

Sağlık Bilimlerinde Multidisipliner Çalışmalar

Editör
Rabia ÇELİKEL



BİDGE Yayınları

Sağlık Bilimlerinde Multidisipliner Çalışmalar

Editör: Rabia ÇELİKEL

ISBN: 978-625-372-323-1

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 28.11.2024

BİDGE Yayınları

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

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

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

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

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



İçindekiler

Telerehabilitasyonun Farklı Hastalık Gruplarında Kullanımı	4
Rabia ÇELİKEL	4
Naciye Dilruba TEKTAŞ GÜLBİL	4
Gülfem Ezgi ÖZALTIN	4
Multiple Skleroz Rehabilitasyonunda Teknolojik Yaklaşımlar	22
Naciye Dilruba TEKTAŞ GÜLBİL	22
Gülfem Ezgi ÖZALTIN	22
Rabia ÇELİKEL	22
Vestibular Function Changes in Adolescent Idiopathic Scoliosis	42
Gülfem Ezgi ÖZALTIN	42
Rabia ÇELİKEL	42
Naciye Dilruba TEKTAŞ GÜLBİL	42

BÖLÜM I

Telerehabilitasyonun Farklı Hastalık Gruplarında Kullanımı

Rabia ÇELİKEL¹
Naciye Dilruba TEKTAŞ GÜLBİL²
Gülfem Ezgi ÖZALTIN³

Giriş

Tele-sağlığın bir dalı olarak kabul edilen telerehabilitasyon, telekomünikasyon teknolojilerini kullanarak, kişilere uzaktan rehabilitasyon imkanı sunmaktadır. Telerehabilitasyonun amacı,

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Bitlis, Türkiye ORCID: 0000 0002 8498 1293

² İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Malatya, Türkiye ORCID: 0000 0002 1775 690X

³ İnönü University, Institute of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Malatya, Turkey
ORCID: 0000-0003-1591-4844

sağlık hizmetlerinde zaman ve kaynak tasarrufu sağlamak, coğrafi olarak uzak ve ulaşım engeli yaşayan popülasyonlarda erişilebilirliği arttırarak bakım hizmetlerinde sürekliliği sağlamaktadır (Rogante & ark., 2010, Kairy & ark., 2009).

Telerehabilitasyon nedir?

Telerehabilitasyon (TR), modern sağlık hizmetlerinde giderek daha fazla yer almaya başlayan bir uzaktan tedavi modelidir. Bu yaklaşım, bireylerin evlerinden veya herhangi bir yerden rehabilitasyon hizmetlerine erişimini sağlayarak geleneksel tedavi yöntemlerine alternatif olarak uygulanmaktadır. Pandemi gibi olağanüstü durumlarda, yüz yüze tedavilerin kısıtlanması veya riskli hale gelmesi nedeniyle TR önemi daha da artmıştır. Ayrıca ev tabanlı rehabilitasyon sistemleri, akıllı saat veya akıllı telefon uygulamaları sayesinde bireylere evlerinin konforlarında gereken egzersizleri yapabilme, sağlık verenin takibini ve kayıtları tutabilme imkanı sunmaktadır (Chae & ark., 2020).

Geleneksel olarak uygulanan rehabilitasyon seanslarında hastalar bir süre sonra sıkılmaktadır ve motivasyon kaybı yaşamaktadır. Bu nedenle hastanın tedavi seanslarına devamlılığını sağlamakta zorluk yaşanmaktadır. TR sistemleri ise tedavi seanslarında farklılık yarattığı için hastanın seanslardaki motivasyonunu arttırmaktadır. Bu anlamda, yapılan birçok çalışmada özellikle sanal gerçeklik ile uygulanan oyun tabanlı TR hastalar açısından eğlenceli olduğu ve ilgi çekici bulunduğu görülmüştür. Bu sayede uzun yıllar devam edilecek olan rehabilitasyon sürecinin verimli geçebileceği ve tedavinin sürdürülebilirliğini arttıracığı sonucuna varılmaktadır (Cikajlo & ark. 2011, Lewis & ark., 2011). TR sistemlerinin başka bir avantajı

ise hastalardan toplanan bilgilere sağlık profesyonellerinin internet veya mobil cihazlar aracılığıyla kolay erişim sağlayabilmesidir (El Naser & ark, 2024). TR seansları esnasında toplanan veriler kayıt altına alınabilir ve daha etkili sağlık müdahaleleri sağlayabilmek için bu veriler kaydedilebilmektedir (Benharref & Serhani, 2014).



Telerehabilitasyonun Nörolojik Hastalılarda Kullanımı

İnme, Multiple skleroz (MS) ve Parkinson hastalığından (PH) kaynaklanan nörolojik motor bozukluklardan etkilenen bireyler ve sağlık sistemleri için önemli zorluklar teşkil etmektedir. Küresel olarak yetişkinlerde engelliliğin önde gelen bir nedeni olan inme, genellikle vücudun bir tarafında kısmi veya tam paralizi ile ilişkilidir. Sinir liflerinin demiyelinizasyonu ile karakterize edilen MS, kas güçsüzlüğü, spastisite ve ataksi dahil olmak üzere çok çeşitli motor semptomlara neden olmaktadır (Gürsan & Bayar, 2023, Torlacık etin, 2021). Öncelikle titreme, sertlik ve bradikinezi gibi

motor semptomlarıyla bilinen PH, bir bireyin günlük görevleri yerine getirme yeteneğini önemli ölçüde etkilemektedir (Torlacık Çetin, 2021). Tüm bu koşulların ortak noktası, hastalığın beraberinde kronik bozukluklara neden olmaktadır. Bununla birlikte, sağlık sistemleri hala nörolojik bozukluğu olan kişilerin rehabilitasyon ihtiyaçlarına cevap vermekte zorlanmaktadır (Saygılı, Eldemir & Güçlü Gündüz, 2022, Maden, 2020).

TR, nörolojik hastalığa sahip olan hastalar için önemli bir potansiyele sahip yenilikçi bir rehabilitasyon yöntemidir. İnme, MS ve PH gibi nörolojik hastalıklarda TR kullanımı, hastaların fonksiyonel becerilerini geliştirmelerine, yaşam kalitelerini iyileştirmelerine ve bağımsızlıklarını kazanmalarına yardımcı olmaktadır (Torlacık Çetin, 2021).

İnme ve telerehabilitasyon

İnme rehabilitasyonunun başlıca hedefi, hastaların motor fonksiyonlarını, sağlıkla ilgili yaşam kalitesini ve psikolojik refahını iyileştirmektir (Noorani, 2003). Başarılı rehabilitasyon, inme şiddetine, rehabilitasyon ekibi becerilerine ve hastaların ve ailelerinin iş birliğine bağlıdır (Bustos, 2009). Bununla birlikte, birçok hastanın sınırlı bölgesel ve lojistik kaynaklar nedeniyle rehabilitasyon hizmetlerine erişimi kısıtlıdır (Holden, Dyar & Dayan-Cimadoro, 2007). Hastanedeki bir fizyoterapist, evlerindeki hastaları egzersizlerini yaparken gözlemleyebilir, gerekli durumlarda müdahale edebilir ve seanslar ilerledikçe gelişimlerini takip edebilmektedir. Ayrıca hareket eklem açıklığı ve fiziksel kuvvet gibi nicel veriler kaydederek sonraki seanslar ile karşılaştırabilmektedir (Cıkajlo & ark., 2012). Ortaya çıkan kanıtlar, TR'nin çeşitli nörolojik bozukluklar için geleneksel tedaviye etkili

bir alternatif olarak umut vaat edebileceğini göstermektedir. TR'nin inme sonrası süreçte motor, kortikal ve duyu durum bozuklukları için geleneksel rehabilitasyon kadar etkili olduğu gözlemlenmektedir (Tchero & ark, 2018, Truijen , Nikolaev & Nikolaev, 2022).

Multiple skleroz ve telerehabilitasyon

MS'de rehabilitasyon hem fiziksel hem de bilişsel işlevi geri kazanmak için altın standart yöntem olarak kabul edilmektedir. Nörolojik fizik tedavi, MS'li kişiler için yaşam kalitesini arttırmaktadır (Rohrig, 2021). Bu faydalara rağmen, Amerika Birleşik Devletleri'nde MS'li kişilerin en az %36'sının gerekli olan değerlendirme ve tedaviye erişemediğini bildirmektedir (Finlayson, Plow & Cho, 2010). Özel bakıma erişimin önündeki birçok engel arasında kliniklere olan mesafe, çok sayıda randevu, yetersiz sağlık sigortası sayılabilmektedir. Ayrıca MS ile ilişkili fonksiyonel bozukluklardaki belirgin değişkenlik (örneğin, denge, yürüme, görme, yorgunluk) geleneksel yüz yüze tıbbi ziyaretlere katılmayı daha da zor hale getirmektedir (Pétrin & ark., 2020, Bove & ark., 2018). Yüksek hızlı internet ve video konferans yoluyla uzaktan sağlanan TR, özel bakıma erişimi kısıtlı olan MS'li hastaların ile fizyoterapistler arasındaki iletişimi sağlama konusunda umut vaat etmektedir (Khan & ark., 2015). Standart yüz yüze tedaviye kıyasla MS'li kişilerin özel sağlık hizmetlerine erişebilmesindeki seyahat süresini azaltmaktadır (Galea, 2019, Swenarton & ark., 2022). Özellikle kırsal alanlardaki bakıma erişimi iyileştirir. TR ayrıca, klinisyenlerin hastanın ilerlemesini daha rahat izlemesine, daha iyi iletişim kurmasını sağlamaktadır (Hatcher-Martin & ark., 2021).

Parkinson ve telerehabilitasyon

PH hareket bozukluğu ile karakterize ve merkezi sinir sisteminin en yaygın ikinci dejeneratif hastalığıdır. Denge ve yürümede görülen bozukluklar PH'de yaygın motor semptomlardandır ve düşme için önemli risk faktörlerindendir. Yapılan çalışmalar, fiziksel egzersizin PH'de denge ve yürüme bozukluklarını hafifletmede uygulanan önemli bir tedavi şekli olduğunu göstermiştir. TR, PH'li insanların evlerinde zamanında ve erişilebilir hizmetler için bir fırsat sağlamaktadır (McCue, Fairman & Pramuka, 2010). Farklı tele-rehabilitasyon teknolojisi formları vardır, ancak en yaygın olanları video konferans, mesajlaşma, e-posta ve web- tabanlı platformlardır (Kairy & ark. 2009). Yapılan bir çalışma sağlık hizmetleri için daha düşük maliyetlerin TR'den kaynaklandığını göstermektedir. Uzaktan verilen rehabilitasyon, yüz yüze rehabilitasyona kıyasla daha düşük maliyetler gösterse de tele-rehabilitasyonun, özellikle denge ve yürüme bozuklukları için klinik bazlı rehabilitasyon kadar etkili ve güvenli olup olmadığı hala bilinmemektedir (Durufle & ark., 2023).

Telerehabilitasyon ve ortopedik hastalıklar

TR, ortopedik rahatsızlıkların yönetiminde etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Özellikle tendon yaralanmaları, diz ve kalça cerrahileri sonrası rehabilitasyonda önemli bir rol oynamaktadır. Tendon yaralanmalarında, fizyoterapistler, uzaktan danışmanlık ve video konferans yöntemleriyle hastalara özel egzersiz programları ve hareket rehabilitasyonu verebilir. Bu programlar, yaralanmış tendonların iyileşme sürecini hızlandırabilmekte ve kas gücünü arttırmaktadır. Diz ve kalça cerrahileri sonrası TR, hastaların ameliyat sonrası dönemde hareket kabiliyetlerini tekrar elde

etmelerine yardımcı olabilir. Fizyoterapistler, video konferans veya uzaktan öğrenme platformları aracılığıyla hastalara özel egzersiz programları sunarak kas gücünü artırabilir, eklem hareketliliğini ve denge problemlerini iyileştirmektedir (Dunphy & ark., 2017). Yapılan bir çalışmada, rotator manşet ve labrum onarımı sonrası akut dönemde tele-rehabilitasyon yöntemi ile güçlendirme ve stabilizasyon eğitiminin etkileri araştırılmıştır ve ağrı ve sertlikte önemli bir azalma gözlemlenmiştir (Greiner & ark., 2022). Yapılan bir çalışmada artroskopik menisektomi sonrası TR ve yüz yüze rehabilitasyon karşılaştırılmıştır. Fonksiyonel sonuçlar, IKDC puanları ve hasta memnuniyet ölçümleri cerrahiden hemen sonra ve cerrahiden 3 ay sonra toplandı. 3 aya kadar fonksiyonel sonuçlar açısından geleneksel yüz yüze rehabilitasyona kıyasla bir fark olmadığı, ancak TR grubunda hasta memnuniyetinin daha az olduğu gösterilmiştir (Mojica & ark., 2023).

Pediyatrik hastalıklar ve telerehabilitasyon

Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), otizm spektrum bozukluğu (ASD), spesifik öğrenme güçlüğü (SLD), gelişimsel koordinasyon bozukluğu (DCD) ve zihinsel engellilik (ID) gibi durumları kapsayan nörogelişimsel bozukluklar, pediyatrik yaşta toplu olarak ilgili bir nosografik grubu temsil etmektedir. Bu bozukluklar, bazı nörolojik hastalıklarla (örneğin serebral palsi) birlikte tipik nörogelişime müdahale eder ve pediyatrik hastalarda önemli sakatlığın sık görülen bir nedenidir. Serebral palsi (SP), gelişmekte olan beyinde ilerleyici olmayan hasarın bir sonucu olarak ortaya çıkan hareket gelişimi ve postural bozuklukların aktivite sınırlamalarına neden olduğu bir durumdur. Motor bozukluklara

genellikle duyuşal, biliş, iletişim, algı, davranış bozuklukları ve epilepsi eşlik etmektedir (Rosenbaum & ark., 2007).

Motor, nöropsikolojik ve dil bozuklukları muhtemelen bu hastalıklardaki klinik tablonun bir parçasıdır ve günlük işleyişi ve yaşam kalitesini etkilemektedir. Bu koşulların karmaşıklığı, nörogelişim sürecinin organikliğini ele alan kapsamlı rehabilitasyon stratejilerine olan ihtiyaçı artırmaktadır. Terapileri hastanın tanıdaık ortamına entegre eden ekolojik bir rehabilitasyon yaklaşımıyla ilişkili uzun vadeli rehabilitasyon (veya kayıp bir beceriyi "geri kazandırmaktan" başka bir gelişme becerisinin edinilmesini sürdürme perspektifini benimsersek rehabilitasyon), etkili müdahale için çok önemlidir. Böylece TR, tedavi etkinliğini ve uyumluluğunu artırmak ve hastalar ve aileleri üzerindeki yükü azaltmak için umut verici bir alan olarak ortaya çıkmıştır. TR sadece terapötik müdahalelere erişilebilirlik sağlamakla kalmaz, aynı zamanda gelişen ihtiyaçları karşılamak için rehabilitasyon programlarının sürekli izlenmesini ve uyarlanması da kolaylaştırır. Dahası, rehabilitasyonda yenilikçi teknolojilerin uygulanması bu avantajları bütünsel ve hasta merkezli bir yaklaşımla birleştirebilir. İnternet ve İletişim Teknolojilerinin (BİT'ler) son zamanlarda gelişimi ve kullanılabilirliği, hem hastaneye yatış sırasında hem de hastaneden taburcu olduktan sonra nörogelişimsel engelli veya nörolojik koşulları olan çocuklar için sağlık hizmetleri sağlamak için teknoloji tabanlı  oz mler uygulama olasılığını teşvik etmektedir (Agostini & ark., 2015).

Pediatric TR, maliyet etkinliği, uzaktan erişilebilirliği ve bakıcılar ve aileler için esnek zamanlama seçenekleri nedeniyle yeni fırsatlar sunmaktadır (Olson & ark., 2018, Lee, Davenport &

Randall, 2018). Sistematik bir inceleme ve meta-analiz, TR kas-iskelet sistemi bozukluğu olan bireylerin fiziksel işlevlerini iyileştirmek için standart yüz yüze bakıma eşdeğer olduğunu ve TR ve yüz yüze bakımın hibrit bir modelinin tek başına yüz yüze bakımdan üstün olduğunu göstermiştir (Cottrell & ark., 2016). TR, bu çocuklarda motor becerilerin geliştirilmesi, dil ve iletişim becerilerinin artırılması, günlük yaşam hareketlerinin bağımsızlığın sağlanması ve ailelere destek sağlanması gibi pek çok durumda önemli faydalar sunmaktadır (Kum & Pehlivan, 2022). Araştırmalar, TR'nin pediatrik fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında etkili olabileceğini göstermektedir. Aile merkezli, fizyoterapistler tarafından koçluk yapılan ve bireysel hedefler belirleyen TR modeli, yüz yüze müdahale yöntemleri kadar etkili olabilir (Camden & ark., 2020).

TR'nin ayrıcalıklarından biri, çocukların tedaviye evlerinde, aile üyeleriyle birlikte geniş ve rahat bir atmosferde erişim sağlamasını mümkün kılmasıdır. Bu yöntem, aynı zamanda pandemi gibi olağanüstü durumlarda da terapiye kesintisiz erişim imkanı sunarak çocukların tedavi süreçlerinin aksamadan devam etmesini sağlar. TR, SP'li çocuklar ve diğer pediatrik hastalıklardan etkilenen çocuklar için güvenli, etkili, basit ve kullanışlı bir rehabilitasyon yöntemidir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte TR'nin daha da yayılması ve daha çok çocuğun bu hizmetlerden faydalanması beklenmektedir (Kum & Pehlivan, 2022).

Telerehabilitasyon ve kardiyopulmoner hastalıklar

Pulmoner rehabilitasyonun, semptomları azalttığı ve yürüme kapasitesini ve yaşam kalitesini (QoL) artırdığı belgelenmiştir, ancak fiziksel aktivite seviyesi (PAL) üzerindeki etkisi sınırlıdır

(McCarthy & ark., 2015). Faydalara rağmen, halkla ilişkiler programlarına düşük katılımcı alımı, yetersiz katılım ve yüksek bırakma oranları meydan okumaktadır (Keating, Lee & Holland, 2011). Ulaşım sorunları, semptom şiddeti, akut alevlenmeler, enerji eksikliği ve günlük rutinlerin bozulması dahil olmak üzere engeller daha önce bildirilmiştir (Bjoernshave, Korsgaard & Nielsen, 2010). Son zamanlarda, Amerikan Toraks Derneği (ATS)/Avrupa Solunum Derneği (ERS), alımı artırmak ve pulmoner rehabilitasyonu daha fazla hastaya sunmak amacıyla TR gibi pulmoner rehabilitasyona alternatif yaklaşımların araştırılmasını önerdi (Rochester & ark., 2015). Kardiyopulmoner TR, geleneksel merkez bazlı rehabilitasyona güvenli ve etkili bir alternatiftir. Akut veya kronik, önceden var olan veya yeni edinilmiş, kardiyopulmoner hastalıkları olan hastaların ihtiyaçlarını daha rahat karşılamak için sürdürülebilir bir çözüm sunar. Başarıyı en üst düzeye çıkarmak için programlar, kapsamlı veya karmaşık yaklaşımlara göre temel, güvenli ve zamanında bakım seçeneklerine öncelik vermelidir. Gelecek, küresel bir salgın sırasında öğrenilen yeni stratejileri içermeli ve kanıta dayalı hasta merkezli bakım sağlamak için bilgi ve iletişim teknolojisinin gücünden yararlanmalıdır (Aragaki & ark., 2021).

Tele-değerlendirme

Fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları öncesi değerlendirme iyi bir tedavi için önem teşkil etmektedir. Tedavi planını seçmek ve geliştirmek için ve etkili bir tedavi stratejisi uygulamak için her daim değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir (Mani & ark., 2017; Tecklin, 2008). Yüz yüze değerlendirmenin yapılayacağı durumlarda örneğin ulaşım problemi

gibi veya yüz yüze değerlendirme yapacak fizyoterapist olmadığı durumlarda tele-değerlendirme yapılabilir.

Fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında yapılan tele-değerlendirmeler genellikle erişkin popülasyonda kas iskelet sistemi ile ilgili hastalıklar üzerine yoğunlaşmıştır. İnternet tabanlı değerlendirme yöntemleri ile kas kuvveti, eklem hareket açıklığı, ağrı, yürüyüş, denge ve koordinasyon gibi parametreler değerlendirilmiştir (Mani & ark., 2017). Ayrıca son dönemlerde kanser, kardi- yorespiratuar hastalıklar, nöroloji gibi birçok farklı alanda da tele-değerlendirme kullanılmaya başlanmıştır (Block & ark., 2016; Godinho & ark., 2016; Liu & ark., 2016).

Senkronize şekilde uygulanan tele-değerlendirme yönteminin asenkron yöntemle göre özellikle sinir testler, postür değerlendirmeleri ve omuz-dirsek patolojileri değerlendirmelerinde daha etkili olduğu görülmüştür. Nöroloji, geriatri gibi diğer fizyoterapi alanlarında da asenkron izleme sistemleri veya giyilebilir cihazlar ile değerlendirmeler yapılabilir (Godinho & ark., 2016; Mani& ark., 2017; Zischke & ark., 2021).

Sonuç

Bireylerde sürdürülebilir bir fizyoterapi yaklaşımı adına tüm alanlarda ve popülasyonlarda eşzamanlı tele-sağlık yöntemi ile değerlendirme ve tedavilerin yapılabilmesinin faydasının anlaşılması gerekmektedir. Konunun önemi her geçen gün daha çok anlaşılrsa da fizyoterapide bu alan ile ilgili literatür hala yetersizdir. Sonuç olarak, farklı alan ve popülasyonlarda yapılacak senkronize ve senkronize olmayan tele-sağlık değerlendirmelerini ve telerehabilitasyonu içeren çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Rogante M., Grigioni M., Cordella D., Giacomozzi C. (2010). Ten years of telerehabilitation: a literature overview of technologies and clinical applications. *Neuro Rehabilitation*. 27: 287–304.

Kairy D., Lehoux P., Vincent C., Visintin M. (2009). A systematic review of clinical outcomes, clinical process, healthcare utilization and costs associated with telerehabilitation. *Disabil Rehabil*. 31: 427–447.

Chae SH., Kim Y., Lee KS., Park HS. (2020). Development and Clinical Evaluation of a Web-Based Upper Limb Home Rehabilitation System Using a Smartwatch and Machine Learning Model for Chronic Stroke Survivors: Prospective Comparative Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 9;8(7): e17216.

Cikajlo I., Rudolf M., Goljar N., Burger H., Matjacic Z. (2011) Telerehabilitation using virtual reality task can improve balance in patients with stroke. *Disabil Rehabil*. 34(1):13-8.

Lewis AD., Hubner ES., Malone PS., Valois RF. (2011). Life satisfaction and student engagement in adolescents. *J Youth Adolesc*. 40(3):249-62.

El Naser YH., Karayel D., Demirsoy MS., Sarıkaya MS., Peker NY. (2024). Robotic Arm Trajectory Tracking Using Image Processing And Kinematic Equations. *Black Sea Journal of Engineering and Science*. 7(3): 436-444.

Benharref A., Serhani MA. (2014). Novel cloud and SOA-based framework for e-health monitoring using wireless biosensors. *IEEE J Biomed Health Inform.* 18(1):46-55.

Gürsan K., Bayar K. (2023). Telerehabilitasyon Ulusal Yazınının Bibliyometrik Analizi. *Journal Of Medical & Health Sciences.* 8(2): 389-398.

Torlacık Çetin C. (2021). Fizyoterapi ve rehabilitasyonda dijital sağlık müdahalelerinin uygulanabilirliği: çoklu metot çalışması. Marmara Üniversitesi. Yüksek lisans tezi.

Saygılı F., Eldemir S., Güçlü Gündüz A. (2022). İnme Hastalarında Kısıtlayıcı Zorunlu Hareket Tedavisi Temelli Telerehabilitasyon Uygulamaları. *Journal of Adnan Menderes university Health Sciences Faculty.* 6(2); 394-404.

Maden T. (2020). Multiple Skleroz Hastalarında Servikal Mobilizasyonun Tonus, Pozisyon Hissi ve Denge Üzerine Etkisi. Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Doktora Programı. Gaziantep.

Noorani HZ., Brady B., Mcgahan L., Teasell R., Skidmore B., Doherty TJ. (2003). Stroke rehabilitation services: systematic reviews of the clinical and economic. *Canadian Coordinating Office for Health Technology Assessment.* 2018; 09-14.

Bustos E.M., Vuillier F., Chavot D., Moulin T. (2009).Telemedicine in stroke: organizing a network–rationale and baseline principles. *Cerebrovasc Dis.* 27; 4:1–8.

Holden M., Dyar T., Dayan-Cimadoro L. (2007). Telerehabilitation using a virtual environment improves upper

extremity function in patients with stroke. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 15(1):36–42.

Cikajlo I., Rudolf M., Goljar N., Burger H., Matjačić Z. (2012). Telerehabilitation using virtual reality task can improve balance in patients with stroke. *Disabil Rehabil.* 34(1):13–8.

Tchero H.A., Tabue Teguo M.A., Lannuzel A.A., Rusch E.A. (2018). Telerehabilitation for Stroke Survivors: Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Med. Internet Res.* 20: e10867.

Truijen S.A., Abdullahi A.A., Bijsterbosch D., van Zoest E., Conijn M., Wang Y., Struyf N., Saeys W.A. (2022). Effect of home-based virtual reality training and telerehabilitation on balance in individuals with Parkinson disease, multiple sclerosis, and stroke: A systematic review and meta-analysis. *Neurol. Sci.* 43:2995–3006.

Nikolaev V.A., Nikolaev A.A. (2022). Recent trends in telerehabilitation of stroke patients: A narrative review. *NeuroRehab.* 51:1–22.

Rohrig M. (2021). Physical therapy in multiple sclerosis: a resource for healthcare professionals. National MS Society. Accessed October 17.

Finlayson M, Plow M, Cho C. (2010). Use of physical therapy services among middle-aged and older adults with multiple sclerosis. *Phys Ther.* 90(11):1607–1618.

Pétrin J, Donnelly C, McColl MA, Finlayson M. (2020). Is it worth it? the experiences of persons with multiple sclerosis as they access health care to manage their condition. *Health Expect.* 23(5):1269–1279.

Bove R., Garcha P., Bevan C.J., Crabtree-Hartman E., Green A.J., Gelfand J.M. (2018). Clinic to in-home telemedicine reduces barriers to care for patients with MS or other neuroimmunologic conditions. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm.* 5(6): e505.

Khan F., Amatya B., Kesselring J., Galea M. (2015). Telerehabilitation for persons with multiple sclerosis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015(4):CD010508.

Galea M.D. (2019). Telemedicine in rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 30(2):473–483.

Swenarton N. (2022). During the COVID-19 pandemic, telehealth services were well liked and highly utilized by individuals with multiple sclerosis. *Rutgers Today*. Accessed July 5,

Hatcher-Martin J.M., Busis N.A., Cohen B.H. et al. (2021). American Academy of Neurology telehealth position statement. *Neurology.* 97(7):334–339.

McCue M., Fairman A., Pramuka M. (2010). Enhancing quality of life through telerehabilitation. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 21:195–205.

Kairy D., Lehoux P., Vincent C., Visintin M. (2009). A systematic review of clinical outcomes, clinical process, healthcare utilization and costs associated with telerehabilitation. *Disabil. Rehabil.* 31:427–447.

Durufle A., Le Meur C., Piette P., Fraudet B., Leblong E., Gallien P. (2023). Cost effectiveness of a telerehabilitation intervention vs home based care for adults with severe neurologic

disability: A randomized clinical trial. *Digit. Health*. 9:20552076231191001.

Dunphy, E., & Gardner, E. C. (2020). Telerehabilitation to Address the Rehabilitation Gap in Anterior Cruciate Ligament Care: Survey of Patients. *JMIR Form Res*, 4(9), e19296. doi:10.2196/19296.

Greiner, J. J., Drain, N. P., Lesniak, B. P., Lin, A., Musahl, V., Irrgang, J. J., & Popchak, A. J. (2022). Self- Reported Outcomes in Early Postoperative Management After Shoulder Surgery Using a Home-Based Strengthening and Stabilization System With *Telehealth*. *Sports Health*, 19417381221116319.

Mojica, E. S., Vasavada, K., Hurley, E. T., Lin, C. C., Buzin, S., Gonzalez-Lomas, G., Campbell, K. A. (2023). Despite Equivalent Clinical Outcomes, Patients Report Less Satisfaction With Telerehabilitation Versus Standard In- Office Rehabilitation After Arthroscopic Meniscectomy: A Randomized Controlled Trial. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 5(2), e395-e401.

Rosenbaum P., Paneth N., Leviton A., Goldstein A., Bax M., Dimano D. (2007). A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev. Med. Child Neurol*. 109:8–14.

Agostini M, Moja L, Banzi R, Pistotti V, Tonin P, Venneri A, et al. (2015). Telerehabilitation and recovery of motor function: a systematic review and meta-analysis. *J Telemed Telecare*. 21:202–13.

Olson CA, McSwain SD, Curfman AL, Chuo J. (2018). The current pediatric telehealth landscape. *Pediatrics*. 141:1–10.

Lee AC, Davenport TE, Randall K. (2018). Telehealth physical therapy in musculoskeletal practice. *J Orthop Sports Phys Ther*. 48:736–739.

Cottrell M.A., Galea O.A., O'Leary S.P., Hill A.J., Russell T.G. (2016). Real-time telerehabilitation for the treatment of musculoskeletal conditions is effective and comparable to standard practice: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 31:625–638.

Kum R., Pehlivan E. (2022). Farklı Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Alanlarında Telerehabilitasyon. 4(2); 166-180.

Camden C., Pratte G., Fallon F., Couture M., Berbari J., Tousignant M. (2020). Diversity of practices in telerehabilitation for children with disabilities and effective intervention characteristics: Results from a systematic review. *Disabil Rehabil*. 42:3424–3436.

McCarthy B, Casey D, Devane D, et al. (2015). Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015:1–209.

Keating A, Lee A, Holland AE. (2011). What prevents people with chronic obstructive pulmonary disease from attending pulmonary rehabilitation? A systematic review. *Chron Respir Dis*. 8:89–99.

Bjoernshave B, Korsgaard J, Nielsen CV. (2010). Does pulmonary rehabilitation work in clinical practice? A review on

selection and dropout in randomized controlled trials on pulmonary rehabilitation. *Clin Epidemiol.* 2:73–83.

Rochester CL, Vogiatzis I, Holland AE, et al. (2015). An official American thoracic Society/European respiratory Society policy statement: enhancing implementation, use, and delivery of pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med.* 192:1373–86

Aragaki D., Luo J., Weiner E., Zhang G., Darvish B. (2021). Cardiopulmonary Telerehabilitation. *Hys Med Rehabil Clin N Am.* 32(2):263-276.

BÖLÜM II

Multiple Skleroz Rehabilitasyonunda Teknolojik Yaklaşımlar

Naciye Dilruba TEKTAŞ GÜLBİL¹
Gülfem Ezgi ÖZALTIN²
Rabia ÇELİKEL³

Giriş

Multiple skleroz (MS), genç erişkinlerde sıklıkla görülen nörolojik problemlerden biridir. Hastalığın yaygınlığı 100.000 kişide 15-250 arasında değişmektedir. Hastalık sıklıkla 20-40 yaşları arasında teşhis edilsede her yaşta ortaya çıkabilmektedir. Dünya çapında yaklaşık iki milyon MS hastası olduğu tahmin edilmektedir. Kadınlarda erkeklerden daha sık görülmektedir (Ghasemi & ark.,

¹ Inonu University, Institute of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Malatya, Turkey, ORCID: 0000 0002 1775 690X

² Inonu University, Institute of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Malatya, Turkey, ORCID: 0000-0003-1591-4844

³ Bitlis Eren University, Institute of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Bitlis, Turkey ORCID: 0000 0002 8498 1293

2017; Sand, 2015). MS kronikleşen ve zaman içerisinde kötüleşerek güçsüzlük, spastisite, titreme gibi motor yetersizliğe, uyuşma, ağrı gibi duyuşsal bozukluklara, diplopi, optik nörit gibi görme işlev bozukluklarına, sfinkter işlev bozukluğuna, işleme hızı, dikkat, hafıza ve öğrenmede bilişsel eksikliklere, nöropsikiyatrik ve davranışsal semptomlara yol açar (Milo & Miller, 2014; Sand, 2015). İlaçlar, fizyoterapi ve bilişsel rehabilitasyon semptomları yönetmeyi ve hastalığın seyrini yavaşlatmayı amaçlamaktadır.

Son yıllarda, bilgisayarlı bilişsel eğitim, sanal gerçeklik, robotik gibi teknolojik yenilikler tek başına ya da bir arada kullanıldığında, nörorehabilitasyon sonuçlarını iyileştirmek için uygun seçenekler haline geldiği gösterilmiştir (Rocco Salvatore Calabrò & ark., 2016; De Luca & ark., 2018; Maria G Maggio & ark., 2018; Maresca & ark., 2018). Yeni teknolojiler aracılığıyla hastanın hem fiziksel ve ruhsal iyiliğini hemde hedeflerini, hastalara hareketlerin takibi imkanı ve değişen sonuçların geri bildirimi yoluyla gerçekleştirmesi sağlanabilir (Maria Grazia Maggio & ark., 2018; Maria G Maggio & ark., 2019). Bu sayede yenilikçi teknoloji ile hastaların kendi rehabilitasyonlarının sorumluluğunu almaları ve uzun vadeli bakıma uyum sağlamalarını artırabilir. Ancak, yeni teknolojilerin uygulanabilirliği ve kullanılabilirliği ile ilgili araştırmaların eksikliği ve nispeten yüksek maliyetler nedeniyle henüz yaygın değildir (Burridge & Hughes, 2010).

Multiple Skleroz Nedir?

Multipl skleroz (MS), merkezi sinir sisteminde birçok bölgenin akson hasarı ve inflamatuvar demiyelinizasyon ile karakterize, duyuşsal, görsel, motor ve otonomik bozukluklar gibi birçok semptoma sebep olan, dengeyi, fiziksel fonksiyonları ve

çoklu performansı bozan otoimmün bir hastalıktır (Vercellino & ark., 2009). Hastalığın genetik ve çevresel faktörler arasındaki etkileşimden kaynaklandığı düşünülmektedir (Vercellino& ark., 2009). Erken tanı, uzun yaşam süresi ve hastalığın görülme sıklığı nedeniyle MS'in prevalansı tüm dünyada artış göstermektedir (Pugliatti & ark., 2002). MS tanısı, teşhis alanındaki son gelişmelere rağmen klinik olarak kalmaya devam etmektedir (Brownlee & ark., 2017). Bu durum hastalığın erken teşhis edilmesini etkilemektedir. Teşhis için Mc Donald teşhis kriterleri kullanılmaktadır. Aynı zamanda Mc Donald teşhis kriterleri, 2017'deki son revizyonu ile şu anda MS topluluğunda geniş çapta benimsenmektedir (Brownlee& ark., 2017). Fizyoterapi MS için sıklıkla hastalarda semptomları yönetmek için kullanılan en önemli rehabilitasyon seçeneklerinden biridir (Kubsik-Gidlewska & ark., 2017). Nöro-rehabilitasyon müdahaleleri de birçok semptomu kapsamlı bir şekilde yönetme ve kontrol etmede kritik öneme sahiptir. Teknoloji tabanlı yaklaşımlar ise nöro-rehabilitasyon için yeni olanaklar sağlamıştır. Teknolojik gelişmelerin rehabilitasyona entegrasyonu ile birlikte MS hastalarında ortaya çıkan semptomların yönetilebilir olduğu bildirilmiştir (Karakas & ark., 2021; Mikolajczyk & ark., 2018).

MS Tipleri Nelerdir?

MS'in dört klinik tipi mevcuttur (Loma & Heyman, 2011). Bunlar relapsing remitting, relapsing relapsing, primer progresif, sekonder progresif tipleridir (Beatty & ark., 1990). MS tanısı, klinik belirtileri MRI, BOS analizi ve görsel uyarılmış potansiyellerle gösterilen karakteristik lezyonlarla ilişkilendiren McDonald's tanı kriterlerine dayanmaktadır (Brownlee& ark., 2017). Çoğu hastada, nörolojik semptomların alevlenmesini ve ardından remisyon

dönemlerini içeren tekrarlayan-düzelen MS (RRMS) olarak başlamaktadır (Beatty& ark., 1990; Weiner, 2008).

İkincil ilerleyici multipl skleroz (SPMS), multipl sklerozun (MS) ikinci en yaygın şeklidir (Grigoriadis & Van Pesch, 2015). Relaps- remitting multipl skleroz (RRMS) hastalarının ikide birinde 15 yıl içinde ve üçte ikisine kadar 30 yıl sonra SPMS gelişecek, bu da nörolojik fonksiyonda ilerleyici bir azalmaya ve günlük aktivitelerin kısıtlanmasına yol açmaktadır (Grigoriadis & Van Pesch, 2015; Weiner, 2008).

MS Semptomları

Hastalığın patolojisindeki karmaşa ile semptomlar kişiye özgü farklılıklar göstermektedir. Hastalarda sıklıkla motor bozukluklar, vizüel problemler, somasensöriyel problemler, ataksi, spastisite, yorgunluk, yürüme ve denge kayıpları, kognitif problemler, mesane bağırsak problemleri ve depresyon görülmektedir (Bishop & Rumrill, 2015). Ayrıca hastalarda kas zayıflıkları, paraliziler, sıcaklık intöleransı, görme problemleri, tremor gibi üst ekstremité problemleride görülmektedir (Goodin, 2014; Lakin & ark., 2021). MS'te sık görülen semptomlar Tablo 1'de yer almaktadır .

Tablo 1: MS'te görülen semptomların

Görme kaybı
Ekstremitelerde duyuusal semptom
Diplopi
Motor (subakut)
Denge bozukluğu
Yürüme bozukluğu
Lhermitte belirtisi
Yüzde duyuusal semptom
Mesane problemleri
Vertigo
Akut transvers miyelit
Ekstremitte ataksisi
Ağrı

MS Rehabilitasyonu

Hastalığın tanısının konması ile birlikte hemen tedaviye başlanması gereken, hastanın özel ihtiyaçları, fonksiyonel kayıpları ve mevcut durumu göz önünde bulundurularak kişinin mobilizasyonu mevcut kas gücünün korunmasına yönelik düzeltici bir yaklaşımdır (Doğan & ark., 2023). Rehabilitasyon günümüz koşullarında teknolojinin gelişmesi ve daha ulaşılabilir hale gelmesi ile değişim ve dönüşümde göstermiştir. Ms hastalarında tedavi yöntemi olarak telerehabilitasyon yaklaşımları, sanal gerçeklik, görev odaklı eğitimler, robotik rehabilitasyon ve sensör teknolojisi gibi rehabilitasyon yaklaşımları tercih edilir hale gelmiştir.

MS ve Telerehabilitasyon

MS'li hastalarda telerehabilitasyon, çok yönlü ve multidisipliner bir yaklaşım olabilir (Huijgen & ark., 2008) ve tedaviye ulaşmakta güçlük çeken hastalar için tedaviyi ulaşılabilir hale getirmektedir (Hailey & ark., 2011; Rogante & ark., 2010). Ayrıca terapistlerin değerlendirmesine, hastanın ilerleyişini görmesinede fırsat verdiği için telerehabilitasyon tedavinin kalitesinin artırılmasını da kolaylaştırmaktadır (Huijgen& ark., 2008; Rogante& ark., 2010). Uygulanan telerehabilitasyon yaklaşımları genellikle egzersiz ve hasta eğitimi içermekte internet tabanlı ve telefon aracılığıyla görüntülü konuşma tercih edilmektedir (Egner & ark., 2003; Finkelstein & ark., 2008; Finlayson & ark., 2011; Guti  rrez & ark., 2013). MS'te semptomların kontrol altına alınmasında sanal gerçeklik programları ile telerehabilitasyon uygulamalarıda bir seçenek olmaktadır (Egner& ark., 2003; Guti  rrez& ark., 2013) .

MS ve Sanal Gerçeklik Tedavisi

Son yıllarda, teknolojinin gelişmesi ve daha kolay erişilebilir olmasıyla klinik ve ev ortamlarında rehabilitasyon için sanal gerçeklik tedavisine olan ilgi artmaktadır (O'Neil & ark., 2018). Sanal gerçeklik, görsel, dokunsal, işitsel ve somatosensoriyel sistemler aracılığıyla birden fazla uyarının entegrasyonu ile gerçek nesnelere ve olaylara benzeten gerçekçi bir ortamda uygulama fırsatı sağlayan bir tür dijital terapidir (Abbadessa & ark., 2022; Lee & ark., 2019). Sanal gerçeklik tedavisi için sinaptik iletimi ve nöronal uyarılabilirliği modüle edebildiği, nöronal plastisiteyi arttırabildiği, nöronal morfolojiyi ve sinaptik bağlantıları yeniden düzenleyebildiği iddia edilmiştir (Cort  s-P  rez & ark., 2021). Sanal

gerçeklik tedavisinin motive edici duruş dengesini, yaşam kalitesini ve denge güveni gibi sonuçları iyileştirdiği bildirilmiştir (Abbadessa& ark., 2022; Lee& ark., 2019; Lei & ark., 2019).

Sanal gerçeklik tedavisi, MS'ten etkilenen hastanın öz yeterliliğini artırır ve daha yüksek bir öz bilinç, motor ve bilişsel bileşenlerin gelişimi ile hastada motivasyon sağlayarak hastalığın yönetimini kolaylaştırır (Moher & ark., 2011). MS hastalarında motor ve bilişsel performansları iyileştirmede robotik rehabilitasyonla birlikte uygulanan sanal gerçekliğin önemli rolü olduğu fikrini desteklemektedir (Rocco Salvatore Calabrò & ark., 2017).

MS ve Görev Odaklı Eğitim

Görev odaklı eğitim (GOE), tekrara sayısının çok olduğu, nöral reorganizasyon ve merkezi sinir sisteminin şekillenmesini uyaran motor performansa dayalı bir tedavi şeklidir. bireye kalıcı beceriler kazandırmak amacı olan görev odaklı eğitim yaklaşımı fonksiyonel aktivite ve motor öğrenme prensiplerini temel alır. Fonksiyonel aktivitelerin amaca yönelik yapılmasıyla spinal kord, serebrum, serebellum, serebral korteksde nöroplastik gelişmeler görülebilir.

MS hastalarında göreve bağlı ve hedefe yönelik uygulanan görev odaklı eğitimin pasif motor rehabilitasyona göre MRI görüntülerine göre daha anlamlı iyileşme meydana geldiği bildirilmiştir (Ksiazek-Winiarek & ark., 2015; Prosperini & ark., 2015; Tomassini & ark., 2012).

Literatürde görev odaklı eğitimin uygulanmasında standardize bir protokole rastlanmamıştır. Görev odaklı eğitimin birçok farklı

yaklaşımı bulunmaktadır. Bunlar; bisiklet programları, yürüme eğitimi, oturma-kalkma egzersizleri, treadmill eğitimi, istasyon ve endurans programları ve denge gelişimi için kısıtlayıcı zorunlu hareket tedavisi ve fonksiyonel uzanma aktiviteleridir. Görev odaklı eğitim için teknolojik yaklaşımlar ve teknolojik bir çok araç son yıllarda sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca görev odaklı eğitimde motor öğrenmenin temel ilkelerinden biri olan, hastaya farklı çevre şartlarında günlük hayatında karşılaştığı görevlerin eğitimi esasına dayanmaktadır. Görev odaklı eğitim özellikle kişiye özel aktivitelerden oluşmalı ve amaca yönelik olmalıdır (Harvey, 2009; Pepping & Ehde, 2005).

MS ve Robot Destekli Yürüyüş Eğitimi

Ms rehabilitasyonunda kullanılan teknolojik rehabilitasyon yöntemlerinden biride robot destekli yürüyüş eğitimi (RAGT) yakalaşımıdır. RAGT dış iskelet desteği yoluyla, yeterli tekrarlayan yürüyüş hareketi üretebilir, eğitimin süresi ve yoğunluğu artırabilir, hastaların dengesi ve yürüyüşünü iyileştirmeye yardımcı olabilir, alt ekstremitenin stabilitesini artırabilir ayrıca düşme riskinde azaltmada ve spastisitenin kontrolünde etkili olabilir (Hong & ark., 2022).

Lamers ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, RAGT uygulamasının şiddetli tutuluma sahip MS hastalarının tedavisinde geleneksel tedaviden çok daha etkili sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Lamers & ark., 2018). Straudi ve arkadaşlarıda, MS hastalarında, hastaların kas gücünü artıran bu sayede hastaların transfer yeteneğini beraberinde günlük yaşam aktivitelerini iyileştirmeyi hedefleyen tedavi amaçlı motorlu dış iskelet robotunu çalışmalarında kullanmışlardır (Straudi & ark., 2020). Yapılan bir

çalışmada alt ekstremite RAGT eğitiminin MS'li hastalarda postür kontrolü, yürüyüşü, günlük yaşam aktivitelerini, denge ve etkilenim seviyesini iyileştirebileceğini belirli görevlerde rehabilitasyon eğitimi ile nöroplastisitenin artırabileceğini öne sürmüşlerdir (Maria Grazia Maggio & ark., 2022). Başka bir çalışmada ise RAGT eğitiminin yürüme eğitiminde etkili olmasıyla birlikte aynı zamanda neredeyse normale yakın bir yürüyüşü de simüle edebildiğini bulmuşlardır (Dalgas, 2011). RAGT eğitimi ile MS hastalarında denge kontrolü ve tekrar sayısının çok fazla olması ile daha elverişli bir eğitim ortamı sağlayarak hastaların yürümeyi daha erken başarmalarını sağlayabilir. Yürüyüş eğitimi ile MS hastalarının katılım seviyesinde iyileşmenin yanı sıra sürekli esneme ile alt ekstremite kas dokusunda spastisitenin azalmasını sağlayabilir (Rocco S Calabrò & ark., 2021). Ayrıca RAGT, hastalara göre özel ayarlanabilen pasif hareket modu, aktif destekli hareket modu, direnç hareketi modu ve bilateral ayna hareketi modu dahil olmak üzere farklı eğitim modlarını sağlayabilir (Duan & ark., 2023).

MS ve Sensör Teknolojisi

Giyilebilir sensör ve dijital sağlık teknolojilerindeki son gelişmeler (Woelfle & ark., 2023) ile hem gerçek dünyada hem de laboratuvar ortamlarında motor fonksiyonların bireyselleştirilmiş ve uzaktan yarı sürekli izlenmesini sağlayabilir. Bu sayede hem klinik rutinde hem de klinik denemelerden faydalanılmasını sağlayabilir (Woelfle& ark., 2023). Farklı tipteki sensörler ivmeölçerler, manyetometreler, jiroskoplar gibi ve farklı tiplerde giyilebilir cihazlar eylemsizlik ölçüm birimleri, hareket izleyiciler, akıllı saatler ve akıllı telefonlara yerleştirilmiştir. Bu sensörler, MS'li hastalarda fiziksel aktiviteleri ve yürümeyi değerlendirmek için

yaygın kullanılmıştır (Woelfle& ark., 2023). MS alanında en çok tercih edilen giyilebilir sensör teknolojileri arasında yürüyüşün değeriendirilmesi, denge, duruş kontrolü, el becerisi ve titreme yer almaktadır (Abou & ark., 2021; Ayache & ark., 2015; Kasser & ark., 2015).

Sensör verileri, pasif izleme (cihazı normal günlük yaşamda takma) veya aktif testler (tanımlı zaman noktalarında gerçekleştirilir) yoluyla toplanır ve belirlenmiş algoritmalar tarafından metriklere (sözde özellikler) dönüştürölür. Örneğın, fiziksel aktivite genellikle "günlük adım sayısı" veya "günlük yürünen mesafe" gibi özellikler kullanılarak pasif olarak ölçölür. Bu tür özellikler, dijital araçlar kullanılarak ölçölün fizyolojinin nesnel olarak ölçölülebilir ölçölümleri olarak tanımlanan dijital ölçölümler olarak sınıflandırılır (Agency, 2020). Sensör teknolojileri ve dijital ölçölümleri, özellikle klinik denemeler bağlamında, dijital biyobelirteçler olarak güvenli bir şekilde kullanılabilimleri için kapsamlı bir doğrulama ve analitik ve klinik doğrulama sürecinden geçmelidir (Agency, 2020; Goldsack & ark., 2020; Woelfle& ark., 2023). Ticari aktivite izleyicileri veya "genel amaçlı bilgi işlem platformları" (örneğin akıllı saatler veya akıllı telefonlar), amaca uygun oldukları dikkatlice gösterildiğı sürece kullanılabilir; bunların mutlaka onaylı tıbbi cihazlar olması gerekmez (Woelfle& ark., 2023). Sonuç olarak, ticari giyilebilir sensör teknolojileri, MS de dahil olmak üzere birçok endikasyon için endüstri tarafından desteklenen klinik çalışmalarda ikincil ve birincil sonuçlar olarak hali hazırda kullanılmaktadır (Goldsack& ark., 2020).

Sonuç

MS'teki mevcut çalışmalar, hem hastalığın değerlendirilmesi ve hem de tedavisi için rehabilitasyona gelişmiş teknolojileri dahil etmeyi amaçlamaktadır. Hem hasta hemde klinisyen için mevcut durum ve semptomların etki düzeyi, hastanın fonksiyonu ve rehabilitasyon sonucunda elde edilen değişim hakkındaki bilgi teknolojik araçlar yardımıyla daha erişilebilir hale getirilebilir. Ayrıca rehabilitasyonun günlük yaşam aktivitelerinde yer alan çoklu görev eksikliklerinin giderilmesi için kişiye özel müdahaleler şeklinde uygulanmasında olanak sağlayabilir. MS rehabilitasyonun da gelecek dönemde seçenek olarak daha aktif halde görebileceğimiz yapay zeka algoritmaları, yüksek hesaplama performansları, geniş bant kullanılabilirliği, giyilebilir teknolojiler ve sanal ortamlar, rehabilitasyon hedeflerine ulaşmak için tercih edilebilecek ve üzerine araştırma yapılabilecek teknolojik gelişmelerden sadece birkaçıdır. Sonuç olarak MS rehabilitasyonunda yapılmış teknoloji temelli çalışmalar bize hastalığın yönetiminde teknoloji temelli rehabilitasyon yaklaşımlarının etkili olduğunu teknoloji ile fizyoterapinin birlikte kullanılarak daha fazla çalışmaya da ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Kaynakça

Abbadessa, G., Brigo, F., Clerico, M., De Mercanti, S., Trojsi, F., Tedeschi, G., Lavorgna, L. (2022). Digital therapeutics in neurology. *J Neurol*, 269(3), 1209-1224. doi:10.1007/s00415-021-10608-4

Abou, L., Wong, E., Peters, J., Dossou, M. S., Sosnoff, J. J., & Rice, L. A. (2021). Smartphone applications to assess gait and postural control in people with multiple sclerosis: A systematic review. *Mult Scler Relat Disord*, 51, 102943. doi:10.1016/j.msard.2021.102943

Agency, E. M. (2020). Questions and answers: qualification of digital technology-based methodologies to support approval of medicinal products.

Ayache, S. S., Al-ani, T., Farhat, W. H., Zouari, H. G., Créange, A., & Lefaucheur, J. P. (2015). Analysis of tremor in multiple sclerosis using Hilbert-Huang Transform. *Neurophysiol Clin*, 45(6), 475-484. doi:10.1016/j.neucli.2015.09.013

Beatty, W. W., Goodkin, D. E., Hertsgaard, D., & Monson, N. J. A. o. n. (1990). Clinical and demographic predictors of cognitive performance in multiple sclerosis: Do diagnostic type, disease duration, and disability matter? *Archives of neurology*, 47(3), 305-308.

Bishop, M., & Rumrill, P. D. (2015). Multiple sclerosis: Etiology, symptoms, incidence and prevalence, and implications for community living and employment. *Work*, 52(4), 725-734.

Brownlee, W. J., Hardy, T. A., Fazekas, F., & Miller, D. H. (2017). Diagnosis of multiple sclerosis: progress and challenges. *The Lancet*, 389(10076), 1336-1346.

Burridge, J. H., & Hughes, A.-M. (2010). Potential for new technologies in clinical practice. *Current opinion in neurology*, 23(6), 671-677.

Calabrò, R. S., Cacciola, A., Bertè, F., Manuli, A., Leo, A., Bramanti, A., . . . Bramanti, P. (2016). Robotic gait rehabilitation and substitution devices in neurological disorders: where are we now? *Neurological Sciences*, 37, 503-514.

Calabrò, R. S., Cassio, A., Mazzoli, D., Andrenelli, E., Bizzarini, E., Campanini, I., . . . Colombo, V. (2021). What does evidence tell us about the use of gait robotic devices in patients with multiple sclerosis? A comprehensive systematic review on functional outcomes and clinical recommendations. *European journal of physical rehabilitation medicine*, 57(5), 841-849.

Calabrò, R. S., Russo, M., Naro, A., De Luca, R., Leo, A., Tomasello, P., . . . Bramanti, P. (2017). Robotic gait training in multiple sclerosis rehabilitation: Can virtual reality make the difference? Findings from a randomized controlled trial. *Journal of the neurological sciences*, 377, 25-30.

Cortés-Pérez, I., Sánchez-Alcalá, M., Nieto-Escámez, F. A., Castellote-Caballero, Y., Obrero-Gaitán, E., & Osuna-Pérez, M. C. (2021). Virtual reality-based therapy improves fatigue, impact, and quality of life in patients with multiple sclerosis. A systematic review with a meta-analysis. *Sensors*, 21(21), 7389.

Dalgas, U. (2011). Rehabilitation and multiple sclerosis: hot topics in the preservation of physical functioning. *Journal of the neurological sciences*, 311, S43-S47.

De Luca, R., Leonardi, S., Spadaro, L., Russo, M., Aragona, B., Torrisi, M., . . . De Cola, M. C. (2018). Improving cognitive function in patients with stroke: can computerized training be the future? *Journal of Stroke Cerebrovascular Diseases*, 27(4), 1055-1060.

Doğan, M., Ayvat, E., & Kılınç, M. (2023). Telerehabilitation versus virtual reality supported task-oriented circuit therapy on upper limbs and trunk functions in patients with multiple sclerosis: A randomized controlled study. *Multiple Sclerosis Related Disorders*, 71, 104558.

Duan, H., Jing, Y., Li, Y., Lian, Y., Li, J., & Li, Z. (2023). Rehabilitation treatment of multiple sclerosis. *Front Immunol*, 14, 1168821. doi:10.3389/fimmu.2023.1168821

Egner, A., Phillips, V., Vora, R., & Wiggers, E. (2003). Depression, fatigue, and health-related quality of life among people with advanced multiple sclerosis: results from an exploratory telerehabilitation study. *Neurorehabilitation and neural repair*, 18(2), 125-133.

Finkelstein, J., Lapshin, O., Castro, H., Cha, E., Provance, P. G., & Development. (2008). Home-based physical telerehabilitation in patients with multiple sclerosis: a pilot study. *Journal of Rehabilitation Research*, 45(9).

Finlayson, M., Preissner, K., Cho, C., & Plow, M. (2011). Randomized trial of a teleconference-delivered fatigue management program for people with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 17(9), 1130-1140.

Ghasemi, N., Razavi, S., & Nikzad, E. (2017). Multiple sclerosis: pathogenesis, symptoms, diagnoses and cell-based therapy. *Cell Journal*, 19(1), 1.

Goldsack, J. C., Coravos, A., Bakker, J. P., Bent, B., Dowling, A. V., Fitzer-Attas, C., . . . Dunn, J. (2020). Verification, analytical validation, and clinical validation (V3): the foundation of determining fit-for-purpose for Biometric Monitoring Technologies (BioMeTs). *NPJ Digit Med*, 3, 55. doi:10.1038/s41746-020-0260-4

Goodin, D. S. (2014). The epidemiology of multiple sclerosis: insights to disease pathogenesis. *Handb Clin Neurol*, 122, 231-266.

Grigoriadis, N., & Van Pesch, V. (2015). A basic overview of multiple sclerosis immunopathology. *European journal of neurology*, 22, 3-13.

Gutiérrez, R., del Río, F., de la Cuerda, R., Isabel, M., González, R., & Page, J. (2013). A telerehabilitation program by virtual reality-video games improves balance and postural control in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabil.* 2013; 33 (4): 545–554. In.

Hailey, D., Roine, R., Ohinmaa, A., & Dennett, L. (2011). Evidence of benefit from telerehabilitation in routine care: a systematic review. *Journal of telemedicine and telecare*, 17(6), 281-287.

Harvey, R. L. (2009). Improving poststroke recovery: neuroplasticity and task-oriented training. *Current treatment options in cardiovascular medicine*, 11(3), 251-259.

Hong, J., Lee, J., Choi, T., Choi, W., Kim, T., Kwak, K., . . . Kim, D. (2022). Feasibility of overground gait training using a joint-Torque-Assisting wearable exoskeletal robot in children with static brain injury. *Sensors*, 22(10), 3870.

Huijgen, B. C., Vollenbroek-Hutten, M. M., Zampolini, M., Opisso, E., Bernabeu, M., Van Nieuwenhoven, J., . . . Marcellari, V. (2008). Feasibility of a home-based telerehabilitation system compared to usual care: arm/hand function in patients with stroke, traumatic brain injury and multiple sclerosis. *Journal of telemedicine telecare*, 14(5), 249-256.

Karakas, H., Seebacher, B., & Kahraman, T. (2021). Technology-Based Rehabilitation in People with Multiple Sclerosis: A Narrative Review. *J. Mult. Scler. Res.*, 1, 54-68.

Kasser, S. L., Jacobs, J. V., Ford, M., & Tourville, T. W. (2015). Effects of balance-specific exercises on balance, physical activity and quality of life in adults with multiple sclerosis: a pilot investigation. *Disabil. Rehabil.*, 37(24), 2238-2249. doi:10.3109/09638288.2015.1019008

Ksiazek-Winiarek, D. J., Szpakowski, P., & Glabinski, A. (2015). Neural plasticity in multiple sclerosis: the functional and molecular background. *Neural plasticity*, 2015(1), 307175.

Kubisk-Gidlewska, A. M., Klimkiewicz, P., Klimkiewicz, R., Janczewska, K., & Woldańska-Okońska, M. Z. (2017).

Rehabilitation in multiple sclerosis. *Advances in Clinical Experimental Medicine*, 26(4).

Lakin, L., Davis, B. E., Binns, C. C., Currie, K. M., & Rensel, M. R. (2021). Comprehensive approach to management of multiple sclerosis: addressing invisible symptoms—a narrative review. *Neurology therapy*, 10, 75-98.

Lamers, I., Feys, P., & Swinnen, E. (2018). Robot-assisted rehabilitation in multiple sclerosis: Overview of approaches, clinical outcomes, and perspectives. *Rehabilitation robotics*, 253-266.

Lee, H. S., Park, Y. J., & Park, S. W. (2019). The effects of virtual reality training on function in chronic stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *BioMed Research International*, 2019(1), 7595639.

Lei, C., Sunzi, K., Dai, F., Liu, X., Wang, Y., Zhang, B., . . . Ju, M. (2019). Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: a systematic review. *PloS one*, 14(11), e0224819.

Loma, I., & Heyman, R. (2011). Multiple sclerosis: pathogenesis and treatment. *Current neuropharmacology*, 9(3), 409-416.

Maggio, M. G., De Cola, M. C., Latella, D., Maresca, G., Finocchiaro, C., La Rosa, G., . . . De Luca, R. (2018). What about the role of virtual reality in Parkinson disease's cognitive rehabilitation? Preliminary findings from a randomized clinical trial. *Journal of Geriatric Psychiatry*

Neurology therapy, 31(6), 312-318.

Maggio, M. G., De Luca, R., Manuli, A., Buda, A., Foti Cuzzola, M., Leonardi, S., . . . Calabrò, R. S. (2022). Do patients with multiple sclerosis benefit from semi-immersive virtual reality? A randomized clinical trial on cognitive and motor outcomes. *Applied Neuropsychology: Adult*, 29(1), 59-65.

Maggio, M. G., De Luca, R., Maresca, G., Di Lorenzo, G., Latella, D., Calabro, R. S., & Bramanti, A. (2018). Personal computer-based cognitive training in Parkinson's disease: A case study. *Psychogeriatrics*, 18(5), 427-429.

Maggio, M. G., Maresca, G., Scarcella, I., Latella, D., De Domenico, C., Destro, M., . . . Calabro, R. S. (2019). Virtual reality-based cognitive rehabilitation in progressive supranuclear palsy. *Psychogeriatrics*, 19(6).

Maresca, G., Maggio, M. G., Buda, A., La Rosa, G., Manuli, A., Bramanti, P., . . . Calabrò, R. S. (2018). A novel use of virtual reality in the treatment of cognitive and motor deficit in spinal cord injury: A case report. *Medicine*, 97(50), e13559.

Mikolajczyk, T., Ciobanu, I., Badea, D. I., Iliescu, A., Pizzamiglio, S., Schauer, T., . . . Berteau, M. (2018). Advanced technology for gait rehabilitation: An overview. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(7), 1687814018783627.

Milo, R., & Miller, A. (2014). Revised diagnostic criteria of multiple sclerosis. *Autoimmunity reviews*, 13(4-5), 518-524.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. (2011). Erratum: Preferred reporting items of systematic review and meta-

analyses: The PRISMA statement. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 136(15).

O'Neil, O., Fernandez, M. M., Herzog, J., Beorchia, M., Gower, V., Gramatica, F., . . . Kiwull, L. (2018). Virtual reality for neurorehabilitation: insights from 3 European clinics. *PM*, 10(9), S198-S206.

Pepping, M., & Ehde, D. M. (2005). Neuropsychological evaluation and treatment of multiple sclerosis: the importance of a neuro-rehabilitation focus. *Physical Medicine Rehabilitation Clinics*, 16(2), 411-436.

Prosperini, L., Piattella, M. C., Gianni, C., & Pantano, P. (2015). Functional and structural brain plasticity enhanced by motor and cognitive rehabilitation in multiple sclerosis. *Neural plasticity*, 2015(1), 481574.

Pugliatti, M., Sotgiu, S., & Rosati, G. (2002). The worldwide prevalence of multiple sclerosis. *Clinical neurology neurosurgery*, 104(3), 182-191.

Rogante, M., Grigioni, M., Cordella, D., & Giacomozzi, C. (2010). Ten years of telerehabilitation: A literature overview of technologies and clinical applications. *Neurorehabilitation and neural repair*, 27(4), 287-304.

Sand, I. K. (2015). Classification, diagnosis, and differential diagnosis of multiple sclerosis. *Current opinion in neurology*, 28(3), 193-205.

Straudi, S., Manfredini, F., Lamberti, N., Martinuzzi, C., Maietti, E., & Basaglia, N. (2020). Robot-assisted gait training is not

superior to intensive overground walking in multiple sclerosis with severe disability (the RAGTIME study): A randomized controlled trial. *Multiple Sclerosis Journal*, 26(6), 716-724.

Tomassini, V., Johansen-Berg, H., Jbabdi, S., Wise, R. G., Pozzilli, C., Palace, J., & Matthews, P. M. (2012). Relating brain damage to brain plasticity in patients with multiple sclerosis. *Neurorehabilitation neural repair*, 26(6), 581-593.

Vercellino, M., Masera, S., Lorenzatti, M., Condello, C., Merola, A., Mattioda, A., . . . Mutani, R. (2009). Demyelination, inflammation, and neurodegeneration in multiple sclerosis deep gray matter. *Journal of Neuropathology Experimental Neurology*, 68(5), 489-502.

Weiner, H. L. (2008). A shift from adaptive to innate immunity: a potential mechanism of disease progression in multiple sclerosis. *Journal of Neurology*, 255, 3-11.

Woelfle, T., Bourguignon, L., Lorscheider, J., Kappos, L., Naegelin, Y., & Jutzeler, C. R. (2023). Wearable sensor technologies to assess motor functions in people with multiple sclerosis: systematic scoping review and perspective. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e44428.

BÖLÜM III

Vestibular Function Changes in Adolescent Idiopathic Scoliosis

Gülfem Ezgi ÖZALTIN¹

Rabia ÇELİKEL²

Naciye Dilruba TEKTAŞ GÜLBİL³

Introduction

Scoliosis is defined as a 3-dimensional deformity resulting from rotation in the transverse plane with at least 10 degrees of lateral flexion of the spine in the frontal plane. Idiopathic scoliosis is scoliosis that occurs without any cause. It is divided into groups according to the age of onset. Early-onset idiopathic scoliosis is the

¹ Inonu University, Faculty of Health and Science, Physiotherapy and Rehabilitation Department, gulfemezgi@gmail.com, 0000-0003-1591-4844

² Bitlis Eren University, Faculty of Health and Science, Physiotherapy and Rehabilitation Department, rabiaari123@gmail.com, 0000 0002 8498 1293

³ Inonu University, Faculty of Health and Science, Physiotherapy and Rehabilitation Department, tektasnaciye@gmail.com, 0000 0002 1775 690X

type of idiopathic scoliosis that starts between the ages of 5 and 7, while late-onset is the type of idiopathic scoliosis that starts after the age of 7 (Choudhry, Ahmad, & Verma, 2016). The North American Pediatric Orthopedic Association defines scoliosis that starts before the age of 10 as early-onset scoliosis. Idiopathic scoliosis is divided into 3 stages: infantile, juvenile, and adolescent scoliosis (El-Hawary & Akbarnia, 2015). The prevalence of adolescent idiopathic scoliosis is reported to be approximately 5%. The direction of the curve is usually indicated as right thoracic. The Cobb angle is usually used as the standard in measuring the curve. A curve greater than 10 degrees according to the Cobb angle is called scoliosis (Cheng et al., 2015). Although the pathogenesis of AIS is not fully understood, the possible underlying mechanisms have been classified. It has been suggested that multiple factors such as the central nervous system, skeletal-spine deformity, metabolic status, biomechanical factors, and bone metabolism may be involved. With the development of imaging and diagnostic methods, different factors have recently been suggested (Lowe et al., 2000; W. J. Wang et al., 2011). Some of these are axial rotational instability, internal dorsal posterior shear force, abnormal cerebral cortex thickness and abnormal cerebral cortex function, and asynchronous neuro-osseous growth complex. Osteopenia and leptin levels are considered to be factors affecting spinal deformity. Although the factors that may cause AIS have been predicted, it is unknown how they play a role in the progression of AIS and the degree or type of curvature (Castelein, van Dieën, & Smit, 2005; Wong, 2015).

Vestibular system

The vestibular system is considered a part of the nervous system that undertakes functions such as spatial awareness, postural control and balance. It is located in the petrous part of the temporal bone in the inner ear according to its location. It is divided into two as the peripheral and central vestibular systems. The peripheral vestibular system consists of five parts: 3 semicircular canals and 2 otolith organs (Flint et al., 2014). While the semicircular canals are sensitive to angular acceleration, the otolith organs are more sensitive to linear motion. All structures in the peripheral vestibular system carry sensory information specific to head movements to the central nervous system (Day & Fitzpatrick, 2005). The central vestibular system consists of the vestibular nerve, vestibular nuclei, cerebellum, vestibulo-ocular and vestibulospinal reflexes. The central vestibular system structures regulate the sensory stimuli coming from the periphery that are specific to them, and are responsible for maintaining and maintaining proper eye movements, balance and postural control (Khan & Chang, 2013).

The 3 important reflexes that play a role in maintaining balance and posture are the vestibulo-ocular (VOR), vestibulospinal (VSR) and vestibulocolic reflexes. The VOR controls the stability of the image and the movement of the eyes during head movement. It compensates for the shift in the image caused by head movement. It maintains the state of balance by controlling head and eye movements (Fetter, 2007). The vestibulospinal reflex controls the trunk and limb muscles in two basic ways. The lateral vestibulospinal tract; It facilitates the maintenance of balance by facilitating the extensor muscles of the trunk and extremity muscles

while moving or leaning towards something. The medial vestibulospinal tract plays a greater role in head and neck stabilization during movement (Barona, Garin, & Comeche, 1993). It contributes to the maintenance of balance by providing head position and gaze stability. The vestibulocollic reflex is responsible for the head remaining fixed relative to the body, i.e. head position (Goldberg & Cullen, 2011). The vestibular system activates the head, neck, and extremity muscles through reflexes (Forbes et al., 2013).

Vestibular system in adolescent idiopathic scoliosis

Central nervous system and neurophysiological dysfunction have been reported in AIS. The underlying neurophysiological mechanism is impaired somatosensory system, postural instability, proprioceptive dysfunction, and vestibular dysfunction. In a study, individuals with adolescent idiopathic scoliosis were evaluated with somatosensory evoked potentials. It was stated that individuals with AIS were more likely to experience somatosensory dysfunction compared to the control group (Chen, Qiu, Ma, Qian, & Zhu, 2014). When the volumetric changes in the cerebellum of individuals with scoliosis were examined, volumetric differences affecting the hemisphere were observed compared to the healthy group. This reveals the effect of the condition on motor coordination and balance (Shi et al., 2013). In a study examining the cortex structure of individuals with scoliosis with MRI, it was revealed that there was thinning in the sensorimotor cortex, which plays a role in motor control and visual processing. The researchers suggested that this thinning in individuals with scoliosis may be related to altered sensory processing and motor control, that there is an asymmetric

thinning in the cortex regions, and that it will affect posture control and coordination (D. Wang et al., 2012). Based on these results, it can be said that the brain regions that are abnormal in AIS are related to motor control, somatosensory and vestibular systems. Shi et al. examined the morphoanatomy of the vestibular system in individuals with AIS with an MRI study. The location of the centers of the semicircular canals relative to each other was found to be abnormal compared to healthy controls (Shi et al., 2011). Cakrt et al. found that the subjective visual vertical test in AIS was significantly changed compared to healthy controls. In another study, it was observed that saccadic functions and visual oculomotor functions of scoliosis patients with a curvature greater than 15 degrees were altered. Some animal studies were also conducted to understand the relationship between scoliosis and vestibular function. In one study, vertebral rotation towards the contralateral side was observed when unilateral otolith receptor lesions were created. In another study, vestibular asymmetry was induced in tadpoles. The study results confirmed that asymmetry in the vestibular system causes posture changes and causes scoliosis (Lambert et al., 2009). A systematic review examining the relationship between idiopathic scoliosis and the vestibular system confirmed that there is a physiological and morphological relationship between IS and the vestibular system (Hawasli, Hullar, & Dorward, 2015). Pialesse et al. examined vestibular evoked potentials in adolescent idiopathic scoliosis individuals. The study showed the relationship between the curve and the sensorimotor process and the vestibular system (Pialasse, Descarreaux, Mercier, Blouin, & Simoneau, 2015). In another study, some patients with AIS who had severe curves showed vestibular

and postural disorders, which led researchers to believe that there was no common etiological origin (Mirovsky, Blankstein, & Shlamkovitch, 2006). Similarly, Sahlstrand T. et al. used stabilometry and electronystagmography to evaluate the relationship between AIS and vestibular function, but could not find a relationship between them (Sahlstrand, Petruson, & Örtengren, 1979). Catanzariti et al. examined a total of twenty studies in a systematic review study examining the relationship between AIS and vestibular disorders. As a result of the studies reviewed, it was stated that there was no direct relationship between vestibular disorders and AIS (Catanzariti et al., 2014).

Conclusion

When the studies are examined, it is seen that there is no consensus on the relationship between scoliosis and the vestibular system. Although animal studies indicate that there is a morphoanatomical relationship between AIS and the vestibular system, there are also studies that claim the opposite. It is controversial which one causes the other in vestibular dysfunction and scoliosis. In addition to the hypothesis that vestibular asymmetry causes curvature, it should be considered that false peripheral stimulation caused by the existing curvature will also lead to changes in the vestibular system. When the studies are examined, it can be said that there is no direct relationship between AIS and the vestibular system, but that the vestibular, visual and somatosensory systems cause postural control disorders. Comprehensive studies are needed to determine the underlying etiology.

References

Barona, R., Garin, L., & Comeche, C. (1993). Study of the vestibulospinal reflex. Clinical applications of posturography. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*, 44(3), 217-221.

Castelein, R. M., van Dieën, J. H., & Smit, T. H. (2005). The role of dorsal shear forces in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis—a hypothesis. *Medical hypotheses*, 65(3), 501-508.

Catanzariti, J. F., Agnani, O., Guyot, M. A., Wlodyka-Demaille, S., Khenioui, H., & Donze, C. (2014). Does adolescent idiopathic scoliosis relate to vestibular disorders? A systematic review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 57(6), 465-479. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2014.04.003>

Chen, Z., Qiu, Y., Ma, W., Qian, B., & Zhu, Z. (2014). Comparison of somatosensory evoked potentials between adolescent idiopathic scoliosis and congenital scoliosis without neural axis abnormalities. *The Spine Journal*, 14(7), 1095-1098.

Cheng, J. C., Castelein, R. M., Chu, W. C., Danielsson, A. J., Dobbs, M. B., Grivas, T. B., . . . Newton, P. O. (2015). Adolescent idiopathic scoliosis. *Nature reviews disease primers*, 1(1), 1-21.

Choudhry, M. N., Ahmad, Z., & Verma, R. (2016). Adolescent idiopathic scoliosis. *The open orthopaedics journal*, 10, 143.

Day, B. L., & Fitzpatrick, R. C. (2005). The vestibular system. *Current biology*, 15(15), R583-R586.

El-Hawary, R., & Akbarnia, B. A. (2015). Early onset scoliosis—time for consensus. *Spine Deform* 3 (2): 105–106.

Fetter, M. (2007). Vestibulo-ocular reflex. *Neuro-Ophthalmology*, 40, 35-51.

Flint, P. W., Haughey, B. H., Lund, V. J., Niparko, J. K., Robbins, K. T., Thomas, J. R., & Lesperance, M. M. (2014). *Cummings otolaryngology-head and neck surgery e-book: head and neck surgery, 3-volume set*: Elsevier Health Sciences.

Forbes, P. A., Dakin, C. J., Vardy, A. N., Happee, R., Siegmund, G. P., Schouten, A. C., & Blouin, J.-S. (2013). Frequency response of vestibular reflexes in neck, back, and lower limb muscles. *Journal of neurophysiology*, 110(8), 1869-1881.

Goldberg, J. M., & Cullen, K. E. (2011). Vestibular control of the head: possible functions of the vestibulocollic reflex. *Experimental brain research*, 210, 331-345.

Hawasli, A. H., Hullar, T. E., & Dorward, I. G. (2015). Idiopathic scoliosis and the vestibular system. *European Spine Journal*, 24, 227-233.

Khan, S., & Chang, R. (2013). Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 437-443.

Lambert, F. M., Malinvaud, D., Glaunes, J., Bergot, C., Straka, H., & Vidal, P.-P. (2009). Vestibular asymmetry as the cause of idiopathic scoliosis: a possible answer from *Xenopus*. *Journal of Neuroscience*, 29(40), 12477-12483.

Lowe, T. G., Edgar, M., Margulies, J. Y., Miller, N. H., Raso, V. J., Reinker, K. A., & Rivard, C.-H. (2000). Etiology of idiopathic scoliosis: current trends in research. *JBJS*, 82(8), 1157.

Mirovsky, Y., Blankstein, A., & Shlamkovitch, N. (2006). Postural control in patients with severe idiopathic scoliosis: a prospective study. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 15(3), 168-171.

Pialasse, J.-P., Descarreaux, M., Mercier, P., Blouin, J., & Simoneau, M. (2015). The vestibular-evoked postural response of adolescents with idiopathic scoliosis is altered. *PLoS One*, 10(11), e0143124.

Sahlstrand, T., Petruson, B., & Örtengren, R. (1979). Vestibulospinal reflex activity in patients with adolescent idiopathic scoliosis: postural effects during caloric labyrinthine stimulation recorded by stabilometry. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 50(3), 275-281.

Shi, L., Wang, D., Chu, W. C. W., Burwell, G. R., Wong, T.-T., Heng, P. A., & Cheng, J. C. Y. (2011). Automatic MRI segmentation and morphoanatomy analysis of the vestibular system in adolescent idiopathic scoliosis. *Neuroimage*, 54, S180-S188.

Shi, L., Wang, D., Hui, S. C. N., Tong, M. C. F., Cheng, J. C. Y., & Chu, W. C. W. (2013). Volumetric changes in cerebellar regions in adolescent idiopathic scoliosis compared with healthy controls. *The Spine Journal*, 13(12), 1904-1911.

Wang, D., Shi, L., Chu, W. C. W., Burwell, R. G., Cheng, J. C. Y., & Ahuja, A. T. (2012). Abnormal cerebral cortical thinning pattern in adolescent girls with idiopathic scoliosis. *Neuroimage*, 59(2), 935-942.

Wang, W. J., Yeung, H. Y., Chu, W. C.-W., Tang, N. L.-S., Lee, K. M., Qiu, Y., . . . Cheng, J. C. Y. (2011). Top theories for the etiopathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 31, S14-S27.

Wong, C. (2015). Mechanism of right thoracic adolescent idiopathic scoliosis at risk for progression; a unifying pathway of development by normal growth and imbalance. *Scoliosis*, 10(1), 2.

