



Ayak bileğinde ekin deformitesi olan hemiplejik serebral palsili hastalarda gastrocnemius kasına uygulanan botulinum toksin A'nın etkinliğinin üç boyutlu yürüme analizi ile değerlendirilmesi

Evaluation of efficacy of botulinum toxin A to gastrocnemius muscle in patients with hemiplegic cerebral palsy with equinus deformity of ankle using three-dimensional gait analysis

Kubilay Beng,¹ Evren Akpınar,¹ Sebahat Aydil,² Avni İlhan Bayhan,¹ Mehmet Özbey Büyükkuşçu,¹ Mehmet Fırat Yağmurlu¹

¹Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

²Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Yürüme Analizi Laboratuvarı, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Kliniği, İstanbul, Türkiye

Geliş tarihi / Received: Kasım 2015 Kabul tarihi / Accepted: Şubat 2016

ÖZ

Amaç: Bu yazıda hemiplejik serebral palsili (SP) çocuklarda gastrocnemius kasına uygulanan botulinum toksin A (BtA) enjeksiyonunun etkinliği değerlendirildi.

Hastalar ve yöntemler: Ocak 2014 - Aralık 2014 tarihleri arasında kliniğimizde hemiplejik SP tanısı konulan dokuz hasta (8 erkek, 1 kız; ort. yaş 6 yıl; dağılım 5-10 yıl) çalışmaya dahil edildi. Hastaların tamamına BtA uygulaması öncesinde ve sonrasında üçüncü ve altıncı aylarda fizik muayeneleri ile bilgisayarlı üç boyutlu yürüme analizi yapıldı.

Bulgular: Tedavi öncesi artmış çift adım uzunluğu ve yürüme hızı, BtA enjeksiyonu sonrası üçüncü ayda azaldı. Altıncı ayda yürüme hızı ve çift adım uzunluğunun arttığı, ancak başlangıç değerlerine dönmediği gözlemlendi. İlk temastaki diz fleksiyonu (K1), ilk temastaki ayak bileği plantar fleksiyonu (A1), basma fazındaki maksimum ayak bileği dorsifleksiyonunda (A2) ve maksimum ayak bileği dorsifleksör momentinde (Am1) BtA enjeksiyonu sonrası altıncı aya kadar devam eden anlamlı iyileşmeler elde edildi.

Sonuç: Çalışma bulgularımız, BtA enjeksiyonu sonrasında topuk vuruşu sırasında ayak bileği ve dizdeki pozisyonun anlamlı iyileşme gösterdiğini ve bu iyileşmenin altıncı aya kadar devam edebildiğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Botulinum toksin A; yürüme analizi; kinematik; kinetik.

ABSTRACT

Objectives: This study aims to evaluate the efficacy of botulinum toxin A (BtA) injection applied to the gastrocnemius muscle in children with hemiplegic cerebral palsy (CP).

Patients and methods: Between January 2014 and December 2014 nine patients (8 boys, 1 girl; mean age 6 years; range 5 to 10 years) who were diagnosed with hemiplegic CP in our clinic were included in this study. All patients underwent physical examination and computerized three-dimensional gait analysis before and at three and six months after the administration of the BtA.

Results: Increased the stride length and walking speed prior to treatment decreased after BtA injection at three months. At six months, increased walking speed and stride length were observed, although they did not return to their baseline values. Significant improvements at the knee flexion at the initial contact (K1), ankle plantar flexion at the initial contact (A1), maximum ankle dorsiflexion during the stance phase (A2), and maximum ankle dorsiflexion moment (Am1) after BtA injection, which were maintained up to six months.

Conclusion: Our study results show that the position of the ankle and knee during the heel strike is significantly improved after BtA injection and this improvement can be maintained up to six months.

Keywords: Botulinum toxin A; gait analysis; kinematic; kinetic.

İletişim adresi / Corresponding author: Dr. Kubilay Beng, Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, 34470 Baltalimanı, İstanbul, Türkiye.

e-posta / e-mail: kubilaybeng@yahoo.com

Cite this article as:

Beng K, Akpınar E, Aydil S, Bayhan Aİ, Büyükkuşçu MÖ, Yağmurlu MF. Evaluation of efficiency of botulinum toxin A in patients with hemiplegic cerebral palsy who has equinus deformity with three dimensional gait analysis. Turk J Phys Med Rehab 2017;63:1-8.

Serebral palsi (SP)'li çocuklarda gastroknemius ve soleus kaslarındaki spastisiteye bağlı olarak sıklıkla ayak bileği ekin deformitesi gelişir.^[1] Spastisitenin neden olduğu bu dinamik deformitenin küçük yaşta çocuklarda (1-6 yaş) erken tedavisi çok önemlidir.^[2] Dinamik ayak bileği ekin deformitesinin konservatif tedavisinde alçılama, fizik tedavi, ortez kullanımı ve botulinum toksin A (BtA) enjeksiyonu kullanılan yöntemlerdir.^[1-3] Konservatif tedaviye yanıt vermeyen ekin deformitesi olan çocuklarda Aşil tendonu veya gastroknemius kası fasyasının cerrahi olarak gevşetilmesi gerekir ki, bu tedavide aşırı gevşetme yapma olasılığı vardır.^[2-4] Bu nedenle cerrahi tedavinin yürümenin erişkin döneme geçtiği altı yaş sonrasında yapılması tercih edilir.^[2,3]

1990'lı yıllardan itibaren SP'de tonus tedavisinde kullanılmaya başlanan BtA; uygulanan kasta geçici, doz bağımlı ve kimyasal denervasyon oluşturur.^[1,2,5] Bir ila altı yaş arası SP'li çocuklarda uygulanan erken BtA tedavisi ile hem spastisite tedavi edilir hem de cerrahi geciktirilmiş olur. Bu şekilde cerrahinin olası risklerinden de kaçınılmış olur.^[2,3]

Serebral palsili çocuklarda en sık yürüme şekli ya tam taban basma ya da parmak ucu yürüme şeklindedir.^[2] Bu bulgu kinematik grafiklerde basma fazında ayak bileği dorsifleksiyonu kısıtlılığı şeklinde gözlenir. Ayak bileği moment grafiğinde ise çift tepe bulgusu gözlenir. İlk tepe basma ortası fazda ve ikinci tepe basma sonu fazda olur. İlk tepenin magnitudü ikinci tepeden daha büyüktür. Sağlıklı bireylerde güç grafiklerinde basma ortası fazda güç emilimi, basma sonu fazda ise güç oluşumu gözlenir. Serebral palsili hastalarda ise güç grafiklerinde prematür güç üretimi ve emilimi, basma sonu fazda ise azalmış güç üretimi gözlenir.^[3,6,7] Gastroknemius kasına uygulanan BtA sonrası zaman-mesafe, kinematik ve kinetik değerlerdeki kısa dönem olumlu gelişimleri gösteren çalışmalar yapılmıştır.^[1-3,8,9] Ancak literatürde sadece hemiplejik SP'li hastalardan oluşan homojen bir hasta grubunda gastroknemius kasına uygulanan BtA'nın etkililiğini üç farklı zamanda tekrarlayan ölçümler yapılarak değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı gastroknemius kasına BtA uygulanan hemiplejik SP'li çocuklarda BtA enjeksiyonu öncesi ve uygulandıktan üç ve altı ay sonra yapılan fizik muayene, yürüme analizi ile elde edilen zaman-mesafe, kinematik ve kinetik veriler değerlendirilerek BtA'nın etkinliğinin objektif şekilde ortaya koyulmasıdır. Makalenin hipotezi; gastroknemius kasına BtA uygulaması sonrasında dinamik spastisitenin azaldığı

ve altıncı ayda BtA'nın etkinliğinin devam ettiği yönündedir.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

Ocak 2014 - Aralık 2014 tarihleri arasında Metin Sabancı Baltalimanı Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Çocuk Ortopedisi Grubu'nda ardışık olarak BtA tedavisi gören hastaların tedavi öncesi ve sonrası hastalığın seyri ve yürüme analizi laboratuvar sonuçları retrospektif olarak değerlendirildi. On bir hemiplejik hastadan ayrıntılı muayenesi ve üç boyutlu yürüme analizi verileri eksiksiz olarak elde edilmiş dokuz hemiplejik SP'li hasta (8 erkek, 1 kız; ort. yaş 6 yıl; dağılım 5-10 yıl) olan çalışmaya dahil edildi. İki hasta takiplerine gelmediğinden çalışma dışında bırakıldı. Temmuz 2015'te altıncı ay verileri tamamlanan bu hastalar için posteriori güç analizi yapıldı. Buna göre 0.99 güce ulaşıldığı saptandıktan sonra çalışmanın yayınlanması planlandı. Farklı zamanlarda yapılan muayeneler tek bir değerlendirmeci tarafından yapıldı. Yapılan fizik muayene değerlendirmelerinden diz ve ayak bileğinin modifiye Ashworth skorları ve ayak bileği pasif dorsifleksiyon derecelerindeki değişimler çalışmaya dahil edildi. Bu değerlendirmelere göre çalışmaya dahil edilen tüm hastalarda izole dinamik gastroknemius spastisitesi vardı. Çalışmanın dışlanma kriterleri; (i) GMFSC (Gross Motor Function Classification System) 4-5 hastalar, (ii) sabit ekin deformitesi olması, (iii) çalışmaya dahil edilmesi düşünülen alt ekstremitede şiddetli atetoid hareketleri olması ve (iv) ayak, ayak bileği veya bacadan daha önce ameliyat geçirmesi olarak belirlendi.

Botulinum toksin A enjeksiyonları ameliyathanedeki hastalara yüzeysel sedasyon uygulanarak ve alt ekstremiteler uyluk seviyesine kadar steril boyandıktan sonra uygulandı. Hastalara steril flakon içinde 100 ünite toksin içeren botulinum toksin tip A (Botox, Allergan, Inc., Irvine, CA, USA) enjekte edildi. Botulinum toksin A 5 mL serum fizyolojik ile sulandırıldıktan sonra 1 mL'lik beş adet insülin enjektörlerine çekildi ve 26 gauge'lik^[2] enjektör ucu ile uygulandı. Enjeksiyonlar motor son plak hedefli olarak^[10] gastroknemius kasının medial başına üç noktadan, lateral başına ise bir noktadan uygulandı. Gastroknemius kası için 4-8 IU/kg BtA uygulandı. İki hastada ek olarak hamstring kasına BtA uygulandı. Uygulanan kas hareket eksenini boyunca pasif olarak hareket ettirilerek iğnenin istenilen kas içerisinde olduğu kontrol edildi (Şekil 1).

Enjeksiyon sonrasında yedi hastaya ayak bileği 90 derece olacak şekilde kısa bacak, Hamstring kasına



Şekil 1. Gastroknemius kasına yerleştirilen 26 gauge'lik enjektör ucunun, hareket eksenine boyunca pasif olarak hareket ettirilerek iğnenin kas içerisinde olup olmadığının kontrolü.

BtA uygulanan iki hastaya ise diz 10 derece fleksiyonda olacak şekilde uzun bacak alçı uygulandı. Alçı 10 gün sonra poliklinik kontrolünde çıkarıldı. Tüm hastalara eklemsiz ayak bileği ortezi verildi ve gün boyunca ayakkabı içinde giyerek yürümesi istendi. Hastaların rutin fizik tedavi programlarına geri dönmeleri sağlandı. Enjeksiyon ile ilgili herhangi bir komplikasyona rastlanmadı.

Üç boyutlu yürüme analizleri hastanemiz yürüme analizi laboratuvarında yapıldı. Yürüme analizi Vicon Bonita sistemi (Oxford Metrics Ltd., Oxford, England) ile uygulandı. Analiz için sekiz adet 100 Hz infrared kamera ve iki adet Bertec kuvvet platformu (Bertec Corp., Columbus, OH, USA) kullanıldı. Hastaların belirli anatomik noktalarına 16 adet retroreflektif belirteç modifiye Helen Hayes modeline göre yerleştirildi.^[11-13] Hastalardan 9 metre yürüme yolunda çıplak ayakla günlük hayattaki yürüme şekli ve hızıyla yürümeleri istendi. Alınan yürüme kayıtları Vicon Nexus 1.8.2 (Vicon Inc., Oxford, United Kingdom) programında işleminden geçirildi. Daha sonra Polygon 4.0.1 yazılımı (Vicon Inc., Oxford, United Kingdom) ile zaman-mesafe parametreleri ile kinematik ve kinetik grafikler elde edildi. Hastaların her iki ayağının sırasıyla kuvvet platformuna tam bastığı yürüme siklusları sağlıklı veri olarak kabul edildi. Hastaların kinematik ve kinetik uyumluluk grafikleri değerlendirilerek tek bir siklusun verileri değerlendirmeye alındı.

Hastaların zaman-mesafe değişkenlerinden; dakikadaki adım sayısı, çift adım zamanı, çift adım uzunluğu, adım genişliği ve yürüme hızları değerlendirilmeye alındı. Hastaların alt ekstremité kine-

matik ve kinetik değerlerinden (i) ilk temastaki diz fleksiyonu (K1), (ii) basma fazındaki maksimum diz ekstansiyonu (K2), (iii) ilk temastaki ayak bileği plantar fleksiyonu (A1), (iv) basma fazındaki maksimum ayak bileği dorsifleksiyonu (A2), (v) maksimum ayak bileği dorsifleksör momenti (Am1), (vi) maksimum ayak bileği plantar fleksör momenti (Am2), (vii) ayak bileği güç emilimi (Ap1) ve (viii) ayak bileği güç oluşumu (Ap2) değerleri çalışmaya dahil edildi (Şekil 2a-d). Eklemelerin (dorsi) fleksiyon değerleri pozitif, ekstansiyon (plantar fleksiyon) değerleri negatif değerlerdir. Yerçekimi ve eylemsizlik kuvvetlerinin oluşturduğu momente karşı gelişen eklem momentleri net momentlerdir (belli bir eklemden ve belli bir düzlemdeki internal momentlerin ortalaması). Ekstansör moment değerleri pozitif, fleksör moment değerleri negatiftir. Her bir değişken için üç farklı zamandaki değerler arasında anlamlı fark olup olmadığına bakıldı.

İstatistiksel analiz

Verilerin normal dağılım kontrolü Shapiro Wilk testiyle sınılandı. Normal dağılıma uyan veriler için tanımlayıcı istatistik olarak ortalama, standart sapma minimum ve maksimum değerleri verildi. Normallik varsayımının sağlanmadığı ayak bileği dorsifleksiyon derecesi ve ayak bileği Ashworth skor değişkenleri farklı zamanlardaki ölçümler arasındaki farkı araştırmak için parametrik olmayan testlerden Friedman testi kullanıldı. Botulinum toksin A öncesi ve sonrası değerler arasında fark olduğunu anlamak için yine bağımlı gruplar için parametrik olmayan testlerden Wilcoxon testi ile ikişerli karşılaştırmalar yapıldı. İstatistiksel önemlilik düzeyi

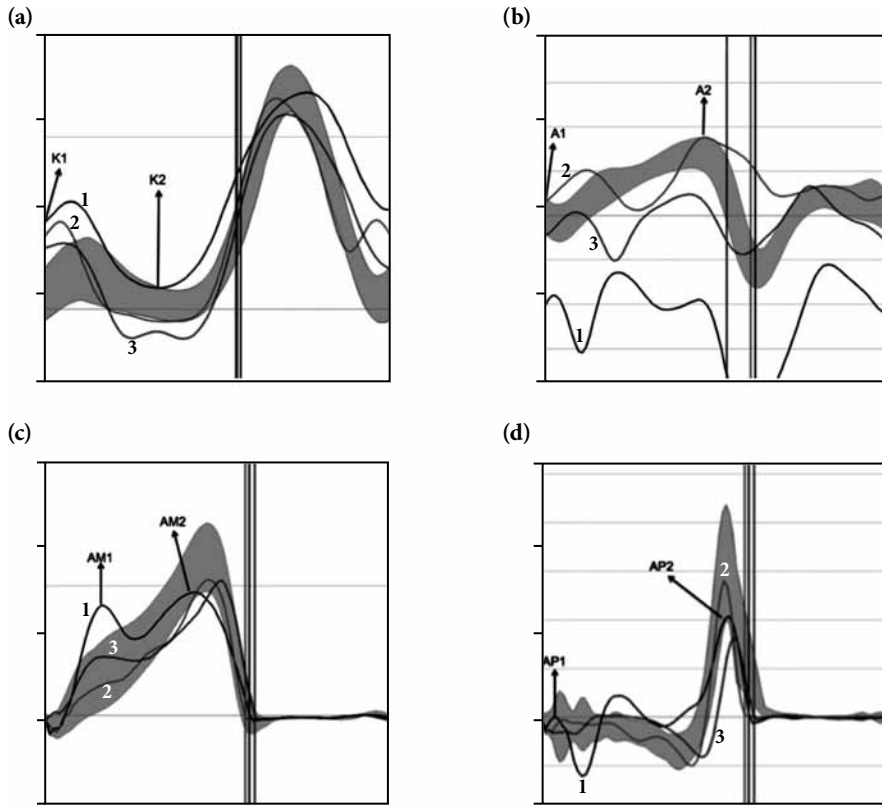


Figure 2. (a) Diz kinematik, (b) ayak bileği kinematik, (c) ayak bileği moment, (d) ayak bileği güç grafikleri. Tüm grafiklerde 1: BtA uygulaması öncesi; 2: BtA uygulaması sonrası üçüncü ay; 3: BtA uygulaması sonrası altıncı aya ait grafikleri yansıtmaktadır. Altta kalın gri bant ise normalizasyon grafikleridir.

Bonferroni düzeltmesine göre alındı. Buna göre BtA öncesi ve sonrası karşılaştırmalar için anlamlılık düzeyi $p < 0.016$ olarak alındı. Botoks öncesi, botoks sonrası üçüncü ay ve altıncı ayda elde edilen tekrarlanan ölçümlerin ortalamaları arasındaki farklılığın araştırılması için parametrik testlerden tekrarlanan ölçümler için ANOVA testi kullanıldı. Küresellik (Sphericity) varsayımının yerine gelip gelmediği Mauchly'nin Küresellik Testi ile test edildi ve $p > 0.05$ için küresellik varsayımı (Sphericity Asummed) yerine geldiği durumda tekrarlanan ölçümler için karşılaştırmalarda küresellik varsayımı sonuçları kullanıldı varsayımın sağlanmadığı durumlarda ise Greenhouse-Geisser test sonucu kullanıldı. Farklı bulunan ölçümler arasındaki farklılığın hangi zaman aralığındaki değişimin neden olduğunu tespit etmek için ikili karşılaştırmalar yapıldı ve bunun için Fisher'in (LSD) en küçük manidar fark testi kullanıldı. İstatistik önem seviyesi $p < 0.05$ olarak alındı. Tablolarda Friedman ve ANOVA testlerinin p değerleri verildi. Wilcoxon ve LSD testlerinde ikili

karşılaştırmalarda elde edilen p değerleri sonuçlar bölümünde verildi.

BULGULAR

Hastaların demografik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Botulinum toksin A öncesi ve sonrası yapılan tekrarlanan ölçümlerde ayak bileği dorsifleksiyon derece ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Friedman testi, $p = 0.004$). Botulinum toksin A uygulaması öncesinde ancak nötrale kadar gelebilen ayak bileği dorsifleksiyon derecelerinin BtA sonrası üçüncü ayda anlamlı derecede artarak (Wilcoxon testi, Bonferroni düzeltmesi, $p^* = 0.006$) dorsifleksiyona gelebildiği, BtA sonrası üçüncü ay ile altıncı ay arası ayak bileği dorsifleksiyon derecesi arasındaki değişimin anlamlı olmadığı (Wilcoxon testi, Bonferroni düzeltmesi, $p = 0.262$), BtA öncesi dönemle kıyaslandığında BtA sonrası altıncı ayda bu klinik düzelmenin anlamlı düzeyde

Tablo 1. Demografik özellikler

	Sayı	Yüzde	Ort±SS	Min-Maks
Yaş (yıl)	9		6.3±1.7	5-10
Cinsiyet				
Erkek	8	88.9		
Kız	1	11.1		
Toplam	9	100.0		
Taraf				
Sağ	5	55.6		
Sol	4	44.4		
Toplam	9	100.0		

Ort.±SS: Ortalama ± standart sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum.

olmasa da (Wilcoxon testi, Bonferroni düzeltmesi, $p=0.026$) devam ettiği saptandı (Tablo 2).

Botulinum toksin A öncesi ve sonrası ayak bileği Ashworth skor arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Friedman testi, $p=0.008$). Botulinum toksin A uygulaması öncesi ile BtA sonrası üçüncü ay ayak bileği Ashworth skor karşılaştırıldığında kazanım olduğu saptansa da bu değişimin anlamlı olmadığı (Wilcoxon testi, Bonferroni düzeltmesi, $p=0.023$), BtA sonrası üçüncü ay ile altıncı ay ve arası ayak bileği Ashworth skor arasındaki değişimin anlamlı olmadığı (Wilcoxon testi, Bonferroni düzeltmesi, $p=0.102$), BtA öncesi ile BtA sonrası altıncı ay ayak bileği Ashworth skorları karşılaştırıldığında kazanımların devam etmesine karşın bu değişimin anlamlı olmadığı (Wilcoxon testi, Bonferroni düzeltmesi, $p=0.046$) saptandı (Tablo 2).

Tekrarlayan ölçümler için yapılan ANOVA testine göre çift adım uzunluğu ve yürüme hızında anlamlı derecede (sırasıyla $p=0.020$, $p=0.033$) değişim saptandı. En önemsiz fark (least significant difference; LSD) testine göre çift adım uzunluğunda; BtA öncesi ile BtA sonrası üçüncü ay arasında anlamlı derecede azalma gözlemlendi ($p^*=0.020$). Botulinum toksin A

öncesi ile BtA sonrası altıncı ay ve BtA sonrası üçüncü ay ile altıncı ay arası değişimler anlamlı bulunmadı ($p>0.05$). Yürüme hızında; BtA öncesi ile BtA sonrası üçüncü ay arasında yapılan karşılaştırmada anlamlı derecede azalma saptandı ($p^*=0.018$). Botulinum toksin A öncesi ile BtA sonrası altıncı ay ve BtA sonrası üçüncü ay ile altıncı ay arası değişimler anlamlı bulunmadı ($p>0.05$) (Tablo 3).

Tekrarlayan ölçümler için yapılan ANOVA testine göre ilk temastaki diz fleksiyonunda (K1: $p=0.003$), İlk temastaki ayak bileği plantar fleksiyonunda (A1: $p<0.0001$), basma fazındaki maksimum ayak bileği dorsifleksiyonunda (A2: $p<0.0001$) ve maksimum ayak bileği dorsifleksör momentinde (Am1: $p=0.022$) anlamlı değişim saptandı (Tablo 3). Yapılan LSD testi sonunda ilk temastaki diz fleksiyonunda BtA sonrası üçüncü ayda, BtA uygulanmadan önceki döneme kıyasla anlamlı derecede ($p^*=0.003$) azaldığı, BtA sonrası altıncı ayda ise elde edilen bu kazanımın korunduğu ve BtA öncesi döneme göre istatistiksel olarak anlamlı ($p\leq 0.040$) olduğu tespit edildi. Basma fazındaki maksimum diz ekstansiyonunda (K2) ise BtA öncesi döneme göre BtA sonrası üçüncü ve altıncı ayda herhangi bir anlamlı değişiklik saptanmadı. İlk temastaki artmış ayak bileği plantar fleksiyon (A1) derecesinin BtA sonrası üçüncü ayda, BtA uygulanmadan önceki döneme kıyasla anlamlı derecede ($p^*=0.001$) azaldığı, BtA sonrası altıncı ayda ise bu azalmanın devam ettiği ve BtA öncesi döneme göre istatistiksel olarak anlamlı ($p^*<0.0001$) olduğu tespit edildi. Ayrıca üçüncü aydan altıncı aya kadar olan değişimin de anlamlı olduğu ($p\leq 0.048$) saptandı. Tedavi öncesinde tüm hastalarda basma fazında ayak bileği plantar fleksiyonda iken (A2: ortalama= -14°) BtA uygulanmasından sonraki üçüncü ayda plantar fleksiyonun anlamlı derecede ($p^*=0.002$) azaldığı ve ayak bileğinin dorsifleksiyona (ortalama: 13.8°) geldiği tespit edildi. Botulinum toksin A sonrası altıncı

Tablo 2. Fizik muayene verilerinin botulinum toksin A öncesi ve sonrası değişimleri

	Ort.±SS	Medyan	Min-Maks	p
Ayak bileği dorsifleksiyon derecesi				
Botulinum toksin A öncesi	-5.0±5.0*†	-5.0	-10.0-0	0.004
Botulinum toksin A sonrası 3. ay	4.4±5.8*	5.0	-5.0-10	
Botulinum toksin A sonrası 6. ay	1.6±9.3†	0.0	-10.0-15.0	
Ayak bileği Ashworth skoru				
Botulinum toksin A öncesi	1-3*	2.0	1-3	0.008
Botulinum toksin A sonrası 3. ay	1-2*	1.0	1-2	
Botulinum toksin A sonrası 6. ay	1-3	2.0	1-3	

BtA: Botulinum toksin A; Ort.±SS: Ortalama ± standart sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum; * BtA öncesi-BtA sonrası üçüncü ay karşılaştırması; † BtA öncesi-BtA sonrası altıncı ay karşılaştırması; p değeri Friedman testi ile elde edilen değerdir; $p<0.05$ anlamlı değer olarak alınmıştır.

Tablo 3. Zaman-mesafe, kinematik ve kinetik parametrelerin botulinum toksin A öncesi ve sonrasında değişimleri

	BtA öncesi		BtA sonrası 3. ay		BtA sonrası 6. ay		p
	Ort.±SS	Min-Maks	Ort.±SS	Min-Maks	Ort.±SS	Min-Maks	
Zaman-mesafe parametreleri							
Dakikadaki adım sayısı	138.3±16.3	109-158	123.666±11.224	106-140	132.666±19.098	101-156	0.051
Çift adım zamanı	0.879±0.113	0.76-1.10	0.977±0.088	0.86-1.13	0.940±0.144	0.77-1.19	0.115
Çift adım uzunluğu	0.898±0.094*	0.79-1.10	0.801±0.093*	0.67-0.93	0.863±0.062	0.75-0.95	0.020
Adım genişliği	0.102±0.028	0.04-0.14	0.108±0.040	0.03-0.17	0.089±0.039	0.02-0.15	0.233
Yürümce hızı	1.031±0.152*	0.84-1.34	0.827±0.116*	0.59-0.99	0.924±0.174	0.60-1.15	0.033
Kinematik parametreleri							
K1	16.900±4.433*†	10.50-22.40	9.820±5.187*	2.70-18.50	12.847±5.742†	0.23-19.10	0.003
K2	0.768±9.11	-10.10-14.90	0.0200±7.232	-9.32-8.59	1.498±7.723	-9.76-10.20	0.827
A1	-15.740±8.705*†	-27.70 - -5.60	-2.993±3.141*\$	-8.60-1.88	-1.029±2.627*§	-5.10-3.77	<0.0001
A2	-14.363±16.796*†	-42.50-5.64	13.802±8.475*\$	5.71-28.40	2.705±14.090†§	28.80-21.40	<0.0001
Kinetik parametreleri							
AM1	0.356±0.208†	0.04-0.63	0.193±0.229	-0.18-0.55	0.166±0.257†	-0.11-0.57	0.022
AM2	0.512±0.308	0.09-0.92	0.685±0.221	0.39-1.09	0.657±0.232	0.22-0.99	0.144
AP1	-0.294±0.266	-0.60-0.14	-0.547±0.402	-1.13-0.08	-0.476±0.258	-1.00 - -0.09	0.287
AP2	1.466±0.800	0.37-3.00	1.990±1.112	0.55-4.11	1.616±0.656	0.67-2.92	0.333

BtA: Botulinum toksin A; Ort.±SS: Ortalama ± standart sapma; Min: Minimum; Maks: Maksimum; * BtA öncesi-BtA sonrası 3. ay karşılaştırması; † BtA öncesi-BtA sonrası 6. ay karşılaştırması; §: BtA sonrası 3. ay-BtA sonrası 6. ay karşılaştırması; K1: İlk temastaki diz fleksiyonu; K2: Basma fazındaki maksimum diz ekstansiyonu; A1: İlk temastaki ayak bileği plantar fleksiyonu; A2: Basma fazındaki maksimum ayak bileği dorsifleksiyonu; AM1: Maksimum ayak bileği dorsifleksör momenti; AM2: Maksimum ayak bileği plantar fleksör momenti; AP1: Ayak bileği güç absorpsiyonu; AP2: Ayak bileği güç oluşumu; p: Tekrarlayan ölçümler ANOVA testine ait p değerini yansıtmaktadır, aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunan ikili karşılaştırmalar; p<0.05 anlamlı değerler olarak alınmıştır, anlamlı olan değerler koyu olarak yazılmıştır.

ayın sonunda ise dorsifleksiyon derecesinin üçüncü aydaki değerlere kıyasla anlamlı derecede azaldığı (p§=0.031, ortalama: 2.7) ancak BtA öncesi döneme kıyasla elde edilen kazanımın devam ettiği ve bu kazanımın istatistiksel olarak anlamlı (p†=0.014) olduğu tespit edildi.

Tekrarlayan ölçümler için yapılan ANOVA testi-ne göre maksimum ayak bileği dorsifleksör momentinde (Am1: p=0.022) anlamlı değişim saptandı. Yapılan LSD testi sonunda maksimum ayak bileği dorsifleksör momentinde BtA sonrası üçüncü ayda, BtA uygulanmadan önceki döneme kıyasla sınırdan anlamlı derecede (p=0.063) azaldığı ve altıncı aya gelindiğinde bu azalmanın devam ettiği ve BtA uygulanmadan önceki döneme göre istatistiksel olarak anlamlı bir değere ulaştığı (p†=0.025) gözlemlendi. Maksimum ayak bileği plantar fleksör momenti (Am2), ayak bileği güç emilimi (Ap1) ve ayak bileği güç oluşumunda (Ap2) ise anlamlı olmayan değişimler saptandı (Tablo 3).

TARTIŞMA

Hemiplejik SP'li hastalarda dinamik ekin deformitesi daha az gözlenmekte ve diplolejik SP'li hastalarla kıyaslandığında hemiplejik hastaların BtA enjeksiyonuna daha az yanıt verdiği bilinmektedir.^[2] Bununla birlikte altı yaş öncesinde ekin yürüyüşü olan çocuklarda; cerrahinin komplikasyonlarından kaçınmak için konservatif yöntemler ve BtA enjeksiyonu sıklıkla uygulanmaktadır. Sadece hemiplejik SP'li hastalara uygulanan BtA tedavisinin etkinliğini gösteren tek çalışma bulunmaktadır.^[2] Zürcher ve ark.nın^[2] yaptıkları çalışmadan farklı olarak bu çalışmada BtA öncesi ve sonrasında üçüncü ve altıncı aylarda ölçümler yapılarak hemiplejik hastalarda gastroknemius kasına uygulanan BtA tedavisinin etkinliğinin altıncı aya kadar sürdüğü saptandı.

Perry ve Burnfield^[6] patolojik ve normal yürüme-yi anlamının en iyi yolunun yürüme sırasında ayak bileğindeki yuvarlanma hareketlerinin tanımlanması ile olacağını belirtmiştir. Buna göre ayak bileğinde basma fazında üç yuvarlanma hareketi oluşmaktadır. Birinci yuvarlanma; topuğun yere ilk temasının hemen ardından tibialis anterior kası eksantrik kasılır ve ayak bileğinde kontrollü ve hafif bir plantarfleksiyon oluşarak ayağın yere yavaşça teması sağlanır. Serebral palsili hastalarda bu hareket tamamen kaybolur ve ayak yere ilk teması ya tam taban ya da parmak ucu ile yapar, sonuç olarak birinci yuvarlanma gerçekleşmez. Gastro-soleus kompleksi eksantrik olarak kasılarak ve yere tam basan ayak üzerinde

tibia öne doğru hareketini kontrol eder ve ikinci yuvarlanma gerçekleşir. Bu dönemde ayak bileği dorsifleksiyonu gittikçe artar. Serebral palsili hastalarda gastrosoleus kasında yetersiz uzama olacağından bu fazdaki dorsifleksiyon kaybolur ve gittikçe artan plantar fleksiyon gözlenir. Üçüncü yuvarlanma; basma sonu fazında gelişen ani plantarfleksiyon ile karakterizedir. Serebral palsili hastalarda ikinci ve üçüncü yuvarlanmalar belirsizdir. Zürcher ve ark. nın^[2] yaptıkları bu çalışmada BtA öncesi kaybolan birinci yuvarlanmanın yaklaşık BtA sonrası ikinci ayda kazanıldığı bildirilmiştir. Bu çalışmaya dahil edilen hastalarda da birinci yuvarlanmanın (A1) kayb olduğu gözlenmekle birlikte (A1: -15.740°) BtA sonrası üçüncü ayda tekrar kazanıldığı ve bu kazanımın altıncı ayda hala (A1: -1.029°) devam ettiği gözlenmiştir (Şekil 2b). Ayrıca ilk temastaki diz fleksiyonunda (K1) altıncı aya kadar süren anlamlı düzelme elde edildiği gösterilmiştir (Şekil 2a).

Gage,^[7] SP'li hastalarda basma fazındaki ilk plantar fleksör momentin (AM1) gastrosoleus kasındaki gerilme refleksine bağlı olduğunu ve parmak ucu basmaya neden olduğunu belirtmiştir. Bu evrede güç emilimi (AP1) oluşmaktadır. Literatürde kinetik verilerin analiz edildiği az sayıdaki çalışmalara benzer şekilde^[2,9] bizim çalışmamızda da AM1'de azalma saptandı. Bu verilerle kinematik verileri (A1) birlikte değerlendirdiğimizde basma fazının başında (heel contact-topuk vuruşu) ayak bileği pozisyonunun BtA tedavisi öncesine kıyasla anlamlı şekilde düzeldiği gözlemlendi. Basma fazındaki ikinci plantar fleksör moment (AM2) salınım öncesi fazdaki parmak ucu kalkışı (toe off) sırasında güç üretimine (AP2, push off) neden olmaktadır. Çalışmamızda bu parametrelerde de BtA tedavisi sonrası altıncı aya kadar süren istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış saptandı (Şekil 2c-d). Botulinum toksin A tedavisi ile geçici parezi yaratmamıza rağmen güç üretimindeki artış bir paradox olarak görülmektedir. Boyd ve ark.^[9] bu durumu; artmış plantar fleksör momentin ayak bileği dorsifleksiyonunu artırmasına ve böylece gastrosoleus kası için (ayak bileğinin pozisyonu ile ilişkili olarak) daha iyi bir biyomekanik pozisyonun sağlanmasına bağlamışlardır.

Çalışmaya dahil edilen hasta sayısı çalışmanın zayıf yönü olarak görülebilse de SP'li hastalarda izole kas spastisitesinin çok az rastlanan bir durum olduğu ve üç farklı zamanda yapılan ölçümlerle değerlendirme yapıldığı göz önüne alındığında bu çalışma literatürdeki diğer çalışmalardan farklıdır. Ayrıca posteriori olarak yapılan güç analizleri sonucunda

hasta sayısının az olmasına rağmen 0.99 güce ulaşıldığı gözlemlendi.

Sonuç olarak bu çalışma; BtA tedavisi sonrasında topuk vuruşu sırasında ayak bileği ve dizdeki kinematik parametrelerde anlamlı düzelmeler olduğunu ve bu kazanımların altıncı aya kadar sürdüğünü, bu verileri kinetik verilerin de desteklediğini, basma sonu ve salınım öncesi fazlarında BtA tedavisi sonrasında güç üretiminin arttığını göstermiştir.

Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Koman LA, Mooney JF 3rd, Smith BP, Walker F, Leon JM. Botulinum toxin type A neuromuscular blockade in the treatment of lower extremity spasticity in cerebral palsy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. BOTOX Study Group. J Pediatr Orthop 2000;20:108-15.
2. Zürcher AW, Molenaers G, Desloovere K, Fabry G. Kinematic and kinetic evaluation of the ankle after intramuscular injection of botulinum toxin A in children with cerebral palsy. Acta Orthop Belg 2001;67:475-80.
3. Corry IS, Cosgrove AP, Duffy CM, McNeill S, Taylor TC, Graham HK. Botulinum toxin A compared with stretching casts in the treatment of spastic equinus: a randomised prospective trial. J Pediatr Orthop 1998;18:304-11.
4. Rose SA, DeLuca PA, Davis RB 3rd, Ounpuu S, Gage JR. Kinematic and kinetic evaluation of the ankle after lengthening of the gastrocnemius fascia in children with cerebral palsy. J Pediatr Orthop 1993;13:727-32.
5. Graham HK, Aoki KR, Autti-Rämö I, Boyd RN, Delgado MR, Gaebler-Spira DJ, et al. Recommendations for the use of botulinum toxin type A in the management of cerebral palsy. Gait Posture 2000;11:67-79.
6. Perry J, Burnfield J. Gait Analysis Normal and Pathological Function. 2nd ed. New Jersey: Slack Incorporated; 2010.
7. Gage JR, Schwartz MH, Koop SE, Novacheck TF. The identification and treatment of gait problems in cerebral palsy. 2nd ed. London: Mac Keith Press; 2009.
8. Sutherland DH, Kaufman KR, Wyatt MP, Chambers HG, Mubarak SJ. Double-blind study of botulinum A toxin injections into the gastrocnemius muscle in patients with cerebral palsy. Gait Posture 1999;10:1-9.
9. Boyd RN, Pliatsios V, Starr R, Wolfe R, Graham HK. Biomechanical transformation of the gastrocnemius muscle with botulinum toxin A in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 2000;42:32-41.

10. Campenhout AV, Molenaers G. Localization of the motor endplate zone in human skeletal muscles of the lower limb: anatomical guidelines for injection with botulinum toxin. *Dev Med Child Neurol* 2011;53:108-19.
11. Davis RB, Öunpuu S, Tyburski DJ, Gage JR. A gait analysis data collection and reduction technique. *Hum Mov Sci* 1991;10:575-87.
12. Halleman A, De Clercq D, Otten B, Aerts P. 3D joint dynamics of walking in toddlers A cross-sectional study spanning the first rapid development phase of walking. *Gait Posture* 2005;22:107-18.
13. Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wootten ME. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *J Orthop Res* 1990;8:383-92.