

Spastik kasın ve tedavi yöntemlerinin mekaniği: sonlu elemanlar modelleri, hayvan deneyleri, intraoperatif testler ve manyetik rezonans görüntüleme analizleri

Can A. Yücesoy

Boğaziçi Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü

Serebral Palsi, kas spastisitesine yol açar. Spastik kasın mekanik davranışı pasif germeye karşı şiddetli bir direnç ile karakterize edilebilir ve tipik olarak eklem fleksiyon pozisyonunda tutulması sonucu hastaların sınırlanmış eklem hareketi patolojik bir koşul oluşturur. Buna göre, spastik kasın pasif kuvvetlerinin yüksek olması, aktive edildiğinde ise fleksiyon pozisyonlarında yüksek kuvvetler üretiyor olması ve kuvvet üretebildiği eklem hareket aralığının dar olması beklenir. Spastik kasın mekaniği bu beklenti üzerinden tarif edilmiştir ve uygulanan tedaviler de buna göre tasarlanmıştır. Ancak, serebral palsi hastalarının spastik kaslarının eklem yaptıkları etkileri objektif biçimde ortaya koyan çalışmalar çok sınırlıdır. Laboratuvarımız, hastaların ortopedik cerrahileri sırasında yaptığı intraoperatif testlerle diz fleksörü spastik kasların mekaniğini çalışmaktadır: aktive edilen kasın doğrudan tendonundan ve diz eklemine açısının fonksiyonu olarak yapılan kuvvet ölçümleriyle bu alandaki boşluğu dolduracak önemli bir bilgi birikimi oluşturulmuştur. Elde edilen nicel ve objektif bulgular, spastik diz fleksörleri tek başına aktive edildiğinde varsayımlarla örtüşmemektedir (örneğin Ates et al. 2013; Yücesoy et al 2017). Ancak, kasların eşzamanlı aktivasyonları, eklemdeki patolojik koşulu açıklayabilen yeni veriler ortaya koymaktadır (örneğin Ates et al. 2014; Kaya et al. 2017).

Diğer yandan, spastik kasların cerrahi ve botulinum toksin tip-A (botoks) enjeksiyonuyla tedavilerinin mekanik etki mekanizmaları da anlaşılmamıştır. Botoks kası kısmen paralize eder ve bu durum spastik kas için geçerli olan kontrolsüz germe refleksinin baskılanmasına yardımcı olur. Bu etki terapötik olmakla birlikte, tedavi edilen kasın mekanik davranışı da çok önemlidir çünkü serebral palsi hastaları için hareketin motoru hala bu kaslardır. Tedaviden beklenen, kasın pasif kuvvetlerinin azalması ve kuvvet ürettiği boy aralığının artmasıdır. Ancak, bunları objektif olarak test eden çalışmalar eksiktir. Laboratuvarımız, hayvan deneyleriyle bu etkilerin geçerliliğini araştırmaktadır ve tedaviden beklenenin tersine etkiler ortaya çıktığını göstermektedir (örneğin Ates & Yücesoy 2014). Üstelik, kasın kolajen içeriğinin botoks sonrası arttığı görülmektedir. Sonlu elemanlar analizleriyle mekanik sertliği artan ve botoks etkisindeki kas modellenerek, uzun dönem ve tedavi sonrası koşulların simüle edildiği çalışmalarımız da yeni bakış açıları üretmiştir. Sonuçlar, spastisite yönetimi sürecinde, uzun dönemde, tedaviden beklenene ters etkilerin artacağına ve tedavi bitiminde de kısmen kalıcı olacağına işaret etmektedir (Turkoglu et al. 2014; Turkoglu & Yücesoy 2016).

Konuşma, bu çeşitli yöntemlerle yapılan analizlerden örnekler sunacaktır ve manyetik rezonans görüntüleme yöntemlerinin insanda in vivo kas mekaniği analizleri (Pamuk et al. 2016, Karakuzu et al. 2017) için önemli ve yeni bir araç ortaya koyduğunu göstermeyi hedeflemektedir.

Referanslar

Ates, F., Temelli, Y. and Yücesoy, C.A., 2013. Human spastic Gracilis muscle isometric forces measured intraoperatively as a function of knee angle show no abnormal muscular mechanics. *Clinical Biomechanics*, 28, 48-54.

Ates, F., Temelli Y. and Yucesoy, C.A., 2014. Intraoperative experiments show relevance of inter-antagonistic mechanical interaction for spastic muscle's contribution to joint movement disorder. *Clinical Biomechanics*, 29, 943-949.

Ates, F. and Yucesoy, C.A., 2014. Effects of BTX-A on non-injected bi-articular muscle include a narrower length range of force exertion and increased passive force. *Muscle and Nerve*, 49, 866-878.

Kaya, C.S., Temelli, Y., Ates, F. and Yucesoy, C.A., 2018. Effects of inter-synergistic mechanical interactions on the mechanical behaviour of activated spastic semitendinosus muscle of patients with cerebral palsy. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 77, 78-84.

Karakuzu, A., Pamuk, U., Ozturk, C., Acar, B. and Yucesoy, C.A., 2017. Magnetic resonance and diffusion tensor imaging analyses indicate heterogeneous strains along human medial gastrocnemius fascicles caused by submaximal plantar-flexion activity. *Journal of Biomechanics*, 57, 69-78.

Pamuk, U., Karakuzu, A., Ozturk, C., Acar, B. and Yucesoy, C.A., 2016. Combined magnetic resonance and diffusion tensor imaging analyses provide a powerful tool for in vivo assessment of deformation along human muscle fibers. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 63, 207-219.

Turkoglu, A.N., Huijing, P.A. and Yucesoy, C.A., 2014. Mechanical principles of effects of botulinum toxin on muscle length-force characteristics: an assessment by finite element modeling. *Journal of Biomechanics*, 47, 1565-1571.

Turkoglu, A.N. and Yucesoy, C.A., 2016. Simulation of effects of botulinum toxin on muscular mechanics in time course of treatment based on adverse extracellular matrix adaptations. *Journal of Biomechanics*, 49, 1192-1198.

Yucesoy, C.A., Temelli Y. and Ates, F., 2017. Intra-operatively measured spastic semimembranosus forces of children with cerebral palsy. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 36, 49-55.