

## Yaşlı Bireylerin Kas Tendon Morfolojisinin Fiziksel Performans ve Denge Üzerine Etkisi

Fatma Kübra Çekok<sup>1</sup> , Ayşenur Gökşen<sup>2</sup> 

Gönderim Tarihi: 12 Ekim, 2023

Kabul Tarihi: 20 Şubat, 2024

Basım Tarihi: 2 Ağustos, 2024

Erken Görünüm Tarihi: 24 Temmuz, 2024

### Öz

**Amaç:** Yaşlanma süreci ile kas-tendon morfolojisi değişmektedir. Bu çalışmanın amacı, yaşlı bireylerde alt ekstremitte ile ilişkili kas-tendon morfolojisinin, fonksiyonel hareket ve denge yeteneği ile ilişkisini incelemektir.

**Gereç ve Yöntem:** Araştırmaya yaş ortalaması 65-80 yıl arasında değişen 60 (erkek= 27, kadın= 33) yaşlı birey dahil edildi. Rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior ve gastrocnemius kaslarının mekanik özellikleri ile; patellar tendon ve Aşil Tendonunun mekanik özellikleri Myoton® PRO cihazı ile değerlendirildi. Bireylerin bilişsel fonksiyonları Mini Mental Test (MMSE) ile, fiziksel performansları ve denge fonksiyonları ise Berg Denge Ölçeği (BDÖ), Zamanlı kalk ve Yürü Testi (ZKYT) ve 30 sn otur kalk Testi ile değerlendirildi.

**Bulgular:** Çalışmanın sonuçlarına göre rectus femoris kas esnekliği ile 30 sn otur kalk testi arasında pozitif bir korelasyon vardır ( $p=0,011$ ). Alt ekstremitte distalde yer alan gastrocnemius ve Aşil Tendonunun esnekliği BDÖ sonuçları ile ilişkili bulundu. ( $p=0,035^{**}$ ;  $p=0,016^{**}$ ). Alt ekstremitte yer alan kasların kas tonus verilerine bakıldığında, tibialis anterior ve Aşil Tendon tonusunun denge üzerinde etkili olduğu bulundu ( $p=0,030$ ;  $p<0,001$ ).

**Sonuç:** Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; alt ekstremitenin distalde yer alan kas tonus değerleri denge ile ilişkili bulunmuştur. Yaşlı bireylerin fonksiyonel hareketler sırasında dengelerini koruyabilmek için, proksimal kas zayıflığını distalde yer alan kaslar ile; özellikle de ayak-ayak bileği stratejileri ile telafi ettiği öngörülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, yaşlı bireylerin ayak bileği çevresinde yer alan kas ve tendonlardaki mekanik özelliklerde oluşan değişimlerin, fonksiyonel hareket kapasitesini etkileyeceğini gösterdi.

**Anahtar kelimeler:** kas, tendon, mekanik özellikler, fiziksel performans.

<sup>1</sup>Fatma Kübra Çekok. Tarsus Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Tarsus, Mersin, Türkiye, T: +90(324) 600-0033, e-posta: kubracekok@tarsus.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8865-660X

<sup>2</sup>Ayşenur Gökşen (Sorumlu Yazar). Tarsus Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Tarsus, Mersin, Türkiye, T: +90(324) 600-0033, e-posta: aysenurgoksen@tarsus.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2273-5908

## **Effect of Muscle Tendon Morphology on Physical Performance and Balance in Elderly Individuals**

Fatma Kübra Çekok<sup>1</sup>, Ayşenur Gökşen<sup>2</sup>

**Submission Date:** October 12<sup>th</sup>, 2023

**Acceptance Date:** February 20<sup>th</sup>, 2024

**Pub. Date:** August 2<sup>nd</sup>, 2024

**Online First Date:** July 24<sup>th</sup>, 2024

### **Abstract**

**Objectives:** Muscle-tendon morphology changes with the aging process. This study aimed to examine the relationship between lower extremity-related muscle-tendon morphology and functional movement and balance ability in elderly individuals.

**Materials and Methods:** 60 (male = 27, female = 33) elderly individuals with an average age of 65–80 years were included in the study. The mechanical properties of the rectus femoris, biceps femoris, patellar tendon, tibialis anterior Achilles Tendon and gastrocnemius muscles were evaluated with the Myoton® PRO device. Individuals' cognitive functions were evaluated with the Mini-Mental Test (MMSE), and their physical performance and balance functions were evaluated with the Berg Balance Scale (BBS), Timed Up and Go Test (TUG), and 30-second Sit-and-Go Test.

**Results:** According to the results of the study, there was a positive correlation between rectus femoris muscle elasticity and the 30-second sit-to-stand test ( $p = 0.011$ ). gastrocnemius and Achilles elasticity in the distal lower extremity were found to be associated with BBS results. ( $p=0.035^{**}$ ;  $p=0.016^{**}$ ). When the muscle tone data of the muscles in the lower extremity were examined, it was found that tibialis anterior and Achilles Tendon tone were effective on balance ( $p = 0.030$ ;  $p<0.001$ ).

**Conclusion:** According to the results obtained from this research, muscle tone values in the distal lower extremity were found to be related to balance. For elderly individuals to maintain their balance during functional movements, proximal muscle weakness is compensated by the distal muscles. It is predicted that it will be compensated, especially with foot-ankle strategies. The results obtained from the study showed that changes in the mechanical properties of the muscles and tendons around the ankle of elderly individuals will affect their functional movement capacity.

**Keywords:** *muscle, tendon, mechanical properties, physical performance.*

<sup>1</sup>**Fatma Kübra Çekok.** Tarsus University, Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Tarsus, Mersin, Türkiye, P: +90(324) 600-0033, e-mail: kubracekok@tarsus.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8865-660X.

<sup>2</sup>**Ayşenur Gökşen (Corresponding Author).** Tarsus University, Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Tarsus, Mersin, Türkiye, P: +90(324)600-0033, e-mail: aysenurgoksen@tarsus.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2273-5908)

## **Giriş**

Kas-tendon ünitesinin sertlik, kuvvet, kas mimarisi gibi mekanik ve morfolojik özellikleri, fonksiyon ve performans yeteneklerini belirler. Yaşlanma veya kullanmama, kas-tendon ünitesinin işleyişini olumsuz olarak etkilerken; kronik yüklenme ve kasın gergin pozisyonda esnetilmesi ise kas tendon ünitesinin işleyişini olumlu yönde etkilemektedir (Narici ve Maganaris, 2007). Elastisite, bir yapının kuvvet etkisiyle biçim ve boyutlarında değişime uğraması ve kuvvetin kalkmasıyla tekrar önceki pozisyonuna veya boyutuna geri dönebilme yeteneği olarak tanımlanır (Ward, 2000). Kas tonusu ise, dinlenme halindeki kasın hücresele seviyedeki intirinsik gerginliğini gösterir (Chuang vd., 2012; Ward, 2000). Yaşlanma ile kasın viskoelastik özelliklerinde, kas ve tendon yapısında, eklemi çevreleyen bağlarda ve konnektif dokuda bozulmalar görülür (Cruz-Montecinos vd., 2022; Gribble ve Hertel, 2004). Bu tür anormallikler nörolojik işlev bozukluğunun göstergesi olacağından klinik açıdan da ilgi çekicidir.

Son yıllarda teknolojik gelişmelerin ilerlemesiyle, yaşlı yetişkinlerde kas ve tendon dokusunun nitelik ve niceliğinin değerlendirilmesinde yeni görüntüleme teknikleri geliştirilmiştir (Cruz-Montecinos vd., 2022; Feng vd., 2018). Literatürde, kas-tendon ünitesinin mekanik ve morfolojik özelliklerinin yeni bir değerlendirme yöntemi olan MyotonPRO (Myoton Ltd., Estonya) ile yapıldığı bildirilmektedir (Feng vd., 2018; Mooney vd., 2013). Yaşlı bireylerdeki kas morfolojik özelliklerinin detaylı incelenmesi, egzersiz araştırmalarında kanıt değerini yükseltmektedir. Bu konudaki çalışmaların artması, yaşlı bireylere yönelik uygulanacak egzersiz programlarının çeşitliliği ve etkinliği açısından da önemlidir.

Yaşlı bireylerde denge ve postüral kontrolde oluşan bozulmayı gösteren ve bunların sebeplerini inceleyen çok fazla sayıda çalışma vardır (Burke vd., 2012; Melzer vd., 2004; Mohamed ve Jan, 2020). Bu çalışmaların birçoğu gövde kaslarının denge ile olan ilişkisini araştırmıştır (Maki ve McIlroy, 1996; Seyed ve Asghar, 2010). Alt ekstremitede yer alan kas ve tendon yapılarının morfolojik özellikleriyle ilgili çalışmalar incelendiğinde, yaşlı bireylerde Aşil tendonu, quadriceps femoris, biceps Femoris gibi kas morfolojik özelliklerinin postüral kontrolü etkilediği bildirilmiş olsa da (Akagi vd., 2015; Onambele vd., 2006; Page, 2012; Stanziano vd., 2009); elastise, tonus ve denge ilişkisini inceleyen çalışmalar ölçüm yöntemlerinin kısıtlı bir çeşitlilikte olması nedeni ile daha nadirdir (Burke vd., 2012). Yaşlı bireylerde alt ekstremitede yer alan kas ve tendonların morfolojik özelliklerinin incelenmesi, yaşlı bireyler için kullanılan egzersiz araştırmalarına ışık tutacak ve yaşlı bireylerin denge ve fonksiyonunu etkileyen unsurları anlamamıza katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın amacı, yaşlı

bireylerde alt ekstremitte kas-tendon morfolojik özelliklerinin (elastise ve tonus) fiziksel performans ve denge performansı ile ilişkisini araştırmaktır.

## **Gereç ve Yöntem**

### **Katılımcılar**

Kesitsel planda tasarlanan çalışma Ocak-Mayıs 2023 tarihleri arasında Mersin ilinde huzur evinde yaşayan  $\geq 65$  yaş ve üzeri yaşlı bireylerle gerçekleştirildi. Araştırmaya 65 yaş ve üzeri, Beden Kitle İndeksi (BKİ)  $< 30$  kg/m<sup>2</sup> olan ve 10 m bağımsız yürüyen yaşlı bireyler dahil edildi. Son 12 ay içinde alt ekstremitte cerrahi yada travma öyküsü olanlar, nörolojik rahatsızlığı olanlar, eklem hareket kısıtlılığı olan bireyler çalışmaya dahil edilmedi. Araştırmayı kabul eden 65 yaşlı birey değerlendirildi. 3 yaşlı bireyin BKİ'si  $> 30$  kg/m<sup>2</sup> üzeri olmasından, 2 bireyin cerrahi öyküsü olmasından dolayı araştırmadan çıkartıldı. Araştırma 60 kişi ile (erkek=27 kadın=33) ile tamamlanmıştır.

Araştırmanın etik kurul onayı 18/01/2023 tarihinde Tarsus Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 2023/02 karar numarasıyla alınmıştır. Araştırma, Dünya Tıp Birliği Helsinki Deklarasyonu insan gönüllüler üzerinde yapılan tıbbi araştırmalarda etik ilkeleri uyarınca yapıldı. Katılımcılara çalışmanın amacı ve uygulanacak değerlendirme yöntemleri açıklandı ve her hastanın araştırmayla ilgili yazılı onayı alındı. Bu araştırma Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi'ne uygun olarak yapılmıştır. Çalışmaya katılmayı kabul eden yaşlı bireylerin bilişsel fonksiyonları, Düzenlenmiş Standardize Mini Mental Test (MMT) ile; Kas mekanik özellikleri MyotonPRO (Myoton AS, Tallinn, Estonya) ile ; Fiziksel Performans ve Denge düzeyleri de özel testler (Berg Denge Ölçeği, Süreli Kalk ve Yürü Testi, 30 sn Otur Kalk Test) ile değerlendirilmiştir. Katılımcılara araştırmadan 24 saat önce sigara, kafein alkol yada herhangi bir ilaç almamaları konusunda bilgi verildi. Ayrıca çalışmaya katılmaya kabul eden katılımcılara testin iki gün öncesine kadar sürede normalin dışında fiziksel aktivite yapmamaları istendi. Ölçümler sabah saatlerinde gerçekleşmiş olup sırasıyla öncesinde kas mekanik ölçümleri yapıldıktan sonra fiziksel performans ve denge düzeyleri ölçülmüştür.

### **Düzenlenmiş Standardize Mini Mental Test**

Düzenlenmiş Standardize Mini Mental Test (MMT) bunama (demans) taraması için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Molloy ve arkadaşları tarafından ölçeklendirilmiştir (Molloy vd., 1991). Bunama tarama testi olarak Türkçe geçerlilik ve güvenilirliği eğitimli ve eğitimsiz yaşlılarda düzenlenerek yapılmıştır. Yönelim 0-10, kayıt hafızası 0-3, dikkat ve işlem

yapma 0-5, hatırlama 0-3, dil 0-9 arası değer alır. Eşik değeri eğitilmişler için 22, eğitimsizler için 18 olarak saptanmıştır (Keskinoglu vd., 2009). 5 yıl ve üzeri eğitim alanlar eğitilmiş, beş yıldan daha kısa sürede eğitim alanlar eğitimsiz olarak kabul edilmiştir.

### **Kas Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi**

Araştırmaya katılan yaşlı bireylerin Aşil tendonu (AT), Patellar tendon (PT), Gastroknemius (G), tibialis anterior (TA) ve Rectus femoris (RF) ve Biceps Femoris (BF) kaslarının mekanik özellikleri, kas ve tendonun mekanik özelliklerini ölçmek için güvenilir ve geçerli bir araç olarak bildirilen bir MyotonPRO (Myoton AS, Tallinn, Estonya) kullanılarak değerlendirildi.

Bu cihaz, kısa süreli (15 milisaniye) bir mekanik dürtü ve sabit bir mekanik kuvvet (0,6 N'ye kadar) uygulayarak hedef yapıdaki mekanik salınımları ölçer. Değerlendirilen bir dokudaki mekanik salınımların ölçülmesi (1) salınım frekansı (Hz), (2) dinamik sertlik (N/m) ve (3) logaritmik azalma verilerini sağlar. Salınım frekansı (Hz), herhangi bir kasılma olmaksızın dinlenme veya pasif durumdaki bir kasın tonunu gösterir. Logaritmik azalma, değerlendirilen yumuşak dokunun esnekliği hakkında bilgi sağlar.

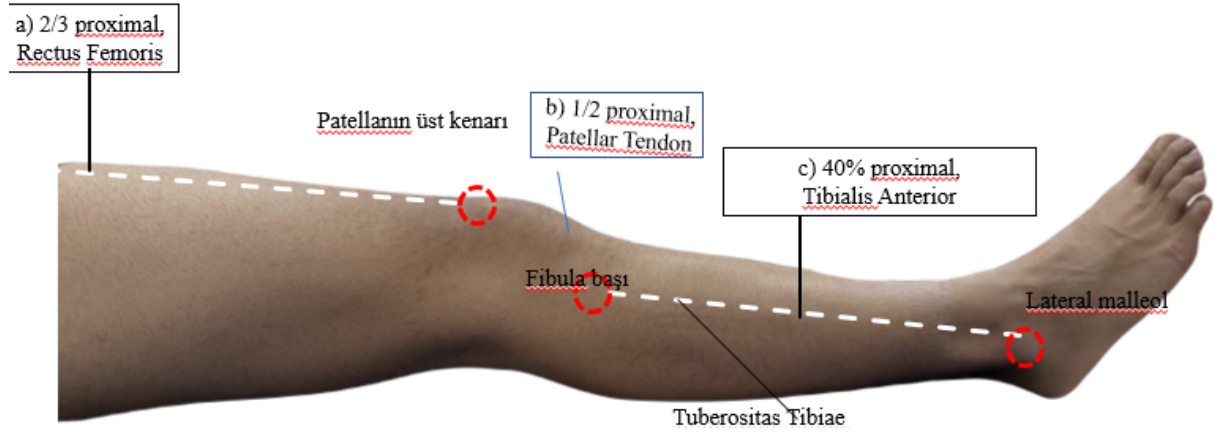
Ölçümler, miyotometrik ölçümler konusunda 5 yıllık deneyime sahip bir fizyoterapist tarafından yapıldı. Test öncesi 10 dakika rahat şekilde uzanmaları istendi. Ölçümler yaşlı bireylere topa vurmaya için hangi bacağı kullandıkları sorularak belirlendi ve tüm ölçümler baskın bacak üzerinde yapılmıştır. Tibialis anterior kası, rectus femoris ve Patellar tendon mekanik özellikleri sırtüstü pozisyonda ölçülürken, Gastroknemius kası, Aşil tendonu, biceps femoris kası mekanik özellikleri, istirahat sırasında yapılan ölçümler yüzüstü pozisyonda ölçüldü.

RF 1(a) için anterior superior iliak çıkıntı ile patellanın superior kenarı arasındaki mesafenin üçte ikisi arasından; PT 1(b), patellanın distali ile tuberositas tibia arasındaki orta noktada, bireyler bacakları muayene masasının kenarında ve dizleri 90° fleksiyonda olacak şekilde otururken; TA 1(c) için pozisyonda de proksimal fibula başından lateral malleole kadar olan uzunluğun %40'undan; AT 2 (a) y kalkaneal tüberkülün 3 cm yukarisından, katılımcılar yüzüstü pozisyonda, ayak bilekleri muayene masasının kenarından rahat bir pozisyonda; G ölçümleri yüzüstü pozisyonda 2 (b) alt bacak uzunluğunun %30 distalinde, popliteal kıvrım ile lateral malleole paralel olarak; biceps femoris 2 (c) için BF bölgesi iskiyal tüberosite ile fibula başı arasındaki mesafenin orta noktasından ölçüldü. (Bkz. Şekil 1, Şekil 2). Seçilen tüm kas ve tendonlar için elastise ve kas tonusu için 15 saniyelik aralıklarla üç kez ölçümleri alındı ve üç ölçümün ortalama değeri hesaplanarak kaydedildi.

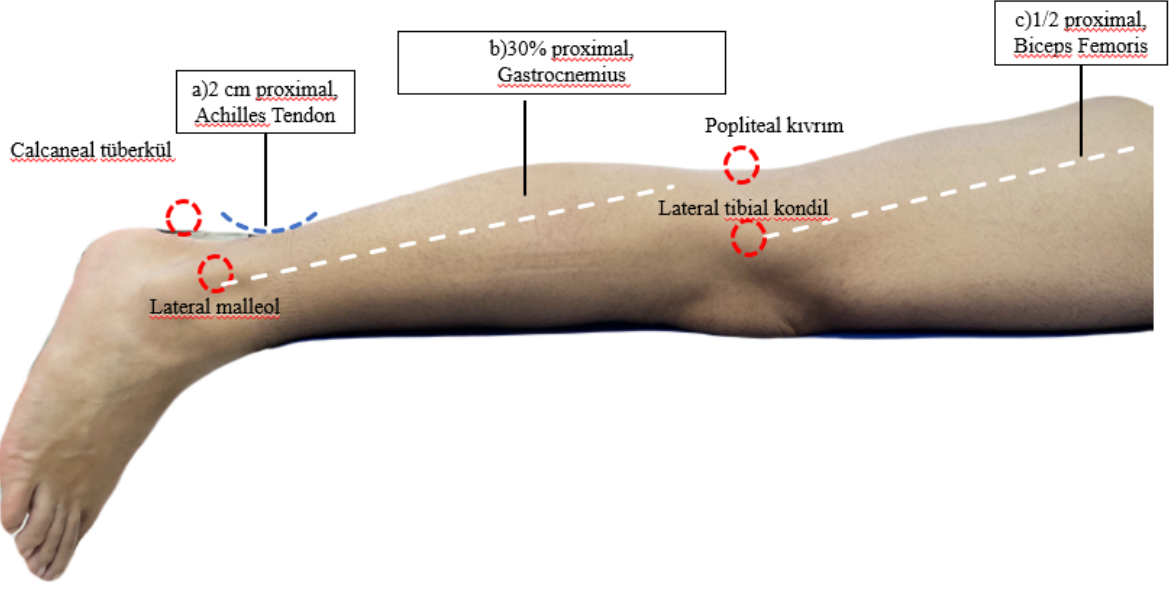
## Fiziksel Performans ve Denge İçin Kullanılan Testler

### *Berg Denge Ölçeği (BDÖ)*

Türkçe güvenilirlik ve geçerlilik çalışmaları yapılmış olan BDÖ'yle postüral kararlılık değerlendirilecektir (Aydoğan Arslan vd., 2021). BDÖ 14 yönerge içeren ve her bir yönerge için bireyin başarısının gözlenerek 0-4 arası değer verilen bir ölçektir. Olgunun etkinliği hiç yapamadığı durumlarda 0 değer verilirken, etkinliği bağımsız bir şekilde tamamladığında 4 değer verilir. En yüksek değer 56 olup 0-20 değer denge bozukluğunu, 21-40 değer kabul edilebilir bir denge varlığını, 41-56 değer iyi bir dengenin varlığını gösterir. Ölçeği tamamlamak 10 ile 20 dakika arasında sürmektedir. Geriye yönelik yapılan araştırmada BDÖ değerinin azalması artan düşme dokuncasıyla (riskiyle) ilişkilendirilmiştir,  $BDÖ \leq 40$  değerinin düşme öngörüsü neredeyse %100 bulunmuştur.



**Şekil 1.** Rectus femoris (a), Patellar tendon (b) ve tibialis anterior'da (c) Kas Elastisitesi ve Tonusunun Ölçümü



**Şekil 2.** Aşil tendonu (a), Medial ve Lateral Gastrocnemius (b) ve Biceps Femoris'te (c) Kas Elastisitesi ve Tonus Ölçümü

### **Zamanlı Kalk ve Yürü Sınaması (Timed Up and Go)**

70-84 yaş arası toplumda yaşayan yaşlılarda genellikle işlevsel performansı değerlendiren denge testlerinden biridir. Katılımcı sözel bilgilendirme ile sandalyeden kalkar, 3 metre yürür, geriye döner ve sandalyeye oturur. Birey sınamayı olabildiğince hızlı ve güvenli biçimde yapmalıdır (Song vd., 2015).

### **30 Saniye Otur Kalk Testi**

Testte birey; kollukları olmayan, oturma yüksekliği 43,18 cm olan sandalyenin orta kısmına, sırtı dik ve düz, kollar göğüste çapraz konumda, ayakları zemine tam basar şekilde oturur. Başla komutuyla, kollarıyla itmeden sandalyeden kalkarak dik ayakta durma konumuna gelir ve tekrar oturur. Değerlendirme öncesi iki kez oturup kalkarak uygulamayı öğrendiği denetlenir. Otuz saniye içinde doğru yapılan ayağa kalkma sayısı sınama değeri olarak kaydedilir (Satariano vd., 2016). 30 sn otur kalk sınaması toplumda yaşan 60 yaş ve üzeri bireyler geçerli ve güvenilir bulunmuştur (Guralnik, 1996).

### **İstatistiksel Analiz**

Verilerin sayısı, yüzdesi ve dağılımı SPSS 22.0 programı kullanılarak değerlendirildi. Grupların normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi kullanılarak araştırıldı. Verilerin normal dağılıma uymaması nedeniyle parametrik olmayan testler kullanıldı. Değerlendirme sonuçları aritmetik ortalama  $\pm$  standart sapma ( $X \pm SD$ ) olarak ifade edildi. Değişkenle

arasındaki ilişkinin yönünü ve büyüklüğünü değerlendirmek için “Spearman Korelasyon Analiz” testi kullanıldı.

### Bulgular

Çalışmaya 60 yaşlı birey (33 K; 27 E) dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen bireylerin yaş ortalaması 71,16±5,37 idi. Çalışmaya dahil edilen bireylerin vücut kitle indeksleri 27,19±4,01 idi. Katılımcıların demografik özellikleri Tablo 1’de gösterildi. Tonus, elastisite, denge ve fiziksel fonksiyon değişkenlerine ilişkin korelasyonlar Tablo 2 ve 3’de gösterilmektedir.

Çalışmanın sonuçlarına göre, Rectus femoris kas elastisitesi ile 30 sn otur kalk testi arasında pozitif bir korelasyon varken (p=0,011); BDÖ ve ZKYT ile Rectus femoris kas elastisitesi arasında bir ilişki bulunmamıştır (p>0,05) (Tablo 2)

**Tablo 1.** Yaşlı Bireylerin Demografik Özellikleri

Ort.±SS		
Yaş (yıl)	71,16±5,37	
BMI	27,19± 4,01	
Cinsiyet	n=kadın	33
	n=erkek	27
Mini Mental test	26,41±1,87	

n: sayı; Ort.: ortalama; SS: standart sapma.

**Tablo 2.** Proksimaldeki Kas ve Tendon Myoton® PRO Değerlerinin Fiziksel Performans ve Denge Parametreleriyle Korelasyonu

	Berg Denge Ölçeği		Sürekli Kalk Yürü testi		30 sn kalk otur testi	
	p	r	p	r	p	r
Rectus Femoris F(Hz)	0,785	-0,036	0,474	0,094	0,574	0,074
Rectus Femoris D	0,140	0,193	0,126	-0,200	<b>0,011*</b>	0,327
Biceps Femoris F(Hz)	0,632	-0,063	0,748	0,042	0,525	0,084
Biceps Femoris D	0,255	0,149	0,116	-0,205	0,105	0,211
Patellar Tendon F(Hz)	0,142	0,192	0,156	-0,185	0,113	0,207
Patellar Tendon D	0,296	0,126	0,126	-0,200	0,255	0,159

p\*<0,05, p\*\*<0,001, Spearman Korelasyon Test, F: Osilasyon Frekans (Kas tonusu), D: Logarithmic Decrement (Kas elastisitesi).



Alt ekstremitte proksimalinde yer alan biceps femoris ve patellar tendon elastisitesi denge ile ilişkili bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Gastrocnemius ve Aşil tendonu elastisitesi BDÖ sonuçları ile ilişkili bulunmuştur ( $p=0,035^{**}$ ;  $p=0,016^{**}$ ). Alt ekstremitede yer alan kasların kas tonus verilerine bakıldığında, proksimalde yer alan kasların kas tonusunun denge üzerine etkisi olmadığını; distalde ise tibialis anterior kası ve Aşil Tendon tonusunun denge üzerinde etkili olduğu bulunmuştur ( $p=0,030$ ;  $p<0,001$ ) (Tablo 3).

**Tablo 3.** Distaldeki Kas ve Tendon Myoton® PRO Değerlerinin Fiziksel Performans ve Denge Parametreleriyle Korelasyonu

	Berg Denge Ölçeği		Sürekli Kalk Yürü testi		30 sn kalk otur testi	
	p	r	p	r	p	r
<b>Tibialis anterior F(Hz)</b>	0,535	0,082	<b>0,030*</b>	-0,280	0,243	0,153
<b>Tibialis Anterior D</b>	0,138	-0,194	0,321	0,130	0,258	-0,148
<b>Gastrocnemius F(Hz)</b>	0,975	-0,004	0,608	-0,068	0,168	0,180
<b>Gastrocnemius D</b>	<b>0,035**</b>	0,272	0,084	-0,225	0,152	0,187
<b>Aşil Tendon F (Hz)</b>	<b>0,017**</b>	0,306	<b>&lt;0,001**</b>	-0,449	<b>&lt;0,001**</b>	0,441
<b>Aşil Tendon D</b>	<b>0,016**</b>	-0,310	0,160	0,184	0,078	-0,229

$p^*<0,05$ ,  $p^{**}<0,001$ , Spearman Korelasyon Test. F: Osilasyon Frekans (Kas tonusu), D: Logarithmic Decrement (Kas elastisitesi).

### Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, yaşlı bireylerde kas tendon morfolojisi ile fiziksel performans ve denge arasındaki ilişkiyi araştıran kesitsel bir çalışmadır. Çalışmada, proksimal ve distal yapıdaki kas ve tendon yapılarının elastisite ve tonus özelliklerinin fiziksel performans ve denge üzerinde etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Kas-tendon bileşkesinin morfolojisi, fizyoterapistler tarafından her zaman ilgi çeken bir konu olmuştur. Yumuşak doku görüntüleme tekniklerinin yaygınlaşması ile bu alandaki araştırmalar son 5 yılda artış göstermiştir (Saito vd., 2019). Bu araştırmada kas-tendon bileşkesinin elastisite ve tonus özellikleri değerlendirilmiştir. Elastisite, dokunun dış bir kuvvete veya kasılmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır (Gleim ve McHugh, 1997). Kas dokusunun mekanik enerji tüketiminin bir parçası olan elastise; bir kasın, kasılma veya kasa uygulanan bir dış kuvvet etkisiyle biçim ve boyutunda meydana gelen

değişimlerin kuvvet ortadan kalktıktan sonra ilk haline geri dönebilme yeteneği olarak da bilinir. İskelet kasında gerçekleşen ve birbirini takip eden kontraksiyonlar sayesinde kas içindeki kan dolaşımı düzenli ve sürekli bir şekilde devam etmektedir. Kasın elastisitesi, bu kontraksiyonların düzgün bir şekilde gerçekleşmesinde büyük önem taşır. Araştırmalar elastisitesi azalmış olan kasın daha çabuk yorulup, kontraksiyon-gevşeme hızı azaldığını; bu durumun da kas içindeki kan dolaşımını olumsuz yönde etkidiği bildirmektedir (Chuang vd., 2012).

Bu araştırmadan elde edilen en belirgin sonuç, alt ekstremitte proksimalinde yer alan rectus femoris kas elastisitesinin ve alt ekstremitte distalinde yer alan tibialis anterior ve Aşıl tendon kas tonusunun fiziksel performans ve denge üzerinde etkili olduğudur. Alt ekstremitte yapılarının elastisite ve tonusunun yaşlı bireylerde mobilite ve postürün korunmasında önemli bir rol oynadığı önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Bloem vd., 2000; Chuang vd., 2012; Gribble ve Hertel, 2004; Roberts ve Azizi, 2011). Kas ve tendon yapısındaki morfolojik değişimlerin eklem stabilitesi ve/veya kontrolü üzerinde önemli etkiye sahip olduğu ve kas kuvvet üretimi açısından da önemli bir role sahip olduğu da yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Maganaris ve Paul, 1999; Stanev ve Moustakas, 2019). Mevcut araştırmada, rectus femoris kas elastisitesi ile denge ölçümleri ilişkili çıkarken; biceps femoris ve patellar tendon esnekliği denge ile ilişkili bulunmamıştır. Distal alt ekstremitede yer alan gastrocnemius kası ve Aşıl tendon esnekliği denge testiyle ilişkili bulunmuştur. Saito ve arkadaşlarının yapmış olduğu benzer bir çalışmada, yaşa bağlı olarak rectus femoris ve gastrocnemius kas elastisitesinin azaldığı ve bu durumun dinamik denge ve yürüme ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Saito vd., 2019). Menz ve arkadaşlarının yapmış olduğu başka bir çalışmada ise ayak bileği plantar fleksör esnekliğinin dinamik denge yeteneği ve yürüyüş hızının bir göstergesi olduğu bildirilmiştir (Menz vd., 2005). Dill ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir diğer çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Ayak bileği dorsifleksiyon hareketinin azalmasının gastrocnemius/soleus kompleksinin esnekliğinin azalmasına ve posterior talar kaymanın kısıtlanmasına neden olduğu bilinmektedir (Dill vd., 2014). Araştırmamızdan elde edilen kas tonus verilerine bakıldığında, proksimalde yer alan kasların kas tonusunun denge üzerine etkisi olmadığı; distalde ise tibialis anterior ve Aşıl tendon tonusunun denge üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Ayak bileği kinetik zincirde önemli bir etkiye sahiptir. Ayak bileği çevresindeki yapılar yürüme, merdiven inme-çıkma, sandalyeden kalkma gibi aktivitelerde önemli bir etkiye sahiptir. Günlük yaşamda sıklıkla kullanılan fonksiyonel aktiviteler sırasındaki küçük denge düzenlemelerinin, ayak bileği stratejileri ile ayak bileği çevresinde yer alan kaslardan gerçekleştirildiği bildirilmiştir

(Özal vd., 2023). Yaşlı bireylerde proksimalde yer alan kaslarda meydana gelen atrofiler, distalde yer alan kaslar ile telafi edilmeye çalışılabilir. Ayrıca, rectus femoris kası tibialis anterior kası ile sinerjistik olarak çalışan bir kastır (Aruin, 2001). Rectus femoris kas atrofisi, tibialis anterior kas tonus artışı ile telafi edilmeye çalışabileceği ile ilişkili yayınlar bulunmaktadır (Judge vd., 1996; Sriwarno vd., 2008). Fonksiyonel aktiviteler sırasında dengenin korunması için kullanılan en temel strateji ayak bileği stratejisidir; düşme veya postüral salınımın arttığı durumlarda destek yüzeyini genişletmek için; adım alma, kalça ve gövde stratejileri devreye girer (Clifford ve Holder-Powell, 2010; Kaminishi vd., 2021). Dolayısı ile, yaşlı bireyin günlük fonksiyonlarını gerçekleştirebilmesi için gerekli olan en temel yapı ayak ve ayak bileği fonksiyonudur. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar da bu bilgiyi destekler niteliktedir; gastroknemius kas elastisitesi ve Aşıl tendon elastisitesi denge ve fonksiyonel aktiviteler ile ilişkili bulunmuştur. Gastroknemius kas elastisitesi ve aşıl tendon elastisitesi ayak bileği stratejileri için önem taşımaktadır. Kaminishi ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada da zemin stabilitesi azaldıkça, ayak bileği stratejilerinin daha fazla kullanıldığı, ayak bileği çevresindeki yapılarda kas tonus artışının proksimalde yer alan kaslara oranla daha fazla olduğu bildirilmiştir (Kaminishi vd., 2021). Yorgunluk, zemin stabilitesinin azalması, kas zayıflığı gibi faktörler ayak bileği çevresinde yer alan kasların tonusunda artışa yol açmaktadır (Horak ve Kuo, 2000; Kaminishi vd., 2021).

Sonuç olarak, yaşlı bireyler daha çok kalistenik egzersizlerin önerildiği bir gruptur; ancak, bu çalışmadan elde edilen bulgulardan yola çıkılarak, egzersizlerinin çeşitlendirilmesi ve distal de yer alan kasların rehabilitasyon programına dahil edilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Ayak-ayak bileği birçok eklem ve kasın dinamik olarak etkileşimde bulunduğu bir bölgedir.

Çalışmamızın güçlü yanı, yaşlı bireylerde proksimal ve distal kas ve tendon morfolojik özelliklerinin ayrıntılı olarak incelendiği ilk çalışma olmasıdır. Bu nedenle gelecekte bu konuda planlanacak çalışmalara katkı sağlayacağına inanıyoruz. Araştırmamızın bazı limitasyonları bulunmaktadır. Limitasyonlarından biri büyük örneklem büyüklüğü ile çalışılmamasıdır. Bir diğer limitasyon yaşlı bireylerin düşme hikayeleri ve kas kuvvetleri sorgulanmamıştır. Düşme hikayesi olan ve olmayan yaşlı bireylerin kas kuvveti ve kas tendon morfolojik özellikleri farklı olabilir. İlerleyen araştırmalarda yaşlı bireylerin düşme hikayesi sorgulanıp kas tendon morfolojik özellikleri ve kas kuvveti arasındaki ilişkinin daha detaylı değerlendirilmesini önerilmektedir.

### **Teşekkür**

Bu çalışmanın yapılmasında katkılarından dolayı tüm katılımcılara teşekkür ederiz.

### **Finansal Destek**

Çalışma kapsamında finansal destek alınmamıştır.

### **Çıkar Çatışması**

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum, kuruluş ya da araştırmacılar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Kaynakça**

- Akagi, R., Yamashita, Y. ve Ueyasu, Y. (2015, Nov). Age-related differences in muscle shear moduli in the lower extremity. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 41(11), 2906-2912. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.07.011>.
- Aruin, A. S. (2001, Apr). Simple lower extremity two-joint synergy. *Perceptual and Motor Skills*, 92(2), 563-568. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.2466/pms.2001.92.2.563>.
- Aydoğan Arslan, S., Demirci, C. S., Katirci Kirmaci, Z., Uğurlu, K. ve Keskin, E. D. (2021). Reliability and validity of Turkish version of The Brief-BESTest in stroke patients. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 28(7), 488-497. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1080/10749357.2020.1841424>.
- Bloem, B. R., Allum, J. H., Carpenter, M. G. ve Honegger, F. (2000, Feb). Is lower leg proprioception essential for triggering human automatic postural responses? *Experimental Brain Research*, 130(3), 375-391. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1007/s002219900259>.
- Burke, T. N., França, F. J. R., Meneses, S. R. F. d., Pereira, R. M. R. ve Marques, A. P. (2012). Postural control in elderly women with osteoporosis: comparison of balance, strengthening and stretching exercises. A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 26(11), 1021-1031. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1177/0269215512442204>.
- Chuang, L. L., Wu, C. Y. ve Lin, K. C. (2012). Reliability, validity, and responsiveness of myotonometric measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness in patients with stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(3), 532-540. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1016/j.apmr.2011.09.014>.
- Clifford, A. M. ve Holder-Powell, H. (2010, Jul). Postural control in healthy individuals. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 25(6), 546-551. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.03.005>.
- Cruz-Montecinos, C., Besomi, M., Acevedo-Valenzuela, N., Cares-Marambio, K., Bustamante, A., Guzmán-González, B., Tapia-Malebrán, C., Sanzana-Cuche, R., Calatayud, J. ve Méndez-Rebolledo, G. (2022, 2022/10/01/). Soleus muscle and Achilles tendon compressive stiffness is related to knee and ankle positioning. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 66, 102698. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1016/j.jelekin.2022.102698>.
- Dill, K. E., Begalle, R. L., Frank, B. S., Zinder, S. M. ve Padua, D. A. (2014). Altered knee and ankle kinematics during squatting in those with limited weight-bearing-lunge ankle-dorsiflexion range of motion. *Journal of Athletic Training*, 49(6), 723-732. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.29>.
- Feng, Y. N., Li, Y. P., Liu, C. L. ve Zhang, Z. J. (2018). Assessing the elastic properties of skeletal muscle and tendon using shearwave ultrasound elastography and MyotonPRO. *Scientific Reports*, 8(1), 17064. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1038/s41598-018-34719-7>.
- Gleim, G. W. ve McHugh, M. P. (1997, 1997/11/01). Flexibility and Its Effects on Sports Injury and Performance. *Sports Medicine*, 24(5), 289-299. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.2165/00007256-199724050-00001>.
- Gribble, P. ve Hertel, J. (2004). Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the author(s) is/are associated. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(4), 589-592. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.031>.
- Guralnik, J. M. (1996). Assessing the impact of comorbidity in the older population. *Annals of Epidemiology*, 6(5), 376-380. [https://doi.org/https://www.doi.org/10.1016/s1047-2797\(96\)00060-9](https://doi.org/https://www.doi.org/10.1016/s1047-2797(96)00060-9).
- Horak, F. ve Kuo, A. (2000). Postural adaptation for altered environments, tasks, and intentions. In J. M. Winters & P. E. Crago (Eds.), *Biomechanics and Neural Control of Posture and Movement* (pp. 267-281). Springer New York. [https://doi.org/https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-2104-3\\_19](https://doi.org/https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-2104-3_19).
- Judge, J. O., Davis, R. B., 3rd ve Ounpuu, S. (1996). Step length reductions in advanced age: the role of ankle and hip kinetics. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 51(6), M303-M312. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1093/gerona/51a.6.m303>.
- Kaminishi, K., Chiba, R., Takakusaki, K. ve Ota, J. (2021, 2021/10/01/). Increase in muscle tone promotes the use of ankle strategies during perturbed stance. *Gait & Posture*, 90, 67-72. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.08.003>.
- Keskinoglu, P., Ucku, R., Yener, G., Yaka, E., Kurt, P. ve Tunca, Z. (2009, Nov). Reliability and validity of revised Turkish version of Mini Mental State Examination (rMMSE-T) in community-dwelling educated and uneducated elderly. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 24(11), 1242-1250. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1002/gps.2252>.
- Maganaris, C. N. ve Paul, J. P. (1999, Nov 15). In vivo human tendon mechanical properties. *The Journal of Physiology*, 521(Pt 1), 307-313. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1111/j.1469-7793.1999.00307.x>.
- Maki, B. E. ve McIlroy, W. E. (1996, 1996/11/01/). Postural control in the older adult. *Clinics in Geriatric Medicine*, 12(4), 635-658. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0749-0690\(18\)30193-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0749-0690(18)30193-9).

- Melzer, I., Benjuya, N. ve Kaplanski, J. (2004, Nov). Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age and Ageing*, 33(6), 602-607. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1093/ageing/afh218>.
- Menz, H. B., Morris, M. E. ve Lord, S. R. (2005, Dec). Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(12), 1546-1552. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1093/gerona/60.12.1546>.
- Mohamed, A. A. ve Jan, Y. K. (2020). Effect of adding proprioceptive exercise to balance training in older adults with diabetes: A systematic review. *Current Diabetes Reviews*, 16(4), 327-339. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.2174/1573399815666190712200147>.
- Molloy, D. W., Alemayehu, E. ve Roberts, R. (1991, Jan). Reliability of a standardized mini-mental state examination compared with the traditional mini-mental state examination. *The American Journal of Psychiatry*, 148(1), 102-105. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1176/ajp.148.1.102>.
- Mooney, K., Warner, M. B. ve Stokes, M. (2013). Symmetry and within-session reliability of mechanical properties of biceps brachii muscles in healthy young adult males using the MyotonPRO device. *Working Papers in the Health Sciences*, 1(3).
- Narici, M. V. ve Maganaris, C. N. (2007, 2007/07//). Plasticity of the muscle-tendon complex with disuse and aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 35(3), 126-134. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1097/jes.0b013e3180a030ec>.
- Onambele, G. L., Narici, M. V. ve Maganaris, C. N. (2006, Jun). Calf muscle-tendon properties and postural balance in old age. *Journal of Applied Physiology* (1985), 100(6), 2048-2056. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1152/jappphysiol.01442.2005>.
- Özal, C., Aksoy, S. ve Kerem Günel, M. (2023). Influence of trunk control on gait characteristics and capacity in children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*(19), 58-67. <https://doi.org/https://doi.org/10.38079/igusabder.1123778>.
- Page, P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(1), 109-119.
- Roberts, T. J. ve Azizi, E. (2011, Feb 1). Flexible mechanisms: the diverse roles of biological springs in vertebrate movement. *The Journal of Experimental Biology*, 214(Pt 3), 353-361. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1242/jeb.038588>.
- Saito, A., Wakasa, M., Kimoto, M., Ishikawa, T., Tsugaruya, M., Kume, Y. ve Okada, K. (2019). Age-related changes in muscle elasticity and thickness of the lower extremities are associated with physical functions among community-dwelling older women. *Geriatrics & Gerontology International*, 19(1), 61-65. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1111/ggi.13567>.
- Satariano, W. A., Kealey, M., Hubbard, A., Kurtovich, E., Ivey, S. L., Bayles, C. M., Hunter, R. H. ve Prohaska, T. R. (2016). Mobility disability in older adults: At the intersection of people and places. *The Gerontologist*, 56(3), 525-534. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1093/geront/gnu094>.
- Seyed, H. H. ve Asghar, N. A. (2010). The role of leg and trunk muscles proprioception on static and dynamic postural control. *Citius Altius Fortius*, 26(1), 83-87.
- Song, Y., Blackwell, T., Yaffe, K., Ancoli-Israel, S., Redline, S. ve Stone, K. L. (2015). Relationships between sleep stages and changes in cognitive function in older men: The MrOS sleep study. *Sleep*, 38(3), 411-421. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.5665/sleep.4500>.
- Sriwarno, A. B., Shimomura, Y., Iwanaga, K. ve Katsuura, T. (2008). The relation between the changes of postural achievement, lower limb muscle activities, and balance stability in three different deep-squatting postures. *Journal of Physiological Anthropology*, 27 1, 11-17. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.2114/JPA2.27.11>.
- Stanev, D. ve Moustakas, K. (2019, 2019/03/06//). Stiffness modulation of redundant musculoskeletal systems. *Journal of Biomechanics*, 85, 101-107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.01.017>.
- Stanziano, D. C., Roos, B. A., Perry, A. C., Lai, S. ve Signorile, J. F. (2009). The effects of an active-assisted stretching program on functional performance in elderly persons: a pilot study. *Clinical Interventions in Aging*, 4, 115-120. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.2147/cia.s4152>.
- Ward, A. B. (2000, 2000/09//). Assessment of muscle tone. *Age and Ageing*, 29(5), 385-386. <https://doi.org/https://www.doi.org/10.1093/ageing/29.5.385>.