

# Cinsiyet Farklılığının Alt Ekstremitte Kas Kuvveti ve Kas Mekanik Özelliklerinde Oluşturduğu Değişiklikler- Bir Pilot Çalışma

## Changes Caused by Sex Differences in Lower Extremity Muscle Strength and Muscle Mechanical Properties-A Pilot Study

<sup>1</sup>Tülay ÇEVİK SALDIRAN<sup>a</sup>, <sup>2</sup>Emine ATICI<sup>b</sup>, <sup>3</sup>Özgül ÖZTÜRK<sup>c</sup>, <sup>4</sup>Derya AZİM REZAEİ<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Bitlis Eren Üniversitesi Sağlık Yüksek Okulu, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bitlis, TÜRKİYE

<sup>b</sup>İstanbul Okan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

<sup>c</sup>Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

**ÖZET Amaç:** Araştırmanın amacı, alt ekstremitte kas gruplarında kas tonusu, kompliyans, elastisite ve kas kuvvetinde cinsiyet ilişkili farklılıkları incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Araştırmaya yaş ortalaması 19-24 yıl arasında değişen 53 (erkek= 25, kadın= 28) sağlıklı katılımcı dâhil edildi. Bilateral alt ekstremitte diz ekstansörü (m. quadriceps), ayak bileği plantar (m. gastrocnemius) ve dorsifleksör (m. tibialis anterior) kaslarının mekanik özellikleri (tonus, kompliyans ve elastisite) myotonometre [MyotonPRO (Myoton Ltd., Estonya)] kullanılarak ölçüldü. Dinamometre (Lafayette) ile bilateral olarak diz ekstansör, ayak bileği plantar ve dorsifleksör kas gruplarından kas kuvveti değerlendirildi. Cinsiyet farklılıkları bağımsız örneklem karşılaştırmaları ile analiz edildi. **Bulgular:** Bilateral olarak ayak bileği plantar fleksörlerinin istirahat kas tonusu ve kuvveti, erkek katılımcılarda daha yüksekti ( $p<0,05$ ). Diz ekstansörlerinin istirahat kas tonusu ve kuvveti erkeklerde daha yüksekti ( $p<0,05$ ). Sağ ( $p=0,009$ ) ve sol ( $p=0,034$ ) ayak bileği dorsi fleksörlerinin kas kuvveti erkeklerde daha yüksekti. Sol ekstremitte ayak bileği dorsi fleksörlerinin kas tonusu erkeklerde daha yüksek iken ( $p=0,028$ ) kompliyans daha azdı ( $p=0,028$ ). Alt ekstremitte kaslarının elastisite özelliği cinsiyet faktöründen etkilenmedi ( $p>0,05$ ). **Sonuç:** Araştırma sonuçlarımıza göre cinsiyet değişkeni, elastisiteden bağımsız olarak, kas kuvveti, istirahat kas tonusu, kompliyansında farklılık etmenidir. Ayak bileği plantar fleksörlerinde her 2 alt ekstremitte cinsiyet değişkeni farklılık oluşturdu. Erkeklerin ayak bileği plantar fleksörlerinin istirahat kas tonusu ve kuvveti kadınlardan daha yüksekti.

**Anahtar Kelimeler:** Cinsiyet farklılığı; kas tonusu; kompliyans; elastisite; kas kuvveti

**ABSTRACT Objective:** The aim of the study was to investigate sex-related differences in muscle tone, compliance, elasticity and muscle strength in lower extremity muscle groups. **Material and Methods:** Fifty-three healthy participants (male=25, female=28) with a mean age of 19-24 years were included in the study. Mechanical properties (muscle tone, compliance and elasticity) of bilateral lower extremity knee extensor (m. quadriceps), ankle plantar (m. gastrocnemius) and dorsiflexor (m. tibialis anterior) muscles were measured using myotonometer [MyotonPRO (Myoton Ltd., Estonia)]. Muscle strength was evaluated bilaterally by dynamometer (Lafayette) from knee extensor, ankle plantar and dorsiflexor muscle groups. Gender differences were analyzed by independent sample comparisons. **Results:** Resting muscle tone and strength of ankle plantar flexors, bilaterally, were higher in male participants ( $p<0.05$ ). Resting muscle tone and strength of knee extensors were higher in males ( $p<0.05$ ). Muscle strength of the right ( $p=0.009$ ) and left ( $p=0.034$ ) ankle dorsi flexors was higher in men. The muscle tone of the ankle dorsi flexors in the left extremity was higher in males ( $p=0.028$ ) while the compliance was less ( $p=0.028$ ). The elasticity of the lower extremity muscles was not affected by the sex factor ( $p>0.05$ ). **Conclusion:** According to the study results, regardless of elasticity, sex difference is the cause of changes in muscle strength, resting muscle tone and muscle compliance. Muscle properties of ankle plantar flexors in both lower extremities were affected by sex differences. Resting muscle tone and muscle strength of the ankle plantar flexors of men were higher than women.

**Keywords:** Sex differences; muscle tone; compliance; elasticity; muscle strength

**Correspondence:** Tülay ÇEVİK SALDIRAN

Bitlis Eren Üniversitesi Sağlık Yüksek Okulu, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bitlis, TÜRKİYE/TURKEY

E-mail: tlyfztcvk@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences.

Received: 26 Nov 2019

Received in revised form: 16 Dec 2019

Accepted: 23 Dec 2019

Available online: 17 Dec 2020

2536-4391 / Copyright © 2020 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Alt ekstremite kasları mobilite ve postürün korunmasında görev alan anahtar kas iskelet sistemi elemanlarıdır.<sup>1,2</sup> Bu kas gruplarının fizyolojik görev ve işlevleri, bireysel farklılık göstermekte, kas kuvveti ise bireysel yüklenme ile şekillenmektedir.<sup>3</sup> Klinik biyomekanik incelemelerde kasın oluşturduğu kuvvet miktarının, yapısal kas lifi dizimi, kas kompliyansı, fasikül uzunluğu, fizyolojik enine kesit alanı ve motor nöron ateşleme sistemi gibi birçok mekanizmadan etkilendiği bildirilmiştir.<sup>4</sup> Kas içi gerilim, intrafusallık bağlantısı, gama ( $\gamma$ ) motor nöron sistemi ve spinal yolların kontrolündeki internal kas içi gerilim (istirahat kas tonusu) kasa ait mekanik özelliklerinin etkisindedir.<sup>5</sup> Kas lifinin tipi, oranı, kasın kuvveti, bireysel işlevselliği etkileyen faktörler olmakla beraber, bu yapısal özelliklerin cinsiyet faktöründen etkilendiği gösterilmiştir.<sup>6-9</sup> Literatürde kas içi mekanik özelliklerinin yeni bir diagnostik değerlendirme yöntemi olan MyotonPRO (Myoton Ltd., Estonya) cihazı ile ölçülebildiği ve yapılan değerlendirmeler ile internal kas içi gerilim ya da istirahat kas tonusu, kas kompliyansı, ve kas elastisitesinin ölçüldüğü rapor edilmiştir.<sup>10,11</sup> Kas içi gerilim patenleri, fasikül uzunluğu, kas tendon ünitesinin uzunluğu kasın kompliyansını belirlemede etkin faktörlerdir. Yapılan araştırmada, elektromiyografik ölçümlerin yapılma imkânının olmadığı koşullarda alternatif olarak kas kuvvetinin ve aktivasyonun MyotonPRO ölçümleri (viskoelastik ve biyomekaniksel özellikler) ile yapıldığı gösterilmiştir.<sup>12</sup> Farklı vücut segmentlerinde yer alan kasların, mekanik özelliklerini MyotonPRO kullanarak inceleyen araştırmada, yaşlanma ile kas tonusunun arttığı, kas kompliyansının azaldığı, elastisitenin azaldığı gösterilmiştir.<sup>13</sup> Yapılan çalışmalarda sağlıklı ve hasta katılımcıların farklı vücut segmentlerinde yer alan kas gruplarının mekanik özelliklerinin incelendiği ancak cinsiyet değişkeninin kas mekanik özelliklerinde ve kuvvetinde ne tür farklılık oluşturduğu yönünde araştırmanın olmadığı gözlemlendi.<sup>10,11,14,15</sup> Bu doğrultuda, hipotezimiz kas özellikleri cinsiyet değişkeninden etkilenebilir şeklinde idi. Çalışmamızın amacı ise cinsiyet değişkeni, kas mekanik özelliklerinde ve kas kuvvetinde ne tür farklılıklar oluşturur sorusuna yanıt aramaktır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

### ARAŞTIRMA TASARIMI

Kesitsel planda tasarlanan araştırma 4 Ekim-20 Kasım 2019 tarihleri arasında Okan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirildi. Araştırma öncesinde Acıbadem Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik uygunluk alındı. (2019-15/27-03.10.2019). Araştırma, Dünya Tıp Birliği Helsinki Deklarasyonu insan gönüllüler üzerinde yapılan tıbbi araştırmalarda etik ilkeleri uyarınca yapıldı. Katılımcılara çalışma hakkında yazılı ve sözlü olarak bilgi verildi. Başlangıç değerlendirmesinden önce tüm katılımcılardan yazılı onam alındı.

### KATILIMCILAR

Araştırmaya yaş aralığı 18-30 arasında olan sedanter sağlıklı katılımcılar (tanımlanmış herhangi bir rahatsızlığı olmayan ve herhangi bir ilaç desteği almayan) ve dominant ekstremitenin oluşturabileceği karıştırıcı faktör etkisini önlemek için araştırmaya sadece sağ dominant bireyler (topa vurma testi ile kontrol edilerek) dâhil edildi. Yağ dokusunun kas mekanik özelliklerini etkileyebileceği öngörüsü ile araştırmaya BKİ'si  $<30 \text{ kg/m}^2$  olan gönüllüler dâhil edildi. Son 12 ay içerisinde alt ekstremite travma öyküsü ve hareket kısıtlılığı olan katılımcılar, kas mekanik özellikleri ve kas kuvvetinde karıştırıcı faktör oluşturabilecekleri gerekçesi ile araştırmaya dâhil edilmedi. Araştırmadan 24 saat önce alkol, kafein, sigara ve herhangi bir ilaç almamaları konusunda katılımcılara bilgi verildi. Katılımcılardan testin iki gün öncesine kadar sürede normalin dışında fiziksel aktivite yapmamaları istendi. Sabah saatlerinde gerçekleştirilen araştırma öncesinde katılımcıların sadece 500 mL geçmeyen su tüketimlerine izin verildi. Araştırma, pilot çalışma olarak tasarlandı. G\*Power yazılım programı (3.1.9.4 versiyon) kullanılarak araştırmanın gücü 0,84 olarak bulundu. Hesaplama dominant ekstremite diz ekstansörlerinin tonus değerleri ( $\Delta$ :-1,13, Cohen'd=0,84,  $SD_1=1,62$ ,  $SD_2=0,92$ ,  $\alpha=0,05$ ,  $n_1/n_2=1,12$ ) baz alındı. Araştırmaya katılmayı kabul eden 64 katılımcıdan 8 kişi BKİ değerlerine göre obez-II sınıfında yer aldığı ve 6 kişi aktif spor yapan üniversite atleti olmasından do-

layı araştırmadan çıkarıldı. Analizler, değerlendirmesi tam olarak gerçekleştirilen erkek (n=25) ve kadın (n=28) katılımcılar (n=53) ile yapıldı.

### KAS KUVVETİ DEĞERLENDİRMESİ

Kas kuvveti değerlendirmeleri kalibrasyonu yapılmış Lafayette dinamometre (model 01163; Lafayette Instrument Company, Lafayette, Ind. USA) ile yapıldı.<sup>16</sup> İzometrik kas kuvveti değerlendirmesinde dinamometrenin kullanımının geçerli ve güvenilir olduğu yapılan araştırmada gösterilmiştir.<sup>17</sup> Teste başlamadan cihazda güç kaydı; kilogram ve düşük eklem açısında olacak şekilde ayarlandı.<sup>18</sup> Katılımcılar uygulama hakkında sözel olarak bilgilendirildi. Değerlendirme sırasında katılımcılara statik ve izometrik maksimum kuvveti uygulamaları için sözel komutlar verildi. Uygulama sırasında cihazın kaymamasına, uygun kuvvet uygulamasının gerçekleştirilmesine, test edilen ekstremitte ya da farklı vücut kısımlarında hareket açığa çıkmamasına, vücut kısımları ile zayıflığı kompense etmemesine dikkat edildi. Maksimum güç uygulanması ardından 2,98'inci saniyede katılımcının sergilediği maksimum kuvvet tepe değeri olarak kaydedildi.<sup>16</sup> Diz ekstansörleri için oturur pozisyonda, eller karşı omuzda, kalça eklemi 90° fleksiyonda ve diz eklemi 0° ekstansiyonda kilitli iken değerlendirme yapıldı. Ayak bileği dorsifleksörleri için oturur pozisyonda diz eklemi 90° fleksiyonda, ayak tabanları basamak üzerinde destekli, eller karşı omuzda iken gerçekleştirildi. Ayak bileği plantar fleksörleri için yüzükoyun yatış pozisyonunda kollar gövde yanında, ayak yataktan sarkıtılmış ve nötral plantar fleksiyon pozisyonunda (nötral: ayak bileği 90° açıda-platformla pozisyonlandı) ayak tabanından kuvvet uygulaması ile gerçekleştirildi. Test sırasında olguların statik ve izometrik maksimum kuvveti uygulamaları için sözel komutlar verildi.

### KAS MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Primer sonuç ölçüğü olarak, kas mekanik özelliklerinin değerlendirmesi MyotonPRO cihazı kullanılarak yapıldı. Uygulama öncesinde katılımcı bilgileri MyotonPRO yazılım programının veri giriş platformuna kaydedildi. M. quadriceps ve m. tibialis anterior kaslarından sırt üstü pozisyonda ve m. gastrocnemius kasından yüzükoyun pozisyonda olacak şekilde ve tüm

ölçümlerin kas gövdesinden ve istirahat pozisyonunda iken yapılacağını belirleyen patern girişleri sisteme yüklendi. Değerlendirilecek katılımcıların verileri ile ilgili paternler MyotonPRO ile bilgisayar bağlantısı sağlanarak cihaza aktarıldı. Ölçümler bilateral olarak diz ekstansörleri için m. quadriceps kasından, ayak bileği dorsi-fleksörleri için m. tibialis anterior ve ayak bileği plantar fleksörleri için m. gastrocnemius kas gövdesinden yapıldı. Ölçüm tekniğinin güvenilir ve geçerli olduğu yapılan araştırmalarda gösterilmiştir.<sup>11,19-21</sup> Yer çekiminin kas tonusu üzerinde oluşturabileceği etkiyi en aza indirmek için cihaza ait kılavuz içerisinde yer alan prosedürler dikkate alınarak ölçümler uygulandı.<sup>22</sup> Kas gövdeleri kalem ile işaretlendi. MyotonPRO uygulamasında körlenmiş deneyimli fizyoterapist cihazı dik bir şekilde tutarak aşağı yönde basınç uyguladı. Cihaz probunun pleksiglas çerçevesindeki kırmızı ışık yeşil olunca, basınç uygulaması sonlandırılıp 5 vuruş gerçekleştirilinceye kadar sabit beklendi. Her 5 vuruşta, 1 atımın süresi 15 ms ve vuruşlar arası süre 8 ms idi. Tüm değerlendirmelerde standart vuruş aralıkları kullanıldı. Uygulama sırasında cihazın hareket ettirilmemesine, doğru pozisyonunun korunmasına dikkat edildi. Doğru pozisyondan sapmalar olduğunda cihaz ölçüm yapmamakta ve doğru pozisyonda tutulması için uyarı vermektedir. Her uygulama sonrasında akselerasyon grafiği incelendi ve normalden sapma varsa ölçümler tekrarlandı. Normalden sapmalar olduğunda cihaz hem grafide hem de yüksek ses uyarısı ile uygulayıcıyı uyarmaktadır. Kayıtlar yazılım programına tekrar yüklendi ve her bir katılımcı için raporlandı. Burada hesaplanan 3 parametre ile kas mekanik özelliklerindeki değişim tayin edildi. Bunlar viskoelastik özellikler başlığında osilasyon frekansı (istirahat kas tonusu, Hertz-Hz), dinamik stiffness (kas kompliyansı, Newton/metre-N/m) ve biyomekaniksel özellikler başlığında decrement, (elastisite, ms) şeklindedir. Bu parametrelerin kas içi özelliklerde tanımlanan başlıkları aşağıda özetlenmiştir:

1. Osilasyon frekansı [Hz]; istirahat kas tonusunu göstermektedir. İnternal kas içi gerilimde denilmektedir.

2. Dinamik stiffness [N/m]; stiffness kasa ait bir biyomekaniksel özellik olup kasılma ya da kasın kendi şeklini değiştirmesine neden olacak eksternal

kuvvetlere karşı oluşan direnç olarak tanımlanmıştır. Stiffness kompiyansın tam tersi olarak belirtilmiştir.

3. Decrement; bir kasın doğal osilasyonları ile kas elastisitesini dolaylı olarak göstermektedir. Eksternal güç uygulanmasının ortadan kalkması durumunda ya da kas kasılması sonrasında kasın yeninden toparlanma yeteneğidir. Elastisite ile decrement terimleri ters orantılıdır. Doku ne kadar elastik ise o kadar az enerji tüketir ve fonksiyonu yerine getirmede o kadar etkindir.<sup>10,14,23,24</sup>

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Kadın ve erkek katılımcıların kas kuvvetleri ve kas mekanik özelliklerinin karşılaştırılmasında ve cinsiyete göre sağ ve sol ekstremitelerde farklılıkları analizinde normal dağılım gösteren veriler için independent sample t-test, normal dağılmayan veriler için Mann-Whitney U testi kullanıldı ve %95 güven aralığı ile raporlandı. Tanımlayıcı veriler ortalama, standart sapma ( $X \pm SS$ ), ortalama fark ( $\blacktriangle$ ) şeklinde gösterildi. Fiziksel özelliklerin cinsiyet değişkeni göz önünde bulundurularak bağımlı değişkenler üzerindeki etkisi incelendi. Varyansların homojen dağılıp dağılmadığının kontrolü Levene testi ile kontrol edildi. Univariate ANOVA testi kullanılarak, kas kuvveti ve kas özellikleri ile cinsiyet değişkeni ilişkisi karıştırıcı faktör oluşturabilecek fiziksel özellikler (yaş, boy, kilo ve BKİ) düzenlemesi ile analiz edildi. Anlamlılık düzeyi için  $p < 0,05$  kabul edildi. Verilerin analizinde IBM SPSS 22. Version programı kullanıldı.

## BULGULAR

Katılımcıların başlangıç özellikleri Tablo 1’de gösterildi. Grupların başlangıç özelliklerinden yaş, boy, kilo ve beden kitle indeksi (BKİ) ortalamaları ara-

sında gruplar arası farklılık vardı ( $p < 0,05$ ). Erkek bireylerin yaş, vücut ağırlığı ve boy uzunluğu ortalamaları kadın katılımcılardan daha yüksekti ( $p < 0,05$ ). Kadın ve erkek katılımcılar BKİ ortalamaları ile ideal değer aralığında yer aldı ancak erkeklerin BKİ değerleri daha yüksekti ( $p < 0,05$ ).

Cinsiyet değişkeninin alt ekstremitelerde kaslarının diz ekstansörleri, ayak bileği dorsifleksör ve plantar fleksör kaslarının izometrik kasılma kuvveti, kas mekanik özellikleri üzerinde oluşturduğu farklılıklar Tablo 2’de gösterildi. Her iki cinsiyet grubunda sağ ve sol taraf kas özelliklerinde farklılık görülmedi ( $p > 0,05$ ). Erkek katılımcılarda bilateral olarak değerlendirilen tüm alt ekstremitelerde kaslarının kuvveti, kadın katılımcıların alt ekstremitelerde kas kuvvetinden gruplar arası farklılık oluşturacak kadar yüksekti ( $p < 0,05$ ). Alt ekstremitelerde kaslarının mekanik özelliklerinden elastisite (decrement) bilateral olarak cinsiyet farklılığından etkilenmedi ( $p < 0,05$ ). Fiziksel özelliklerin bağımlı değişkenler üzerinde bir parametre dışında grup farklılıkları ile etkili olmadığı görüldü. Sadece sol ekstremitelerde plantar fleksörlerinin kas kuvveti üzerinde BKİ ( $r^2 = 0,09$ ,  $p = 0,035$ ) ve kilo ( $r^2 = 0,106$ ,  $p = 0,022$ ) değişkenlerinin etkili olduğu görüldü.

## TARTIŞMA

Cinsiyet değişkeninin, kas mekanik özelliklerinde ve kas kuvvetinde oluşturacağı farklılıkları incelemek araştırmanın amacıydı. Araştırmanın başlıca sonuçlarında bilateral olarak ayak bileği plantar fleksörlerinin istirahat kas tonusu ve kuvvetinin erkek katılımcılarda daha yüksek olduğu gözlemlendi. Tersine bu kas grubunun kompiyansı erkek katılımcılarda daha azdı. Bilateral olarak diz ekstansörlerinin

**TABLO 1:** Katılımcıların başlangıç özellikleri.

	Ortalama	Erkek	Kadın	F	%95 CI		p
	$X \pm SS$	$X \pm SS$	$X \pm SS$		$\blacktriangle$	Alt & Üst	
Yaş (yıl)	21,74 $\pm$ 1,37	22,28 $\pm$ 1,40	21,25 $\pm$ 1,17	0,08	-1,03	-1,74 & -0,32	0,005*
Boy (cm)	171,06 $\pm$ 9,54	177,92 $\pm$ 7,52	164,93 $\pm$ 6,51	0,13	-12,99	-16,86 & -9,12	0,001*
Ağırlık (kg)	68,12 $\pm$ 15,75	78,76 $\pm$ 14,70	58,61 $\pm$ 9,32	2,26	-20,16	-26,87 & -13,44	0,001
BKİ (kg/m <sup>2</sup> )	23,00 $\pm$ 3,20	24,70 $\pm$ 2,97	21,48 $\pm$ 2,61	0,44	-3,22	-4,76 & -1,68	0,001

SS: Standart sapma; BKİ: Beden Kitle İndeksi; p: Independent Sample T Test istatistiksel anlamlılık düzeyi; pa: Man Whitney U Test istatistiksel anlamlılık düzeyi; İstatistiksel anlamlılık  $p < 0,05$ ; %95 CI: %95 Güven aralığı;  $\blacktriangle$ : Ortalamalar arasındaki fark.

TABLO 2: Cinsiyet değişkeninin alt ekstremitte kaslarının mekanik özellikleri ve kuvveti üzerinde oluşturduğu farklılıklar.

n	Ortalama		Erkek		Kadın		%95 CI				
	X±SS	53	X±SS	25	X±SS	28	p&	F	▲	Lower & Upper	p
<b>Diz Ekstansörleri</b>											
Sağ Kuvvet (kg)	24,41±6,07		27,55±6,28		21,61±4,31		0,455	6,22	-5,94	-8,88 & -3,00	0,001 <sup>a</sup>
Sol Kuvvet (kg)	23,24±6,07		26,15±5,73		20,65±5,20			0,07	-5,50	-8,51 & -2,48	0,001
Sağ Tonus (Hz)	13,71±1,41		14,31±1,62		13,18±0,92		0,405	13,18	-1,13	-1,85 & -0,42	0,003
Sol Tonus (Hz)	13,43 ±1,36		13,96±1,51		12,96±1,02			3,16	-1,00	-1,71 & -0,30	0,006 <sup>a</sup>
Sağ Stiffness (N/m)	236,21±35,39		246,84±41,55		226,71±26,08		0,382	6,38	-20,13	-39,04 & -1,21	0,037
Sol Stiffness (N/m)	224,96±48,28		236,52±41,17		214,64 ±52,43			0,08	-21,88	-48,10 & 4,34	0,154 <sup>a</sup>
Sağ Elastisite	1,33±0,23		1,38±0,24		1,29±0,21		0,389	1,76	-0,10	-0,22 & 0,03	0,125
Sol Elastisite	1,29±0,32		1,35±0,40		1,24±0,22			3,15	-0,11	-0,29 & 0,06	0,493 <sup>a</sup>
<b>Ayak Bileği Dorsifleksörleri</b>											
Sağ Kuvvet (kg)	24,27±6,86		26,84±6,69		21,98±6,25		0,473	0,53	-4,87	-8,44 & -1,29	0,009
Sol Kuvvet (kg)	23,35±6,89		25,46±6,81		21,47±6,51			0,21	-3,99	-7,67 & -0,32	0,034
Sağ Tonus (Hz)	19,84±2,38		20,46±2,40		19,29±2,26		0,565	0,10	-1,17	-2,46 & 0,11	0,072
Sol Tonus (Hz)	19,37±2,24		20,08±2,19		18,74±2,13			0,02	-1,34	-2,54 & -0,15	0,028
Sağ Stiffness (N/m)	404,30±65,22		424,92±65,69		385,89±60,11		0,526	0,11	-39,03	-73,72 & -4,34	0,028
Sol Stiffness (N/m)	395,91±61,93		413,04±65,86		380,61±54,92			2,43	-32,43	-65,75 & 0,89	0,056
Sağ Elastisite	1,16±0,23		1,14±0,18		1,19±0,27		0,725	1,90	0,05	-0,08 & 0,18	0,412
Sol Elastisite	1,16±0,26		1,16±0,25		1,17±0,28			0,07	0,01	-0,14 & 0,15	0,928
<b>Ayak Bileği Plantar Fleksörleri</b>											
Sağ Kuvvet (kg)	24,27±6,85		26,84±6,69		21,97±6,25		0,589	0,54	-4,86	1,29 & -8,43	0,009
Sol Kuvvet (kg)	23,35±6,89		24,93±5,47		15,01±3,13			0,21	-3,89	0,31 & 7,66	0,034
Sağ Tonus (Hz)	16,38±2,64		17,80±2,63		15,12±1,66		0,746	7,55	-2,68	-3,94 & -1,42	0,001
Sol Tonus (Hz)	16,53±2,82		17,83±3,28		15,38±1,68			18,43	-2,46	-3,87 & -1,04	0,005 <sup>a</sup>
Sağ Stiffness (N/m)	289,43±57,16		315,40±65,41		266,25±36,16		0,630	11,26	-49,15	-77,88 & -20,42	0,001
Sol Stiffness (N/m)	299,40±78,82		329,32±101,49		272,68±35,21			19,30	-56,64	-97,62 & -15,66	0,048 <sup>a</sup>
Sağ Elastisite	1,13±0,23		1,16±0,26		1,10±0,21		0,864	0,79	-0,06	-0,19 & 0,07	0,373
Sol Elastisite	1,18±0,23		1,18±0,26		1,18±0,21			1,45	0,00	-0,13 & 0,13	0,951

p: Independent Sample T test istatistiksel anlamlılık düzeyi, pa: Man Whitney U Test istatistiksel anlamlılık düzeyi, istatistiksel anlamlılık p < 0,05, p&: T testine göre sağ ve sol ekstremitte farklılıktan analizi %95 CI: Güven aralığı, ▲: Ortalamalar arasındaki fark.

istirahat kas tonusu ve kuvveti erkeklerde daha yüksekti. Bu kas grubunun kompliyansı ise ekstremite-ler arası farklılık gösterdi. Kadın ve erkeklerde sol diz ekstansörlerinin kas kompliyansında farklılık yok iken sağ diz ekstansörlerinin kompliyansı erkek katılımcılarda daha azdı. Ayak bileği dorsi fleksörlerinin kas kuvveti erkeklerde daha yüksekti. Sağ ekstremitede ayak bileği dorsi fleksörlerinin istirahat kas tonusunda cinsiyete göre farklılık yok iken sağda kadınlarda kompliyans daha yüksekti. Ancak sol ekstremitede ayak bileği dorsi fleksörlerinin kas tonusu erkeklerde daha yüksekti. Alt ekstremite kaslarının elastisite özelliği cinsiyet faktöründen etkilenmedi.

Kas grubunun bir dirence karşı statik olarak kasılması ile ürettiği maksimum güç olarak açıklanan izometrik kas kuvveti,<sup>25</sup> uzama/gerginlik, yük/hız ve kuvvet/zaman ilişkisi gibi mekanik özelliklerinden etkilenir.<sup>26</sup> Bu özellikleri cinsiyet değişkeni üzerinden inceleyen araştırmalarda, erkek bireylerde kas kuvvetinin daha yüksek olmasının nedeni olarak, tip-II kas liflerinin, kas fizyolojik enine kesit alanının ve kuvvet üretiminde efektif olan miyozin heavy chain-II izoformunun kadınlara göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir.<sup>27-29</sup> Araştırma sonuçlarımız da literatürle benzer sonuçlar vermekte ve erkeklerin alt ekstremite izometrik kas kuvvetinin kadınlardan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu sonuçların nedeni kadınların kuvvet üretimlerini yeterince uzun süre koruyamamaları ve kas kuvveti değerlendirme platosuna ulaşamamaları olabilir. İzometrik kas testinde gözlenen daha düşük kuvvet üretimindeki bir diğer neden ise erkeklerle karşılaştırıldığında kadınların, maksimum istemli izometrik kas kasılması sırasında alt ekstremite kaslarındaki tüm motor ünitelerini ateşleme yeteneklerinin daha düşük olması olabilir. Bunun nedeni olarak, kas kuvveti üretim oranının büyük ölçüde nöronal aktivasyon miktarına bağlı olması gösterilebilir.<sup>18,30</sup>

Klinik biyomekanik incelemelerde; diz ekstansör (m.quadriceps femoris) ve ayak bileği plantar fleksör (m.gastrocnemius) kas gruplarının, kısa lif yapısı, geniş fizyolojik enine kesit alanı ve yüksek pennasyon açısı ile kuvvet üretimi daha yüksek olan kas mimarisine sahip oldukları bildirilmiştir.<sup>31</sup> Araştırma sonuçlarımızda bilateral olmak üzere ayak bileği

plantar fleksörlerinin ve diz ekstansörlerinin istirahat kas tonusu erkeklerde daha yüksekti. Diz ekstansörlerinin tonusundaki farklılığa benzer sonuçlar (frekans:erkek 16,4, kadın:13,6 Hz stiffnes:erkek 292, kadın 233 N/m) Agyapong-Badu ve ark. tarafından gösterilmiştir.<sup>13</sup> Araştırma sonuçlarımızı destekler yanıtlar plantar fleksörlerin kompliyansını (stiffness: erkek: 370,8 kadın: 257 N/m) benzer metotla değerlendiren Taş ve Sakın tarafından bildirilmiştir.<sup>21</sup> Ayak bileği plantar fleksörlerinde gözlenen sonuçlar, istirahat kas tonusu ve izometrik kas kuvveti arttıkça kas kompliyansı azalmaktadır yorumunu akla getirmektedir. Ancak diz ekstansörlerinin sağ (%21,56) ve sol (%21,03) ekstremiteelerde cinsiyete göre gözlenen kuvvet farklılığı kas kompliyansı değişimlerinin her zaman kas kuvveti ve tonusa bağlı olmadığını göstermektedir. Ayak bileği plantar fleksörlerinin istirahat tonusunun ve kuvvetinin erkek bireylerde daha fazla olmasında başlangıç fiziksel özelliklerdeki farklılık etkili olmuş olabilir. Erkek bireylerde artmış vücut ağırlığı kompensasyonunda bu kas grubu tonus artışı sağlayarak koruyucu rol almış olabilir. Kadın ve erkek katılımcılar arasında, kompliyans ve kas tonusundaki farklılıklar tip II lif oranının kadınlarda daha çok olması, erkeklerin Tip I kas lifi karakteristiği nedeniyle yorgunluğa daha dayanıklı olması ve erkekler kadınlardan kuvvetlidir gibi kas karakteristiğinin bilinen farklılıkları ile tutarlıdır.<sup>29,32</sup> Fasikül uzunluğu, düşük açılı pennasyon ve yüksek aralıkta hareket oluşturma özelliği ile diz ekstansör ve ayak bileği plantar fleksör kaslarından mimari özelliği ile farklılaşan ayak bileği dorsifleksörü (m. tibialis anterior) bilateral incelemede cinsiyete göre farklı kompliyans ve tonus yanıtları gösterdi.<sup>26,27</sup> Sol bacakta ayak bileği dorsi fleksörlerinin istirahat tonusu erkeklerde daha yüksek iken sağ tarafta kadınlarda bu kasın kompliyansı daha yüksekti. Bu sonuçlar, ayak bileği dorsifleksörlerinde cinsiyet değişkeninin kas mekanik özellikleri üzerindeki etkisi için net bir yorum yapmamızı güçleştirmektedir. Ancak araştırma sonuçlarımızda ayak bileği dorsi fleksörlerinin sağ (%18,14) ve sol (15,67) bacakta oluşturduğu izometrik kas kuvveti erkeklerde daha fazlaydı. Buna göre genel olarak kas kuvvetinden bağımsız bir şekilde kadın katılımcıların alt bacak kasları kompliyansının, erkek katılımcılarda ise kas tonusunun daha yüksek

olduğunu bildirebiliriz. İstirahat kas tonusunun erkek olgularda yüksek olması incelenen kas gruplarının mimari düzenlemedeki görevleri ile erkek olguların kuvvet üretimlerinin daha fazla olması ile ilişkilendirilebilir. Kadın ve erkek bireylerde kompliyans ve tonus özelliklerinin özellikle dorsifleksör kas grubunda cinsiyet değişkeni göz önünde bulundurulduğunda ekstremitelerde farklılıkları gösterebileceği de bilinmelidir.

Elastisite bir osilasyon siklusunda kas dokusunun mekanik enerji tüketimini yansıtmaktadır. Patoloji varlığında gözlenen elastisitedeki değişimler, aktin miyozin zincirlerinin optimal mesafelerinin bozulduğunu göstermektedir. Araştırmamızda elastisite değişkeni değerlendirilen alt ekstremitelerde herhangi birinde cinsiyet farklılığı göstermedi. Agyapong-Badu ve ark. ise elastisitenin genç erkeklerde kadınlardan daha düşük olduğunu ve yaşlı bireylerle gençler arasında fark olmadığını rapor etmişlerdir. Mustalampi ve ark. yaptıkları araştırma sonuçlarında Myoton ölçümü kullanılarak yapılan kas kuvveti incelemelerinde frekans ve stiffness değerlerinin elastisite parametresinden daha fazla kullanılmasını önermişlerdir.<sup>33</sup> Cinsiyet farklılığı ilişkili kas elastisite-sertlik incelemelerinde farklı değerlendirme teknikleri kullanılarak değerlendirme yapıldığı için literatürde çelişkili sonuçlara rastlanmaktadır. Serbest osilasyon tekniği kullanarak değerlendirme yapan araştırmacılar kas sertliğini erkeklerde kadınlardan daha yüksek bulmuştur.<sup>34</sup> Ancak elastografi kullanılan çalışmada kadınlarda kas sertliğinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.<sup>35</sup> Bu sonuçlarla sağlıklı bireylerde elastisite değişkeninde daha ayrıntılı kanıt dayalı sonuçlar istendiğinde MyotonPRO parametrelerinin yanında laboratuvar tabanlı teknolojiler gerekebileceğini öngörmekteyiz.<sup>13</sup> Araştırmamıza sağlıklı ve yaş grubu benzer yetişkinler dâhil edilmesi de elastisitede farklılık gözlenmemesinin nedeni olabilir. Araştırma sonuçlarımızla dominant- non dominant ekstremitelerde kas özelliklerinin farklılık göstermediğini bildirebiliriz.

Araştırmamızın daha büyük örnekleme yansıtılmaması çalışmamızın limitasyonudur. İleri araştırmalarda antrene ve antrene olmayan bireylerde cinsi-

yet faktörü göz önünde bulundurularak kas mekanik özellikleri incelemelerinin yapılması önerebiliriz. Rehabilitasyon çerçevesinde çalışmamızın sonuçları farklı cinsiyetlerdeki bireylere önerilecek kas eğitim programlarının süre, sıklık ve yoğunluk gibi değişkenlerinin cinsiyete bağlı olarak düzenlenebileceği bilgisini de destekler niteliktedir.

## SONUÇ

Araştırma sonuçlarımıza göre cinsiyet değişkeni, elastisiteden bağımsız olarak, kas kuvveti, istirahat kas tonusu, kompliyansında farklılık etmenidir.

Ayak bileği plantar fleksörlerinde her iki alt ekstremitede cinsiyet değişkeni farklılık oluşturmaktadır. Erkeklerin ayak bileği plantar fleksörlerinin istirahat kas tonusu ve kuvveti kadınlardan daha yüksekti.

### Teşekkür

*Bu çalışmanın yapılmasında katkılarından dolayı tüm katılımcılara teşekkür ederiz.*

### Finansal Kaynak

*Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır. Araştırmada kullanılan MyotonPRO cihazı Tübitak 1002 Hızlı Destek Programı Kapsamında Desteklenen 118S749 numaralı proje kapsamında alınmıştır.*

### Çıkar Çatışması

*Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.*

### Yazar Katkıları

**Fikir/Kavram:** Tülay Çevik Saldıran, Derya Azim Rezaei; **Tasarım:** Tülay Çevik Saldıran; **Denetleme/Danışmanlık:** Tülay Çevik Saldıran, Özgül Öztürk; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Derya Azim Rezaei, Özgül Öztürk; **Analiz ve/veya Yorum:** Emine Atıcı, Tülay Çevik Saldıran; **Kaynak Taraması:** Özgül Öztürk, Derya Azim Rezaei; **Makalenin Yazımı:** Tülay Çevik Saldıran, Emine Atıcı; **Eleştirel İnceleme:** Emine Atıcı, Özgül Öztürk.

## KAYNAKLAR

1. Bloem BR, Allum JH, Carpenter MG, Honegger F. Is lower leg proprioception essential for triggering human automatic postural responses? *Exp Brain Res.* 2000;130(3):375-91.[Crossref] [PubMed]
2. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(4):589-92.[Crossref] [PubMed]
3. Bosco C, Cardinale M, Tsarpela O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999;79(4):306-11.[Crossref] [PubMed]
4. Narici MV, Maffulli N, Maganaris CN. Ageing of human muscles and tendons. *Disabil Rehabil.* 2008;30(20-22):1548-54.[Crossref] [PubMed]
5. Zajac FE. How musculotendon architecture and joint geometry affect the capacity of muscles to move and exert force on objects: a review with application to arm and forearm tendon transfer design. *J Hand Surg Am.* 1992;17(5):799-804.[Crossref] [PubMed]
6. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Gender differences in the viscoelastic properties of tendon structures. *Eur J Appl Physiol.* 2003;88(6):520-6.[Crossref] [PubMed]
7. Laffaye G, Wagner PP, Tombleson TI. Counter-movement jump height: gender and sport-specific differences in the force-time variables. *J Strength Cond Res.* 2014;28(4):1096-105.[Crossref] [PubMed]
8. Perez-Gomez J, Rodriguez GV, Ara I, Olmedillas H, Chavarren J, González-Henriquez JJ, et al. Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(6):685-94. [Crossref] [PubMed]
9. Wickiewicz TL, Roy RR, Powell PL, Perrine JJ, Edgerton VR. Muscle architecture and force-velocity relationships in humans. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1984;57(2):435-43.[Crossref] [PubMed]
10. Feng YN, Li YP, Liu CL, Zhang ZJ. Assessing the elastic properties of skeletal muscle and tendon using shearwave ultrasound elastography and MyotonPRO. *Sci Rep.* 2018;8(1):17064.[Crossref] [PubMed] [PMC]
11. Mooney K, Warner M, Stokes M. Symmetry and within-session reliability of mechanical properties of biceps brachii muscles in healthy young adult males using the MyotonPRO device. *Work Pap Heal Sci.* 2013;1(3):1-11.[Link]
12. Gubler-Hanna C, Laskin J, Marx BJ, Leonard CT. Construct validity of myotonometric measurements of muscle compliance as a measure of strength. *Physiol Meas.* 2007;28(8):913-24. [Crossref] [PubMed]
13. Agyapong-Badu S, Warner M, Samuel D, Stokes M. Measurement of ageing effects on muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps brachii in healthy males and females using a novel hand-held myometric device. *Arch Gerontol Geriatr.* 2016 ;62:59-67.[Crossref] [PubMed]
14. Aird L, Samuel D, Stokes M. Quadriceps muscle tone, elasticity and stiffness in older males: reliability and symmetry using the MyotonPRO. *Arch Gerontol Geriatr.* 2012;55(2):e31-9.[Crossref] [PubMed]
15. Havuç S, Aydeniz A, Başaran S. [The effectiveness of electrical stimulation on muscle tone, elasticity and stiffness of gastrocnemius muscle in children with spastic cerebral palsy]. *Cukurova Medical Journal.* 2018;43(1):56-62.[Crossref]
16. Stratford PW, Balsor BE. A comparison of make and break tests using a hand-held dynamometer and the Kin-Com. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(1):28-32.[Crossref] [PubMed]
17. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua YH, Williams GP, et al. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *PLoS One.* 2015;10(10):e0140822.[Crossref] [PubMed] [PMC]
18. McBride JM, Deane R, Nimphius S. Effect of stretching on agonist-antagonist muscle activity and muscle force output during single and multiple joint isometric contractions. *Scand J Med Sci Sports.* 2007;17(1):54-60.[Crossref] [PubMed]
19. An SY, Yeo SM, Cheong IY, Hwang JH. Mechanical properties of muscles around shoulder in breast cancer patients: Intra- and inter-reliability and symmetry using MyotonPRO. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine.* 2018;61:435-557.[Crossref]
20. Viir R, Laiho K, Kramarenko J, Mikkelsen M. Repeatability of trapezius muscle tone assessment by a myometric method. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology.* 2006;6(02):215-228. [Crossref]
21. Taş S, Salkın Y. An investigation of the sex-related differences in the stiffness of the Achilles tendon and gastrocnemius muscle: Inter-observer reliability and inter-day repeatability and the effect of ankle joint motion. *Foot (Edinb).* 2019;41:44-50.[Crossref] [PubMed]
22. Kocur P, Grzeskowiak M, Wiernicka M, Goliwas M, Lewandowski J, Łochyński D. Effects of aging on mechanical properties of sternocleidomastoid and trapezius muscles during transition from lying to sitting position-A cross-sectional study. *Arch Gerontol Geriatr.* 2017;70:14-8.[Crossref] [PubMed]
23. Mullix, James, Martin Warner, and Maria Stokes. Testing muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps femoris using a novel hand held MyotonPRO device: relative ratios and reliability. *Working Papers in Health Sciences* 1.1 (2012):1-8.[Link]
24. Huang J, Qin K, Tang C, Zhu Y, Klein CS, Zhang Z, et al. Assessment of Passive Stiffness of Medial and Lateral Heads of Gastrocnemius Muscle, Achilles Tendon, and Plantar Fascia at Different Ankle and Knee Positions Using the MyotonPRO. *Med Sci Monit.* 2018;24:7570-6.[Crossref] [PubMed] [PMC]
25. Andrews AW, Thomas MW, Bohannon RW. Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Phys Ther.* 1996;76(3):248-59. [Crossref] [PubMed]
26. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89(6):555-63.[Crossref] [PubMed]
27. Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve.* 2000;23(11):1647-66.[Crossref] [PubMed]
28. Miller AE, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Sale DG. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;66(3):254-62.[Crossref] [PubMed]
29. Wüst RC, Morse CI, de Haan A, Jones DA, De-gens H. Sex differences in contractile properties and fatigue resistance of human skeletal muscle. *Exp kaynak-14-2Physiol.* 2008;93(7):843-50.[Crossref] [PubMed]
30. Higbie EJ, Cureton KJ, Warren GL 3rd, Prior BM. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol* (1985). 1996;81(5):2173-81.[Crossref] [PubMed]
31. Zatsiorsky VM, Prilutsky BI. Biomechanics of Skeletal Muscles. *Human Kinetics;* 2012.[Crossref]
32. Narici MV, Maffulli N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *Br Med Bull.* 2010;95:139-59.[Crossref] [PubMed]
33. Mustalampi S, Häkkinen A, Kautiainen H, Weir A, Ylinen J. Responsiveness of muscle tone characteristics to progressive force production. *J Strength Cond Res.* 2013;27(1):159-65.[Crossref] [PubMed]
34. Wang D, De Vito G, Ditroilo M, Fong DT, De-lahun E. A comparison of muscle stiffness and musculoarticular stiffness of the knee joint in young athletic males and females. *J Electromyogr Kinesiol.* 2015;25(3):495-500.[Crossref] [PubMed]
35. Eby SF, Cloud BA, Brandenburg JE, Giambini H, Song P, Chen S, et al. Shear wave elastography of passive skeletal muscle stiffness: influences of sex and age throughout adulthood. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2015;30(1):22-7.[Crossref] [PubMed] [PMC]