonksiyon

Brockport'ta aerobik fonksiyonu değerlendiren iki ayrı, fakat birbiri ile ilişkili aerobik test komponenti vardır:

Aerobik Kapasite

The PACER (The Testi Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run) 16 m-20 m ve 1 mil koşma/yürüme testleri aerobik kapasiteyi değerlendirmek amacıyla kullanılır. Testler tüm engel gruplarına uygulanabilir. Bu testlerin standart değerleri engelle göre düzenlenir. Serebral Palsi gibi kompleks bozukluklarda ise standartları be-



Şekil 2. 1 mil koşma/yürüme testi (Winnick J.P., 1999)

lirlemek oldukça zordur. Bu yüzden aerobik kapasite yerine aerobik cevabın değerlendirilmesi tercih edilir(9).

20/16 Metre PACER

20/ 16 metre düz bir alanda yapılır. Bireylerden teyp sesi ile uyumlu bir şekilde koşması istenir. Varış noktasına geldiğinde sinyal sesine yetişmesi gerekir. Testin hızı her dakikada arttırılmaktadır. Test toplam 21 dakika sürmektedir. Sonuç skoru, tamamladığı etap sayısı hesaplanarak elde edilir (9).

1 Mil Koşma/Yürüme Testi

Bireyden en kısa sürede 1 mili sadece yürüyerek veya sadece koşarak tamamlaması istenir. Görme engelliler için yardımcı bir materyal(ip) veya yardımcı bir kişi teste dahil edilir. Tamamladığı süre, test skoru olarak kaydedilir. Testten önce ısınma ve soğuma periyodları mutlaka olmalıdır(9).

Aerobik Cevap

Aerobik cevap, spesifik yoğunluk ve sürede sürdürülen fiziksel aktiviteyi gösterir."Target Aerobic Movement" (TAMT) testi ile değerlendirilir. Standartları, engelin tipine özgü olarak değiştirilir(9).

Target Aerobic Movement Test (TAMT)

Yoğunluk ve süre olmak üzere iki standardı vardır. Bireyin 15 dakika boyunca orta düzey fiziksel aktiviteyi sürdürebilmesi değerlendirilir. Orta düzey fiziksel aktivite için Hedef Kalp Hızı: MHR % 70-85'i arasında olmalıdır. Bireyler hedef kalp hızına ulaştığı sürece herhangi bir aktiviteyi yapabilirler. Test sırasında MHR'nin % 85'i aşılamalıdır. Bireyler hedef kalp hızına ısınmanın ardından ulaştığında devam ettirmesi yönünde cesaretlendirilmeli, altına düşerse geri toparlaması için 1 dakika süre tanınmalıdır. Toparlayamadığı takdirde test sonlandırılır(9).

Vücut Kompozisyonu

Brockport'ta vücut kompozisyonunun belirleyicileri, skinfold ölçümü ve Beden Kitle İndeksi hesaplamasıdır. Engele özgü bir standart, tavsiye edilmemiştir. Çocuk ve adolesanlar için genel popülasyondaki vücut yağ oranı, erkeklerde % 10-20, kızlarda ise %17-25'tir(9).

Skinfold Ölçümü

Skinfold ölçümlerinin aktif kasların üzerinden yapılması önerilir. Genellikle triceps, subscapular ve gastrocnemius üzerinden yapılan ölçümler kullanılır. Aynı bölgeden yapılan 3 ölçüm arasın-

da 2 mm veya daha fazla fark olduğunda ölçüm tekrarlanmalıdır.

Triceps ve gastrocnemius: Mental retarde, fiziksel uygunluğu hafif limitli bireylere ve görme engellilere yapılmalıdır.

Triceps ve subscapular: Spinal kord yaralanması olan bireylere ve Serebral Palsili gruba yapılmalıdır(9).

Beden Kitle İndeksi Hesaplaması

BKİ, vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde engelli bireylerde daha az kullanılır. Tüm engel gruplarında tercihen yapılır. Protez/ortez gibi yardımcı cihaz kullananların boy ölçümü cihazlarla birlikte yapılmalıdır. Serebral Palsi'de ayakta tam ekstansiyonda duramayan bireylerin boyu ise ayrı ayrı vücut kısımlarının uzunluğu ölçülerek hesaplanır. Alt ekstremitte amputasyonlarında total vücut ağırlığını tahmin etmek için;

- diz altı amputelerde vücut ağırlığının 1/18'i daha,
- diz üstü amputelerde vücut ağırlığının 1/9'u daha,
- kalça amputasyonlarında vücut ağırlığının 1/6'sı daha eklenerek hesaplanır(9).

Muskuloskeletal Fonksiyon

Brockport'ta muskuloskeletal sistemin üç komponenti vardır(9):

- a. Kas kuvveti
- b. Kassal durans
- c. Fleksibilite ve ROM

Kuvvet ve duransa yönelik spesifik standartlar yoktur. ROM için ise minimal standart, fonksiyonel hareket açıklığıdır. Brockport'ta muskuloskeletal fonksiyonları değerlendirmeye yönelik testler şöyledir (9):

1. 40 metre tekerlekli sandalyeyi itme testi
2. Tekerlekli sandalye rampa testi
3. Push up / izometrik push up / oturmada push up
4. Pull-up / modifiye pull-up
5. Dumbell press
6. Bench press
7. Gövde ekstansiyonu
8. Kol fleksiyonda/ekstansiyonda asılı durma
9. Dominant taraf kavrama kuvveti
10. Curl-up / modifiye curl-up

11. Biceps curl
12. Target stretch test
13. Omuz germe testi
14. Modifiye Apley test
15. Back saver otur uzan testi
16. Modifiye Thomas test

Bu testler içinde sıklıkla kullanılanlardan birkaç örnek verecek olursak:

Tekerlekli Sandalye Rampa Testi

Tekerlekli sandalye kullanan ortopedik engelli bireylere uygulanır. Üst vücut kuvvet ve enduransını değerlendirmek amacıyla yapılır. Standart rampa, Amerika Ulusal Standartlar Kurumu'nun tüzüğüne uygun olmalıdır. Bu tüzüğe göre rampalar, en az 91 cm genişlikte ve her 2, 5 cm yükseklik için 30 cm uzunluk olacak şekilde ayarlanır.

Rampa uzunluğu en az 2, 4 m; en fazla 9, 1 m olmalıdır. Skorlaması, çıkabildiği mesafe ölçülerek değerlendirilir. Minimal skor: 2, 4 metre'dir. Test zamanla sınırlandırılmamıştır. Uygun sayıda denemeler yapılabilir (9).

40 Metreyi Tekerlekli Sandalye ile yada Yürüyerek Tamamlama

Bireylerden 40 metreyi 60 saniye yada daha az bir sürede tamamlamaları istenir. Tekerlekli sandalye kullananlar ve bağımsız yürüyebilenler için yapılır. Genel kuvvet ve enduransı değerlendirir. Skorlaması, tamamladığı süredir. Bireylerden günlük yaşamdaki normal hızlarıyla testi yapmaları istenir. Kalp atım hızı çok yüksek olmamalıdır (9).

Target Stretch Test

Gonyometrik ölçüm ile her bir hareket değerlendirilir. Ölçüm sırasında kişinin maksimal hareket

açıklığı çıkarabilmesi için doğru pozisyonlanmalıdır. Hareket açıklığı kriter değerlerine göre 0-2 puan arasında skorlanır (9). Literatürde normal gonyometrik ölçüm değerleri farklılık göstermektedir. Aşağıdaki skorlar Cole ve Tobis (1990)'in belirlediği skarlardan alınmıştır.

Spora Uygunluğun Değerlendirilmesinde Unique Projesi Fiziksel Fitness Testleri

İlk olarak ABD'de bir proje kapsamında engelli olan veya olmayan 10- 17 yaşları arasındaki popülasyona uygulanmıştır. Zihinsel engelli, görme engelli ve ortopedik engelli bireyler değerlendirilmiştir. Toplam 18 testten oluşur. Değerlendirme parametreleri şunlardır (10):

- Kardiorespiratuar endurans
- Kas kuvvet ve enduransı
- Fleksibilite
- Vücut kompozisyonu
- Performansla ilgili fiziksel uygunluk komponentleri

Testlerin skorları ve özeti formda kaydedilir. Profil formunda ise uygulanan popülasyonun standart yüzde değerleri ile skorlar karşılaştırılır. İşitme engelliler ile normal popülasyonun testlerdeki standart değerleri büyük oranda aynı bulunmuştur. Sadece sit-ups testinde standart değerler farklıdır. Görme engellilerin ise her bir test için standart değerleri normal popülasyondan farklıdır. Serebral Palsili çocukların tıbbi sınıflandırılmalarının çok iyi yapılması test sonuçları için önemlidir. Ampute veya konjenital anomalilerde testi yapan kişinin sonuçları hangi standartlar ile karşılaştıracağına dikkatli karar vermesi gerekir (10).

Spora Yönlendirme

Bedensel engelliler bir çok spor dalını seçebilir, ancak seçilen spor türü bireyin kapasitesine uygun olmalı, yetersizlerini fazla zorlamamalı, bireyin fonksiyonel iyileşmesine yardım etmeli ve yetenekleri ve ilgisi doğrultusunda olmalıdır (3). Örneğin;

- Ayakta yapılan okçuluk sporuna üst ekstremitelerde bir problemi olmayan fakat alt ekstremitelerde kuvvet ve koordinasyon kaybı olan kişiler yönlendirilebilir.
- Tekerlekli sandalyede okçuluğa ise üst ve alt ekstremitelerde eklem limitasyonu, kuvvet ve kontrol kaybı, zayıf gövde kontrolü, alt ekstremitelerde amputasyon olan kişiler seçilebilir.

Tablo 1. Target Stretch Test Skoru Gonyometrik Ölçüm Değerleri

	Normal	2 Puan	1 Puan
El bileği ekstansiyonu	70°	60°	30°
Dirsek ekstansiyonu	0°	0°	-15°
Omuz ekstansiyonu	60°	60°	30°
Omuz abduksiyonu	170°	165°	120°
Omuz eksternal rotasyonu	90°	75°	30°
Supinasyon/pronasyon	90°	90°	45°
Diz ekstansiyonu	0°	0°	-15°

- Tekerlekli sandalye eskriye oturma dengesi ile üst ve alt ekstremitte aktivitelerinde problemi olan bireyler yönlendirilebilir.
- Tekerlekli sandalye basketbolu; koşma, zıplama ve pivot hareketleri engellenenler için düzenlenmiştir. Çok iyi bir fiziksel uygunluk ve teknik beceri gerektirir.
- Yüzme ve atletizm çoğu engel grubu için uygun olabilecek sporlardır.
- Yelken denge ve el fonksiyonu iyi, manevra kabiliyeti olan bireylere önerilir.
- Tekerlekli sandalyede dans ise üst ekstremitte fonksiyonları tam, alt ekstremitte etkileni olan bireylere önerilmektedir.

Fizyoterapistlerin Spora Yönlendirmede Rolü

Fizyoterapist engelli bireylerin spora yönlendirilmesinde her aşama önemli rolleri vardır. Engellilerin fiziksel uygunluk bakımından değerlendirilmesi ve seçilmesi, fonksiyonel olarak sınıflandırılması, kullanacakları yardımcı ekipman (protez/ortez) seçimi, yarışmadaki pozisyonlarının belirlenmesidir.

Engelli çocukların güvenli bir şekilde sportif aktivitelere katılmaları için fizyoterapist dışında doktor, antrenör ve diğer sağlık personeli tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir. Değerlendirmeler; tıbbi, fonksiyonel ve uygun spor dalının seçimi açısından detaylı bir şekilde yapılmalıdır. Fonksiyonel yeteneklerine bağlı olarak çocuklar uygun sporlara yönlendirilmelidir.

Sonuç

Engelli bireylerin engelini oluşturduğu limitasyonları en aza indirecek, sahip olduğu beceri ve yeteneklerini ortaya çıkartacak, bireyin hoşlanacağı ve zevk alabileceği alanlar seçilerek fiziksel aktivite ve spora yönlendirilmesi; engelli bireyler için pozitif bir motivasyon sağlayacak, engeline bağlı ortaya çıkabilecek komplikasyonları azaltacak ve yaşam kalitesini arttıracaktır.

Fizyoterapistler engeli sporunda çalışan ekibin içinde engelli bireyi değerlendirme ve spora yönlendirmede anahtar bir rol üstlenen ve bu görevi etkin şekilde yerine getiren bir meslek grubu olarak bu alana hizmet vermektedirler.

Teşekkür

Değerli katkılarından dolayı saygı değer hocam Prof.Dr. Nevin ERGUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

1. Ergun, N., Baltacı, G. (2006). Spor Yaralanmalarında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Prensipleri (2. bs.). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yayınları.
2. WHO. (2001). International classification of functioning, disability and health (ICF). Geneva.
3. Ergun, N., Bayramlar, K. (2010). Engelsiz Bir Yaşam İçin Egzersiz ve Spor (1. bs.). Ankara.
4. Hutzler, Y. (2007) A systematic ecological model for adapting physical activities. *Theoretical Foundations and practical examples*, Adap. Phy. Act. Quar. (24), 287-304.
5. Palassino, R.J., Cambell, S.K., Harris, S.R. (2006) Evidence-based decision making in pediatric physical therapy. *Physical therapy for Children*, 3-32.
6. Tweedy S.M., V.Y.C. (2011) International Paralympic Committee Position Stand- Background and Scientific Principles of Classification in Paralympic Sport 45, 259-269.
7. S.M., T. (2002) Taxonomic Theory and the ICF: Foundations for a Unified Disability Athletics Classification. *Adapt Phys Activ Q* (19), 220-237.
8. Loovis, M.E. (2005). Individual, dual, and adventure sports and activities (4. bs.). Illinois: Human Kinetics.
9. Winnick J.P., S.F.X. (1999). The Brockport Physical Fitness Test Manual. USA.
10. Winnick, J.P., Short D.X. (1985). Physical Fitness Testing Of The Disabled – Project Unique. USA.

DİZİN

A

- Alkol 15-17
 - akut alkol tüketimi 17
- Ayak Bileği yaralanmaları 54, 65
 - tanım 54
 - kronik instabilite 54
 - ayak biyomekaniği 54
 - bağ yaralanmaları 55
 - değerlendirme 57
 - fonksiyonel performans testleri 58
 - instabilite ölçekleri 59
 - kllinik değerlendirme 57
 - radyolojik değerlendirme 58
 - fonksiyonel instabiliteler 56
 - mekanik instabiliteler 55
 - sınıflandırılması 55
 - tedavisi 59
 - cerrahi tedavi yöntemleri 60
 - konservatif tedavi yöntemleri 60
 - ayakkabı modifikasyonları 63
 - bantlama ve ortez yaklaşımları 62
 - elektroterapi modaliteleri 61
 - propriyosepsiyon eğitimi 61
 - kuvvetlendirme egzersizleri 61
 - manuel tedavi 62

B

- Beslenme ve diyet 15,18
 - antioksidan 18
 - çay ve kahve 18
 - D vitamini 18
 - kalsiyum 18
 - mikronutrient 18
 - yağlar 18

Ç

- Çevresel maruziyet 15

D

- Denerve kas dokusu 106, 107
 - erişkin 106
 - infantil 106, 107
- Diğer inhale ve madde maruziyeti 16
- Dizin stabilizasyonu 78, 80
 - açık kinetik halka 78
 - golgi tendon organı 80
 - kapalı kinetik halka 78
 - kas içiği 80
 - postural kontrol 79
 - screw-home mekanizma 79

E

- Egzersiz ve Beyin 229, 233
 - egzersiz 229-233

- aerobik tipte egzersizin etkisi 232
- depresyona etkisi 232
- faýdaları 229, 231
- hafızaya etkisi 229, 231, 232
- kognitif bozukluklara etkisi 232
- salgılanan hormonlar 232
- yaşlanma ile ilişkisi 232
- fiziksel aktivite 229
- hafıza 229, 232
 - anatomik yeri 230
 - bozuklukları 231
 - amnezi 231
 - değerlendirilmesi 231
 - mini mental durum testi 231
 - kognistat 231
 - olumsuz etkileyen durumlar 231
 - önemi 230
 - sistemleri 230
 - dekleratif (bildirimsel) hafıza 230
 - prosedürel hafıza 230
 - tipleri 230
 - duyusal hafıza 230
 - kısa süreli hafıza 230
 - uzun süreli hafıza 230
- öğrenme 232
- plastisite 231
- Ekstrakorporeal şok dalga tedavisi (ESWT) 215
 - elde edilişi 215, 216
 - etki mekanizması 216
 - kullanım alanları 216
 - komplikasyonları 217
 - kontraendikasyonları 217
 - özellikleri 215, 216
 - tanım 215
 - uygulanması
 - aşıl tendonopatisi 218
 - kemik doku 217
 - lateral epikondilit 218
 - myokardiyal iskemi 219
 - omuz tendiniti 218
 - osteoartrit 218
 - patellar tendonopati 218
 - periodontal hastalıklar 219
 - plantar fasiit 218
 - spastisite 219
 - yara iyileşmesi 218
- El tendon yaralanmaları 35, 38, 39, 41
 - anatomi 36
 - rehabilitasyonu 35, 39, 40
 - splint 39,40, 41
 - mobilizasyon 38, 39, 40
 - tendon iyileşmesi 37,39
 - yaralanma mekanizması 36,39
- Engelliler ve spor 234-239
 - paralimpik oyunlar 235
 - tarihçesi 234
 - türkiye engelliler spor federasyonu 235

F

- Fibromiyalji 81-85
 - ağrı amplifikasyon sendromu 81
 - değerlendirme 82, 83
 - yunus kriterleri 82
 - ayırt edici ipuçları 83
 - ayırt edilmesi gereken hastalıklar 83
 - juvenil primer fibromiyalji sendromu 81
 - konu ile ilgili deneyim 84
 - vaka hikayeleri 84
 - tedavi yaklaşımı 84
 - bilişsel egzersiz terapi yaklaşımı (BETY) 84
 - tek seanslık etkiler 84, 85
 - kronik ağrı hastalığı 81
 - kronik yaygın ağrı sendromu 81
 - patofizyoloji 82
 - allodini 82
 - amplifiye ağrı 82, 83
 - genetik 82
 - hiperaljezi 82
 - hormonal faktörler 82
 - psikolojik stres 82
 - pediatrik fibromiyalji 81
 - prevelans 82
 - refleks nörovasküler distrofi 81
 - baş ağrısı 81
 - irritabl barsak sendromu 81
 - kas iskelet ağrısı 81
 - tetik noktalar 81
 - uyku bozukluğu 81
 - tedavi 83,84
 - fizyoterapi 83,84
 - kognitif ve davranışsal stratejiler 84

G

- Gastrosoleus
 - alt motor nöron hastalıklarında 144
 - inmede 139
 - normal yürüyüş sırasında 138
 - nörolojik problemlerde 137
- Genetik 15
- Görsel imajinasyon tedavisi 171
 - ayna tedavisi 172, 173
 - illüzyon 170
 - çeşitleri 170
 - santral mekanizması 171, 172
 - tedavide kullanımı 170, 171
 - imaj 170
 - imgelem 170
 - plastik el illüzyon tedavisi 173-175

H

- Hava durumu 15
 - barometrik basınç 15
 - hava cephesi 15
 - klimatik semptomlar 15
 - mikroiklim 15
 - nosiseptif yanıt 15
- Hava kirliliği 16

K

- Kanserde Fizyoterapi ve Rehabilitasyon 193, 197
 - destekleyici evre 194
 - egzersiz 195, 196
 - fiziksel aktivite 195, 197
 - hedefler 195
 - koruyucu evre 194
 - palyatif evre 194
 - rehabilitasyon 193
 - restoratif evre 194
- Kasın embriyonik gelişimi 105
 - miyogenez 105
 - miyojenik regülatör faktörler (MRF) 105
 - myoblast determinasyon proteini (MYOD) 105, 106
- Kortikal plastisite 162
 - etkileyen faktörler 166
 - rehabilitasyon 167
- Kronik konstipasyon 1-11
 - anatomisi 2
 - değerlendirmesi 4
 - bristol gayta skalası 5
 - fiziksel değerlendirme 5
 - tanı kriterleri 5
 - roma tanı kriterleri 5
 - fizyolojik değerlendirmesi 6
 - anorektal manometre 6
 - radio-opak markerlar 6
 - fizyolojisi 2, 3
 - defekasyon 3
 - defekasyon refleksleri 3
 - kolon hareketleri 2,3
 - fizyoterapisi 8
 - anorektal biyofeedback 9
 - defekasyon eğitimi 8
 - egzersiz 11
 - elektrik stimülasyonu 10
 - klasik masaj 8
 - konnektif doku masajı 9
 - patofizyolojisi 4
 - defekasyon bozuklukları 4
 - normal geçiş zamanlı konstipasyon 4
 - yavaş geçiş zamanlı kontipasyon 4
 - risk faktörleri 1, 2
 - sınıflandırılması 4
 - tanım 1
 - tedavisi 7
 - cerrahi tedavi 8
 - farmakolojik tedavi 7
 - yaşam stili değişiklikleri 7

M

- Mit 14
- Myojenik mesane yetersizliği 97, 103
 - tipleri 97

N

- Nörojenik mesane 95-97
 - değerlendirmesi 98, 99
 - disfonksiyonu 97, 103
 - alt motor tipi 97, 102
 - inhibe edilemeyen 97, 102
 - miks tip a 97, 102
 - miks tip b 97, 103
 - üst motor nöron tipi 97, 102
 - mekanizmaları 97
 - tanım 95
 - tedavi 99-101
 - aralıklı kateterizasyon 100
 - biofeedback 102
 - cerrahi tedavi 102
 - daimi kateterizasyon 99, 100
 - davranışsal tedaviler 102
 - eksternal toplama sistemleri 101
 - elektrik stimülasyonu 101
 - farmakolojik tedavi 102
 - mesane eğitimi 100, 101
 - mesane irrigasyonu 102
 - pelvik taban ve karın kaslarını kuvvetlendirme egzersizleri 102
- Nöromusküler hastalıklar 109
 - duchenne musküler distrofi 110-112
 - kas patofizyolojisi 109, 110
 - gen regülasyon hipotezi 112
 - glikozilasyon hipotezi 112, 113
 - inflamasyon hipotezi 113
 - kalsiyum hipotezi 111, 112
 - konjenital miyopatilerde 113
 - mekanik hipotez 110, 111
 - mitokondriyal miyopatilerde 113
 - myastenia gravis'de 113, 114
 - spinal musküler atrofi'de 114
 - vasküler hipotez 112

P

- Periferik sinir yaralanması 105, 107
- Plastisite 164
 - cross modal plastisite 165
 - mekanizması 165
 - tecrübeye dayalı plastisite 164
- Popliteus kas tendon kompleksi
 - biceps femoris 78
 - lateral kollateral bağ 79
 - popliteofibular bağ 77, 79
 - popliteomeniskeal bağ 77, 79
 - popliteus kası 77-80
 - popliteus tendonu 77, 79
 - posterolateral stabilite 77, 79
- Protezler 226
- Pulmoner arteriyel hipertansiyon (PAH)
 - değerlendirmesi 189, 190
 - aerobik kapasite 189

- kalp kateterizasyonu 189
- kas kuvveti 189, 190

- tanımı 187
- patofizyolojisi 188, 189
- semptomları 188
- sınıflandırma 187, 188
- tedavi yaklaşımları 190, 191
 - egzersiz eğitimi 190, 191
 - aerobik egzersiz 190, 191
 - kuvvetlendirme 191
 - solunum kas eğitimi 191

R

- Rehabilitasyon robotları 222
 - dış iskelet robotlar 223
 - kognitif robotlar 225
 - terapatik robotlar 224
 - alt ekstremité 224
 - üst ekstremité 224
 - yardımcı robotlar 222

S

- Serebral Palsi 117-124
 - fizyoterapi 122, 123
 - kuvvetlendirme 122, 123
 - yürüme 122
 - kas patofizyolojisi 117-124
 - fasikül açısı 120
 - fasikül uzunluğu 119, 121
 - fizyolojik kesit alanı 120, 121
 - kas hacmi 120, 121
 - kas kalınlığı 121
 - kas lifi tipi 118
 - kasın en şişkin yeri 120
 - sarkomer uzunluğu 118, 119
 - kaba motor fonksiyon 121
 - kas zayıflığı 118
 - kasın pasif özellikleri 122, 123
 - kollajen miktarı 122, 123
 - kollajen tipi 122, 123
 - satellite hücre 123
 - spastisite 117, 118, 121-123
 - yüzeyel elektromiyografi 123
 - Ko-kontraksiyon 123
 - maksimal kuvvet üretimi 123
 - motor ünite 123
- Sigara 15,16
 - anti-östrojenik etki 16
 - asif içicilik 16
- Skapula 48
 - biyomekani 48, 49
 - skapular diskinezi 49
 - çapraz üst gövde sendromu 50
 - dura mater kalınlaşması 52
 - gerilim baş ağrısı 51
 - mekanik boyun ağrısı 50
 - omuz patolojileri 50

- servikal biyomekani 50
 - üst trapez ağrısı 50
 - sınıflandırma 49, 50
 - trigger point 51
 - yansıyan ağrı 51
 - Skolyoz 29
 - gelişim teorileri 29
 - chaos teorisi 29
 - tensegrity teorisi 29
 - idiyopatik skolyoz 30
 - biyomekanik faktörler 30
 - buckling teori 30
 - cografi bölge 31
 - ekstremitte eşitsizliği 31
 - fizial gelişim teorisi 30
 - genetik faktörler 30
 - nöroendokrin hipotez 31
 - nöromusküler faktörler 30, 31
 - menarj yaşı 31, 32
 - yorgunluk mekanizması 31
 - konjenital skolyoz 33
 - nöromusküler skolyoz 32
 - CP ve skolyoz 32
 - DMD ve skolyoz 32
 - myelomeningosel ve skolyoz 32
 - sınıflandırılma 29
 - tanım 29
 - Solunum 205
 - Solunum problemleri 206-212
 - değerlendirme ve tedavi 210
 - akciğer volümünü koruyan ve arttıran yaklaşımlar 211
 - hava yolu temizleme teknikleri 210
 - mekanik ventilasyon 212
 - sekresyon uzaklaştırma teknikleri 210
 - solunum kas eğitimi 212
 - etkileyen nörolojik hastalıklar 206-210
 - chiari malformasyonu 208
 - infratentorial inme 206
 - kafa travması 207
 - kas hastalıkları 210
 - motor nöron hastalıkları 209
 - nöromusküler geçit defektleri 210
 - multipl sistem atrofisi 209
 - multipl skleroz 208
 - parkinson hastalığı 209
 - periferik nöropatiler 209
 - siringomyeli ve siringobulbi 209
 - spinal kord yaralanması 208
 - tümör 209
 - Spastik gastrosoleus 140-143
 - tedavisi 140-143
 - bantlama 140
 - basınç splintleri 143
 - egzersiz 140, 141
 - elektrik stimülasyon 141
 - fonksiyonel elektrik stimülasyon 141
 - ortotik yardımcıları 142, 143
 - robotik yardımcıları 143
 - tens 141
 - Spina bifida 91, 92
 - fizyoterapi ve rehabilitasyon 92
 - prenatal tanı ve tedavi 91
 - Spinal disrafizm 88
 - dermal sinüs 90
 - kalın filum terminale 90
 - lipomyelomeningosel 89
 - meningosel 88
 - myelomeningosel 88
 - myelozis 89
 - spina bifida aperta 88
 - spina bifida okulta 89
 - split kord malformasyonları 89
 - tethered kord sendromu 90
 - Spinal kord embriyogenezi 87
 - Spinal musküler atrofi (SMA)
 - egzersizin etkisi 182-185
 - α motor nöronlar üzerine 182-184
 - düzenli egzersiz 182-184
 - NMDA reseptörleri 184, 185
 - sınıflandırma 178
 - survival motor nöron gen (SMN1) 179
 - SMN1 179, 180
 - SMN2 179-181
 - SMN proteini 180
 - SMN1 mutasyonları 180
 - tanım 178
 - terapatik yaklaşımlar 181, 182
 - Spora yönlendirme 238
 - değerlendirme yöntemleri 235
 - aerobik fonksiyon 236
 - 1 mil koşma/yürüme testi 237
 - muskuloskeletal fonksiyon 237
 - sağlık ve fonksiyon değerlendirmesi 235
 - Spora yönelik değerlendirme 235
 - Target Aerobic Movement Test (TAMT) 237
 - The Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run (PACER) testi 236, 237
 - Unique Projesi Fiziksel Fitness Testleri 238
 - vücut kompozisyonu 237
 - fizyoterapistlerin rolü 239
 - Stres 15, 17, 18
 - depresyon 19
 - psikolojik stres 17
 - stres yanıtı 19
- ## T
-
- Tele-rehabilitasyon 151
 - hedefleri 153
 - hizmet modelleri 153
 - tele-ev bakımı 153
 - tele-izleme 153
 - tele-konsültasyon 153
 - tele-terapi 153

- önemi 153
- sistem teknolojileri 153
 - ayak bileği izleme sistemi 154
 - el bileği izleme sistemi 153
- tanım 151
- tarihçesi 152
- uygulamaları 155
 - nörolojik rehabilitasyon 155
 - denge eğitimi 155
 - oromotor disfonksiyon rehabilitasyonu 156
 - pediatrik rehabilitasyon 156
- Temporomandibular Eklem (TME)
 - anatomi 127, 128
 - biyomekanisi 128, 129
 - değerlendirme 130, 131
 - ergonomik yaklaşımlar 134
 - koruyucu önlemler 134, 135
 - rehabilitasyon 131-133
 - TME rahatsızlıkları 129
 - belirtiler 130
 - disfonksiyon 129, 130
 - sınıflandırma 129
- Trafik kirliliği 16

Ü

- Üreme ve hormonal faktörler 15, 17
 - doğum sayısı 17
 - emzirme 17
 - fetal mikrokierizm 18
 - gebelik 17
 - hormon tedavisi 17
 - maternal mikrokierizm 18
 - menapoz 17
 - mikrokierizm 18
 - oral kontraseptifler 17

Y

- Yapay zeka 221, 222
 - sistemleri 221, 222
 - tanım 221
- Yoga 199, 204
 - ağrı ve yoga 202
 - hamilelik 202
 - fiziksel uygunluk 199, 202
 - kanser ve yoga 202
 - kardiyopulmoner hastalıklar 199
 - nörolojik hastalıklar 200, 202
 - yoga ve klinik uygulamalar 200
- Yutma 43
- Yutma bozuklukları 146
 - oral faz 146
 - tanım 146
- Yutma güçlüğü 146, 147
 - oral faz problemleri 147
 - rehabilitasyon 147, 148
- Yutma ve solunum koordinasyonu 43-45
 - postür etkisi 45, 46

- santral patern jeneratörler (SPJ) 44
 - yutma SPJ 44
 - solunum SPJ 44
- Yürüme yardımcısı 66-73
 - baston 67, 69-72
 - inmede 71, 72
 - kullanım amaçları 67
 - kullanımının fizyolojik, nörolojik ve psikososyal etkileri 70,71
 - kullanımının kinetik ve kinematik analizi 69, 70
 - koltuk değneği 68-70, 72
 - multiple sklerozda 72
 - nörolojik rehabilitasyonda 67, 69-71, 73
 - nöromusküler hastalıklarda 73
 - ortopedik rehabilitasyonda 69
 - parkinsonda 70, 72
 - spinal kord yaralanmasında 72
 - yürüteç 68-72
- Yürüyüş 22
 - enerji harcaması 24, 25
 - kinematik değerler 23, 24
 - ayak bileği eklemi 23
 - diz eklemi 23
 - gövde ve üst ekstremité 24
 - kalça eklemi 24
 - kinetik değerler 24
 - ayak bileği eklemi 24
 - diz eklemi 24
 - kalça eklemi 24
 - zaman mesafe karakteristikleri 22, 23
 - adım genişliği 23
 - çift adım uzunluğu 23
 - yürüme hızı 22, 23
 - yürüyüş temposu 23

YAZIM KURALLARI

1. Her yazı Times New Roman, 1.5 satır aralığı, 12 punto, sayfa düzeni alt, üst ve yanlarda 2.5 cm olacak şekilde düzenlenmelidir.
2. Her yazı konunun başlığı, yazarı, yazarın iletişim bilgileri (e-mail, telefon, çalıştığı kurum) ile başlamalıdır.
3. Yazının İngilizce ve Türkçe özeti yazılmalıdır. Türkçe ve İngilizce özet 200 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. Özet bölümünün sonuna Türkçe ve İngilizce en az 3 anahtar kelime (MeSH'e göre kontrol edilerek) yazılmalıdır.
4. Yazının başında 200 kelimelik "Giriş" bölümü yer almalıdır.
5. Giriş bölümü dahil olmak üzere alt başlıklar numaralandırılmalıdır.
6. Genel bilgi çerçevesinde, kaynak gösterimi yapılmış, renkli, JPEG formatında resim, grafik, şekil ve tablolar metin içerisinde yer alabilir. Grafik, tablo ve şekiller kaynak gösterilerek metin içinde geçirilmelidir. İzin alınması gereken resim, şekil ve grafiklerin izin belgeleri yazar tarafından gerektiğinde gösterilmek üzere muhafaza edilmelidir.
7. Referanslar metin içinde geçiş sırasına göre ENDNOTE "Hacettepe Sağlık Bilimleri Enstitüsü Stili" kullanılarak numaralandırılmalıdır.
8. Konunun özünü yorumlayan "Sonuç" bölümü yazının sonunda yer almalıdır.
9. Yazının sonunda varsa yazarın teşekkür edeceği kişi ya da kurumlar "Teşekkür" bölümünde belirtilmelidir.