

PAPER DETAILS

TITLE: AYAK INTRINSİK KAS KUVVETİNİN DENGİ PARAMETRELERİ İLE İLİSKİSİNİN
İNCELENMESİ

AUTHORS: Fatmagül VAROL,Gökhan YAZICI,Seyit ÇİTAKER,Nilgün BEK

PAGES: 37-43

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/957074>

AYAK İNTRİNSİK KAS KUVVETİNİN DENGE PARAMETRELERİ İLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Fatmagül VAROL¹, Gökhan YAZICI², Seyit ÇITAKER², Nilgün BEK³

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul

²Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara

³Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Ankara

ÖZET

Alt ekstremitenin en distal parçası olan ayak, destek yüzeyi oluşturarak postüral kontrol ve dengeyi sağlanmasında önemli rol oynar. Ayağın bu görevlerini yerine getirebilmesi için intrinsik kasların optimum fonksiyon görmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı ayak intrinsik kas kuvvetinin denge parametreleri ile ilişkisini incelemektir. Çalışmaya 18-36 yaş aralığında, yaş ortalaması 25,99 ± 4,4 yıl olan, 80 sağlıklı genç birey alındı. Her iki ayağın abduktor hallucis (AH), fleksor hallucis brevis (FHB), fleksor digitorum brevis (FDB), fleksor digiti minimi (FDM) kas kuvvetleri dijital dinamometre ile ölçüldü. Denge değerlendirmeleri Biodex-BioSway™ cihazı ile yapıldı. Bireylerin salınım indeksi değerleri Modifiye Sensori Organizasyon Testi (MSOT) ile gözler açık-sert zemin, gözler kapalı-sert zemin, gözler açık-yumuşak zemin, gözler kapalı-yumuşak zemin olmak üzere dört farklı durum için elde edildi. Elde edilen kas kuvveti verileri ile denge verilerinin ilişkisine Pearson korelasyon analizi ile bakıldı. Dominant ayak FHB kas kuvveti ve dominant olmayan ayak FDB ve FDM kas kuvvetleri ile gözler kapalı-yumuşak zemin MSOT sonuçları arasında pozitif yönlü düşük korelasyon bulundu (sırasıyla, r: 0,240, r: 0,270 r: 0,262; p<0,05). Bu kasların diğer MSOT sonuçları ile arasında anlamlı korelasyon bulunmadı (p>0,05). Her iki ayağın diğer kas kuvvetleri ile MSOT sonuçları arasında da anlamlı korelasyon bulunmadı (p>0,05). Sağlıklı genç bireylerde denge şartları zorlaştırıldıkça postüral stabiliteyi sürdürmek için intrinsik kas kuvvetinin önemi artmaktadır. Ayak plantar intrinsik kas kuvveti, statik dengeyi sürdürmenin zorlaştırıldığı yumuşak zeminde ve vizüel sistemin devre dışı bırakıldığı koşullarda denge parametreleri ile ilişkilidir. Buna karşın sert zemin ve gözler açık durumda iken statik ayakta duruşta denge ile AH, FHB, FDB, FDM kas kuvvetleri ile ilişkisi bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Ayak, Kuvvet, Denge, Dinamometre.

INVESTIGATION OF RELATIONSHIP BETWEEN FOOT INTRINSIC MUSCLE STRENGTH AND BALANCE PARAMETERS

ABSTRACT

Foot plays an important role in establishing postural control and balance by creating a support system for the body. Intrinsic muscles must work optimally for the foot to perform these tasks. The aim of this study was to investigate the relationship between foot intrinsic muscle strength and balance parameters. The study was conducted with 80 healthy young subjects between the ages 18-36, with an average age of 25.99±4.4 years. Muscle strength of Abductor hallucis (AH), flexor hallucis brevis (FHB), flexor digitorum brevis (FDB), flexor digiti minimi (FDM) was measured with digital dynamometer. Balance was assessed with Biodex-BioSway™. Sway index was evaluated with the Modified Sensory Organization Test (MSOT) in four conditions: eyes open-firm/foam surface, eyes closed-firm/foam surface. The relationship between muscle strength and balance was analyzed using Pearson's correlation test. There were low correlations between dominant FHB muscle strength, non-dominant FDB and FDM muscle strength and eyes closed-foam surface MSOT results (respectively, r:0.24, r:0.27 r:0.26; p<0.05). There was no significant correlation between these muscles and other MSOT results. No significant correlation was found between other muscle strengths and MSOT results in each foot (p>0.05). In healthy young subjects, while maintaining postural stability, the importance of intrinsic muscle strength increases as balance conditions become more difficult. Intrinsic muscle strength is associated with balance parameters on foam-surfaces where it is difficult to maintain static balance and under conditions where the visual system is disabled. Balance was not related to AH, FHB, FDB, FDM muscle strength in static standing with both feet on the ground.

Keywords: Foot, Strength, Balance, Dynamometer.

İletişim/Correspondence:

Fatmagül VAROL

1Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İSTANBUL

E-posta: fatmagulvarol87@gmail.com

Geliş tarihi/Received: 01.11.2019

Kabul Tarihi/Accepted: 16.12.2019

GİRİŞ

Ayak; alt ekstremité ile yer arasında kuvvet transmisyonunu sağlayan ve farklı zeminlere adaptasyonu olan esnek bir yapıdır (1). Dengenin sağlanabilmesi için gravite merkezinin destek yüzeyi sınırları içerisine düşmesi ve konumunun korunması gerekmektedir. Alt ekstremitenin en distal parçası olan ayak, destek yüzeyi oluşturarak ve yer çekimi merkezini destek yüzeyinde tutmak için gerekli postüral kontrolü sağlayarak dengenin korunmasında önemli rol oynar. Ayak, statik ayakta duruş pozisyonunda somatosensorial inputlar ile salınımların tespit edilmesi ve uygun denge stratejilerinin ortaya çıkarılmasında etkili olan bir duyu organı olarak çalışmaktadır (2-4). Ayağın intrinsik kasları; ayağın dinamik kontrolü için duyu ve motor girdi sağlayarak dengenin ayak stratejilerine de katkıda bulunmaktadır. Bu kaslar ayaktan orijin alan ve ayakta sonlanan küçük kas gruplarıdır. Ayak ve ayak arkalarının stabilizasyonunda, ayak postüründe, ayak biyomekaniğinde, ayağın stabilizasyonu ve kontrolünde intrinsik kasların önemli rolü vardır (5-8). Literatürde intrinsik kas kuvveti değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanılmış olup (kâğıt yakalama testi, Elektromiyografi, Ultrasonografi vb.) el dinamometresinin kas kuvvet değerlendirmesinde geçerli bir yöntem olduğu gösterilmiştir (9-10). En büyük intrinsik kaslar olan; abduktor hallucis (AH), fleksor digitorum brevis (FDB) ve kuadratus plantae kaslarının intramusküler elektromiyografi ile stimülasyonunun incelendiği bir çalışmada, intrinsik kas aktivasyonunun kalkaneusta ve metatarsal segmentlerde açısız değişiklikler meydana getirdiği, ark uzunluğunu azalttığı ve postüral kontrol üzerinde etkili olabileceği bildirilmiştir (11). Sağlıklı bireylerde dengeyi etkileyen pek çok faktör olmakla birlikte direkt olarak dengenin intrinsik kas kuvveti ile ilişkisini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ayak intrinsik kas kuvvetinin denge parametreleri ile ilişkisini incelemektir. Çalışmanın amacı doğrultusunda ayak intrinsik kas kuvvetinin dengeye özgü parametrelerle ilişkili olabileceği hipotezi öngörülmektedir.

YÖNTEM

Bireyler

Çalışmaya öncelikle 102 sağlıklı genç birey alındı. Ancak ön değerlendirme sonrasında dâhil edilme kriterlerine uymayan 22 kişi çalışmadan çıkarıldı. Yaş ortalaması 25.99 ± 4,4 yıl olan, 39 kadın, 41 erkek olmak üzere toplam 80 sağlıklı genç birey dâhil edildi. Çalışma öncesi Gazi Üniversitesi Etik Komisyonundan ‘2019-307’ araştırma kodu ile gerekli izinler ve katılımcılardan çalışmaya katılmaya gönüllü olduklarına dair onamları alındı.

Dâhil edilme kriterleri;

- 18-36 yaş aralığında sağlıklı sedanter birey olmak
- Uluslararası fiziksel aktivite anketine (UFAA) göre kategori 1 ve 2 olmak
- Vücut kütle indeksi (VKİ) normal olmak ($18,5 \text{ kg/m}^2 \leq \text{VKİ} \leq 24,9 \text{ kg/m}^2$)
- Ayak postür indeksi (API) 0-5 aralığında olmak

Dâhil edilmeme kriterleri;

- Çalışmaya katılmayı kabul etmemek veya çalışmadan ayrılmak istemek
- Nörolojik herhangi bir problemi olmak
- Alt ekstremité cerrahi öyküsü bulunmak
- Son 2 yıl içerisinde alt ekstremité travma öyküsü olmak
- Tanılanmış bel problemi olmak
- Vestibüler veya vizüel sistem problemi olmak
- Alt ekstremité global kas testinde belirgin zayıflık olmak
- Naviküler düşme mesafesi $\geq 10\text{mm}$ olmak

- Jack testinin pozitif olması
- 1. metatarsofalangeal eklem hareket açıklığında limitasyon olmak (halluks rijitus-limitus)

Çalışmada alınan bireylerin yaşları, boy uzunlukları, vücut ağırlıkları, ayak numaraları, mesleki ve eğitim durumları kaydedildi. Bireylerin fiziksel aktivite düzeyi Türkçe geçerlilik ve güvenilirliği gösterilmiş Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (UFAA) ile belirlendi (12). Dominant ayak belirlenmesi için; bireyler ayakta dururken iki ayağının ortasına gelecek şekilde bir voleybol topu yerleştirildi, bireyden topa ayağı ile vurması istendi ve topa vurduğu ekstremitenin dominant kabul edildi (13). Ayak postürü “Ayak postür indeksi-6 (API-6)” kullanılarak değerlendirildi. API-6 skoru 6-12 arasında ise pronasyon, -1 ve altında ise supinasyon olarak sınıflandı ve bu bireyler çalışmaya alınmadı. API-6 skoru 0-5 arasında ise normal kabul edildi ve normal değere sahip bireyler çalışmaya alındı (14). Kas Kuvvetinin Değerlendirilmesi

Dijital dinamometre (Lafayette® Model-01165) ile AH, FHB, FDB ve FDM kaslarının kuvveti fizyoterapist tarafından değerlendirildi. Tüm testler, bireyler sırtüstü pozisyonda kalça ve diz semifleksiyonda yapıldı. Alt ekstremitenin kompansasyonunu engellemek için bireylerin ayak bilekleri değerlendirici tarafından stabilize edildi. Halluks ve parmak fleksörleri değerlendirilirken ayak bileği pasif olarak maksimum plantar fleksiyonda pozisyonlanarak ayak bileği plantar fleksörlerinin ko-kontraksiyonunun sonuca etkisi önleildi. Uzun fleksörlerin etkisini minimize ve inhibe etmek için, dinamometre pozisyonu interfalangeal eklem fleksiyonuna izin vermeyecek şekilde ayarlandı ve ölçümler bu pozisyonda alındı (10,15). Değerlendirmeler “make test” protokolüne göre yapıldı (16). Değerlendirme süresince birey dinamometreye 5 saniye boyunca kuvvet

uyguladı. Bu süre boyunca bireyden maksimum kontraksiyon yapması istendi. Öğrenme için 1 deneme uygulaması yapıldı. Deneme uygulaması sonrası 2 ölçüm yapılarak iyi sonuç kaydedildi. Ölçümler arasında yorgunluğu önlemek için 30 saniye dinlenme süresi verildi.

Dengenin Değerlendirilmesi

Statik Ayakta durma dengesi geçerliği ve güvenilirliği olan Biodex-BioSway™ cihazı ile değerlendirildi. Denge değerlendirmesinde Modifiye Sensori Organizasyon Testi (MSOT) kullanıldı. Bireylere testin detayları anlatıldı ve test için 1 kez deneme yapıldı. Bireyler testi anladıklarını ifade ettikten sonra değerlendirme ölçümlerine geçildi. Değerlendirmeler; gözler açık sert zemin, gözler kapalı sert zemin, gözler açık yumuşak zemin ve gözler kapalı yumuşak zemin olmak üzere 4 farklı durumda yapıldı. Her bir test için 30 saniye süresince dengelerini bozmadan ve hareket etmeden durmaları istendi. Tüm testler çıplak ayakla gerçekleştirildi (17).

İstatistiksel Analiz

Çalışmadaki istatistiksel analizler için “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS) Versiyon 22.0 (SPSS® inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı. Denge parametreleri ve kas kuvvetlerinin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Kolmogorov-Smirnov / Shapiro-Wilk testleri) kullanılarak incelendi. Her iki grup değişken de normal dağılım özelliği gösterdiğinden korelasyon katsayıları ve istatistiksel anlamlılıklar Pearson testi ile hesaplandı. İstatistiksel yanılma payı $p < 0,05$ olarak belirlendi. Korelasyon katsayısına göre anlamlılık dereceleri;

0,05-0,30 düşük veya önemsiz korelasyon;
0,30-0,40 düşük orta derecede korelasyon,
0,40-0,60 orta derecede korelasyon,

0,60-0,70 iyi derecede korelasyon, 0,70-0,75 çok iyi derecede korelasyon, 0,75-1,00 mükemmel korelasyon olarak belirlendi. Çalışma için yapılan güç analizinde %80; ve %90 güç ve %5 birinci tip hata ile vaka sayısı sırasıyla en az 48 ve 67 olarak hesaplandı (18).

BULGULAR

Çalışmaya katılan tüm bireylerin demografik verileri Tablo 1’de verildi.

Tablo 1: Bireylerin demografik verilerinin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri (n=80).

	Kadın n:39	Erkek n:41	Tüm Bireyler n:80
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
Yaş (yıl)	26,1±4,66	25,9±4,2	25,99±4,4
Boy Uzunluğu (cm)	164,2±5,38	177,1±6,72	170,8±8,88
Vücut Ağırlığı (kg)	58±7,67	77,8±9,83	68,13±13,27
VKİ (kg/m ²)	21,48±2,54	24,77±2,7	23,16±3,09
Ayak numarası	37,74±1,06	42,34±1,24	40,1±2,58

VKİ: Vücut Kütle İndeksi; Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma

Çalışmaya katılan bireylerden kadınların %92,3’ü sağ, %7,7’si sol, erkeklerin %87,8’i sağ, %12,2’si sol, tüm bireylerin %90’ı sağ, %10’u dominanttı (Tablo 2).

Tablo 2: Bireylerin dominant ayak dağılımı (n=80).

		Kadın n (%)	Erkek n (%)	Tüm Bireyler n (%)
Dominant ayak	Sağ	36 (92,3)	36 (87,8)	72 (90)
	Sol	3 (7,7)	5 (12,2)	8 (10)

Bireylerin API-6 ve naviküler yükseklik ortalamaları Tablo 3’te verildi.

Tablo 3: Bireylerin Ayak Postür İndeksi ve Naviküler Yükseklik Sonuçları (n=80).

	Dominant ayak Ort±SS	Dominant olmayan ayak Ort±SS
Ayak Postür İndeksi-6	1,05 (1,16)	1,06 (1,13)
Naviküler Yükseklik	4,70 (0,58)	4,59 (0,59)

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma.

Bireylerin gözler kapalı yumuşak zeminde MSOT sonuçları ile dominant ayak FHB (r=0,240, p<0,05), dominant olmayan ayak FDB (r= 0,270, p<0,05) ve FDM (r=0,262, p<0,05) kas kuvvetleri arasında pozitif yönlü düşük korelasyon olduğu belirlendi. Bu kaslar ile gözler açık-sert zemin, gözler kapalı-sert zemin, gözler açık yumuşak zemin MSOT sonuçları ile arasında anlamlı korelasyon bulunmadı (p>0,05). Dominant ayağın AH, FDB, FDM kas kuvvetleri ve dominant olmayan ayağın AH, FHB kas kuvvetleri ile MSOT tüm alt parametreleri arasında anlamlı korelasyon bulunmadı (p>0,05) (Tablo 4, Tablo 5).

TARTIŞMA

Bu çalışma sonucunda; FHB, FDB, FDM kas kuvvetlerinin yalnızca gözler kapalı-yumuşak zemindeki denge parametresi ile düşük korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Ayak intrinsik kas kuvvetleri ile gözler açık-sert zemin, gözler kapalı-sert zemin, gözler açık-yumuşak zemin koşullarındaki denge parametreleri ile ilişki bulunmamıştır. Bu sonuç dengeyi etkileyen vizüel sistem dominantlığı ortadan kalktığında ve dengeyi zorlaştıran yumuşak zeminde postüral stabilizasyonu sağlamak için FHB, FDB, FDM kaslarının devreye girdiği ve aktivasyonlarının arttığı şeklinde yorumlanmıştır. Literatürde; plantar intrinsik kas aktivasyonunun ayağı stabilize etmede önemli rol oynadığını, yaşlılarda zayıf başparmak fleksörlerinin postüral kontrolü etkilediğini yapılan bir çalışmada bildirilmiş ancak bunun aksine başka bir çalışmada; sağlıklı genç bireylerde başparmak fleksör kuvvetinin gözler açık tek ayak ve her iki ayak üzerinde denge parametreleri ile ilişkisini

Tablo 4: Bireylerin dominant ayak intrinsik kas kuvvetlerinin modifiye sensori organizasyon testi ile ilişkisi.

Dominant Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Gözler açık-Sert Zemin	0,01	0,929	0,11	0,323	0,08	0,501	0,03	0,781
Gözler kapalı-Sert Zemin	0,13	0,251	0,20	0,071	0,17	0,141	0,18	0,117
Gözler açık-Yumuşak Zemin	0,11	0,355	0,06	0,585	0,04	0,723	0,05	0,679
Gözler Kapalı-Yumuşak Zemin	0,07	0,566	0,24	0,032*	0,19	0,094	0,05	0,633

*: $p < 0,05$, AH: Abdüktor Hallucis FHB: Fleksor Hallucis Brevis FDB: Fleksor Digitorum Brevis FDM: Fleksor Digitiminimi

Tablo 5: Bireylerin dominant olmayan ayak intrinsik kas kuvvetlerinin modifiye sensori organizasyon testi ile ilişkisi.

Dominant Olmayan Ayak	AH		FHB		FDB		FDM	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Gözler açık-Sert Zemin	0,01	0,966	0,05	0,663	0,02	0,832	0,11	0,351
Gözler kapalı-Sert Zemin	0,11	0,325	0,12	0,277	0,20	0,081	0,16	0,164
Gözler açık-Yumuşak Zemin	0,01	0,933	0,08	0,485	0,09	0,452	0,13	0,252
Gözler Kapalı-Yumuşak Zemin	0,14	0,206	0,17	0,128	0,27	0,015*	0,26	0,019*

*: $p < 0,05$, AH: Abdüktor Hallucis FHB: Fleksor Hallucis Brevis FDB: Fleksor Digitorum Brevis FDM: Fleksor Digitiminimi

incelemişler ve anlamlı ilişki bulmamışlardır (19,20). Bunun sebebi olarak, statik ayakta duruştaki postural salınımların muskuloskeletal komponentler ve periferik faktörlerden ziyade nöral yapılar ve plantar duyu kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Her iki çalışmadaki bu tezatlığın yaştan denge üzerinde etkili bir faktör olmasından kaynaklandığını söyleyebiliriz. Çalışma grubumuzun sağlıklı genç bireylerden oluşması ile nöral yapılar ve plantar duyu kaynaklı denge problemlerinin ekarte edilmesinin sağladığını düşünmekteyiz.

Kelly ve ark., postüral stabilitenin sürdürülmesinde planlar intrinsik kasların aktivasyonunu intramusküler EMG ile incelemişler, AH kasının mediolateral salınımlarla önemli ölçüde ilişkili olduğunu vurgulamışlardır (11). Bu çalışma sonuçlarına göre sağlıklı genç bireylerde AH kas kuvvetinin denge ile ilişkisi görülmemiştir. Kelly ve ark., postüral stabilite değerlendirmelerini tek ayak üzerinde statik duruşta yapmışlar ancak gözler kapalı değerlendirme yapmamışlardır. Bu çalışmada ise dengenin değerlendirilmesinde MSOT kullanılmıştır. Kelly ve ark.'dan farklı sonuçlar elde etmiş olmamızın nedenleri; denge değerlendirmesinin MSOT ile yapılmış olması ve denge analizlerini her iki ayak üzerinde gerçekleştirmemizden kaynaklanmış olabilir.

Dominansi dikkate alındığında dominant ayakta yalnızca FHB kası, dominant olmayan ayakta ise FDB ve FDM kasları gözler kapalı-yumuşak zemin denge parametresiyle düşük korelasyon göstermiştir. Literatürde, gözler kapalı her iki ayak üzerinde statik duruşta

dominant ayakta plantar basıncın dominant olmayan ayağa göre daha fazla olduğunu bildiren bir çalışma vardır (21). Bu sonuca göre; denge şartlarının zorlaştığı durumlarda dominant ve dominant olmayan ayakta değişen plantar basınç gibi plantar intrinsik kas aktivasyonları da farklılık gösterebilmektedir.

Limitasyonlar

Dengenin sadece her iki ayak üzerinde değerlendirilip tek ayak üzerindeki denge parametrelerinin araştırılmaması bu çalışmanın limitasyonudur.

SONUÇ

Ayak intrinsik kas kuvveti sağlıklı genç bireylerde yalnızca statik dengeyi sürdürmenin zorlaştırıldığı yumuşak zeminde ve vizüel sistemin devre dışı bırakıldığı şartlarda denge ile ilişkilidir. Sağlıklı genç bireylerde denge şartları zorlaştırıldıkça postüral stabiliteyi sürdürmek için intrinsik kas kuvvetinin önemi artmaktadır. Ancak ayak intrinsik kas kuvvetlerinin denge ile ilişkisini inceleyecek daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Gelecek çalışmalarda intrinsik kas kuvveti ile denge şartlarının daha da zorlaştırıldığı tek ayak üzeri ve dinamik denge parametreleri arasındaki ilişkilerin incelenmesinin konuya ışık tutacağı düşüncesindeyiz.

KAYNAKLAR

1. Leardini, A., Benedetti, M. G., Berti, L., Bettinelli, D., Natio, R., & Giannini, S. Rear-foot, mid-foot and fore-foot motion during the stance phase of gait. *Gait Posture*. 2007; 25(3):453-462.
2. Winter, D. A., Patla, A. E., Ishac, M., & Gage, W. H. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(1):49-56.
3. Gatev, P., Thomas, S., Kepple, T., & Hallett, M. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *J Physiol*. 1999; 514(3):915-928.
4. Kennedy, P. M., & Inglis, J. T. Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. *J Physiol*. 2002; 538(3):995-1002.
5. Farris, D. J., Kelly, L. A., Cresswell, A. G., & Lichtwark, G. A. The functional importance of human foot muscles for bipedal locomotion. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019; 116(5):1645-1650.
6. Basmajian, J. V., & Stecko, G. The role of muscles in arch support of the foot: an electromyographic study. *JBJS*. 1963; 45(6):1184-1190.
7. McKeon, P. O., Hertel, J., Bramble, D., & Davis, I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot

- muscle function. *Br J Sports Med.* 2015; 49(5):290-290.
8. MANN, R., & INMAN, V. T. Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *JBJS.* 1964; 46(3):469-481.
 9. Soysa, A., Hiller, C., Refshauge, K., & Burns, J. Importance and challenges of measuring intrinsic foot muscle strength. *J Foot Ankle Res.* 2012; 5(1):29.
 10. Spink, M. J., Fotoohabadi, M. R., & Menz, H. B. Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: reliability and age-related differences. *Gerontology.* 2010; 56(6):525-532.
 11. Kelly, L. A., Kuitunen, S., Racinais, S., & Cresswell, A. G. Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2012; 27(1):46-51.
 12. Saglam, M., Arikan, H., Savci, S., Inal-Ince, D., Bosnak-Guclu, M., Karabulut, E., & Tokgozoglu, L. International physical activity questionnaire: reliability and validity of the Turkish version. *Percept Mot Skills.* 2010; 111(1):278-284.
 13. van Melick, N., Meddeler, B. M., Hoogeboom, T. J., Nijhuis-van der Sanden, M. W., & van Cingel, R. E. How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PloS One.* 2017; 12(12):e0189876.
 14. Cornwall, M. W., McPoil, T. G., Lebec, M., Vicenzino, B., & Wilson, J. Reliability of the modified foot posture index. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008; 98(1):7-13.
 15. Goldmann, J. P., & Brüggemann, G. P. The potential of human toe flexor muscles to produce force. *J Anat.* 2012; 221(2):187-194.
 16. Kim, S. G., Lim, D. H., & Cho, Y. H. Analysis of the reliability of the make test in young adults by using a hand-held dynamometer. *J Phys Ther Sci.* 2016; 28(8):2238-2240.
 17. Arnold, B. L., & Schmitz, R. J. Examination of balance measures produced by the Biodex Stability System. *J Athl Train.* 1998; 33(4):323.
 18. Hayran, M., Hayran, M. Sağlık Araştırmaları için Temel İstatistik. Hayran Yayıncılık Ankara, 2011.
 19. Mickle, K. J., Munro, B. J., Lord, S. R., Menz, H. B., & Steele, J. R. ISB Clinical Biomechanics Award 2009: toe weakness and deformity increase the risk of falls in older people. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009; 24(10):787-791.
 20. Yamauchi, J., & Koyama, K. Toe flexor strength is not related to postural stability during static upright standing in healthy young individuals. *Gait Posture.* 2019; 73:323-327.
 21. Maredia, S. I., Sawant, S., & Kumar, S. Influence of leg dominance over foot pressure and postural sway in middle age population: an observational study. *Int J Res Med Sci.* 2015; 3(6):1358.