



## İNME Lİ HASTALARDA ROBOTİK REHABİLİTASYONUN EL FONKSİYONLARI VE GÜNLÜK YAŞAM AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

### EFFICACY OF ROBOTIC REHABILITATION ON HAND FUNCTION AND ACTIVITY OF DAILY LIVING IN STROKE PATIENTS

Çiğdem Çekmece<sup>1\*</sup>, İlgin Sade<sup>2</sup>

Kocaeli Üniversitesi, <sup>1</sup>Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, <sup>2</sup>Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye

ORCID ID: Çiğdem Çekmece: 0000-0003-2865-480X; İlgin Sade: 0000-0002-9004-8248

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Çiğdem Çekmece, e-posta / e-mail: cigdemcekmece@yahoo.com

Geliş Tarihi / Received: 03.07.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 17.11.2020

Yayın Tarihi / Published: 05.01.2021

#### Öz

**Amaç:** Bu retrospektif çalışma ile kronik inmeli hastalarda üst ekstremitte robotik rehabilitasyonun el fonksiyonları ve günlük yaşam aktivitelerine (GYA) olan katkısının incelenmesi amaçlanmıştır.

**Yöntem:** İnme sonucu hemipleji gelişmiş ve üst ekstremitte rehabilitasyon programına alınmış çalışma için uygun bulunan 39 hastanın dosyası değerlendirmeye dahil edildi. Hasta kayıt dosyalarından hastaların yaş, cinsiyet, hastalık (inme) süresi (ay), hemiplejik taraf, Brunnstrom evrelemesi, Modifiye Ashworth Skalası (MAS)'tan oluşan demografik verileri alındı. Ayrıca hastaların üst ekstremitte fonksiyonel gelişimini ve GYA katılımı değerlendiren Jebsen Taylor El Fonksiyon Testi (JTEFT) ve Kanada Aktivite Performans Ölçeği (KAPÖ) tedavi öncesi ve tedavi sonrası test kayıtları incelendi.

**Bulgular:** Çalışmaya katılan hastaların 19'u (%52) kadın iken 17'si (%48) erkekti ve yaş ortalamaları 50,2±2,02 idi. JTEFT'nin tedavi sonrası değerlendirmelerinde 7 alt parametrenin 2'sinde fark bulunmazken (iri hafif nesnelere kaldırma ( $p=0,074$ ) ve iri ağır nesnelere kaldırma ( $p=0,079$ )), diğer 5 parametrede istatistiksel anlamlı fark olduğu saptandı ( $p<0,005$ ). Hastaların 3 haftalık tedavi sonrası KAPÖ'nün performans ve memnuniyet olan her 2 alt parametresinde istatistiksel olarak anlamlı gelişme olduğu gözlemlendi (KAPÖ/performans ( $p=0,004$ ); KAPÖ/memnuniyet ( $p=0,002$ )).

**Sonuç:** Yapmış olduğumuz bu çalışmada konvansiyonel tedavi programı planlanan inmeli hastalara iş-üçraşı tedavisi ile birlikte uygulanan üst ekstremitte robot yardımcı tedavinin bireylerin el fonksiyonlarını geliştirdiği ve aktivite-performans katılımında iyileşmeye katkı sağladığı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İnme, robotik rehabilitasyon, üst ekstremitte rehabilitasyonu

#### Abstract

**Objective:** This retrospective study aimed to investigate the contribution of upper extremity robotic rehabilitation to hand functions and activity of daily living in patients with chronic stroke.

**Methods:** The files of 39 stroke patients who were found suitable for the study were included in the evaluation. Demographic data of patients' information including age, gender, duration of disease (month), hemiplegic side, Brunnstrom staging, Modified Ashworth Scale (MAS) were obtained. In addition, Jebsen Taylor Hand Function Test (JTHFT) and Canadian Occupational Performance Measure (COPM) pretreatment and posttreatment test records were evaluated.

**Results:** Nineteen (52%) of the patients who participate in the study were female, 17 (48%) were male and their mean age was 50.2 ± 2.02. In posttreatment evaluations of JTHFT, there was no difference in 2 of the 7 sub parameters (lifting large light objects ( $p=0.074$ ) and lifting large heavy objects ( $p=0.079$ )), while the other 5 parameters were statistically significant ( $p<0.005$ ). After 3 weeks of treatment, a statistically significant improvement was observed in both sub parameters of COPM which were COPM/performance ( $p=0.004$ ) and COPM/satisfaction ( $p=0.002$ ).

**Conclusion:** We think that the upper-extremity robot-assisted treatment, which is applied in conjunction with occupational therapy to stroke patients, improves the hand function of individuals and contributes to the improvement in activity-performance participation.

**Keywords:** Stroke, robotic rehabilitation, upper extremity rehabilitation

## Giriş

İnsanların beslenme, giyinme, hijyen başta olmak üzere tüm kendine bakım aktivitelerinde ve hatta kendini yeterince ifade etmesinde üst ekstremitelerde ve elde yeterli kas gücü ve koordinasyon gereklidir. İnme sonrası ortaya çıkan üst ekstremitelerde fonksiyon kaybı günlük yaşam aktiviteleri (GYA)'da zorluğa ve kişinin bağımlı hale gelmesine neden olur. İnmede üst ekstremitelerde nörolojik iyileşmenin ilk üç ay içinde en fazla olduğu bildirilmektedir.<sup>1</sup> Ancak literatürde inme sonrası kronik olgularda da elde izole aktif hareketlerin gelişebileceği bildirilmiştir.<sup>2</sup>

İnsan eli çok karmaşık ve çok yönlüdür. Yapılan araştırmalar distal üst ekstremitelerde (el) fonksiyonu ile günlük yaşam aktivitelerini yapabilmek arasındaki ilişkinin diğer uzuvlardan daha güçlü olduğunu göstermektedir.<sup>3-5</sup> El işlevindeki bozukluk hastanın yaşam kalitesini ciddi şekilde etkileyecektir, bu da el fonksiyonlarının iyileşmesine daha fazla ihtiyaç duyulması anlamına gelir. Bununla birlikte, inmeli hastalar ile ilgili yapılan araştırma sonuçlarına göre; proksimal üst ekstremitelerde hareketlerinde tam olarakla birlikte iyileşme elde edilse bile, üst ekstremitelerde distal segmentinde geri dönüşlerin düşük olması, günlük hayata dair fonksiyonlarda kısıtlılığa yol açtığı ifade edilmiştir.<sup>6</sup>

İnme rehabilitasyonunda el ve üst ekstremitelerde fonksiyonları için konvansiyonel tedavi yaklaşımları, nörofizyolojik tedavi yaklaşımları (Proprioseptif nöromusküler fasilitasyon teknikleri, Brunnstrom yöntemi, Bobath yöntemi ve Rood yöntemi), bio-geribildirim, iş ve uğraşı tedavisi, zorunlu kullanım tedavisi (ZKT), robotik rehabilitasyon, ayna terapisi, bilateral eğitim, transkraniyal doğru akım stimülasyonu (tDAS) tedavileri literatürde mevcut olup<sup>7-11</sup> kliniğimizde de kullanılmaktadır.

İnmeli hastalarda üst ekstremitelerde fonksiyonlarında gelişme sağlamak ve GYA'da elin kullanımını arttırmak için planlanan tüm aktiviteler yoğun, amaca yönelik ve sık tekrar içermelidir. Nörolojik hasarlı üst ekstremitelerde fonksiyon bozukluğu yaşayan hastalar için farklı içeriklerde el ve kol robotları tasarlanmıştır. Bu robotik sistemler üst ekstremitenin yoğun, sık tekrarlı ve düzgün paternde çalışmasına olanak sağlamaktadırlar.<sup>12,13</sup> İnme sonrası el fonksiyonlarının iyileşmesinde robotik tedavinin etkinliğini araştıran az sayıda literatüre rastlanmıştır. Çoğu klinik araştırmada robot yardımcı tedavide el yerine daha çok üst ve alt ekstremitelerde üzerine yoğunlaşmıştır.<sup>14</sup> El fonksiyonları üzerine yapılan az sayıdaki çalışmada üst ekstremitelerde robotik rehabilitasyonunun olumlu etkileri bildirilmiştir.<sup>15-17</sup> Ülkemizde bu alanda yapılmış klinik çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada kronik inmeli hastalarda üst ekstremitelerde robotik rehabilitasyonun el fonksiyonları ve GYA'ya katkısının incelenmesi amaçlanmıştır.

## Yöntem

Ocak 2017- Nisan 2019 tarihleri arasında kliniğimizde inme sonucu gelişen hemipleji tanısı ile ilk kez üst ekstremitelerde rehabilitasyon programına alınmış 78 hastanın dosyası incelendi. Konvansiyonel tedavi programlarında yer alan iş ve uğraşı tedavisine ek olarak, 20 dakika süreli robotik tedavi uygulanmış 39 hastanın dosyası değerlendirmeye dahil edildi. Hastalardan 3'ü planlanan 15 seanslık tedaviyi tamamlamadığı için değerlendirme dışı bırakıldı.

Hasta kayıt dosyalarından hastaların yaş, cinsiyet, hastalık (inme) süresi (ay), hemiplejik taraf, Brunnstrom evrelemesi, Modifiye Ashworth Skalası (MAS)'tan oluşan demografik

verileri alındı. Çalışma için KÜ GOKAEK 2019-250 numarası ile Üniversitemiz Etik Kurulu tarafından onay alınmıştır.

## Tedavi

Hastaların dosya kayıtlarından uygulanan tedavi programları incelendi. Rutin tedavi programı kapsamında konvansiyonel tedavi olarak hastalara; üst ekstremitelerde sıcak uygulamasının ardından germe, kuvvetlendirme ve ağırlık aktarma egzersizleri ve nöromusküler elektrik stimülasyonu yapıldığı kaydedildi. İş ve uğraşı tedavisi olarak; omuz stabilizasyonunu arttırmayı hedefleyen ve uzanma, kavrama-bırakma ve önkol supinasyonunu sağlayan çeşitli aktiviteler çalıştırıldığı tespit edildi. El fonksiyonları açısından yemek yeme, su içme, saç tarama, diş fırçalama, bulaşık yıkama vb. aktivitelerin çalıştırıldığı ayrıca alt ve üst ekstremitenin birlikte kullanıldığı dual aktivitelerin de (elde tepsi/top/halka vs. taşıyarak hedefe yürüme) hastalara görev olarak verildiği tespit edildi. Tüm bu tedavilere ek olarak bu hastalara Amadeo El ve Parmak Robotu (Tyromotion GmbH Graz, Austria) ile robotik rehabilitasyon uygulandığı belirlendi. Robotik tedavide hastalara özellikle parmak fleksiyon ve ekstansiyon kabiliyetlerini hedef alan aktif-asistif parametre kullanılarak çalıştırıldığı gözlemlendi. Ayrıca hastaların üst ekstremitelerde fonksiyonel gelişimini ve GYA'ya katılımı değerlendiren Jebsen Taylor El Fonksiyon Testi (JTEFT) ve Kanada Aktivite Performans Ölçeği (KAPÖ) tedavi öncesi ve tedavi sonrası test kayıtları incelendi.

## Bulgular

Çalışmaya dahil edilen hastaların 19'u (%52) kadın iken 17'si (%48) erkekti ve yaş ortalamaları 50,2±2,02 yıl idi. Hastaların demografik verileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Demografik Bilgiler (n=36)

<b>Yaş (yıl), Ort±SS</b>	50,2±2,02
<b>Cinsiyet, n (%)</b>	
<b>Kadın</b>	19 (52)
<b>Erkek</b>	17 (48)
<b>Hemiplejik taraf, (n)</b>	
<b>Sağ</b>	20
<b>Sol</b>	16
<b>İnme süresi (ay), Ort±SS</b>	37,5±3,9
<b>Brunnstrom evrelemesi, Ort±SS</b>	4,3±0,16
<b>MAS, Ort±SS</b>	1,2±0,07

n: Sayı; Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; MAS: Modifiye Ashworth Skalası

El fonksiyonlarını değerlendiren JTEFT'nin tedavi sonrası değerlendirmelerinde 7 alt parametrenin 2'sinde fark bulunmazken (iri hafif nesnelere kaldırma ( $p=0,074$ ) ve iri ağır nesnelere kaldırma ( $p=0,079$ )), diğer 5 parametrede istatistiksel anlamlı fark olduğu saptandı ( $p<0,005$ , Çizelge 2). Yazı yazma ( $p<0,001$ ), sayfa çevirme ( $p<0,001$ ), küçük nesnelere kaldırma ( $p=0,001$ ), spontan beslenme ( $p=0,008$ ), dama pullarını üst üste sıralama ( $p=0,012$ ) istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu.

Hastaların 3 haftalık tedavi sonrası KAPÖ'nün her 2 alt parametresi'nde (performans ve memnuniyet) istatistiksel olarak anlamlı gelişme olduğu gözlemlendi (KAPÖ/performans ( $p=0,004$ ); KAPÖ/memnuniyet ( $p=0,002$ )). Tedavi öncesi

KAPÖ/performans ortalaması 3,25±1,27 iken tedavi sonrası KAPÖ performans ortalaması 4,64±1,40 olarak; KAPÖ/memnuniyet ortalaması ise tedavi öncesi 3,39±1,11 iken tedavi sonrasında 5,04±1,01 olarak tespit edildi. Hastaların KAPÖ sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 2.** Jebsen Taylor El Fonksiyon Testi (JTEFT) Parametreleri

JTEFT Saniye	Tedavi öncesi Ort±SS	Tedavi sonrası Ort±SS	p
Yazı yazma	134,4+124,7	98,5+99,1	<0,001
Sayfa çevirme	101,0+126,1	77,0+106,4	<0,001
Küçük nesnelere kaldırma	167,0+161,3	121,5+136,5	0,001
Spontan beslenme	183,5+160,8	141,6+150,8	0,008
Dama pullarını üst üste sıralama	121,9+148,2	88,7+123,9	0,012
İri hafif nesnelere kaldırma	64,3+112,8	48,7+97,1	0,074
İri ağır nesnelere kaldırma	75,0+122,8	57,2+109,3	0,079

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma

**Çizelge 3.** KAPÖ memnuniyet ve performans ortalama sonuçları

KAPÖ	Tedavi öncesi Ort±SS	Tedavi sonrası Ort±SS	p
Memnuniyet	3,39±1,11	5,04±1,01	0,004
Performans	3,25±1,27	4,64±1,40	0,002

Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma

## Tartışma

İnme, motor fonksiyon kaybı ve özürüllüğün önde gelen nedenlerinden biridir. İnme sonucunda üst ekstremité işlevlerinin kaybı ya da zayıflaması söz konusudur. Kol fonksiyonunun restorasyonu, GYA'ların yeniden kazanılması için önemlidir.

Son yıllarda fonksiyonel beyin görüntüleme yöntemlerinin ortaya çıkması, nöroplastisitenin daha iyi anlaşılması ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler inme rehabilitasyonunda oldukça farklı ve yeni tedavi yaklaşımlarının gündeme gelmesine neden olmuştur. İnme rehabilitasyonunda konvansiyonel tedavilere ek olarak hastalara ZKT, kısmi vücut ağırlıklı yürüme eğitimi, zenginleştirilmiş çevre, bimanuel üst ekstremité eğitimi, robotik tedaviler, sanal gerçeklik ortamında eğitim, motor imge yöntemi, nörogeribildirim, kortikal stimülasyon ve ev-temelli rehabilitasyon uygulamaları kullanılmakla birlikte yeni arayışlarda sürmektedir.

Nörolojik hasarlara bağlı gelişen hareket bozuklukları, bireylerin GYA'larını belirgin seviyede kısıtlamaktadır. Özellikle de üst ekstremitenin etkilendiği durumlarda kişilerin bağımsızlığı önemli derecede etkilenmektedir. Konvansiyonel tedavilere yardımcı olarak tasarlanan rehabilitasyon robotları, hem tekrarlayan hareketlere izin vermeleri açısından hem de hastanın tedavi sürecinde farklı bir alternatif olması bakımından kliniklerde yeni bir uygulama olarak kullanılmaya başlanmıştır.<sup>18,19</sup> Bu yenilik, nörolojik hasarı bulunan ve egzersiz yapan hastaya farklı bir alternatif olarak sunulan motor ve bilişsel zorlukların bir kombinasyonu ile ortaya konmuştur. Nörolojik hasarı

bulunan hastalarda kullanılan el-kol robotlarındaki egzersiz simülasyonu yaratan oyunların, hastayı belirli bir hedefe ulaştırmaya çalışması ya da hastaya kendi yapıyormuş hissini sağlaması, hastayı tedaviye katılım gösteren ve motive eden bir unsur olarak görülmektedir. Aynı zamanda sanal ortamda oluşturulan dengeli rekabetin hastayı daha büyük bir çaba içine soktuğu ve hedefe ulaşması için hastaya fırsat verdiği belirtilmektedir. En büyük özelliklerden biri de fonksiyonel geribildirim (biofeedback) sağlamasıdır.<sup>20</sup>

Mahdieh Babaiasl ve ark.'nın 2016 yılında yapmış oldukları ve inmeli hastalarda robot destekli tedavilerin incelendiği sistematik derlemede, kullanılan mevcut robotlar değerlendirmeye alınmış ve etkinlikleri araştırılmıştır.<sup>21</sup> Değerlendirilen robotik sistemlerin inmeli hastaların kol fonksiyonlarında gelişmeler sağladığı ve hastalar tarafından alternatif tedavi oluşturması açısından olumlu karşılandığı belirtilmiştir. Kol fonksiyonlarındaki olumlu gelişmelere rağmen robot destekli tedavilerin hastaların GYA'larında değişiklik sağlayamadığı belirtilmektedir. Derlemeye alınan çalışmalara bakıldığında; genel olarak üst ekstremité robot sistemlerinde daha çok dirsek fleksiyonu-ekstansiyonu, önkol supinasyon-pronasyonu ve el bileği dorsi fleksiyonu-palmar fleksiyonu hareketlerinin çalıştırıldığı ancak parmak hareketlerinin tedaviye çok az veya hiç katılmadığı görülmektedir. Aynı şekilde Gert Kwakkel ve ark.'nın 2008 yılında yapmış oldukları sistematik derlemede de daha önceki meta analizlerin aksine inmeli hastaların kol fonksiyonlarında iyileşme olduğu fakat GYA'da aynı gelişmelerin yakalanamadığı ifade edilmiştir.<sup>22</sup>

Son yıllarda nöroplastisite alanında yapılan çalışmaların sonuçlarına göre inmeli hastaların üst ekstremité rehabilitasyonunda proksimal segmentten ziyade önkol ve distal (el bilek ve parmaklar) segmente yoğunlaşılması önerilmektedir.<sup>23</sup> Dolayısıyla inmeli bireylerde GYA katılım ve performansının daha iyi olabilmesi için rehabilitasyonda distal segmentin daha titizlikle çalıştırılması son derece önemlidir. İnme rehabilitasyonunda mevcut konvansiyonel tedaviler ile yardımcı robotik tedaviler planlanırken omuz, dirsek, el bileği hareketlerinin yanı sıra parmak hareketlerinin de aktivite temelli çalıştırılması hastanın aktivite katılımı ve performans gelişimini olumlu derecede etkileyebilecektir.<sup>24,25</sup>

Retrospektif olarak yaptığımız bu çalışmada kliniğimizde konvansiyonel yöntemlerle kombine olarak üst ekstremité distal segment üzerine yapılan robot yardımcı tedavinin inmeli hastaların üst ekstremité fonksiyonları ve GYA üzerine olan etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda inmeli hastaların robot yardımcı tedaviye yüksek uyum gösterdiği, el fonksiyonlarında ve hayata katılımı ile ilgili parametrelerde anlamlı artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Yapmış olduğumuz bu çalışmada konvansiyonel tedavi programı planlanan inmeli hastalara iş-üçraşı tedavisi ile birlikte uygulanan üst ekstremité robot yardımcı tedavinin bireylerin el fonksiyonlarını geliştirdiği ve aktivite-performans katılımında iyileşmeye katkı sağladığı düşüncesindeyiz. Hasta sayımızın az olması ve randomize kontrollü araştırma olmaması çalışmamızın en büyük kısıtlılığı olmakla birlikte, ülkemizde üst ekstremité robotik tedavinin sonuçlarının değerlendirildiği ilk çalışma olması bakımından önem arz etmektedir. Bu alanda daha fazla sayıda hastanın değerlendirildiği randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların herhangi bir çıkar dayalı ilişkisi yoktur.

**Etik Onay/Hasta Onamı**

Çalışma için KÜ GOKAEK 2019-250 numarası ile Üniversitemiz Etik Kurulu tarafından onay alınmıştır.

**Maddi Destek**

Herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

**Yazar Katkıları**

ÇÇ, IS: Fikir; IS, ÇÇ: Tasarım; IS, ÇÇ: Kaynak tarama; ÇÇ: İstatistik; ÇÇ, IS: Yazım

**Kaynaklar**

1. Çevikol A, Çakıcı A. İnme Rehabilitasyonu. İçinde: Oğuz H, Çakırbay H, Yanık B, editörler. *Tıbbi Rehabilitasyon*. 3. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2015:419-448.
2. Formisano R, Barbanti P, Catarci T, et al. Prolonged muscular flaccidity: frequency and association with unilateral spatial neglect after stroke. *Acta Neurologica Scandinavica*. 1993;88(5):313-315. doi:10.1111/j.1600-0404.1993.tb05349.x
3. Nichols-Larsen DS, Clark PC, Zeringue A, et al. Factors influencing stroke survivors' quality of life during subacute recovery. *Stroke*. 2005;36(7):1480-1484. doi:10.1161/01.STR.0000170706.13595.4f
4. Santello M, Flanders M, Soechting JF. Postural hand synergies for tool use. *J Neurosci*. 1998;18(23):10105-10115. doi:10.1523/JNEUROSCI.18-23-10105.1998
5. Mason CR, Gomez JE, Ebner TJ. Hand synergies during reach-to-grasp. *J Neurophysiol*. 2001;86(6):2896-2910. doi:10.1152/jn.2001.86.6.2896
6. Kong KH, Chua KS, Lee J. Recovery of upper limb dexterity in patients more than 1 year after stroke: Frequency, clinical correlates and predictors. *NeuroRehabilitation* 2011;28(2):105-111. doi:10.3233/NRE-2011-0639
7. Gittler M, Davis AM. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery. *JAMA*. 2018;319(8):820-821. doi:10.1001/jama.2017.22036
8. Dionísio A, Duarte IC, Patrício M, et al. The use of repetitive transcranial magnetic stimulation for stroke rehabilitation: a systematic review. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2018;27(1):1-31. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.09.008
9. Klamroth-Marganska V. Stroke rehabilitation: therapy robots and assistive devices. *Adv Exp Med Biol*. 2018;1065:579-587. doi:10.1007/978-3-319-77932-4\_35
10. Pérez-Cruzado D, Merchán-Baeza JA, González-Sánchez M, et al. Systematic review of mirror therapy compared with conventional rehabilitation in upper extremity function in stroke survivors. *Aust Occup Ther J*. 2017;64(2):91-112. doi:10.1111/1440-1630.12342
11. Dursun N, Dursun E, Sade I, ve ark. Constraint induced movement therapy: efficacy in a Turkish stroke patient population and evaluation by a new outcome measurement tool. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2009;45(2):165-170.
12. Mazzoleni S, Turchetti G, Palla I, et al. Acceptability of robotic technology in neuro-rehabilitation: preliminary results on chronic stroke patients. *Comput Methods Programs Biomed*. 2014;116(2):116-122. doi:10.1016/j.cmpb.2013.12.017
13. Fasoli SE, Krebs HL, Hogan N. Robotic technology and stroke rehabilitation: translating research into practice. *Top Stroke Rehabil*. 2004;11(4):11-19. doi:10.1310/G8XB-VM23-1TK7-PWQU
14. Brewer BR, McDowell SK, Worthen-Chaudhari LC. Poststroke upper extremity rehabilitation: a review of robotic systems and clinical results. *Top Stroke Rehabil*. 2007;14(6):22-44. doi:10.1310/tsr1406-22
15. Cinnera AM, Pucello A, Lupo A, et al. Upper limb motor improvement in chronic stroke after combining botulinum toxin A injection and multi-joints robot-assisted therapy: a case report. *Oxf Med Case Reports*. 2019;10:omz097. doi:10.1093/omcr/omz097
16. Sale P, Lombardi V, Franceschini M. Hand robotics rehabilitation: feasibility and preliminary results of a robotic treatment in patients with hemiparesis. *Stroke Res Treat*. 2012;820931. doi:10.1155/2012/820931.
17. Singh N, Saini M, Anand S, et al. Robotic exoskeleton for wrist and fingers joint in post-stroke neuro-rehabilitation for low-resource settings. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2019;27(12):2369-2377. doi:10.1109/TNSRE.2019.2943005
18. Rahman T, Sample W, Jayakumar S, et al. Passive exoskeletons for assisting limb movement. *J Rehabil Res Dev*. 2006;43(5):583-590. doi:10.1682/jrrd.2005.04.0070
19. Demirbaş Badıllı Ş, Barkana D, İnal S. Üst ekstremiter rehabilitasyon robotları. *Türkiye Klinikleri J Physiother Rehabil-Special Topics*. 2015;1(1):1-5.
20. Laut J, Porfiri M, Raghavan P. The present and future of robotic technology in rehabilitation. *Phys Med Rehabil Rep*. 2016;4:312-319. doi:10.1007/s40141-016-0139-0
21. Babaiasl M, Mahdioun SH, Jaryani P, et al. A review of technological and clinical aspects of robot-aided rehabilitation of upper-extremity after stroke. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2016;11(4):263-280. doi:10.3109/17483107.2014.1002539
22. Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008;22(2):111-121. doi:10.1177/1545968307305457
23. Muellbacher W, Richards C, Ziemann U. Improving hand function in chronic stroke. *Arch Neurol*. 2002;59:1278-1282. doi:10.1001/archneur.59.8.1278
24. Corbetta D, Sirtori V, Castellini G, et al. Constraint-induced movement therapy for upper extremities in people with stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(10):CD004433. doi:10.1002/14651858.CD004433.pub3
25. Etoom M, Hawamdeh M, Hawamdeh Z, et al. Constraint-induced movement therapy as a rehabilitation intervention for upper extremity in stroke patients: systematic review and meta-analysis. *Int J Rehabil Res*. 2016;39(3):197-210. doi:10.1097/MRR.000000000000169