

Eylem Gözlem Terapisi ile Unilateral Serebral Palsili Çocuklarda Üst Ekstremitte Fonksiyonelliğinin Geliştirilmesi

Sinem ERTURAN*, Mustafa BURAK**, Bülent ELBASAN***

Öz

Eylem Gözlem Terapisi (EGT) hareketlerin izlenmesi sonrası aynı hareketlerin taklit edilmesi ile merkezi sinir sistemi restorasyonunu destekleyen nörorehabilitasyon temelli bir tedavi yaklaşımıdır. Serebral palsy, parkinson, inme, ortopedik yaralanmalar, alzheimer ve konuşma bozuklukları gibi pek çok hastalıkta, fonksiyonu gerçekleştiren nöral yapıları aktive etmek için nörofizyolojik mekanizmadan yararlanan yeni bir rehabilitasyon yaklaşımı olarak bilinir. Sağlıklı bireylerde ve nörolojik veya ortopedik etkilenimi olan bireylerde yapılan araştırmalar; EGT uygulamasının gözlemcinin motor sisteminde kolaylaştırmayı indüklediği ve eylem-algı eşleştirme mekanizmasını desteklediği bilinir. Bu derleme, Serebral Palsi (SP) tanılı çocuklarda üst ekstremitteye yönelik uygulanan EGT programlarının kullanımı ve etkinliği ile ilgili mevcut bilgileri gözden geçirmek amacıyla planlanmıştır. EGT kullanımının farklı koşullara kolayca adapte edilebilmesi, nöral plastsiteyi destekleyerek motor öğrenmeyi fasilite etmesi ve ekonomik olması nedeniyle, SP'li çocukların üst ekstremitte rehabilitasyonunda kullanımının uygun olduğu; ancak protokol, süre ve uygulama şekli açısından optimal uygulama prensiplerinin belirlenebilmesi için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Serebral palsy, üst ekstremitte, rehabilitasyon, nöroplastisite.

Improving Upper Extremity Functionality in Children with Unilateral Cerebral Palsy with Action Observation Therapy

Abstract

Action Observation Therapy (AOT) is a neurorehabilitation-based treatment approach that supports the restoration of the central nervous system by imitating the same movements after monitoring the movements. It is known as a new rehabilitation approach that utilizes the neurophysiological mechanism to activate the neural structures that perform the function in many diseases such as cerebral palsy, Parkinson's, stroke, orthopedic injuries, Alzheimer's and speech disorders. Studies in healthy individuals and individuals with

Derleme Makale (Review Article)

Geliş / Received: 28.03.2022 & **Kabul / Accepted:** 12.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.38079/igusabder.1094792>

* Arş. Gör., Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Çankaya, Ankara. E-posta: snm.ertur@gmail.com [ORCID https://orcid.org/0000-0002-3135-5248](https://orcid.org/0000-0002-3135-5248).

** Arş. Gör., Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Çankaya, Ankara. E-posta: ptmustafaburak@gmail.com [ORCID https://orcid.org/0000-0002-2372-0102](https://orcid.org/0000-0002-2372-0102).

*** Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Çankaya, Ankara. E-posta: bulentelbasan@gazi.edu.tr [ORCID https://orcid.org/0000-0001-8714-0214](https://orcid.org/0000-0001-8714-0214).

neurological or orthopedic effects; it is known that AOT application induces facilitation in the observer's motor system and supports the action-perception matching mechanism. This narrative review was planned to look through the available information on the use and effectiveness of AOT programs for the upper extremity in children with Cerebral Palsy (CP). The use of AOT is appropriate in the upper extremity rehabilitation of children with CP, since it can be easily adapted to different conditions, facilitates motor learning by supporting neural plasticity, and is economical; however, it is thought that more detailed studies are needed to determine the optimal application principles in terms of protocol, duration and application method.

Keywords: Cerebral palsy, upper extremity, rehabilitation, neuroplasticity.

Giriş

Serebral Palsi (SP) prenatal, perinatal ve postnatal dönemde beyin hasarını takip eden çok yönlü, ilerleyici olmayan ancak yaşamın ilk yıllarından itibaren motor ve postüral bozukluklara neden olan bir takım kalıcı bozukluğu tanımlar¹. 2013 yılında Oskoui ve arkadaşlarının SP prevalansını belirlemek amacıyla yaptıkları derlemeye; 1985 ve 2011 yılları arasında SP prevalansını inceleyen ve yayın dili İngilizce ve Fransızca olan uygun kalitedeki tüm çalışmalar dâhil edilmiştir. Çalışma sonucunda SP prevalansının 1000 canlı doğumda 2,11 olduğu belirlenmiştir². Türkiye’de yapılan bir çalışmada ise; SP prevalansı 1000 canlı doğumda 4,4 olarak belirlenmiştir³. Motor bozukluklar, beynin kontralateral veya bilateral yaralanması sonucunda, vücutta unilateral veya bilateral olarak görülebilir⁴. Unilateral SP (USP), tüm SP vakaları içinde vakaların %38’ini oluşturmaktadır⁵. USP’li çocuklarda, genellikle üst ekstremitelerden daha fazla etkilenim gösterir. Bu çocuklar etkilenmiş üst ekstremitelerini kullanmak yerine etkilenmemiş tarafı kullanmayı tercih ederler. Bu durumda gelişimsel ihmal gelişir. Bunun sonucunda da üst ekstremiteler kortikal temsilin gelişimi baskılanmaktadır^{6,7}. USP’li çocuklar çoğunlukla bağımsız yürüyebilir, ancak üst ekstremitenin bimanuel görevlerini içeren uzanma, kavrama, bırakma ve manipülasyon gibi günlük yaşam aktivitelerinde problemler yaşarlar⁸⁻¹⁰.

USP’li bireylerde üst ekstremiteler için tedavi yaklaşımları, nöroplastisitenin 2 temel bileşenine dayanmaktadır. Birincisi, etkilenmemiş hemisfer içindeki ipsilateral motor projeksiyonların hayatta kalmasının sağlanması; ikincisi ise, kontralateral yeniden düzenlemenin sağlanması şeklindedir¹¹. Burada uyumsuz nöroplastisite yeniden düzenlenerek, amaca uygun nöroplastisitenin sağlanmasının aktif olarak hedeflenmesi gerekir¹². Son yıllarda terapötik müdahaleler, geleneksel tedavi yaklaşımlarından uzaklaşarak, kortikal reorganizasyonu amaçlayan, nöroplastisiteye dayanan yaklaşımlar olarak değişmiştir¹³. Bu temele dayanan nörorehabilitasyon yaklaşımlarının ana hedeflerden biri, bireylerin İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırmasına (ICF) göre aktivite ve katılımını en üst düzeye çıkarmaktır¹⁴. Kısıtlayıcı Zorunlu Hareket Tedavisi (CIMT), Bimanuel Yoğunlaştırılmış Üst

Ekstremitte Eğitimi (HABIT), Hedefe Yönelik Fonksiyonel Terapi, Sanal Gerçeklik Uygulamaları, Robotik Rehabilitasyon, Ayna Terapisi ve Eylem Gözlem Terapisi (EGT) bu yaklaşımlardan bazılarıdır¹⁵. Bu yaklaşımlardan CIMT, daha az etkilenen üst ekstremitenin kullanımının uyanık olunan saatlerin belli bir kısmında kısıtlanarak, daha fazla etkilenen ekstremitenin yoğun eğitiminin sağlanmasıyla, öğrenilmiş kullanmamanın elimine edilmesini temel alan bir yaklaşımdır¹⁶. HABIT, yoğun bimanual oyun ve fonksiyonel aktiviteler kullanarak iki elin koordinasyonunu geliştirmeye odaklanan bir yaklaşımdır¹⁷. Bu iki müdahalenin süre ve yoğunluklarında tolerasyon problemlerinin yaşanması, ayrıca müdahalelerin sadece USP'li çocuklar için geliştirilmiş olması gibi sebepler nedeniyle klinik uygulamada zorluklar yaşanmaktadır¹⁸. Nörorehabilitasyonu temel alan bir diğer tedavi yaklaşımı, SP'li çocuklarda üst ekstremitte motor fonksiyonunu iyileştirmeye yönelik, yeterli görsel ve işitsel geri bildirimle, hedefe yönelik görevlerin tekrarlayan uygulamasının kullanıldığı robotik rehabilitasyondur¹⁹. Ancak robotik rehabilitasyonun günlük yaşam aktivitelerine etkisinin yetersiz olması²⁰ ve yüksek maliyetler nedeniyle erişimin zor olması robotik rehabilitasyon kullanımını kısıtlamaktadır²¹. Ayna terapisi ise, hastanın etkilenmiş ekstremitelerini etkilenmemiş gibi görebilmesi için hastanın midsagittal düzlemine bir ayna yerleştirilmesiyle, görsel ve propriozeptif geri bildirimlerin sağlandığı nörofizyolojik temelli başka bir yaklaşımdır²². Ayna terapisinin, ayna nöron sistemini (ANS) aktive etmesi nedeniyle EGT yaklaşımına benzer nörofizyolojiye sahip olduğu düşünülmektedir²³. Ancak ayna terapisinde, kişinin kendi etkilenmemiş ekstremitesi tedavide kullanılırken, EGT uygulamasında başka bir kişinin ilgili ekstremitesindeki aktiviteler canlı veya video aracılığıyla izlenmektedir^{23,24}. Motor temsilleri hedefleyen bu tedavi modaliteleri motor öğrenme ve rehabilitasyon sürecini daha da verimli hale getirmektedir. Temelinin nörofizyolojik perensiplere dayandığı ve sonuçların objektif yöntemlerle değerlendirildiği nörorehabilitasyon yaklaşımları son yıllarda gelişmiş ve literatürde yer almaya başlamıştır^{25,26}. Bu yöntemler arasında yer alan ve anlamlı eylemlerin hasta tarafından gözlenmesinin ardından taklitlerinin yapılması temeline dayanan EGT, son yıllarda gündeme gelen bir nörorehabilitasyon yaklaşımıdır.

Unilateral SP'li hastalarda, bozulmuş ekstremitte ve gövde işlevleri nedeniyle, bağımsızlık, katılım ve yaşam kaliteleri olumsuz etkilenmektedir. Bu çalışmada amacımız, EGT uygulamasının kullanımını ve etkinliğini analiz eden güncel araştırma raporlarını sunmaktır. Çalışmanın, fizyoterapistlerin SP'li bireylerin tedavi protokollerine ekleyecekleri EGT yaklaşımının, programlarına uygunluğunu değerlendirmeye yardımcı olması planlanmaktadır. Çalışma için PubMed, Google Scholar, Cochrane Library, Embase veritabanları kullanılarak arama yapılmıştır. "AOT, Action observation treatment, action observation therapy, cerebral palsy" kelimelerinin konfigürasyonları kullanılarak arama yapılmıştır. Makaleler ilgili içerik açısından kontrol edilmiş ve aşağıdaki kriterlere göre dâhil edilmiştir: Yayın dili İngilizce olması, belirlenen anahtar kelimeleri içermesi, 2010-2022 yılları arasında yayımlanması. Hariç tutulma kriteri ise konferans

özetleri/ bildiriler olmasıdır. Bu çalışma tanımlayıcı bir derleme olduğundan, yazarlar yüksek kaliteli klinik çalışmaların alt kümesini seçmişlerdir.

Eylem Gözlem Terapisi Nedir?

Beyin görüntüleme verileri gibi nörofizyolojik kanıtlar, aktivitenin izlenmesinin ve uygulanmasının sensorimotor kortekste benzer bölgeleri aktive ettiğini göstermiştir^{27, 28}. Hem maymunlarda hem de insanlarda yapılan çalışmalarda çekirdek bölgeleri ventral premotor ve alt parietal korteks bölgelerinin hedefe yönelik motor eylemler gerçekleştirildiğinde ve bu aktiviteler gözlemlendiğinde aktive olduğu bildirilmiştir²⁹. Bu; başka biri tarafından yapılan bardağa su doldurulma, bardağın ağza götürülmesi gibi günlük rutin aktivitelerin gözlemlenmesi ile beyinde oluşan nöral değişikliklerin, aynı aktivitelerin kişinin kendisinin yaptığı sırada oluşan nöral değişikliklerle benzer olduğu anlamına gelmektedir. Eylemin gözlenmesi ve yürütülmesinin birleştirildiği bu mekanizmadan ayna nöronlar sorumludur ve bunlar beynin iki tarafında frontal premotor, parietal ve temporo-okspital korteks içerisinde yer almaktadır³⁰. Bu ayna nöron sisteminin aktive edilmesinin; eylemi anlama, taklit etme ve motor öğrenmede etkili bir yaklaşım olabileceği bildirilmiştir²³. Tüm bu bulgular göz önünde bulundurulduğunda, anlamlı eylemlerin izlenmesinin ardından bunların yürütülmesi olarak gerçekleştirilen EGT, son zamanlarda gündeme gelen ve çeşitli hastalıklar üzerine etkisinin araştırıldığı bir yaklaşımdır^{31,32}. Yapılan çalışmalarda, bir eylemin gözlemlenmesinin veya imgelemesinin ardından gerçekleştirilen eylemin kendisiyle eşleştirilerek, hareketin yürütülmesini kolaylaştırdığı ve bozulmuş motor fonksiyonun yeniden öğrenilmesine ortam hazırladığı bildirilmiştir³³.

Tipik olarak EGT; kişinin günlük hayatta rutin olarak yaptığı aktivitelerin kullanıldığı bir rehabilitasyon yaklaşımıdır. Üst ekstremiteye yönelik video temelli EGT uygulaması sırasında çocuğun, 22-55 inç'lik (~56-140 santimetre) bir ekrandan 1 metre uzakta, ayaklar yere tamamen temas ederek, üst ekstremitenin rahat bir şekilde desteklendiği bir masada oturması sağlanır. On beş günlük örnek bir EGT protokolünün içerisinde bulunan eylemlerin 7 tanesi bimanuel, 8 tanesi ise unimanuel aktivitelerden oluşturulmuştur (Tablo 1). Bu aktiviteler kişinin bozukluklarına ve taleplerine göre değiştirilebilmektedir. Rehabilitasyon seanslarında, hastadan bir ekran karşısında yürütülen video klipleri gözlemlenmeleri ve ardından aynı aktiviteleri izledikleri süre kadar aktif olarak gerçekleştirmeleri istenmektedir. Her rehabilitasyon seansında bir eylem uygulanmaktadır. Her eylem kendi içerisinde üç ila dört alt motor harekete ayrılmaktadır. Örneğin; bardaktan su içme aktivitesi şu şekilde alt motor hareketlere ayrılabilir: (1) suyu sürahidenden bardağa dökme, (2) bardağa şeker ekleme, (3) bardağı ağza götürme. Her alt motor segment tipik olarak 3 dakika boyunca izlenmektedir. Eylemlerin alt motor segmentlerinin olduğu ilk video 3 dakika boyunca izlendikten sonra (gözlem aşaması), hastadan aynı aktiviteyi 3 dakika boyunca aktif olarak taklit etmesi istenmektedir (uygulama aşaması). Hazırlanan videoların günlük yaşam aktivitelerine mümkün olduğunca uyarlamak için kişilerin günlük

hayatta kullandıkları nesnelere seçilmesi önemlidir. Bu durumun motor öğrenmeyi hızlandıracağı çalışmalarla desteklenmektedir³⁴. Uygulama aşamasında, hastadan elinden gelen en iyi şekilde aktiviteyi taklit etmesi istenir ancak tedavinin odak noktasının eylemin kalitesi değil, gözlemlenmesi olduğu bilgisi hastaya verilmelidir. Bu yaklaşım ile konuşma, üst - alt ekstremiteler ve gövde gibi farklı efektörlerin farklı hastalıklara göre tedavisi mümkündür.

EGT uygulamasında net bir süre ve tedavi sıklığı bulunmadığından optimal pozoloji tanımlamak mevcut çalışmalarla mümkün değildir. Yapılan araştırmalarda, müdahale süresinin 8 gün ile 12 hafta, uygulama sıklığının haftada 2 gün ile 7 gün, her bir video kaydının izlenmesi için ayarlanan zamanın ise 10 ila 60 dakika arasında değiştiği ancak en ideal uygulama şeklinin 4 hafta, haftada 5 gün ve günde 30 dakika olduğu bildirilmiştir³⁵⁻⁴¹. EGT videolarının birinci şahıs bakış açısı veya farklı bakış açılarından hazırlandığı çalışmalar yer almaktadır⁴². EGT uygulamasının telerehabilitasyon veya yüz yüze yapılabileceği de bildirilmiştir²³.

Tablo 1. Eylem Gözlem Terapisi örnek aktivite protokolü³⁸

Eylem Gözlem Terapisi Aktiviteleri		
	Unimanuel aktiviteler	Bimanuel aktiviteler
1	Kavanoz kapağını açın, içinden şekeri alın-bardağa koyun-bardağa su doldurun.	Delgeçle kâğıdı delin ve delikleri eşleştirin
2	Renkli kartlar arasından (sarı, kırmızı, mavi) bir kart seçin, ters çevirin, benzer şekillerle birleştirin	Bezi ıslatın ve sıkın, oyuncak çamaşır makinesine yerleştirin
3	Kauçuk damgayı alın, karşılıklı yatay ve dikey düzleme bastırarak damgalayın	Mandal içine kartları yatay ve dikey düzlemde sıkıştırın
4	Bozuk parayı alın, yuvadan para kutusuna koyun	Oyun hamurunu yuvarlayın-bastırın ve fırına yerleştirin
5	Hayvan şeklindeki sünger damgasını alın, karşılıklı yatay ve dikey düzlemde bastırarak boyayın	Cüzdana bozuk para koyun- cüzdani kutuya koyun
6	Sprey kutusunu alın ve sıkın	Sulu boya kullanarak fırçayla şablonu boyayın
7	İçi sim dolu tüpün kapağını açın ve kağıt üzerine biraz dökün	Çerçeveyi mozaik parçalarıyla süsleyin
8	Oyuncak oltayı alın ve manyetik hayvanları yakalayın	

Eylem Gözlem Terapisi'nin Nörofizyolojik Etkisi

Ayna nöron sisteminin keşfi, ilk kez doksanlarda bir grup araştırmacı tarafından makak beyninin araştırılmasıyla ortaya çıkmıştır⁴³. Daha sonraki süreçte, insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda da benzer bir sistemin varlığı keşfedilmiş ve beyin görüntüleme yöntemlerinin yapıldığı çalışmalarla da desteklenmiştir^{29,44-46}. Ayna nöron sistemi, beyin çeşitli bölgelerinde bulunan bir dizi nöron olarak tanımlanmıştır. Bu özel nöron grubunun, kişi gerçekleştirilen bir eylemi gözlemlediğinde veya eylemi fiziksel olarak gerçekleştirdiğinde benzer şekilde aktive olduğu bulunmuştur⁴⁷. Ayna nöron sisteminin çekirdekleri, inferior frontal gyrus, dorsal premotor ve inferior parietal korteks, supplementary motor alan ve supplementary temporal gyrusta yer almaktadır⁴⁷. İnsanlarda ayna nöronlar, özellikleri premotor korteks ve alt parietal lobun rostral kısmında bulunmaktadır ve birbirine bağlı olan bu alanlar, eylemleri organize eden bir sinir ağı oluşturur⁴⁸. Elektroensefalografi (EEG)'nin kullanıldığı çalışmalarda eylem gerçekleştirilirken aktif olan beyin bölgelerinde, eylemi gözlemlerken de sinyal artışı olduğu bulunmuştur^{49,50}. Benzer şekilde, eylemin sadece gözlemlenmesinin, eylemin yürütüldüğü sırada aktive olan premotor ve parietal korteksin farklı kısımlarını aktive ettiği bulunmuştur⁵¹.

EGT; motor sistemin aktivasyonunu kolaylaştıran, hasarlı serebral ağları kurtaran, sağlam kortikal ağları güçlendiren, hareketin kalitesini düzenleyen, kortikal değişikliklerin yeniden düzenlenmesini ve farkındalık açısından restorasyonunu destekleyen merkezi mekanizmaları hedef alan bir yaklaşımdır^{13,52}. Uygulama öncesi ve sonrası nörofizyolojik sonuçların karşılaştırıldığı çalışmalarda, elin temsil alanlarına karşılık gelen kafa derisi konumlarındaki μ ritmini arttırdığını ve bununla paralel şekilde el fonksiyonlarında iyileşmelerin görüldüğü tespit edilmiştir⁵³. Farklı nörolojik etkilenimli hastalarda da, EGT uygulamasının fonksiyonel manyetik rezonans (fMRI) çalışmalarında ventral premotor, supplementary motor korteks ve superior temporal gyrus gibi sensorimotor alanların yeniden düzenlenmesinde etkili olduğu bulunmuştur⁵⁴.

Eylem Gözlem Terapisi Kimlerde Kullanılır?

EGT üzerine yapılan randomize kontrollü çalışmalar incelendiğinde; inme, parkinson hastalığı, multiple skleroz, serebral palsi, konuşma bozuklukları ve cerrahi sonrası ortopedik yaralanmalar gibi hastalıklarda farklı motor becerileri geliştirmede etkili bir yaklaşım olduğu sonucuna varılır⁵⁵⁻⁵⁷. Yapılan bir çalışmada, EGT'nin standart motor eğitimden daha faydalı olduğu, gerek ortopedik yaralanmalarda gerekse nörolojik etkilenimlerde motor iyileşmeyi arttırdığı bildirilmiştir⁵⁵.

EGT, El Becerileri Sınıflama Sistemi'ne göre 4 ve altındaki, House El Fonksiyon Sınıflamasına göre ise 4 ve üstündeki seviyelerde olan, kognitif durumu açısından IQ seviyesi 70 ve üzerinde olan, görsel ve işitsel kaybı olmayan SP'li çocuklardaki kullanımı literatürde sıklıkla yer almaktadır^{38,58}. Temelini ayna nöronlardan alan bir tedavi yaklaşımı olduğu için, etki

mekanizmasının incelenmesi bu sistemin gelişimi ve değişimi üzerinden yapılabilmektedir. EGT'nin, bebeklerde erken dönemden itibaren, kortikal alanların aktivasyonunu sağlayarak motor öğrenmeyi geliştirdiği bildirilmiştir ancak yeterli çalışma yoktur⁵⁹⁻⁶². Bununla beraber ANS'nin aktivitesinin kişinin bilişsel işlevleriyle paralel olarak geliştiği, bu nedenle EGT için ideal yaşın ilkokul çağı ve sonrası olduğu bildirilmiştir^{63, 64}.

EGT'nin uygulandığı parkinson ve inme çalışmalarında denge, motor beceriler, üst ekstremitte fonksiyonları, yürüme yeteneği ve aerobik kapasite üzerinde güçlü kanıt düzeyinde çalışmalar bulunmaktadır^{35,37,41,65-72}. Ortopedik hastalıklarda ağrı, sertlik, yürüyüş, denge ve fonksiyonel durumu iyileştirdiğini gösteren orta kalitede kanıtlar bulunmaktadır^{73,74}. Benzer şekilde ortopedik yaralanma sonrasındaki immobilizasyona bağlı kortikal depresyona engel olabileceği de bildirilmiştir⁷⁵. Multiple Sklerozlu kişilerde kavrama gücünü iyileştirdiğini kanıtlayan orta düzeyde çalışmalar bulunmaktadır³⁹. Yine orta düzeyde kanıta sahip olan SP'li popülasyonda bimanuel aktivite, el becerileri, spastisite ve yürüme fonksiyonlarının iyileştirdiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır^{38,76-79}. EGT'nin, fantom ağrısı üzerinde de etkili olduğu bildirilmiştir⁸⁰. Yöntemin nörolojik ve kas-iskelet sistemi üzerindeki olumlu etkisinin yanında konuşma terapisi üzerinde de etkili olduğuna dair çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Bu yaklaşım için kesin sonuçların elde edilebilmesi için daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmasıyla beraber, öğrenilmesi istenen kelimelerin söylenmesi ve bunun gözlemlendikten sonra aktif taklidinin yapılması şeklinde uygulanan EGT yaklaşımının olumlu etkisinin olduğu bildirilmiştir^{57, 81}.

EGT'nin sağlıklı bireyler üzerinde de motor öğrenmeyi geliştirdiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır⁸². Profesyonel atletler gibi sporcularda yaralanma sonrası rehabilitasyonda ve performans artırılmasında etkili bir yöntem olduğu çalışmalarla desteklenmiştir⁸³. Yapılan başka bir araştırmada ise, sağlıklı uzman dansçıların, kendi tarzında dans eden başka bir dansçıyı izlemesinin fMRI görüntülerinde daha güçlü rezonans yarattığı bulunmuştur⁸⁴. Ayrıca EGT'de uygulanan aktivitelerin, ipsilateral ekstremitenin yanı sıra kontralateral ekstremitede de gelişim sağladığı bildirilmiştir⁸⁵.

Neden Eylem Gözlem Terapisi?

EGT, uygulanan hasta popülasyonuna ve hastaların özel ihtiyaçlarına göre kolayca uyarlanabilen, maliyeti yüksek olmayan bir yaklaşımdır⁸⁶. Bununla beraber, tüm rehabilitasyon süreci telerehabilitasyon aracılığıyla hastanın evinde yapılabilmekte ve gerektiğinde bakım verenlerin katılımıyla tekrar tekrar uygulanabilmektedir²³. Bununla ilişkili olarak fizyoterapist üzerine düşen yük de nispeten azaltılabilmektedir⁵⁶. EGT'de seçilen aktivitelerin alt motor segmentlere ayrılması sayesinde, hareketin tüm detayları dikkatli bir şekilde takip edilmekte ve bu da motor öğrenmeyi fasilite etmektedir^{86,87}.

Tüm bunlara karşın; EGT, hastaların fizyoterapist ile işbirliği içinde olması gereken bir rehabilitasyon yöntemi olduğu için, yapılan uygulamaya gösterilen özen açısından dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmalıdır²³.

Eylem Gözlem Terapisi ve Unilateral Serebral Palside Kullanımı

EGT nörorehabilitasyon alanında son yıllarda gündeme gelen, farklı hastalıklarda uygulanabilen oldukça dikkat çekici bir yaklaşım olmasıyla birlikte USP'li çocuklarla ilgili araştırma sayısı oldukça sınırlıdır. 2014 yılında yapılan bir derlemede, EGT uygulamasının USP'li bireylerde kullanımının yeni gelişen bir uygulama olması nedeniyle daha fazla çalışmalara ihtiyaç olduğu bildirilmiştir⁸⁸. 2020 yılında USP'li çocuklarda EGT uygulamasının üst ekstremitate fonksiyonu üzerine etkisini inceleyen bir derlemede ise; USP'li çocukların üst ekstremitate rehabilitasyonu için umut verici bir müdahale olduğu ancak daha kaliteli randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç olduğu rapor edilmiştir⁸⁹. 2021 yılında yapılan ve EGT'nin ICF çerçevesinde araştırıldığı çalışmaların incelendiği bir derlemede, SP'li bireylerde EGT ile ilgili orta düzeyde kanıtlar sağlanmış, EGT'nin ICF parametrelerini iyileştirmede avantajlı bir yaklaşım olduğu gösterilmiştir. Ancak araştırmaya dâhil edilen uygulamaların heterojenliği nedeniyle tedavi parametreleriyle ilgili herhangi bir sonuca varılamayacağı bildirilmiştir⁹⁰.

Simon-Martinez ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada 44 USP'li çocuk (6-12 yaş) randomize olarak CIMT+EGT ve CIMT+Plasebo olarak iki gruba ayrılmıştır. CIMT uygulaması 9 gün boyunca her gün 6 saat olacak şekilde; EGT uygulamaları ise toplam 15 saat olacak şekilde planlanmıştır. Plasebo EGT grubunda, herhangi bir motor performans içermeyen manzara veya oyun videoları izletilmiştir. Çalışma sonucunda, el becerilerinde, kavrama kuvvetinde, üst ekstremitate kas kuvvetinde ve eklem hareket açıklığında anlamlı düzeyde iyileşmeler olduğu, ancak spastisite ve bimanuel becerilerde iyileşmeler olmakla beraber bu iyileşmelerin gruplar arasında anlamlı düzeyde farklılık yaratmadığı bildirilmiştir. Ayrıca CIMT uygulamasına eklenen EGT uygulamasının başlangıçta daha kötü bimanuel performansı olan çocuklarda daha yüksek kazanımlara yol açtığı da bildirilmiştir³⁸.

Buccino ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada 18 USP'li çocuk (5-11 yaş) randomize olarak EGT ve Plasebo EGT olarak iki gruba ayrılmıştır. 3 hafta boyunca, haftanın 5 günü uygulanan program sonucunda EGT grubunda üst ekstremitenin bimanuel ve unimanuel kullanımının anlamlı olarak daha fazla geliştiği bildirilmiştir⁷⁶.

Kim ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada 10 SP'li çocuk randomize olarak 30 dakika EGT (10,2±1,3 yaş) ve 60 dakikalık EGT (9,4±1,3 yaş) uygulamaları olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. 4 hafta boyunca, haftanın 3 günü olacak şekilde uygulamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda her iki gruptaki SP'li çocukların bimanuel-unimanuel el fonksiyonlarında ve kavrama kuvvetinde anlamlı düzeyde gelişmeler olduğu ancak gruplar arasında fark olmadığı bildirilmiştir. Çalışma

sonucunda üst ekstremitte fonksiyonunu iyileştirmek için basit ve çok zaman almayan günlük 30 dakikalık EGT uygulamasını önermişlerdir⁹¹.

Kim ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, 16 SP'li çocuk randomize olarak EGT (9,13±2,36 yaş) ve Plasebo EGT (9,25±3,15 yaş) olarak iki gruba ayrılmıştır. 4 hafta boyunca, haftanın 3 günü, günde 30 dakika olacak şekilde protokol uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, üst ekstremitte becerilerinde, spastisitede ve aktivite katılım düzeylerinde anlamlı düzeyde gelişmeler olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda EGT uygulamasının SP'li çocuklarda rehabilitasyon için etkili bir yöntem olabileceği öne sürülmektedir⁹².

Sgandurra ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, 24 SP'li çocuk randomize olarak EGT (9,48±2,12 yaş) ve Plasebo EGT (9,94±2,77 yaş) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. 3 hafta boyunca günde 60 dakika olacak şekilde protokol uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, üst ekstremitte unimanuel becerilerinde gelişme olduğu, ancak bimanuel becerilerindeki gelişmenin anlamlı olmadığı bildirilmiştir⁷⁹.

SP'li çocuklarda motor planlama ve yürütmeyi iyileştirmede EGT'nin etkinliğine ilişkin umut verici sonuçlar gösterilmiştir^{64,76,78}. Ayrıca Quadrelli ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada SP'li çocuklara (4-14 yaş) uygulanan EGT'nin, fonksiyonel gelişmeyle beraber beyin el motor alanında μ ritim değişikliği yarattığı bildirilmiştir. Çalışma sonucunda EGT'nin SP'li çocuklarda üst ekstremitte motor iyileşmeyi sağladığı ve sensorimotor alanların aktivasyonunu modüle ederek, klinik faydanın yanında potansiyel bir nörofizyolojik etkisinin de olduğu bildirilmiştir⁵³.

Güncel literatür, EGT uygulamasının telerehabilitasyon yöntemiyle evde de uygulanabilir bir tedavi protokolü olduğunu ve geleneksel fizyoterapiye ek olarak uygulanan EGT'nin tedavi verimini arttırdığını bildirmiştir^{55,93,94}. Ancak EGT uygulamasının geleneksel fizyoterapi ve rehabilitasyon programlarından ziyade, tüm vücut vibrasyonu, fonksiyonel elektrik stimülasyonu gibi tedavi yaklaşımlarıyla kombine kullanımının daha verimli olacağı da bildirilmektedir^{95,96}. Başka bir çalışmada ise USP'li çocuklarda üst ekstremitte fonksiyon ve hareket kinematiği açısından EGT uygulamasındaki aktivitelerin, yüz yüze canlı bir uygulayıcıdan izlenmesinin, video kaydı üzerinden izlenmesinden daha verimli olacağı bulunmuştur⁹⁷. Hatta EGT uygulaması sırasında gözlemlenecek modelin, tedaviyi alan çocukla benzer yaşlarda olmasının tedavideki verimi arttıracığı bildirilmiştir⁹⁸. Ancak EGT sırasında sözel uyarıların verilmesinin ve izletilecek olan videoların görüş açısının tedaviye katkısı ise henüz araştırılmamış ve bu konudaki literatür eksiği giderilmemiştir.

Sonuç

USP'li çocuklarda üst ekstremitenin etkin kullanımı, günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlıkları için oldukça önemlidir. Bu durumu göz önünde bulundurarak incelediğimiz EGT uygulamasının

USP'li bireylerin üst ekstremit motor fonksiyonlarında iyileşmeleri artırdığı görülmektedir. Sonuç olarak, EGT, üst ekstremitte rehabilitasyonunda nörofizyolojik temelleri kanıtlanmış ve USP'li çocuklar için umut verici bir nörorehabilitasyon yaklaşımı olarak görünmektedir. Bu uygulama; invaziv olmayan, maliyeti düşük, kişiye özel şekillenebilir ve telerehabilitasyona uyarlanabilir olması gibi avantajlara sahipken, kognitif problemi veya dikkat eksikliği olan çocuklarda uygulanmasının zor olması gibi dezavantajlara da sahiptir.

Öneriler

EGT uygulamasının USP'li çocukların üst ekstremitte rehabilitasyonunda umut verici bir yaklaşım olduğu, ancak optimal sıklığı, yoğunluğu ve kombine edilecek müdahalelerin belirlenmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, Dan B, Jacobsson B. A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl.* 2007;109(suppl 109):8-14.
2. Oskoui M, Coutinho F, Dykeman J, Jetté N, Pringsheim T. An update on the prevalence of cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol.* 2013;55(6):509-519.
3. Serdaroğlu A, Cansu A, Özkan S, Tezcan S. Prevalence of cerebral palsy in Turkish children between the ages of 2 and 16 years. *Developmental Medicine and Child Neurology.* 2006;48(6):413-416.
4. Cans C, De-la-Cruz J, Mermet M-A. Epidemiology of cerebral palsy. *Paediatrics and Child Health.* 2008;18(9):393-398.
5. Himmelmann K, Hagberg G, Uvebrant P. The changing panorama of cerebral palsy in Sweden. X. Prevalence and origin in the birth-year period 1999-2002. *Acta Paediatr.* 2010;99(9):1337-1343.
6. Ferrari A, Cioni G. *The Spastic Forms of Cerebral Palsy: A Guide To The Assessment of Adaptive Functions*: Springer; 2009.
7. Eliasson A-C, Bonnier B, Krumlinde-Sundholm L. Clinical experience of constraint induced movement therapy in adolescents with hemiplegic cerebral palsy—a day camp model. *Developmental Medicine and Child Neurology.* 2003;45(5):357-360.

8. Boxum AG, La Bastide-Van Gemert S, Dijkstra LJ, Hamer EG, Hielkema T, Reinders-Messelink HA, et al. Development of the quality of reaching in infants with cerebral palsy: a kinematic study. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2017;59(11):1164-1173.
9. Sakzewski L, Ziviani J, Boyd R. Systematic review and meta-analysis of therapeutic management of upper-limb dysfunction in children with congenital hemiplegia. *Pediatrics*. 2009;123(6):e1111-e1122.
10. Keeratisiroj O, Thawinchai N, Siritaratiwat W, Buntragulpoontawee M. Prognostic predictors for ambulation in Thai children with cerebral palsy aged 2 to 18 years. *Journal of Child Neurology*. 2015;30(13):1812-1818.
11. Staudt M, Gerloff C, Grodd W, Holthausen H, Niemann G, Krägeloh-Mann I. Reorganization in congenital hemiparesis acquired at different gestational ages. *Ann Neurol*. 2004;56(6):854-863.
12. Snodgrass SJ, Heneghan NR, Tsao H, Stanwell PT, Rivett DA, Van Vliet PM. Recognising neuroplasticity in musculoskeletal rehabilitation: a basis for greater collaboration between musculoskeletal and neurological physiotherapists. *Manual Therapy*. 2014;19(6):614-617.
13. Sallés L, Gironès X, Martín-Casas P, Lafuente JV. A neurocognitive approach to recovery of movement following stroke. *Physical Therapy Reviews*. 2015;20(5-6):283-289.
14. van Hedel HJ, Häfliger N, Gerber CN. Quantifying selective elbow movements during an exergame in children with neurological disorders: A pilot study. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2016;13(1):1-12.
15. Novak I, Morgan C, Fahey M, et al. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2020;20(2):3.
16. Shi YX, Tian JH, Yang KH, Zhao Y. Modified constraint-induced movement therapy versus traditional rehabilitation in patients with upper-extremity dysfunction after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(6):972-982.
17. Gordon AM, Schneider JA, Chinnan A, Charles JR. Efficacy of a hand–arm bimanual intensive therapy (HABIT) in children with hemiplegic cerebral palsy: A randomized control trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2007;49(11):830-838.

18. Manzoor N, Kashif M, Haroon B, Dastgir A, Iram H. Parent's perception of constraint induced movement therapy in cerebral palsy management in rehabilitation centers of Lahore. *Innovation*. 2019;69(3):373-377.
19. Chen Y-P, Howard AM. Effects of robotic therapy on upper-extremity function in children with cerebral palsy: A systematic review. *Developmental Neurorehabilitation*. 2016;19(1):64-71.
20. Gilliaux M, Renders A, Dispa D, et al. Upper limb robot-assisted therapy in cerebral palsy: A single-blind randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2015;29(2):183-192.
21. Lo K, Stephenson M, Lockwood C. The economic cost of robotic rehabilitation for adult stroke patients: A systematic review. *JBI Database System Rev Implement Rep*. 2019;17(4):520-547.
22. Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*. 2009;132(7):1693-1710.
23. Buccino G. Action observation treatment: A novel tool in neurorehabilitation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2014;369(1644):20130185.
24. Bhasin A, Srivastava MP, Kumaran SS, Bhatia R, Mohanty S. Neural interface of mirror therapy in chronic stroke patients: a functional magnetic resonance imaging study. *Neurology India*. 2012;60(6):570-6.
25. Buccino G, Lui F, Canessa N, et al. Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: an FMRI study. *J Cogn Neurosci*. 2004;16(1):114-126.
26. Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cogn Behav Neurol*. 2006;19(1):55-63.
27. Lacourse MG, Orr EL, Cramer SC, Cohen MJ. Brain activation during execution and motor imagery of novel and skilled sequential hand movements. *Neuroimage*. 2005;27(3):505-519.
28. Munzert J, Lorey B, Zentgraf K. Cognitive motor processes: the role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Research Reviews*. 2009;60(2):306-326.
29. Fabbri-Destro M, Rizzolatti G. Mirror neurons and mirror systems in monkeys and humans. *Physiology (Bethesda)*. 2008;23:171-179.

30. Caspers S, Zilles K, Laird AR, Eickhoff SB. ALE meta-analysis of action observation and imitation in the human brain. *Neuroimage*. 2010;50(3):1148-1167.
31. Buccino G, Lui F, Canessa N, Patteri I, Lagravinese G, Benuzzi F, et al. Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: an fMRI study. *J Cogn Neurosci*. 2004;16:114-126.
32. Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cognitive and behavioral neurology*. 2006;19(1):55-63.
33. Sale P, Franceschini M. Action observation and mirror neuron network: A tool for motor stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2012;48(2):313-318.
34. Grèzes J, Tucker M, Armony J, Ellis R, Passingham RE. Objects automatically potentiate action: An fMRI study of implicit processing. *Eur J Neurosci*. 2003;17(12):2735-2740.
35. Jaywant A, Ellis TD, Roy S, Lin CC, Nearing S, Cronin-Golomb A. Randomized controlled trial of a home-based action observation intervention to improve walking in Parkinson disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2016;97(5):665-673.
36. Kim JH, Lee BH. Action observation training for functional activities after stroke: A pilot randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*. 2013;33(4):565-574.
37. Mezzarobba S, Grassi M, Pellegrini L, et al. Action observation plus sonification. A novel therapeutic protocol for Parkinson's patient with freezing of gait. *Frontiers in neurology*. 2018;8:723.
38. Simon-Martinez C, Mailleux L, Hoskens J, et al. Randomized controlled trial combining constraint-induced movement therapy and action-observation training in unilateral cerebral palsy: clinical effects and influencing factors of treatment response. *Therapeutic advances in neurological disorders*. 2020;13:1756286419898065.
39. Rocca MA, Meani A, Fumagalli S, et al. Functional and structural plasticity following action observation training in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*. 2019;25(11):1472-1487.
40. Park HR, Kim JM, Lee MK, Oh DW. Clinical feasibility of action observation training for walking function of patients with post-stroke hemiparesis: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2014;28(8):794-803.

41. Hsieh YW, Lin YH, Zhu JD, Wu CY, Lin YP, Chen CC. Treatment effects of upper limb action observation therapy and mirror therapy on rehabilitation outcomes after subacute stroke: A pilot study. *Behavioural Neurology*. 2020;2020:6250524.
42. Buccino G. Action observation treatment: A novel tool in neurorehabilitation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2014;369(1644):20130185.
43. Di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, Rizzolatti G. Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*. 1992;91(1):176-180.
44. Fadiga L, Fogassi L, Pavesi G, Rizzolatti G. Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *J Neurophysiol*. 1995;73(6):2608-2611.
45. Rizzolatti G, Sinigaglia C. The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nat Rev Neurosci*. 2010;11(4):264-274.
46. Small SL, Buccino G, Solodkin A. The mirror neuron system and treatment of stroke. *Dev Psychobiol*. 2012;54(3):293-310.
47. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci*. 2004;27:169-192.
48. Cattaneo L, Rizzolatti G. The mirror neuron system. *Arch Neurol*. 2009;66(5):557-560.
49. Buccino G, Binkofski F, Fink GR, et al. Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: An fMRI study. *Eur J Neurosci*. 2001;13(2):400-404.
50. Wheaton KJ, Thompson JC, Syngieniotis A, Abbott DF, Puce A. Viewing the motion of human body parts activates different regions of premotor, temporal, and parietal cortex. *Neuroimage*. 2004;22(1):277-288.
51. Penfield W, Rasmussen T. The cerebral cortex of man; a clinical study of localization of function. *JAMA*. 1950;144(16):1412
52. Garrison KA, Winstein CJ, Aziz-Zadeh L. The mirror neuron system: a neural substrate for methods in stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2010;24(5):404-412.
53. Quadrelli E, Anzani A, Ferri M, et al. Electrophysiological correlates of action observation treatment in children with cerebral palsy: A pilot study. *Developmental Neurobiology*. 2019;79(11-12):934-948.

54. Ertelt D, Small S, Solodkin A, et al. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage*. 2007;36 Suppl 2:T164-173.
55. Sarasso E, Gemma M, Agosta F, Filippi M, Gatti R. Action observation training to improve motor function recovery: A systematic review. *Archives of Physiotherapy*. 2015;5(1):1-12.
56. Ryan D, Fullen B, Rio E, Segurado R, Stokes D, O'Sullivan C. Effect of Action Observation Therapy in the Rehabilitation of Neurologic and Musculoskeletal Conditions: A Systematic Review. *Arch Rehabil Res Clin Transl*. 2021;3(1):100-106.
57. Marangolo P, Caltagirone C. Options to enhance recovery from aphasia by means of non-invasive brain stimulation and action observation therapy. *Expert Review of Neurotherapeutics*. 2014;14(1):75-91.
58. Simon-Martinez C, Mailleux L, Jaspers E, et al. Effects of combining constraint-induced movement therapy and action-observation training on upper limb kinematics in children with unilateral cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*. 2020;10(1):1-15.
59. Meltzoff AN, Moore MK. Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*. 1977;198(4312):75-78.
60. Paulus M, Hunnius S, Vissers M, Bekkering H. Imitation in infancy: Rational or motor resonance? *Child Development*. 2011;82(4):1047-1057.
61. Nyström P. The infant mirror neuron system studied with high density EEG. *Social Neuroscience*. 2008;3(3-4):334-347.
62. Guzzetta A, Boyd RN, Perez M, et al. UP-BEAT (Upper Limb Baby Early Action-observation Training): protocol of two parallel randomised controlled trials of action-observation training for typically developing infants and infants with asymmetric brain lesions. *BMJ open*. 2013;3(2):e002512.
63. Gallese V, Rochat M, Cossu G, Sinigaglia C. Motor cognition and its role in the phylogeny and ontogeny of action understanding. *Developmental Psychology*. 2009;45(1):103-13.
64. Buccino G, Arisi D, Gough P, et al. Improving upper limb motor functions through action observation treatment: A pilot study in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2012;54(9):822-828.
65. Agosta F, Gatti R, Sarasso E, et al. Brain plasticity in Parkinson's disease with freezing of gait induced by action observation training. *Journal of Neurology*. 2017;264(1):88-101.

66. Pelosin E, Avanzino L, Bove M, Stramesi P, Nieuwboer A, Abbruzzese G. Action observation improves freezing of gait in patients with Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2010;24(8):746-752.
67. Pelosin E, Barella R, Bet C, et al. Effect of group-based rehabilitation combining action observation with physiotherapy on freezing of gait in Parkinson's disease. *Neural Plasticity*. 2018;2018:4897276.
68. Kim E, Kim K. Effect of purposeful action observation on upper extremity function in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(9):2867-2869.
69. Kim JC, Lee HM. The effect of action observation training on balance and sit to walk in chronic stroke: A crossover randomized controlled trial. *Journal of Motor Behavior*. 2018;50(4):373-380.
70. Moon Y, Bae Y. Backward walking observational training improves gait ability in patients with chronic stroke: Randomised controlled pilot study. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2019;42(3):217-222.
71. Son YL, Kim JW. The effects of mirror neuron system-based self-observation training on lower limb muscle activity and dynamic balance in patients with chronic stroke. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018;30(10):1241-1244.
72. Zhu M-H, Zeng M, Shi M-F, et al. Visual feedback therapy for restoration of upper limb function of stroke patients. *International Journal of Nursing Sciences*. 2020;7(2):170-178.
73. Bellelli G, Buccino G, Bernardini B, Padovani A, Trabucchi M. Action observation treatment improves recovery of postsurgical orthopedic patients: evidence for a top-down effect? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2010;91(10):1489-1494.
74. Villafañe JH, Isgrò M, Borsatti M, Berjano P, Pirali C, Negrini S. Effects of action observation treatment in recovery after total knee replacement: A prospective clinical trial. *Clinical Rehabilitation*. 2017;31(3):361-368.
75. Bassolino M, Campanella M, Bove M, Pozzo T, Fadiga L. Training the motor cortex by observing the actions of others during immobilization. *Cerebral Cortex*. 2014;24(12):3268-3276.
76. Buccino G, Molinaro A, Ambrosi C, et al. Action observation treatment improves upper limb motor functions in children with cerebral palsy: A combined clinical and brain imaging study. *Neural Plasticity*. 2018;2018:4843985.

77. Jeong YA, Lee BH. Effect of action observation training on spasticity, gross motor function, and balance in children with diplegia cerebral palsy. *Children*. 2020;7(6):64-73.
78. Kirkpatrick E, Pearse J, James P, Basu A. Effect of parent-delivered action observation therapy on upper limb function in unilateral cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2016;58(10):1049-1056.
79. Sgandurra G, Ferrari A, Cossu G, Guzzetta A, Fogassi L, Cioni G. Randomized trial of observation and execution of upper extremity actions versus action alone in children with unilateral cerebral palsy. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2013;27(9):808-815.
80. Tung ML, Murphy IC, Griffin SC, et al. Observation of limb movements reduces phantom limb pain in bilateral amputees. *Annals of Clinical and Translational Neurology*. 2014;1(9):633-638.
81. Marangolo P, Bonifazi S, Tomaiuolo F, et al. Improving language without words: First evidence from aphasia. *Neuropsychologia*. 2010;48(13):3824-3833.
82. Stefan K, Cohen LG, Duque J, et al. Formation of a motor memory by action observation. *Journal of Neuroscience*. 2005;25(41):9339-9346.
83. Mulder T. Motor imagery and action observation: Cognitive tools for rehabilitation. *J Neural Transm (Vienna)*. 2007;114(10):1265-1278.
84. Calvo-Merino B, Glaser DE, Grèzes J, Passingham RE, Haggard P. Action observation and acquired motor skills: An fMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*. 2005;15(8):1243-1249.
85. Porro CA, Facchin P, Fusi S, Dri G, Fadiga L. Enhancement of force after action observation: behavioural and neurophysiological studies. *Neuropsychologia*. 2007;45(13):3114-3121.
86. Molinaro A, Micheletti S, Pagani F, et al. Action observation treatment in a tele-rehabilitation setting: a pilot study in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*. 2020:1-6.
87. Gatti R, Tettamanti A, Gough P, Riboldi E, Marinoni L, Buccino G. Action observation versus motor imagery in learning a complex motor task: A short review of literature and a kinematics study. *Neuroscience Letters*. 2013;540:37-42.
88. Sakzewski L, Ziviani J, Boyd RN. Efficacy of upper limb therapies for unilateral cerebral palsy: A meta-analysis. *Pediatrics*. 2014;133(1):e175-e204.

89. Alamer A, Melese H, Adugna B. Effectiveness of Action Observation Training on Upper Limb Motor Function in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Pediatric Health, Medicine and Therapeutics*. 2020;11:335-46.
90. Ryan D, Fullen B, Rio E, Segurado R, Stokes D, O'Sullivan C. The effect of action observation therapy (AOT) in the rehabilitation of neurological and musculoskeletal conditions: A systematic review. *Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation*. 2021:100106.
91. Kim DH. Comparison of short-and long-time action observation training (AOT) on upper limb function in children with cerebral palsy. *Physiotherapy Practice and Research*. 2020;41(1):53-58.
92. Kim JY, Kim JM, Ko EY. The effect of the action observation physical training on the upper extremity function in children with cerebral palsy. *J Exerc Rehabil*. 2014;10(3):176-183.
93. Beani E, Menici V, Ferrari A, Cioni G, Sgandurra G. Feasibility of a home-based action observation training for children with unilateral cerebral palsy: An explorative study. *Frontiers in Neurology*. 2020;11:16.
94. Brandão MdB. Home-based action observation treatment for children with unilateral cerebral palsy: strategies to promote intervention engagement. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2019;61(11):1246-1246.
95. Rossi F, Savi F, Prestia A, Mongardi A, Demarchi D, Buccino G. Combining Action Observation Treatment with a Brain-Computer Interface System: Perspectives on Neurorehabilitation. *Sensors*. 2021;21(24):8504.
96. Jung Y, Chung EJ, Chun HL, Lee BH. Effects of whole-body vibration combined with action observation on gross motor function, balance, and gait in children with spastic cerebral palsy: A preliminary study. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2020;16(3):249-257.
97. Kim DH, An DH, Yoo WG. Effects of live and video form action observation training on upper limb function in children with hemiparetic cerebral palsy. *Technology and Health Care*. 2018;26(3):437-443.
98. Nuara A, Avanzini P, Rizzolatti G, Fabbri-Destro M. Efficacy of a home-based platform for child-to-child interaction on hand motor function in unilateral cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2019;61(11):1314-1322.