

## Robotik Rehabilitasyon Kullanma Kriterleri Biraz Daha Genişletilmeli mi?

### Should the Criteria for Using Robotic Rehabilitation be Expanded Some More?

- Şule ŞAHİN ONAT<sup>a</sup>,  
Cemile Sevgi POLAT<sup>a</sup>,  
Ali ORHAN<sup>a</sup>,  
Sibel ÖZBUDAK DEMİR<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Ankara Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon  
Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Ankara, TÜRKİYE

Received: 04.08.2017  
Received in revised form: 28.11.2017  
Accepted: 06.12.2017  
Available online: 23.11.2018

Correspondence:  
Cemile Sevgi POLAT  
Ankara Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon  
Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ankara,  
TÜRKİYE/TURKEY  
drsevgipolat@hotmail.com

Bu çalışma, 26. Ulusal Fiziksel Tıp ve  
Rehabilitasyon Kongresi (25-29 Nisan 2017,  
Antalya)'nda Robotik Rehabilitasyon Kullanma  
Kriterleri Biraz Daha Genişletilmeli mi?  
başlığıyla sunulmuştur.

**ÖZET** Sabit "treadmill" egzersiz robotlarında; kalça ve diz eklem sürücüsü olarak da adlandırabileceğimiz robot kolları içerisine yerleştirilmiş direkt akımla çalışan motor sistemler, robot kollarına monte kelepçeler ve dorsifleksör asistif mekanizması yer almaktadır. Bu kollar hasarlanabileceği için ve eklem verilebilecek hasardan dolayı ciddi düzeyde spastisite ve kontraktür varlığı, kalça/diz/ayak bileği artrodezleri kontrendikasyon olarak kabul edilmektedir. Oysa kinematik robotik ölçümler, üst ve alt ekstremitelerde özellikle eklem hareket açıklığında, motor defisitler ve eldeki proprioseptif fonksiyonlarda düzelme göstermektedir. Bu çalışmada, robotik tedavi kontrendikasyonu olmasına rağmen robotik rehabilitasyona alınan, hem eklem hareket açıklığında hem de ağrıda düzelmesi olan bir hasta sunulmuştur. Ayrıca bu konudaki kriterlere yönelik literatür taraması gözden geçirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Robotik rehabilitasyon; heterotopik ossifikasyon; kontrendikasyon

**ABSTRACT** There are motor system that we can call hip and knee driver works with direct current located in robotic arms, robotic arm mounting clamps and dorsiflexor assistif mechanism in the static treadmill exercise robots. Severe spasticity and contracture, hip/knee/ankle arthrodesis are considered as contraindications, as these arms may be damaged and the attachment may be inflected. However, kinematic robotic measurements show improvement in joint motion and motor deficits in the upper and lower limbs and proprioceptive functions in the hands. In our case report, a patient who had a robotic treatment although contraindicaiton and had improvement both range of motion and pain was presented. Also the literature about the criteria on this subject was reviewed.

**Keywords:** Robotic rehabilitation; heterotopic ossification; contraindication

Son 10 yılda nörorehabilitasyon ile uğraşan kliniklerde robotik cihazların kullanımını hızla artmıştır.<sup>1</sup> Nörorehabilitatif yaklaşımların ortak özellikleri hastayı yoğun, tekrarlayıcı ve göreve özgü çalıştırmalarıdır.<sup>2</sup> Alt ekstremitte rehabilitasyonu için kullanılan Lokomat'ın, alt ekstremitte iskelet sistemi (Yürüyüş ortezi ile diz ve kalça eklem hareketleri bilgisayara aktarılır), gövde ağırlığını destekleyen ortezi ve "treadmill" aparatları mevcuttur. Lokomatın pasif kontrolü bulunmaktadır ve sabit referansta önceden belirlenmiş kalça ve dizin sagittal plandaki hareketlerine göre tekrarlayan hareketler yaptırmaktadır. Son zamanlarda aktif-asistif egzersizlerden hasta tarafından kontrol edilecek şekilde aktif egzersizlere ilerlenerek hastanın aktif katılımı artırılmıştır. Monitörize edilmiş sistemle

hastanın görsel olarak yaptığı ve yapması gereken eklem hareket açıklıkları (EHA) nı görebilmesi, hastanın hareketin kontrolüne katkı sağlaması, yürümenin spatial ve temporal paternlerinin yerleştirilmesi açısından çok önem arz etmektedir.<sup>3</sup>

Sabit “treadmill” egzersiz robotlarında kalça ve diz eklem sürücüsü olarak da adlandırabileceğimiz robot kolları içerisine yerleştirilmiş direkt akımla çalışan motor sistemler, robot kollarına monte kelepçeler ve dorsifleksör asistif mekanizması yer almaktadır. Bu kollar hasarlanabileceği için ve eklem verilebilecek hasardan dolayı ciddi düzeyde spastisite ve kontraktür varlığı, kalça/diz/ayak bileği artrodezleri kontrendikasyon olarak kabul edilmektedir. Oysa kinematik robotik ölçümler, üst ve alt ekstremitelerde özellikle EHA’da, motor defisitler ve eldeki proprioseptif fonksiyonlarda düzelme göstermektedir.<sup>4-7</sup> Her hastaya göre terzi işi bir tedavi programı planlanmalıdır.<sup>2</sup> Bu durumda kontraktür ve spastisiteyi kesin bir kontrendikasyon olarak almak ne kadar doğru olmaktadır? Faydaları şüphesiz olan robotlar için üç kural belirlenmiştir (marco) :1) Bir robot insana zarar vermemelidir, yaralanmaya yol açmamalıdır. 2) Bir robot insandan emir almak zorundadır (Sadece ilk kuralla çatışan emirler dışında) 3) Bir robot kendi varlığını korumalıdır (Bu koruma bir ve ikinci kural ile çatışmadan). Robot etik kuralları tarafından belirlenen bu kuralların hiyerarşik yapısında ilk basamakta insan sağlığı, sonra insan geleceği ve en sonda da robotun kendini koruması yer almaktadır.<sup>2</sup>

Olaya bu açıdan bakınca evet, ciddi düzeyde spastisite ve kontraktür varlığı bir kontrendikasyon olarak kabul edilebilir. Bu çalışmada, robotik tedavi kontrendikasyonu olmasına rağmen robotik rehabilitasyon alınan, hem EHA’da hem de ağrıda düzelmesi olan bir olgu sunulmuştur. Ayrıca bu konudaki kriterlere yönelik literatür taraması gözden geçirilmiştir.

## OLGU SUNUMU

Altı ay önce darp sonucu travmatik beyin hasarı gelişen 36 yaşındaki erkek olgu, yürüme güçlüğü tanısıyla servisimize yatırıldı. Koma ve posttravmatik amnezi süresi 60 gün idi. Olgunun sağ kalçasında,

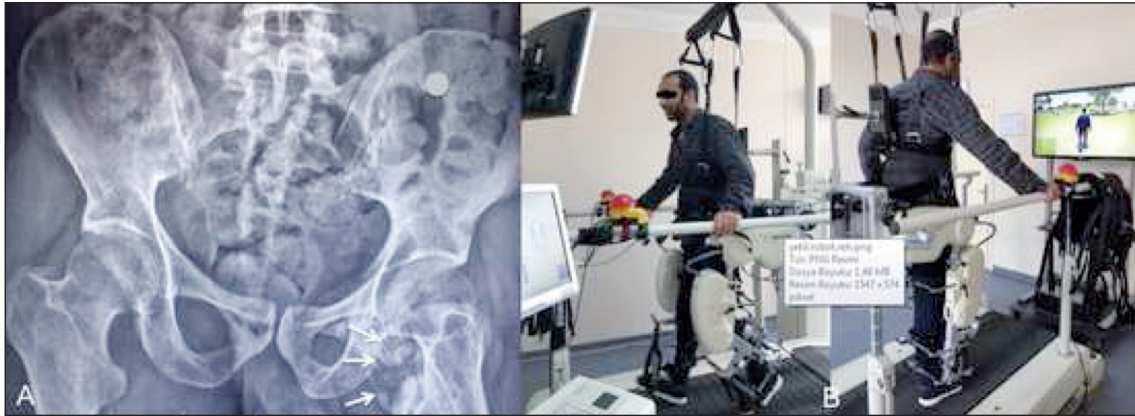
vizüel analog skala (VAS) ile 10 düzeyinde ağrısı bulunmakta (VAS 0-10 arası alındı) idi. Fizik muayenesinde, kalça EHA tüm yönlerde hareket başlangıcında limitli idi ve ağrıdan dolayı EHA ölçümleri yapılamadı. Alt ekstremitede spastisite Ashworth skalasına göre 1+ olarak tespit edildi. Ambule olmayan olgunun servise kabulündeki fonksiyonel bağımsızlık ölçümü (FBÖ) 64, Galvenston Oryantasyon ve Amnezi Testi 54, Mini Mental Değerlendirme Testi 18, Rancho Losamigos Testi ise 7 idi. Yapılan laboratuvar incelemesinde herhangi bir anormallik saptanmadı. Anteroposterior pelvis grafisi ve bilgisayarlı tomografi incelemesinde sağ femur başı ve asetabulum çevresinde ossifikasyon alanları izlendi (Resim 1A). Sağ kalça ultrasonografisinde tipik “cloudy” şeklinde dağınık hiperekoik odaklar gözlemlendi.

Heterotopik ossifikasyondan kaynaklanan yoğun ağrısı için 25 mg/gün indometazin başlandı ve tedricen artırılarak 125 mg/gün dozuna ulaşıldı. Transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu 2x20 dk/gün verildi. Olgunun ağrısında rahatlama olmasına rağmen kognitif yan etkilerden dolayı indometazin dozu daha fazla artırılmadı. İlgili branşlar tarafından olguya radyoterapi uygulaması ve cerrahi girişim düşünülmüdü.

Olgunun kalça EHA kısıtlılığı göz önüne alınarak, kontrollü bir şekilde gözetim altında robotik yürüme sisteminde yürüme eğitimine alındı (Resim 1B). Ağrısında belirgin rahatlama oldu (VAS: 2). Kalça EHA’ları fleksiyonu 110°, abduksiyonu 60°, iç rotasyonu 30°, dış rotasyonu 40° ve FBÖ 105 oldu.

## TARTIŞMA

Cochrane derlemelerine göre yürüme rehabilitasyonunda, robot tedavisinin etkinliğiyle ilgili farklı sonuçlar bulunmaktadır.<sup>8-10</sup> Ancak, artık literatürde, olgumuzda olduğu gibi robotik tedavinin başarısı değil kimlerde robotik rehabilitasyonun daha etkin olduğu sorusu üzerinde durulması gerektiği ifade edilmektedir.<sup>11</sup> Rehabilitasyon protokolü düzenlenirken, robotik tedaviyi dâhil etme ve etmeme kriterlerinin belirlenmesinin çok önemli olduğu belirtilmektedir. Birkaç çalışmada, etkili hareket parametrelerinin (eklem açıları, hızı, uygulanan güçleri), uygulama sürelerinin hastanın kapasitesi



RESİM 1: A) Sağ femur başı ve asetabulum çevresinde ossifikasyon alanları. B) Robotik yürüme sisteminde yürüme eğitimi.

ve ihtiyaçlarına göre belirlenmesi gerektiği ama mutlaka terzi işi olacak şekilde hastaya özgü planlama yapılması gerektiği belirtilmiştir.<sup>2</sup> Çalışmamızda da robotik tedavi kontrendikasyonu olmasına rağmen robotik rehabilitasyon alınan, hem EHA'da hem de ağrıda düzelmesi olan bir olgu sunulmuştur.

Datteris' derlemesinde robotik tedavinin en az konvansiyonel tedavi kadar etkin olduğundan bahsetmiştir.<sup>12</sup> Robotik tedavi ile pelvis hareketindeki kısıtlanma ve alt ekstremitedeki değişken eklem kinematikleri ve kas aktivasyonlarından dolayı anormal ve fizyolojik olmayan yürüme şekillerinin ortaya çıkabileceği ifade edilmiştir.<sup>2</sup> Bunu gidermek için pelviste lateral translasyon ve transvers rotasyona izin veren opsiyonel modüller kullanılarak daha fizyolojik yürüme paternleri elde edilebileceği belirtilmiştir. Ama yine de yürümedeki otonom iyileşmenin robotik yürüme rehabilitasyonu ile değişemeyeceği, fizyolojik yürüme paterninin zorunlu olmadığı ifade edilmiştir.<sup>2</sup>

Biyomekanik olarak eklem hareketi ve gücü "eklem impedansı" nı oluşturmaktadır. Eklem impedansı klinikte "eklem sertliği" olarak kullanılsa da bu tanım tam olarak karşılamamaktadır ve eklem hareketine engel olan tüm faktörleri içermelidir. Eklem impedansının üç kaynağı vardır: 1) Eklem yakınındaki kas, tendon ve çevre dokulardaki pasif biyomekanik özellikler (*pasif komponent*), 2) Reflekslere yanıt olarak kasta oluşan direnç (*refleksif komponent*), 3) Kasta refleksif ol-

mayan, nöral kontraksiyonlar (*intrinsik komponent*). Bu refleksif ve intrinsik komponent kas aktivasyonu ile ilişkilidir ve aktif komponent olarak da tanımlanmaktadır. Nörolojik popülasyonda spastisite, rijidite veya distoni sonucunda anormal artmış eklem impedansı ortaya çıkmaktadır. İntrinsik ve refleksif komponent de etkilenmiş olmaktadır. Eklem pozisyonu, intrinsik komponentin artışı, eklem açısındaki artışla ligamentlerde daha fazla gerilmeye yol açarak eklem impedansını etkilemektedir.<sup>13-16</sup> Dolayısıyla eklemdeki impedansın nereden kaynaklandığını ortaya koymak belki de robota alımdaki en önemli belirleyici olacaktır.

Olgumuzda olduğu gibi pasif komponenti ön planda olan hastalarda robotik tedavi önemli bir seçenek olabilir. Oysa refleksif ve intrinsik komponenti olan hastalarda robotik tedaviye almadan bir kez daha düşünmek gerekebilir. Genel olarak Lokomat sagittal planda kalça ve dizde izometrik kontraksiyona izin verir ve hasta pozisyonu 30° kalça fleksiyonu ve 45° diz fleksiyonu olmalıdır denilse de terzi işi tedavi kapsamında bu kriterler değişebilmektedir.<sup>1</sup> Nörorehabilitasyonda şöyle paradokslar olabilir: Yoğun çalışma programları spastisiteyi artırabilir. Konvansiyonel egzersizlerdeki sıkıcılık ve monotonluktan çok farklı egzersizleri içeren robot tedavisinde hastanın daha çok motivasyonu gerekmektedir ve robot tedavisi tam iyileşme olasılığı düşük hastalar için umut olmaktadır. Sağlık sistemine daha az sayıda terapist gerektirmesi, terapistin iş gücünü azaltması, harekete özel olması, daha etkili rehabilitasyon sağlaması,

hastanede kalma süresini azaltması ve daha bağımsız hastalar oluşturmasıyla çok fazla katkı sağlamaktadır.<sup>2</sup>

Sonuç olarak, rehabilitasyon için kullanılan terapötik robotik cihazlar ile göreve özgü ve yüksek yoğunlukta çalışma sağlanması, hastanın interaktif katılımının sağlanması ve motivasyonunu artırması, “feedback” verilmesi, ölçümlerin ve ilerlemenin objektif ölçülebilmesi önemlidir. Robotik rehabilitasyon sistemlerinin, fonksiyonel kazanç

göstermesi bile tüm hastaların hayat kalitelerini, mutluluk, motivasyon, umut ve özgüvenlerini artırdığı; stres ve ağrıları azalttığı birçok çalışmada bildirilmektedir.<sup>2</sup> Biz de olgumuzda konvansiyonel rehabilitasyon yöntemleriyle elde edemediğimiz başarıyı robotik sistemle sağladık. Literatürde de belirtildiği gibi artık robotik tedavilerin başarısından çok dâhil edilme kriterleri ve kontrendikasyonlarını belirlemek için daha fazla sayıda çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Maggioni S, Melendez-Calderon A, Van Asseldonk E, et al. Robot-aided assessment of lower extremity functions: a review. *J Neuroeng Rehabil.* 2016;13:72. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Iosa M, Morone G, Cherubini A, et al. The three laws of neurorobotics: a review on what neurorehabilitation robots should do for patients and clinicians. *J Med Biol Eng.* 2016;36:1-11. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Ozbudak Demir S. Omurilik yaralanmalı hastalarda robot yardımlı yürüme eğitimi. *Turk J Phys Med Rehab.* 2015;61:37-44. [Crossref]
- Ingemanson ML, Rowe JB, Chan V, et al. Use of a robotic device to measure age-related decline in finger proprioception. *Exp Brain Res.* 2016;234:83-93. [Crossref] [PubMed]
- Cappello L, Elangovan N, Contu S, et al. Robot-aided assessment of wrist proprioception. *Front Hum Neurosci.* 2015;9:198. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Domingo A, Lam T. Reliability and validity of using the Lokomat to assess lower limb joint position sense in people with incomplete spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil.* 2014;11:167. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Otaka E, Otaka Y, Kasuga S, et al. Clinical usefulness and validity of robotic measures of reaching movement in hemiparetic stroke patients. *J Neuroeng Rehabil.* 2015;12:66. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Mehrholz J, Werner C, Kugler J, et al. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007;(4):CD006185. [Crossref]
- Mehrholz J, Elsner B, Werner C, et al. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(7):CD006185. [Crossref]
- Mehrholz J, Pohl M, Elsner B. Treadmill training and body weight support for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;(1):CD002840. [Crossref]
- Masiero S, Poli P, Rosati G, et al. The value of robotic systems in stroke rehabilitation. *Expert Rev Med Devices.* 2014;11:187-98. [Crossref] [PubMed]
- Datteri E. Predicting the long-term effects of human-robot interaction: a reflection on responsibility in medical robotics. *Sci Eng Ethics.* 2013;19:139-60. [Crossref] [PubMed]
- Ludvig D, Perreault EJ. Estimation of joint impedance using short data segments. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2011; 2011:4120-3. [Crossref]
- Kearney RE, Hunter IW. System identification of human joint dynamics. *Crit Rev Biomed Eng.* 1990;18:55-87. [PubMed]
- Mirbagheri MM, Barbeau H, Kearney RE. Intrinsic and reflex contributions to human ankle stiffness: variation with activation level and position. *Exp Brain Res.* 2000;135:423-36. [Crossref] [PubMed]
- Sinkjaer T, Magnussen I. Passive, intrinsic and reflex-mediated stiffness in the ankle extensors of hemiparetic patients. *Brain.* 1994;117:355-63. [Crossref] [PubMed]