

Year (Yıl) : 2020  
Volume (Cilt) : 7  
Issue Number (Sayı) : 2  
Doi : 10.4103/JNBS.JNBS\_10\_20

Received/Geliş 22.05.2020  
Accepted/Kabul 15.07.2020  
JNBS, 2020, 7(2):90-97

Arzu Burcu Karakuş {ORCID: 0000-0003-2081-7707}  
Barış Metin {ORCID: 0000-0003-1626-058X}

# SEREBRAL PALSİ'DE UYGULANAN TEDAVİ YÖNTEMLERİNİN NÖROPLASTİSİTE ETKİLERİNİN İNCELENDİĞİ ÇALIŞMALAR

## INVESTIGATING THE NEUROPLASTIC EFFECTS OF TREATMENT METHODS APPLIED IN CEREBRAL PALSY

Arzu Burcu Karakuş <sup>1\*</sup>, Barış Metin <sup>2</sup>

**Etik kurul onayı:** Etik kurul onayı gerekmemektedir.

### Öz

Gelişmekte olan beyindeki lezyonlar sonucu oluşan Serebral Palsi (SP), pediatrik fizyoterapinin ana ilgi alanlarından biri olmuştur. Uygulanan terapi yöntemlerinin günlük hayattaki bedensel ve sosyal sonuçlarını içeren pek çok araştırma ve derleme mevcuttur. Bu derlemede, uygulanan rehabilitasyonun beyinlerdeki karşılığı olan nöroplastik etkileri araştıran yayınları incelemek için elektronik veri tabanları PUBMED ve Web of Science içerisinde tarama yapılmıştır. Bu konudaki araştırmalarla ilgili ulaşılan sınırlı sayıda yayında, sonuçların hepsi rehabilitasyon sonucu nöroplastisitenin geliştiğini delillendirir niteliktedir. Bu derlemede, nöroplastisiteyi ölçmek için kullanılan yöntemlere de kısaca değinilmiş ve araştırılmaya muhtaç konulardan birine daha ışık tutmak hedeflenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** serebral palsi, nöroplastisite, fizyoterapi, pediatrik rehabilitasyon

<sup>1</sup> Cumhuriyet Mah. Karanfil Sok. 41/17 K.Çekmece/ İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Üsküdar Üniversitesi, Nöroloji Anabilim Dalı, Elektronörofizyoloji, Üsküdar, İstanbul, Türkiye.

\* Sorumlu Yazar: <sup>1</sup> Cumhuriyet Mah. Karanfil Sok. 41/17 K.Çekmece/ İstanbul, Türkiye e-mail: abb.k@hotmail.com

**Abstract**

*Cerebral Palsy (SP), formed as a result of lesions in the developing brain, has been one of the main areas of interest in pediatric physiotherapy. There are many researches and reviews about the physical and social consequences of the therapy methods used in daily life. In this review, electronic databases were scanned in PUBMED and Web of Science to examine the publications investigating the neuroplastic effects that are the equivalent of the rehabilitation applied in the brain. In a limited number of publications about research on this subject, all of the results are evidence to prove that neuroplasticity developed as a result of rehabilitation. In this review, the methods used to measure neuroplasticity are briefly mentioned and it is aimed to shed more light on one of the subjects in need of investigation.*

**Keywords:** cerebral palsy, neuroplasticity, pediatric rehabilitation

**1. Giriş**

Gelişmekte olan beyindeki lezyonlar sonucu oluşan Serebral Palsi (SP), pediatrik fizyoterapinin ana ilgi alanlarından biri olmuştur. SP tedavisi ve çocukların hayata adaptasyonu için birçok yöntemler uygulanmaktadır olup uygulanan terapi yöntemlerinin günlük hayattaki bedensel ve sosyal sonuçlarını içeren pek çok araştırma ve derleme mevcuttur. Örneğin bir yürüme sorununda çocuğa verilen ilgili eğitim ve tedavi programlarının etkinliğini değerlendirmek için çeşitli yürüme analizleri, kas gücü ve denge ölçümleri gibi ölçümlere ve standart testlere başvurulur ve sonuçlar aslında yürümenin kalitatif ve kantitatif etkilerini bize gösterirken bu değişimlerin altında yatan beyin değişimini de işaret etmiş olurlar. Ancak günümüz teknolojisinde beyindeki nörolojik değişimlerin doğrudan ölçülebilmesi de mümkündür ve sonuçlar bu açıdan da incelenmeye muhtaçtır.

**1.1. Serebral Palsi**

Serebral Palsi (SP), maturasyonunu tamamlamamış beyinde meydana gelen lezyonlar sonucu, hareket ve postür bozukluğuna neden olan statik bir ensefalopatidir (Neyzi ve Ertuğrul, 2010). Bireylerin düzenli olarak takibinin yapılması ve ihtiyaç duyduğu uygun tedavi yaklaşımlarının zamanında uygulanması gereken bir hastalıktır. Multidisipliner olarak değerlendirme ve tedavi gerektirmektedir (El Ö. ve ark., 2007). Hasardaki durağanlık ile benzer tablolara neden olan diğer hastalıklardan ayrılmaktadır. Hastalık nedeniyle fonksiyonel seviyede oluşan kayıplar ya da fonksiyonel seviyede beklenen ilerlemenin mümkün olmaması, kişinin ve ailesinin yaşamını zorlaştırmakta ancak bireyin eğitilmesi, fiziksel aktivite düzeyinin artırılması veya sürdürülmesi, yaşadığı problemlere yönelik iyileştirmelerin sağlanması ile motor, fonksiyonel, duysal ve bilişsel kayıpların artmasının önüne geçilebilmektedir (Erdoğanlı ve Günel, 2007). Mevcut SP sınıflama tiplerinin arasında, klinik tipe göre ve motor fonksiyon derecesine göre olan sınıflandırmalar öne çıkmaktadır. Kliniğe göre tasnif yapıldığında dipleji, tripleji, quadripleji, distonik, diskinetik, ataksik, spastik gibi ayrımlar yapılmış ve nihai olarak Avrupalı Surveillance of Cerebral Palsy in Europe- SCPE ağına katılan araştırmacıların belirlediği bilateral spastik, unilateral spastik, diskinetik ve ataksik tipler SP'nin alt-tipleri olarak belirlenmiştir (Vargün ve ark., 2004). Günümüzde SP için uygulanan FTR (Fizyoterapi ve Rehabilitasyon) yöntemleri konvansiyonel ve NGT (Nörogelişimsel Terapi) gibi iki ana başlık altında tasnif edilebilir. Eklem hareket açıklığına yönelik, germe ve güçlendirme uygulanan terapilerden konvansiyonel terapiler olarak bahsedilirken, Bobath, Vojta, PNF gibi yöntemler nörofasilitasyon teknikleri

olarak adlandırılmaktadır. Bunların dışında alternatif yararlı teknikler olarak bahsedebileceğimiz Hippoterapi, Hidroterapi gibi tüm vücudun duysal girdi aldığı aktivite temelli yöntemler uygulanabilmektedir (Şık, 2012). Aktif katılımlı, etkileşimli, Virtüel Realite gözlükleri veya denge tahtaları gibi eklerle kullanılan video oyunları da çocukların severek katıldığı terapi yöntemleri olarak kullanılmaktadır. Etkilenen kas veya bölgeye Kinesio bantların uygulandığı terapiler, duyu bütünleme yöntemleri de sayılabileceğimiz uygulamalardan bazılarıdır. Ek olarak literatürde; etkilenmiş ekstremitenin kısıtlı kullanımını içeren bir tedavi protokolü olan CIMT (Constraint-Induced Movement Therapy, zorunlu kısıtlı hareket) konusunda biraz daha fazla sayıda yayına rastlanmaktadır (Xu, 2015; Simon-Martinez, 2018; Deppe, 2013).

Ne ya da nasıl uygulandığı çok ta fark etmeksizin uygulanan tüm FTR yöntemleri psikomotor gelişimi hedeflemektedir ve bu gelişim her çocuk için öğrenilen bir süreç olma özelliği taşır. SP'li çocuğa uygulanan tedavi yöntemleri ve bunların etkisi nörofizyolojik temellere dayanır (Palisano ve Rosenbaum, 1997). SP'li çocuklarda 7 yaşından önceki yoğun girişimler nöroplastisite açısından büyük kazanımlar anlamına gelmektedir (Rosenbaum, 2002).

**1.2. Nöroplastisite**

Beynin kendini yeniden şekillendirebilme becerisi olarak tanımlanan nöroplastisite, rejenerasyon ya da motor ve duysal alan reorganizasyonu yoluyla olmaktadır (Saygı ve Eren, 2013). Bu şekillenme, nöron dendritlerinde dallanma artışı, boy uzaması, yeni sinapsların oluşumu ya da etkinlik değişimi, nöron sağkalımları veya strese dirençlerinin artışı gibi yollarladır (Özocak ve ark., 2019). Algılama, kognisyon ve motor beceri öğrenmenin altında yatan mekanizmaları ortaya çıkarmak için sinaptik plastisiteyi anlamak önemli bir yol göstericidir (Buonomano ve Merzenich, 1998).

Hayatın ilk yıllarındaki nöroplastisite, hayat boyu olan miktarın en yüksek seviyesindedir ve biraz da bu sebeple bunu geliştirmek/ arttırmak için yapılacak girişimlerden olumlu sonuçlar almak daha kolaydır (Cardon ve ark., 2012). Planlanmış, tekrarlı ve düzenli hareketler olarak tanımlanabilen fiziksel egzersizler, fizik tedavi programlarının ayrılmaz bileşenlerindedir ve kişi için olası sağlık problemlerinin bertaraf edilmesinde, yaşam kalitesinin artışında ve ömür beklentisinin uzamasında önemli bir role sahiptir (Budde ve ark., 2016).

SP'li çocuklarda nöroplastisitenin incelendiği çalışmalar oldukça kısıtlı sayıdadır. Örnek vermek gerekirse, bu sahada yapılması planlanan bazı çalışmaların protokolüne (Prosser, 2018), yahut ta pilot çalışmaya (Morgan, 2015)

ancak ulaşılabilmektedir. SP'li çocuklarda NGT ile Aktif Video oyunlarının etkisinin kıyaslandığı bir çalışmada tedavinin plastik etkisine değinilmiş fakat bunu ölçme yada tedavinin bu konuda rolü ile ilgili bir değerlendirme yöntemine başvurulması söz konusu olmamıştır (Ciddi, 2018). Nöroplastisite konusunda yapılmış insan ve hayvan çalışmaları, egzersizin motor ve somatosensor kortikal kalınlıkların artışında etkili olduğunu (Szulc-Lerch ve ark., 2018), Hipokampus'teki SGZ (Subgranüler Zon)'da hücre proliferasyonunu arttırdığı (Başaran ve ark., 2013), nöroplastisiteyi kolaylaştırarak bilişsel işlevleri ve davranışsal tepkileri desteklediğini göstermektedir. Gençlerde yapılan bir çalışmada hafif ve orta düzey aerobik egzersizin TMU (Transkranyal Manyetik Uyarım)'a yanıtı arttırdığı gösterilmiştir (McDonnell ve ark., 2013). gibi fizyoterapi yöntemlerinin de temel dayandığı mekanizma, egzersiz yolu ile vücudun unuttuğu ya da öğrenemediği hareket için kortikal alanda değişimler oluşturmaktır.

### 1.3. Nöroplastisite Ölçüm Yöntemleri

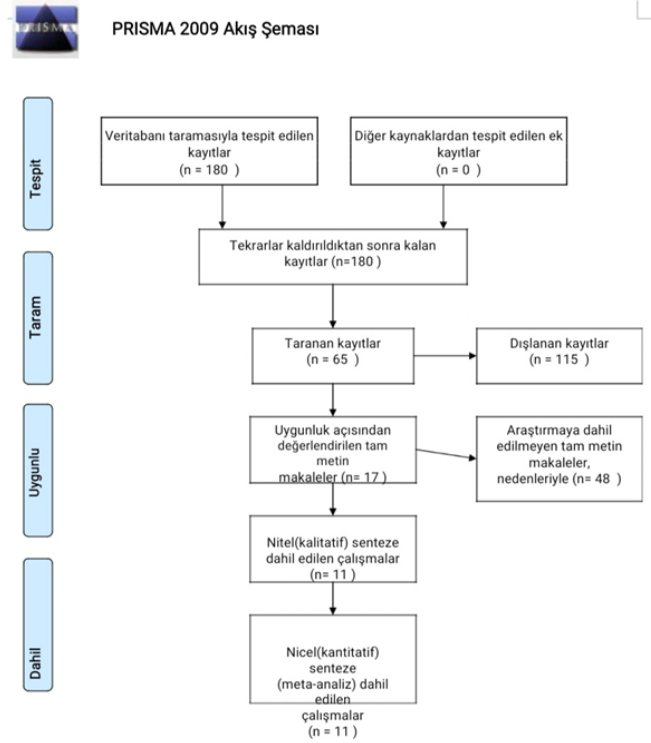
Derlememizdeki yayınlarda; nöroplastisiteyi ölçme yöntemi olarak kullanılan fMRG (Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme), beynin hedeflenen bölgelerindeki kan akımı değişikliklerini ölçme prensibiyle çalışır, rezolüsyonu yüksektir ve tamamiyle noninvazivdir. Değerlendirilecek kişiye verilen motor görev sırasında beyindeki oksijenizasyon değişimleri görüntülenir. Diğer bir noninvaziv yöntem olan EEG (Elektroensefalografi) ise maliyeti nispeten daha düşük olan bir yöntemdir. Beynin elektriksel değişimlerinin kafa derisi üzerinden ölçüldüğü EEG ile, uyarılara yanıtları gösteren çok küçük voltaj değişimleri olan OİP/ERP (Olaya İlişkin Potansiyeller, Event Related Potentials) 'lerin de tespiti mümkün olmaktadır (Ergen, 2008). Kullanılan yöntemlerden bir diğeri olan TMU (Transkranyal Manyetik Uyarım) yoluyla, serebral kortekste uygulanan alanın altındaki elektriksel alanda, fokal depolarizasyon oluşur ve bu depolarizasyon sinaptik yolla bağlantılı bölgelere yayılır. Eğer motor korteks üzerine eşiküstü miktarda uyarım verilirse MEP (Motor Uyarılmış Potansiyel) denilen potansiyeli açığa çıkarabilir ve kas kontraksiyonuna yol açabilir (Alpay, 2005). Bu MEP'lerin ölçümü, uyarılan kas hücrelerinin oluşturduğu elektriksel potansiyellerin ölçüm ve kaydına yarayan yüzey EMG (Elektronöromyografi) ile yapılmaktadır (Yaprak, 2009; Flamand ve Schneider, 2014). Beyindeki su moleküllerinin rastgele hareketlerinin ölçülmesi ile özellikle ak madde olmak üzere beyin yapısının incelenmesini sağlayan DTI/DTG (Diffusion Tensor Imaging, Difüzyon Tensör Görüntüleme) yöntemi temelde suyun ak ve gri madde arasında farklı geçişme göstermesine dayanmaktadır. Gri maddede suyun geçişi her yönde eşit iken (izotropi), ak maddede aksonlara paralel geçişme dik geçişmeden daha fazladır (anizotropi). Bu fark suyun hareketinin hücre zarı ve organeller tarafından engellenmesi ile açıklanabilir (Tufan, 2005). Akmaddedeki bu yolakların ayrıntılı incelenmesi ve buradan elde edilen difüzyon haritaları olan FA (Fonksiyonel Anizotropi) yöntemleri de çalışmamızdaki yayınlarda kullanılan diğer yöntemlerdir (Demir ve Özkan, 2008).

SP, engelliliğin ve çocukluk çağındaki fizyoterapi alımının en sık nedenidir. Fizyoterapinin SP'de kazanımlar oluşturduğu birçok çalışma tarafından gösterilse de alta yatan nöroplastik değişimler henüz tam olarak

aydınlatılamamıştır. Bu çalışmada son yıllarda artan teknolojik gelişmeler, modern tanı ve tedavi metotları ışığında çeşitli fizyoterapi metotlarının SP'li çocuk beynindeki etkileri üzerine yapılmış pek çok çalışmayı derleyerek bilim adına bir katkıda bulunmayı amaçladık.

## 2. Yöntem

SP hastalarında kullanılan terapi yöntemlerinin nöroplastisiteye olan etkilerini inceleyen yayınları taradığımız çalışmamız için, "Cerebral Palsy", "Neuroplasticity", "Physiotherapy" anahtar kelimelerini kullanarak; online arama motorları PUBMED ve Web of Science'de 2019 Mart ve Haziran ayları arasında tarama yaptık. Çıkan 165 sonuçtan dahil etme kriterlerimiz olan, SP'de nöroplastisiteyi ölçmek için kullanılan elektrofizyolojik yöntemleri ya da standardize testleri içermesine bakarak, dışlamalar sonucu 11 adet araştırmayı derlememize dahil ettik (Prizma akış diyagramı için Şekil 1'e bakınız). Çalışmalar için dahil olma kriterleri; elektronik veri tabanlarında yer almaları, girilen anahtar kelimeler ile tam metin erişimi olması, 2008-2019 yılları arasında yayınlanmış olması ve dışlama kriterleri ise nöroplastisite ölçümü için standardize testler veya elektrofizyolojik yöntemler kullanılmaması, çocuk popülasyonunda olmaması idi.



From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

Şekil 1. Prisma Akış Diagramı

SP'de nöroplastisiteyi inceleyen çalışmaları konu alan araştırmamıza dahil ettiğimiz yayınlarda, nöroplastisiteyi ölçmek için geliştirilmiş standardize testlerden; Yürüme analizi, GMFCS (Great Motor Function Classification System), Modifiye Ashworth, Modifiye Tardieu, JTTHF (Jebsen-Taylor Test of Hand Function), AHA (Assisting Hand Assessment), BOTMP, COPM (Canadian Occupational

**Tablo 1.** Araştırmaya Dahil Edilen Yayınlarla İlgili Bilgiler

Yazar, yıl	Başlık	Örneklemler	Terapi Yöntemi	Değerlendirme yöntemi	Nöroplastisite değerlendirme	Sonuç
Trivedi ve ark., 2008	Serial Diffusion Tensor Imaging in Cerebral Palsy	8 spastik QSP*	Botox ve sonrası FTR* (yarım saat germe)	Yürüme analizi, GMFCS*, Modifiye Ashworth, Modifiye Tardieu Tedavi öncesi ve 6 ay sonrası değerlendirme	DTG*	santral motor yollarda plastisite artışı
Pawel J. Matusz ve ark., 2018	Somatosensory Plasticity in Pediatric Cerebral Palsy following Constraint-Induced Movement Therapy	10 USP*	1 hafta boyunca CIMT* (kısıtlayıcı çıkarılmayan atel kullanımı)	her iki el de kontrol uyaran ve hafif dokunma uyarısına yanıtların karşılaştırılması	Kortikal ERP*	motor fonksiyonlar geri kazanılmıştır
Weinstein, 2017	Understanding the relationship between brain and upper limb function in children with unilateral motor impairments: A multimodal approach	15 USP*	kortikal motor kontrolü incelemek için hedef hareket yapılması (basit el hareketleri)		MRI/DTG/ fMRI, EEG/EMG, TMU*	her çocuğun el fonksiyonu için, farklı bir nöral mimari reorganizasyon paterni gözlemlenmiştir.
Jianwei Cao, 2015	Evaluation of cortical plasticity in children with cerebral palsy undergoing constraint-induced movement therapy based on functional near-infrared spectroscopy	6USP* ve 5sağlıklı kontrol	CIMT*	CIMT* den hemen sonra ve 6 ay sonra	fNIRS*	Taşınabilir fNIRS, uygulanan tedavi yöntemlerinin plastisite değişikliklerini haritalamak için kullanılabilir bir yöntemdir.
Kathleen M. Friel, 2016	Skilled bimanual training drives motor cortex plasticity in children with unilateral cerebral palsy	20 USP*, 10 bireylik 2 grup oluşturularak	3 hafta boyunca, bir grup hedefe yönelik çalışma, diğer grup yapılandırılmamış çalışma	JTTHF*, AHA*, COPM* testler	TMU*	Beceri çalışması USCP'li* çocuklarda motor korteks plastisitesini harekete geçirmek için önemlidir.
Manning, 2015	Neuroplastic Sensorimotor Resting State Network Reorganization in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy Treated With Constraint-Induced Movement Therapy	11 USP* (4ü tedavi almamış)	CIMT*	COPM, QUEST* (başlangıçta, 1 ay ve 6 ay sonra) Sensorimotor dinlenme durumu ağlarının yeniden yapılanmasına bakılmış	MRG*	CIMT* ile reorganizasyon, ilişkili bulunmuştur
Hsing-Ching Kuo, 2018	Intervention-Induced Motor Cortex Plasticity in Hemiparetic Children With Perinatal Stroke	45 USP*, 4 grup	80 saat hedefe yönelik terapi iki tarafa ya da bir tarafa CIMT*	AHA, COPM*	tTMU* kontralezyonal M1 (birincil motor korteks)	SP'li* çocuklarda M1 nörofizyolojisi ve plastisitesini teşhis edebilir, Plastisite mekanizmalarını yansıtabilir ve bireyselleştirilmiş tıbbin potansiyel biyobelirteçleri olabilir.

**Tablo 1.** Araştırmaya Dahil Edilen Yayınlarla İlgili Bilgiler (Devam)

Yazar, yıl	Başlık	Örneklem	Terapi Yöntemi	Değerlendirme yöntemi	Nöroplastisite değerlendirme	Sonuç
Ana Alves-Pinto, 2015	fMRI assessment of neuroplasticity in youths with neurodevelopmental associated motor disorders after piano training	10 nöro-motor gelişim geriliği olan genç	18 ay piyano (piyanolu, diğeri piyanosuz, 2 grup)		fMRG*	Sağ beyinle sol arasında pozitif ilişki
Tonya L. Rich, 2017	Less-Affected Hand Function in Children With Hemiparetic Unilateral Cerebral Palsy: A Comparison Study With Typically Developing Peers	47 çocuk (21USP* ve 26 sağlıklı)		JTTFH* test	TMU*	USP'li* el, sağlıklı ele göre daha az performans göstermiştir. USP'de İpsilateral motor temsil paterni olan çocuklar ile kontrala-teral motor temsili paterni olan çocukların elleri arasında daha büyük ortalama farkları olduğunu göstermiştir
Sh. Azizi, 2017	The impact of an anti-gravity treadmill (AlterG) training on walking capacity and corticospinal tract structure in children with cerebral palsy	4 SSP*	ALTERG haftada 3 kez, 45 dk, 2 ay süreyle	Yürüme hızı ve denge, çalışma öncesi ve sonrası bakılmış	DTG, FA*	Kortiko-spinal sistem yapısının artmasıyla eş zamanlı olarak yürüme kapasitesinde iyileşme görülmüş
Bakhtiari, 2017	Changes in Brain Activity Following Intensive Voice Treatment in Children With Cerebral Palsy	8 SP	4 hafta boyunca, yoğun nöroplastisite temelli ses tedavi protokolü	Tedavinin hemen öncesinde ve hemen sonrasında ve 12hafta sonra	fMRG*	Gelişmiş konuşma performansı

**Notlar:**

fMRG : Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme, DTG: Difüzyon Tensör Görüntüleme, FA: Fonksiyonel Anizotropi, SSP: Spastik Serebral Palsi, USP: Unilateral Serebral Palsi, TMU: Transkranyal Manyetik Uyarım, JTTFH: Jebsen-Taylor Test of Hand Function, tTMU: tekrarlayan Transkranyal Manyetik Uyarım, AHA: Assisting Hand Assessment, COPM: Canadian Occupational Performance Measure, QUEST: Quality of Upper Extremity Skills Test, EEG:Elektroensefalogram, EMG: Elektronöromyografi, CIMT: Constraint-Induced Movement Therapy, ERP: Event Related Potentials QSP: Kuadriparetik Serebral Palsi

Performance Measure), QUEST( Quality of Upper Extremity Skills Test), FMA (Fugl-Meyer Assessment), BOTMP (Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency) ; PMAL (the modified Pediatric Motor Activity Log Questionnaire), Melbourne, Box-and-Blocks testleri kullanılmıştı. Elektronörofizyolojik değerlendirme yöntemleri olarak ise, MRG (Manyetik Rezonans Görüntüleme), DTG (Difüzyon Tensor Görüntüleme), EEG (Elektroensefalografi), EMG (Elektromyogram), fNIRS (Fonksiyonel Yakın-kızılötesi Işın) , TMU, kortikal ERP (Olay İlişkili Potansiyeller), FA (Fraksiyonel Anizotropi) yöntemleri kullanılmıştı.

**3. Bulgular**

SP'de uygulanan çeşitli tedavi yöntemlerinin beyin nöroplastisitesine etkilerini ölçen araştırmaları konu aldığımız bu derlemede, dahil edilen araştırmalardan ortaya çıkan sonuçlara göre; kaslara yönelik güçlendirme ve aktiviteye yönelik çalışmalar çocuğun beceri kazanmasını sağlarken, kortikospinal yollardaki reorganizasyonu tetiklemekte ve motor korteks plastisitesini harekete geçirmektedir.

Çalışmamıza aldığımız yayınlarda, nöroplastisiteyi

tetikleyici terapi yöntemi olarak CIMT yönteminin kullanıldığı 4 çalışma mevcuttu. Bu çalışmaların sonuçlarında;

- CIMT'in daha az etkilenmiş elde dahi duysal işlemeyi değiştirebildiği, ipsilateral sensorimotor korteks katılım artışı ve/veya sensorimotor merkezler arasında bağlantı gücünün artışı yoluyla bazı motor fonksiyon iyileşmelerine ulaşıldığı, kortikal uyarılabilirlik artışının motor çalışma ile ilişkili olduğu ve genellikle düşünülen aksine, etkilenmemiş taraf için CIMT'nin geriletici etkisinin olmayıp aksine ilerleme sağladığı (Kuo ve ark., 2018),
  - çocukların bireysel performanslarının ve hemiplejik el-kol fonksiyonel kapasitelerinin geliştiği (Manning ve ark., 2016),
  - motor fonksiyon gelişimlerinin ipsilateral sensorimotor korteks ile ilişkide olduğu, sensorimotor merkezler arasındaki bağlantının, güç artışı ve bulunan artışı değerlendirmede kullanılan testler ile uyumlu olduğu, az çalışan yollarda (somatosensör işlem süresi kısalması) iyileştirici etkisi olduğu (Cao ve ark., 2015),
  - görülen davranışsal gelişmelerde, somatosensöriyel aktivite paternlerindeki azalma ile ilişki olduğu ve az etkilenmiş elin duysal işlemesinde değişiklik yaptığı (Matusz ve ark., 2018) tespit edilmiştir.
- Nöroplastisite geliştirmek için uygulanan farklı FTR yöntemlerinin kullanıldığı diğer çalışmalarda,
- germe-güçlendirme-rehabilitasyon ve hedefe yönelik terapi programı (6 çalışma),
  - antigravite koşu bandı kullanımı,
  - piyano çalışması,
  - bimanuel çalışmanın yapılandırılmamış çalışma ile kıyaslanması,
  - Botulinum toksin A enjeksiyonu takiben FTR yöntemlerinin uygulanması,
  - beyin yapısı ve el fonksiyonu arasındaki ilişkinin incelenmesi,
  - el fonksiyonunun zamanlanmış motor performans testleri vasıtasıyla tipik gelişim gösteren çocuklarla kıyaslanması, ve
  - SP'ye ikincil konuşma bozuklukları için bir tedavi protokolü uygulanması içeren çalışmalar mevcuttu. Bu çalışmaların sonuçlarına baktığımızda ise;
  - uygulama gruplarında dominant el ile kontralateral motor korteks ve ipsilateral serebellum bağlantısının kontrol grubuna göre belirgin olarak daha fazla geliştiği (Alves-Pinto ve ark., 2015);
  - yeti çalışmasının etkilenmiş elin motor haritasının gücü ve büyüklüğünü arttırdığı, çalışma tek elle yapıldığında da bu ilişkinin var olduğu ve etkilenmiş elin kontralateral ya da ipsilateral hemisferinde fark etmeksizin motor harita plastisitesinin varlığının tespit edildiği (Friel ve ark., 2016);
  - her çocuk için nöral mimarinin reorganizasyonunda farklı patern olduğu ve gri maddedeki geniş lezyonların üst ekstremite hasarındaki artışla olan doğrusal ilişkisi, iki el kullanımının gerektirdiği durumlarda ise alternatif

strateji kullanımı nedeniyle lezyon büyüklüğünün ilişkisinin tespit edilmediği (Weinstein ve ark., 2018);

- yürüme kapasitesindeki artışın altında yatan nöroplastisiteyi gösteren kortikospinal trakt değişimlerinin bireyler arasında tutarlı olmadığı bunun nedeninin ise, bakılan değerlerin akmadığı geneline ait olduğu için sonuçlardaki duyarlılığı azaltmış olabileceği (Azizi ve ark., 2017);
- etkilenmiş elin kavrama gücünün motor temsiline, bu ele dayalı aktivitelerde belirgin farklılık olduğu (Rich ve ark., 2017);
- DTG verileri ile klinik tablodaki motor skorların artışının, kombine terapiden sonraki santral motor yollardaki plastisiteye delil olduğu (Trivedi ve ark., 2008);
- konuşma bozukluklarına yönelik terapilerde aktiviteye bağlı olarak nöroplastisitenin varlığı (Bakhtiar ve ark., 2017) şeklinde sonuçlar ortaya konmuştur.

#### 4. Tartışma

Nöroplastisite ve FTR konusunda yapılan araştırmalar nitelik ve nicelik olarak irdelendiğinde, bireyin bedensel aktiviteleri ile çalışılan FTR konusunda bedenin ve beyin verdiği yanıtların incelenmesi, uygulanan tedavinin etkinliği konusunda yol gösterici olmakta ve bilimsel kanıt sağlamaktadır. Bu açıdan literatür taramamızda gelişen tekniğin de yardımıyla SP'de nöroplastisite konusunda sağlanan kanıtların daha fazla ve çeşitli yönlerde olması beklentilerimiz arasındaydı. Tarama sonucu ulaştığımız yayınlarda, SP rehabilitasyonunda germe uygulamaları ve güçlendirmeye yönelik egzersiz programlarını içeren konvansiyonel olarak nitelenen terapi protokolleri ve nörofasilitasyon teknikleri olarak iki başlıkta toplanabilen (Yalçın ve ark., 2000) yaklaşımları içeren yöntemler ve iş ve uğraşı tedavisi başlıklarındaki çeşitli yayınların nöroplastisiteyi de incelemiş olacağını düşünüyorduk fakat, bulduğumuz az denebilecek sayıda yayınların çoğunda CIMT kullanılmış olduğunu gördük.

Literatürde uygulanan FTR yöntemlerinin nörogelişime faydalı etki gösterdiğine dair çalışmalar mevcuttu. Örneğin; Lai ve ark. 2016 yılındaki çalışmalarında masajın preterm çocuklarda olumlu etkilerinden bahsederken, Uyanık ve ark 2003'teki bir çalışmada Duyu Bütünleme, Denge eğitimi ve NGT'nin Down'lı çocuklarda efektif tedaviler olduğunu belirtmişlerdir. Çağlar ve ark. yaptığı güncel bir çalışmada ise Botulinum Toksin uygulamalarının etkinliği SP türleri arasındaki etki kıyaslaması şeklinde yapılmıştı. Koşu bandı çalışmasının SP'li çocukların yürüme kapasitelerine etkisi için yapılan bir pilot çalışmada, çalışmanın olumlu etkilerinden bahsedilmişti ( Bjornson, 2019). Etkileşimli video oyunlarının, SP'de denge ve performans üzerine etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada da yine olumlu sonuçlardan bahsedilmekteydi. Fakat burada az miktarda örneklerini verdiğimiz çalışmalar ve benzerlerinde nöroplastisite ile ilgili etkilerinin araştırıldığı çalışmalara rastlayamadık. Literatürde bireylerin katılım ve fonksiyonel test sonuçlarına bakılmakta fakat bunların beyindeki karşılığının incelenmesi yapılmamaktadır. Burada kısıtlılığa neden olarak; plastisite ölçüm yöntemlerinin klinik şartlar gerektirmesi ve ek olarak bireylerin oralara taşınmasındaki zorluklar, araştırılacak bireylerin çocuk olması, çeşitli hastalıkları nedeniyle araştırmalara katılamamaları, ölçümü yapmak için gereken personel ve

zaman uyumu, maddi gereklilikler gibi sorunlar olduğu aşikardır.

Derlememize alabildiğimiz kısıtlı sayıdaki yayınlardan anlaşılacağı üzere, SP'li bireylerin aldıkları her türlü eğitim ve tedavi hatta oynadıkları oyunlar onların nörogelişimlerine katkıda bulunmaktadır. Bu gelişimin altında yatan mekanizma olan nöroplastisitenin etkilerinin ölçülmekte olduğu ama bu değişim ve gelişimlerin bilimsel olarak hakettiği kadar incelenmeye alınmadığı görülmektedir. Teknolojik imkanlarda bir engel olmaması gelecekte bu sayının artacağına dair umut vermektedir. Fakat bu yazıya konu olan bireylerin yaşam koşullarındaki zorluklar oldukça büyük bir engeldir. Gelişimin gözle görülüp testlerle ölçülebilmesinin de bu konudaki merakı köreltmiştir kanaatindeyiz. Bizzat beynin hastalık odağı olduğu SP'de nöroplastisiteye nelerin daha çok katkısının olduğu, nelerin engel olabildiği, hangi tür tedavilerle daha çok ve kalıcı plastisite elde edilebileceği, hangi gruplarda beynin hangi bölgelerinde değişimlerin gözlemlendiği gibi konular bilimsel merak açısından bakır sayılan ve verimli sonuçlar doğurabilecek alanlardır.

*Onam bilgisi : Onam bilgisi gerekmemektedir.*

*Etik kurul onayı : Etik kurul onayı gerekmemektedir.*

*Çıkar çatışması : Çıkar çatışması bulunmamaktadır.*

*Finansal destek : Finansal destek bulunmamaktadır.*

**Yazar katkı alanı ve oranı:**

*Arzu Burcu Karakuş (%60)*

*Bariş Metin (%40)*

## Referanslar

- Alpay, N., Karşıdağ, Ç., & Kükürt, R. (2005). Transkranyal Manyetik Stimülasyon (Tms). *Düşünen Adam*, 18(3):136-148.
- Alves-Pinto, A., Turova, V., Blumenstein, T., Thienel, A., Wohlschläger, A., & Lampe, R. (2015). fMRI assessment of neuroplasticity in youths with neurodevelopmental-associated motor disorders after piano training. *European Journal of Paediatric Neurology*, 19(1), 15-28. doi:10.1016/j.ejpn.2014.09.002.
- Azizi, S., Marzbani, H., Raminfard, S., Birgani, P. M., Rasooli, A. H., & Mirbagheri, M. M., (2017). The impact of an anti-gravity treadmill (AlterG) training on walking capacity and corticospinal tract structure in children with cerebral palsy. In 2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (pp. 1150-1153). IEEE.
- Bakhtiari, R., Cummine, J., Reed, A., Fox, C. M., Chouinard, B., Cribben, I., & Boliek, C. A., (2017). Changes in brain activity following intensive voice treatment in children with cerebral palsy. *Human Brain Mapping*, 38(9), 4413-4429. doi:10.1002/hbm.23669.
- Başaran, D. C., Yıldırım, F., Ekenci, B. Y., Kılıç, S., ve Ülgen, P., (2013). Nöroplastisite ve Güncel Yaklaşımlar. Başkent üniversitesi, 15.öğrenci sempozyumu sunumu.
- Bjornson, K. F., Moreau, N., Bodkin, A. W. (2019). Short-burst interval treadmill training walking capacity and performance in cerebral palsy: a pilot study. *Developmental Neurorehabilitation*, 22(2):126-133. doi:10.1080/17518423.2018.1462270.
- Budde, H., Schwarzc, R., Velasques, B., Ribeiro, P., Holzweg, M., Machado, S. (2016). The Need for Differentiating Between Exercise, Physical Activity, and Training. *Autoimmunity Reviews*, 15(1):110-1.
- Buonomano, D. V., & Merzenich, M. M. (1998). Cortical Plasticity: From Synapses to Maps. *Annual Review of Neuroscience*, 21(1), 149-186. doi:10.1146/annurev.neuro.21.1.149.

Cao, J., Khan, B., Herve, N., Tian, F., Delgado, M. R., Clegg, N. J., & Shagman, L. (2015). Evaluation of cortical plasticity in children with cerebral palsy undergoing constraint-induced movement therapy based on functional near-infrared spectroscopy. *Journal of Biomedical Optics*, 20(4), 046009.

Cardon, G., Campbell, J., & Sharma, A. (2012). Plasticity in the developing auditory cortex: evidence from children with sensorineural hearing loss and auditory neuropathy spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Audiology*, 23(6), 396-411; quiz 495.

Ciddi, P. (2018). Serebral Palsili Çocuklarda Video Temelli Oyun Tedavisinin Tedavi Yoğunluğuna Etkisi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çağlar, O. S., Uğur, M., Şenel, K. (2019). Effects of Botulinum Toxin A Injection on Ambulation Capacity in Patients with Cerebral Palsy. *Developmental Neurorehabilitation*, 22(4):288-291. doi:10.1080/17518423.2018.1502832.

Demir, A., Özkan, M., (2008). Beyin Beyaz Cevher Yolaklarının Difüzyon Tensör Görüntüleme ile Gösterilmesi. Yeditepe Üniversitesi yayımlanmamış proje. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/profile/Ali\\_Demir6/publication/266521479\\_Beyin\\_Beyaz\\_Cevher\\_Yolaklarının\\_Difuzyon\\_Tensor\\_Goruntuleme\\_ile\\_Gosterilmesi/links/54f893be0cf28d6deca2b9e5.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ali_Demir6/publication/266521479_Beyin_Beyaz_Cevher_Yolaklarının_Difuzyon_Tensor_Goruntuleme_ile_Gosterilmesi/links/54f893be0cf28d6deca2b9e5.pdf)

Deppe, W., Thuemmler, K., Fleischer, J., Berger, C., Meyer, S., Wiedemann, B. (2013). Modified constraint-induced movement therapy versus intensive bimanual training for children with hemiplegia - a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 27(10):909-920. doi:10.1177/0269215513483764.

El, Ö., Peker, Ö., Bozan, Ö., Berk, H., Koşay, C. (2007). Serebral Palsi Hastalarının Genel Özellikleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 75-80.

Erdoğanolu, Y., Günel, M. K. (2007). Serebral Paralizli çocukların Ailelerinin Sağlıkla İlgili Yaşam Kalitelerinin Araştırılması. *Toplum Hekimliği Bülteni*, 26(2), 35-39.

Ergen, M. (2008). Olaya İlişkin Beyin Potansiyellerinin (Oip) Tek Eeg Dilimlerinde Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Flamand, V. H., & Schneider, C. (2014). Noninvasive and painless magnetic stimulation of nerves improved brain motor function and mobility in a cerebral palsy case. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(10), 1984-1990. doi:10.1016/j.apmr.2014.05.014.

Friel, K. M., Kuo, H. C., Fuller, J., Ferre, C. L., Brandao, M., Carmel, J. B., Gordon, A. M. (2016). Skilled Bimanual Training Drives Motor Cortex Plasticity in Children With Unilateral Cerebral Palsy. *Neurorehab Neural Repair*, 30(9), 834-844. doi:10.1177/1545968315625838.

Kuo, H. C., Zewdie, E., Ciecanski, P., Damji, O., & Kirton, A., (2018). Intervention-Induced Motor Cortex Plasticity in Hemiparetic Children With Perinatal Stroke. *Neurorehab Neural Repair*, 32(11), 941-952. doi:10.1177/1545968318801546.

Lai, M. M., D'Acunto, G., Guzzetta, A. (2016). PREMM: preterm early massage by the mother: protocol of a randomised controlled trial of massage therapy in very preterm infants. *BMC Pediatrics*, 16(1):146. doi:10.1186/s12887-016-0678-7.

Manning, K. Y., Menon, R. S., Gorter, J. W., Mesterman, R., Campbell, C., Switzer, L., & Fehlings, D., (2016). Neuroplastic Sensorimotor Resting State Network Reorganization in Children With Hemiplegic Cerebral Palsy Treated With Constraint-Induced Movement Therapy. *Journal of Child Neurology*, 31(2), 220-226. doi:10.1177/0883073815588995.

Matusz, P. J., Key, A. P., Gogliotti, S., Pearson, J., Auld, M. L., Murray, M. M., & Maitre, N. L., (2018). Somatosensory Plasticity in Pediatric Cerebral Palsy following Constraint-Induced Movement Therapy. *Neural Plasticity*, 1891978. doi:10.1155/2018/1891978.

McDonnell, M. N., Buckley, J. D., Opie, G. M., Ridding, M. C., & Semmler, J. G. (2013). A Single Bout of Aerobic Exercise Promotes Motor Cortical europlasticity. *Journal of Applied Physiology*, 114(9): 1174-82.

Morgan, C., Novak, I., Dale, R. C., Badawi, N. (2015). Optimising motor learning in infants at high risk of cerebral palsy: a pilot study. *BMC Pediatrics*, 15:30. doi:10.1186/s12887-015-0347-2.

Neyzi, O., Ertuğrul, T. (2010). *Pediatric, Cilt 2*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri

Özocak, O., Başçıl, S. G., ve Gölgeci, A., (2019). Egzersiz ve Nöroplastisite.

Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), 31-38.

Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B., (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(4), 214-223.

Pınar, K. A. Y. A., & YILMAZ, Ö. T. Serebral Palsi'de İnteraktif Video Oyunlarının Denge ve Performans Üzerine Akut Etkisi. *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 6(2), 95-104.

Prosser, L. A, Pierce, S. R, Dillingham, T. R, Bernbaum, J. C, Jawad, A. F. (2018). iMOVE: Intensive Mobility training with Variability and Error compared to conventional rehabilitation for young children with cerebral palsy: the protocol for a single blind randomized controlled trial. *BMC Pediatrics*, 18(1):329. Published 2018 Oct 16. doi:10.1186/s12887-018-1303-8.

Rich, T. L., Menk, J. S., Rudser, K. D., Feyma, T., & Gillick, B. T. (2017). Less-Affected Hand Function in Children With Hemiparetic Unilateral Cerebral Palsy: A Comparison Study With Typically Developing Peers. *Neurorehabil Neural Repair*, 31(10-11), 965-976. doi:10.1177/1545968317739997.

Rosenbaum, P. L., Walter, S. D., Hanna, S. E., Palisano, R. J., Russel, D. J., Raina, P., Wood, E., Bartlett, D. J., & Galuppi, B. E. (2002). Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *Journal of the American Medical Association*, 288(11):1357-63.

Saygi, E. K., Eren, B., (2013). Pediatrik Rehabilitasyonda Zorunlu Kullanım Hareket Terapisinin Yeri Nedir? *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Bilimleri Dergisi*, 16(3).

Simon-Martinez, C., Mailleux, L., Ortibus, E. (2018). Combining constraint-induced movement therapy and action-observation training in children with unilateral cerebral palsy: a randomized controlled trial. *BMC Pediatrics*, 18(1):250. Published 2018 Jul 31. doi:10.1186/s12887-018-1228-2.

Szulc-Lerch, K. U., Timmons, B. W., Bouffet, E., Laughlin, S., de Medeiros, C. B., Skocic, J., ... & Mabbott, D. J., (2018). Repairing the brain with physical exercise: Cortical thickness and brain volume increases in long-term pediatric brain tumor survivors in response to a structured exercise intervention. *NeuroImage: Clinical*, 18, 972-985.

Şık, B. Y., Çekmece, F. Ç., Dursun, N., Dursun, E., Balıkcı, E., Altunkanat, Z., & Gülcü, V. M. A. (2012). Hippoterapi Serebral Palsili Çocukların Rehabilitasyonunda Yararlı mıdır? *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*, 32(3), 601-608.

Trivedi, R., Gupta, R. K., Shah, V., Tripathi, M., Rathore, R. K., Kumar, M., . . . Narayana, P. A., (2008). Treatment-induced plasticity in cerebral palsy: a diffusion tensor imaging study. *Pediatric Neurology*, 39(5), 341-349. doi:10.1016/j.pediatrneurol.2008.07.012.

Tufan, A. E., & Yalug, I. (2005). Sizofrenide difüzyon tensör görüntüleme (DTG) bulguları: Elestirel bir gözden geçirme/Diffusion tensor imaging (DTI) findings in schizophrenia: a critical review. *Anadolu Psikiyatri Dergisi*, 6(1), 48.

Uyanık, M., Bumin, G., Kayihan, H. (2003). Comparison of different therapy approaches in children with Down syndrome. *Pediatrics International*, 45(1):68-73. doi:10.1046/j.1442-200x.2003.01670.x.

Vargün, R., Ulu, H. Ö., Duman, R., Yağmurlu, A. (2004). Serebral Palsili Çocuklarda Beslenme Problemleri Ve Tedavisi. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 57(4):257-265.

Weinstein, M., Green, D., Rudisch, J., Zielinski, I. M., Benthem-Muniz, M., Jongsma, M. L. A., Barker, G. J. (2018). Understanding the relationship between brain and upper limb function in children with unilateral motor impairments: A multimodal approach. *European Paediatric Neurology Society*, 22(1), 143-154. doi:10.1016/j.ejpn.2017.09.012.

Xu, K., He, L., Mai, J., Yan, X., Chen, Y. (2015). Muscle Recruitment and Coordination following Constraint-Induced Movement Therapy with Electrical Stimulation on Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *Plos One*, 10(10):e0138608. doi:10.1371/journal.pone.0138608.

Yaprak, Y., Tinazcı, C., & Ergen, E. (2009). İzometrik Kuvvet Ölçümünde Topuk Yükseltmenin Vastus Lateralis Ve Gastrocnemius Kaslarının Emg Aktivitesine Etkisi. *Spor metre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 7(2) 41-46.

Yalçın, S., Özaras, N., Dormans, J., & Susman, M., (2000). Serebral palsi tedavisi ve rehabilitasyon. *Pediatrik ortopedi ve rehabilitasyon dizisi*. Mas Matbaacılık, İstanbul