

# Kas ve Tendon Sertliği ile Kas Kuvveti ve Endüransı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

## An Investigation of the Relationship Between Stiffness of Muscle and Tendon and Muscle Strength and Endurance

<sup>ID</sup> Serkan TAŞ<sup>a</sup>, <sup>ID</sup> Nezehat Özgül ÜNLÜER<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Toros Üniversitesi Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Mersin, TÜRKİYE

<sup>b</sup>Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

Bu çalışma, Toros Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019-SBYO-BAK-1 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

**ÖZET Amaç:** Bu çalışmanın amacı, sağlıklı genç erkeklerde diz çevresi tendon ve kas sertliği ile diz ekstansiyon kuvveti ve endüransı arasındaki ilişkinin incelenmesidir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışma, 19-35 yaş aralığında 33 sağlıklı genç erkeğin katılımıyla gerçekleştirildi. Çalışma kapsamında rektus femoris kası, vastus medialis oblikus kası, kuadriseps tendonu ve patellar tendona ait sertlik ölçümleri ACUSON S3000 ultrasonografi cihazı ve özel bir yazılım (Virtual Touch Imaging and Quantification; Siemens Medical Solution; Mountain View, CA, ABD) kullanılarak yapıldı. Bireylerin 60°/sn ve 180°/sn açısal hızda, konstantik diz ekstansiyon kuvvet ve endürans ölçümleri Biodex Sistem 4® (Biodex Corp, Shirley, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. **Bulgular:** Değerlendirilen kas ve tendon sertliği değerleri ile 60°/sn'de tepe tork ve tepe tork/vücut ağırlığı ve 180°/sn toplam iş değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı bulundu ( $p>0,05$ ). Patellar tendon sertliğinin kuadriseps tendon sertliğinden daha fazla olduğu bulundu ( $p<0,001$ ). Bunun yanı sıra vastus medialis oblikus kas sertliği ise rektus femoris kas sertliğinden daha fazlaydı ( $p=0,017$ ). **Sonuç:** Elde edilen sonuçlar diz çevresi tendon ve kas sertliği ile konstantik kas kuvveti ve endüransı arasında ilişki olmadığını göstermektedir. Bunun yanı sıra patellar tendon sertliğinin kuadriseps tendonuna göre, vastus medialis oblikus kas sertliğinin ise rektus femoris kas sertliğine göre daha fazla olduğu bulundu.

**ABSTRACT Objective:** The purpose of this study was to investigate the relationship between stiffness of tendon and muscle around the knee with knee extension strength and endurance in healthy young males. **Material and Methods:** The study was conducted with 33 healthy young males between the ages of 19-35 years. The stiffness of rectus femoris muscle, vastus medialis obliquus muscle, quadriceps tendon and patellar tendon was measured with ACUSON S3000 ultrasonography device and a customized software program (Virtual Touch Imaging and Quantification; Siemens Medical Solution, Mountain View, CA, USA). Concentric knee extension muscle strength and endurance of individuals was measured with Biodex System 4→ in 60°/s and 180°/s velocity (Biodex Corp, Shirley, NY, USA). **Results:** It was found that there was no significant correlation between assessed muscle and tendon stiffness with peak tork and peak tork/body mass in 60°/s velocity and total work in 180°/s velocity ( $p>0.05$ ). Patellar tendon had higher stiffness compared quadriceps tendon ( $p<0.001$ ). In addition, vastus medialis obliquus muscle stiffness was higher than rectus femoris muscle ( $p=0.017$ ). **Conclusion:** Obtained results suggest that stiffness of muscle and tendon around the knee is not related the concentric muscle strength and muscle endurance. In addition, it was found that patellar tendon stiffness was higher compared to quadriceps tendon, while vastus medialis obliquus stiffness was higher than rectus femoris stiffness.

**Anahtar Kelimeler:** Diz eklemi; iskelet kası; kas kuvveti; elastografi; tendon

**Keywords:** Knee joint; skeletal muscle; muscle strength; elastography; tendon

İskelet kası tarafından üretilen kuvvetin miktarı ve hızı, atlama veya hızlı koşma gibi patlayıcı kuvvet gereken durumlarda performansı belirleyen önemli bir parametredir.<sup>1,2</sup> Bunun yanı sıra dengenin bozulduğu durumda herhangi bir yaralanmaya neden ol-

mamak için eklem ve/veya tüm vücudun stabilizasyonunun sağlanması hızlı ve yeterli kuvvet üretimine bağlıdır.<sup>3,4</sup> İskelet kasının kuvvet üretme yeteneğini etkileyen parametrelerin anlaşılması, atletik performansın artırılması, eklem veya kas yaralanmalarının

**Correspondence:** Serkan TAŞ

Toros Üniversitesi Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Mersin, TÜRKİYE/TURKEY

**E-mail:** serkntas@gmail.com



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

**Received:** 03 Jul 2019

**Received in revised form:** 15 Oct 2019

**Accepted:** 18 Oct 2019

**Available online:** 04 Nov 2019

2146-8885 / 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/>).

engellenmesine önemli katkılar sağlayabilir. Bu nedenle, iskelet kasının kuvvet üretme yeteneğini etkileyen faktörler uzun bir süredir literatürde güncel bir araştırma konusu olmuştur. Bu çalışmalarda, cinsiyet ve yaş gibi demografik özellikler, kas kalınlığı veya çapı gibi kasın morfolojik özellikleri, farklı antrenman programlarının ve kas lifi tiplerinin kas kuvvet üretimi üzerine etkileri incelenmiştir.<sup>2-6</sup> Kas ve tendon sertliği gibi yumuşak dokunun mekanik özellikleri, kasın kuvvet üretme yeteneğini etkileyen diğer bir faktör olabilir. Teorik olarak daha sert kas ve tendon, kuvvetin kemiğe aktarılma hızını ve miktarını artırarak daha kısa zamanda daha fazla kuvvet oluşumunu sağlayabilir.<sup>7,8</sup> Kas ve/veya tendon sertliği ile kasın kuvvet üretme yeteneği arasındaki ilişkinin birkaç araştırmaya konu olduğu görülmektedir.<sup>7-10</sup> Fakat bu çalışmaların tamamında, kas-tendon bileşkesi sertliği ve/veya tendon sertliği ile izometrik kas kuvveti arasındaki ilişki incelenmiştir.<sup>7-9</sup> Konsantrik ve/veya eksantrik gibi farklı kasılma tiplerinde üretilen kuvvet miktarı ve de kas endüransı ile tendon ve/veya kas sertliği arasındaki ilişki farklı olabilir. Ayrıca literatürdeki çalışmalar arasında fikir birliği olmadığı da görülmektedir. Bu çalışmaların bazılarında tendon ve/veya kas sertliği ile kas kuvvet üretimi arasında ilişki olduğu rapor edilirken, diğerlerinde tendon ve/veya kas sertliği ile kas kuvvet üretimi arasında ilişki olmadığı bildirilmiştir.<sup>7-10</sup> Tendon ve/veya kas sertliği ile konsantrik kas kuvvet üretimi ve endüransı arasındaki ilişkinin ortaya konması, kasın kuvvet üretme yeteneğini etkileyen faktörlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak daha iyi eğitim programları ve/veya tedavi stratejileri geliştirilmesine yardımcı olabilir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, sağlıklı genç erkeklerde patellar tendon, kuadriseps tendonu, rektus femoris kası ve vastus medialis oblikus kas sertliği ile konsantrik diz ekstansiyon kuvveti ve endüransı arasındaki ilişkinin incelenmesiydi. Bu çalışmanın hipotezi, kas ve tendon sertliği ile kas kuvveti ve endüransı arasında pozitif yönde ilişki olduğudur.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

### GÜÇ ANALİZİ

Bu çalışmada, vaka sayısını belirlemek amacıyla güç analizi SPSS Sample Power 3.0 programı kullanılarak yapıldı (IBM Corporation, Armonk, NY). Bekle-

nen korelasyon katsayısının 0,50, hata payının 0,05 ( $\alpha$ ) ve istenen gücün %80 olduğu durumda, çalışmanın en az 29 katılımcı ile yapılması gerektiği tespit edildi.<sup>11</sup>

### ÇALIŞMA GRUBU

Bu çalışma, 19-35 yaş aralığındaki 33 sağlıklı genç erkeğin katılımıyla gerçekleştirildi. Cinsiyetin ve yaşın kas kuvvetini ve/veya kas sertliğini etkileyebileceği düşünülerek çalışmaya sadece genç erkekler dâhil edildi. Alt ekstremiteyi ilgilendiren ortopedik hastalığı (tendinit, plantar fasiit, vb.) olan, alt ekstremite majör travma veya cerrahi öyküsü olan, kas kuvvetini etkileyebilecek nörolojik veya kardiyopulmoner hastalığı olan, herhangi bir nörolojik ve/veya kollajen doku hastalığı olan bireyler çalışmaya dâhil edilmedi. Çalışmanın yapılabilmesi için Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Etik Kurulu'ndan gerekli onay alındı (Karar No:21.11.2018/53). Çalışmaya, aydınlatılmış onam formunu okuyup onaylayan bireyler kabul edildi. Çalışma, Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yapıldı.

### KAS SERTLİĞİ ÖLÇÜMLERİ

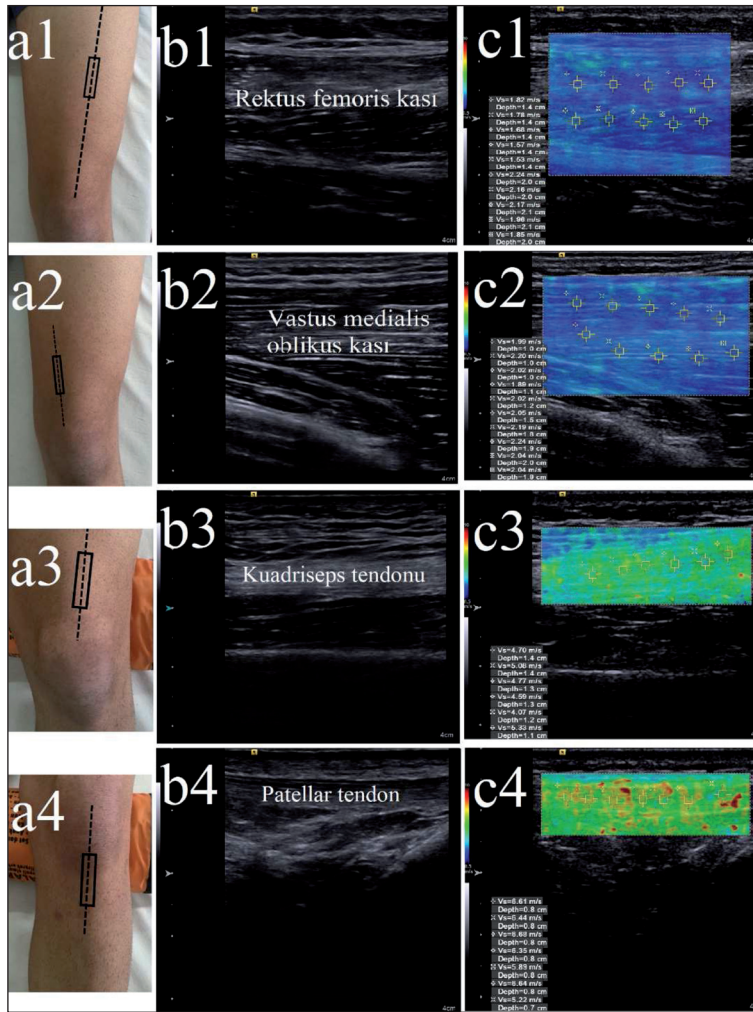
Çalışma kapsamında rektus femoris kası, vastus medialis oblikus kası, kuadriseps tendonu ve patellar tendona ait sertlik ölçümleri, kas ve tendon sertliği ölçümünde güvenilir ve geçerli olduğu bildirilen elastografi yöntemi kullanılarak değerlendirildi.<sup>12,13</sup> Ölçümler, ACUSON S3000 ultrasonografi cihazı ve özel bir yazılım (Virtual Touch Imaging and Quantification; Siemens Medical Solution; Mountain View, CA, ABD) kullanılarak yapıldı. Kas ve tendon sertlik ölçümleri literatürde tarif edildiği gibi yapıldı.<sup>10,13</sup> Rektus femoris ve vastus medialis oblikus kasına ait sertlik ölçümleri, uzun oturuşta ve diz eklemi tam ekstansiyon pozisyonunda iken yapıldı. Rektus femoris kas sertliği, kasın en dolgun olduğu, patella ile spina iliaca anterior superior arasındaki bölgenin orta noktasından kas lifleri doğrultusunda ölçüldü. Vastus medialis oblikus kas sertliği ölçümleri, patellanın apeksinin 10 cm proksimalinde, kas lifleri doğrultusunda yapıldı. Patellar tendon ve kuadriseps tendon sertlik ölçümleri, tendonda en uygun gerginliğin sağlandığı pozisyon olan sırtüstü yatış pozisyonunda ve diz eklemi 30° fleksiyonda iken yapıldı. Patellar tendon sertliği, patella ile tuberositas tibia arasındaki

alan kullanılarak hesaplandı. Kuadriseps tendon sertliği ise patella ile tendonun kas-tendon bileşkesi arasındaki alan kullanılarak hesaplandı (Resim 1). Ölçümler dominant bacakta yapıldı. Katılımcıların topa vurdukları ekstremitte, dominant ekstremitte olarak belirlendi. Belirlenen kas ve tendon sertliği, art arda yapılan 3 ölçümün ortalaması alınarak, metre/saniye (m/sn) olarak hesaplanıp kaydedildi. Yüksek m/sn değeri daha sert dokuyu göstermektedir.

### DİZ EKSTANSİYON KAS KUVVETİ ÖLÇÜMLERİ

Çalışma kapsamında yapılan diz ekstansiyon kuvvet ve endurans ölçümleri Biodex Sistem 4® (Biodex Corp, Shirley, NY, ABD) kullanılarak yapıldı.

Ölçümler, literatürde tarif edildiği şekilde ve sağlıklı bireyler için önerilen açısal hızlarda yapıldı.<sup>14,15</sup> Diz ekstansiyon konsantrik kuvveti 60°/sn açısal hızda 5 tekrarlı olmak üzere değerlendirildi. Diz ekstansiyon enduransı ise 180°/sn açısal hızda 20 tekrarlı olmak üzere ölçüldü. Test öncesi katılımcılara, cihaz ve uygulama hakkında bilgi verildi ve deneme seansı uygulandı. Ölçümler rahat oturma pozisyonunda, kalça 90° fleksiyonda, bireylerin uyluğu ve gövdesi koltuğa bir kemer ile sabitlenerek gerçekleştirildi. Kuvvet ve endurans ölçümleri dominant bacakta yapıldı. Dinamometre kolu bireylerin lateral femoral kondiline, kaldıracağı ise ayak bileği malleollerinin hemen üzerinde



**RESİM 1:** Belirlenen ölçüm noktalarına ve ultrasonografik değerlendirmelere ait görüntüler. **a)** rektus femoris kası (a1), vastus medialis obliquus kası (a2), kuadriseps tendonu (a3) ve patellar tendon (a4) sertlik ölçümleri sırasında ultrasonografi başlığının konumu. **b)** rektus femoris kası (b1), vastus medialis obliquus kası (b2), kuadriseps tendonu (b3) ve patellar tendon (b4) sertlik ölçümleri için belirlenen bölgelere ait 2-D ultrasonografi görüntüsü. **c)** rektus femoris kası (c1), vastus medialis obliquus kası (c2), kuadriseps tendonu (c3) ve patellar tendon (c4) sertlik ölçümleri için belirlenen bölgelere ait elastografi görüntüsü.

olacak şekilde ayarlandı. İzokinetik değerlendirilmeler sonucunda diz ekstansiyon kuvvet kapasitesini gösteren 60°/sn açısal hızda tepe tork (N/m) ve tepe tork/vücut ağırlığı (%) değerleri ile endüransı gösteren 180°/sn açısal hızda toplam iş miktarları (J) hesaplanarak kaydedildi.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

İstatistiksel analizler, özel bir istatistiksel analiz programı kullanılarak yapıldı (SPSS 22, IBM Corporation, Armonk, NY). Değerlendirilen parametrelerin normal dağılıma uygunluğu, görsel ve analitik yöntemler kullanılarak değerlendirildi. Elde edilen verilerin normal dağılmadığı tespit edildiği için parametrelere ait tanımlayıcı veriler, ortanca ve çeyrekler arası aralık kullanılarak verildi. Kas ve tendon sertliği ile kas kuvvet parametreleri arasındaki ilişki Spearman testi kullanılarak değerlendirildi. Değerlendirilen kas ve tendon sertliği değerleri Wilcoxon testi kullanılarak karşılaştırıldı. p değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde yorumlandı.

## BULGULAR

Çalışma grubuna ait demografik özellikler, elastografik veriler ve kas kuvvet ölçüm sonuçları [Tablo 1](#), [Tablo 2](#), [Tablo 3](#)'te görülmektedir.

Korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde, tepe tork değerleri ile rektus femoris ( $r=-0,16$ ,  $p=0,384$ ), vastus medialis oblikus ( $r=0,27$ ,  $p=0,133$ ), kuadriseps tendonu ( $r=0,02$ ,  $p=0,936$ ) ve patellar tendon ( $r=0,09$ ,  $p=0,649$ ) sertliği arasında ilişki olmadığı bulundu. Benzer şekilde, tepe tork/vücut ağırlığı değerleri ile rektus femoris ( $r=-0,13$ ,  $p=0,496$ ), vastus medialis oblikus ( $r=0,16$ ,  $p=0,369$ ), kuadriseps tendonu ( $r=0,07$ ,  $p=0,971$ ) ve patellar tendon ( $r=0,03$ ,  $p=0,891$ ) sertliği arasında ilişki yoktu. Bunun yanı sıra toplam iş miktarı ile rektus femoris ( $r=-0,13$ ,  $p=0,496$ ), vastus medialis oblikus ( $r=0,16$ ,  $p=0,273$ ), kuadriseps tendonu ( $r=0,10$ ,  $p=0,590$ ) ve patellar tendon ( $r=0,18$ ,  $p=0,332$ ) sertliği arasında ilişki olmadığı bulundu ([Tablo 4](#)).

Çalışma grubuna ait rektus femoris, vastus medialis oblikus, kuadriseps tendonu ve patellar tendon sertlik değerlerinin sırasıyla 1,9 m/sn (1,8-2,0 m/sn), 2,0 m/sn (1,9-2,1 m/sn), 4,8 m/sn (4,5-5,2 m/sn) ve 7,4 m/sn (6,4-8,5 m/sn) olduğu tespit edildi. Bireylerin patellar tendon sertliğinin kuadriseps tendon sertliğinden daha fazla olduğu tespit edildi ( $p<0,001$ ). Bunun yanı sıra bireylerin vastus medialis oblikus kas sertliğinin, rektus femoris kas sertliğine göre daha fazla olduğu bulundu ( $p=0,017$ ) ([Şekil 1](#)).

## TARTIŞMA

Mevcut bilgilerimiz dâhilinde, kas ve tendon sertliği ile konsantrik kas kuvveti ve endüransı arasındaki

**TABLO 1:** Çalışma grubuna ait demografik özellikler (n=33).

Parametreler	Ortanca	Çeyrekler arası aralık (%25-%75)	Minimum-maksimum
Yaş (yıl)	24,1	21-28	19-34
Boy (m)	1,79	1,75-1,83	1,68-1,90
Kilo (kg)	76,6	70,7-81,9	52,1-106,0
BKİ (kg/m <sup>2</sup> )	24,0	22,3-25,3	18,2-33,1

m: Metre; kg: Kilogram; BKİ: Beden kütle indeksi.

**TABLO 2:** Çalışma grubunun kas ve tendon sertliğine ait ortanca, çeyrekler arası aralık, minimum ve maksimum değerleri (n=33).

Parametreler	Ortanca	Çeyrekler arası aralık (%25-%75)	Minimum-maksimum
Rektus femoris kası (m/sn)	1,9	1,8-2,0	1,5-2,3
Vastus medialis oblikus kası (m/sn)	2,0	1,9-2,1	1,6-2,4
Kuadriseps tendonu (m/sn)	4,8	4,5-5,2	3,6-6,1
Patellar tendon (m/sn)	7,4	6,4-8,5	5,1-9,5

m: Metre; sn: Saniye.

**TABLO 3:** Çalışma grubunun kas kuvvet ölçümlerine ait ortalama, çeyrekler arası aralık, minimum ve maksimum değerleri (n=33).

Parametreler	Ortalama	Çeyrekler arası aralık (%25-%75)	Minimum-maksimum
60°/sn açısal hızda			
Tepe tork (N/m)	208,5	188,8-227,2	100,4-317,7
Peak tork /vücut kütlesi (%)	271,1	240,5-301,0	179,8-374,2
180°/sn açısal hızda			
Toplam iş (J)	2312	2001-2664	1022-3254

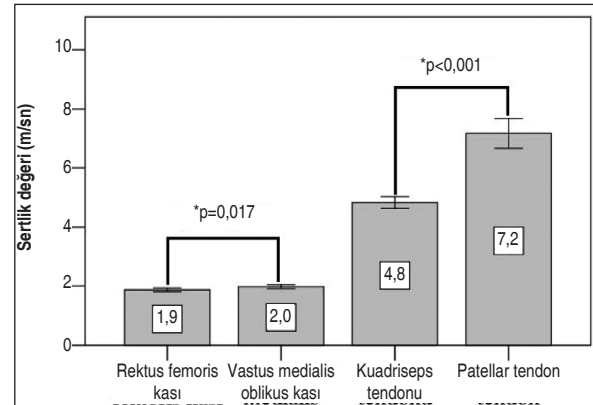
sn: Saniye; °: Derece; N: Newton; m: Metre; %: Yüzde; J: Joule.

**TABLO 4:** İlişki analizi sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

Parametreler	Doku sertliği (m/sn)			
	Rektus femoris	Vastus medialis oblikus	Kuadriseps tendonu	Patellar tendon
60°/sn açısal hızda				
Peak tork (N/m)	-0,16	0,27	0,02	0,09
Peak tork /vücut kütlesi (%)	-0,13	0,16	0,07	0,03
180°/sn açısal hızda				
Toplam iş (J)	-0,13	0,16	0,10	0,18

sn: Saniye; °: Derece; N: Newton; m: Metre; %: Yüzde; J: Joule.

ilişkiyi araştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlar, hipotezimizden farklı olarak, 60°/sn açısal hızda tepe kuvvet ve 180°/sn açısal hızda toplam iş değerleri ile rektus femoris kası, vastus medialis oblikus kası, kuadriseps tendonu ve patellar tendon sertliği arasında ilişki olmadığını göstermektedir. Çalışmamıza benzer şekilde, Ando ve Suzuki, medial gastroknemius kas sertliği ile plantar fleksiyon izometrik kuvveti arasındaki ilişkiyi elastografi ve dinamometre kullanarak incelemişlerdir.<sup>8</sup> Elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde, Ando Suzuki, medial gastroknemius kas sertliği ile plantar fleksiyon izometrik kuvveti arasında ilişki olmadığını rapor etmişlerdir.<sup>8</sup> Hannah ve Foolland, vastus lateralis kas-tendon bileşkesi sertliği ile izometrik kas kuvveti arasındaki ilişkiyi, izometrik kontraksiyon sırasında kas-tendon bileşkesindeki uzama miktarını hesaplayarak araştırmışlardır.<sup>7</sup> Hannah ve Foolland, vastus lateralis kas-tendon bileşkesi sertliği ile izometrik kas kuvveti arasında ilişki olmadığını bildirmişlerdir.<sup>7</sup> Elde ettiğimiz sonuçlardan farklı olarak, bazı çalışmalarda tendon veya kas-tendon bileşkesi sertliği ile kas kuvveti arasında ilişki olduğu rapor edilmiştir. Massey ve ark., vastus lateralis kas-tendon bileşkesi sertliği ile izometrik

**ŞEKİL 1:** Çalışma grubuna ait rektus femoris, vastus medialis oblikus, kuadriseps tendonu ve patellar tendon sertliği ortalama değerleri.

kuvvet üretimi arasında düşük düzeyde bir ilişki olduğunu ( $r=0,374/0,353$ ,  $p=0,007/0,014$ ), fakat patellar tendon sertliği ile kas kuvvet üretimi arasında ilişki olmadığını ( $r=0,020-0,255$ ,  $p=0,069-0,891$ ) bulmuşlardır.<sup>9</sup> Tas ve ark. patellar tendon sertliği ile diz ekstansiyon kuvveti arasında orta düzeyde bir ilişki ( $r=0,44$ ,  $p<0,001$ ) olduğunu bildirmişlerdir.<sup>10</sup> Literatürdeki farklı sonuçlar, kullanılan yöntem farklarıyla ilişkili olabilir. Bu çalışmaların bazılarında kas-tendon sertliği, kiminde kas veya tendon sertliği

ultrasonografi veya elastografi gibi farklı ölçüm yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir.<sup>7-9</sup>

Bu çalışmanın sonucunda sağlıklı genç erkeklerde rektus femoris kası, vastus medialis oblikus kası, kuadriseps tendonu ve patellar tendon sertliğine ait ortanca (çeyrekler arası aralık) değerlerinin sırasıyla 1,9 m/sn (1,8-2,0 m/sn), 2,0 m/sn (1,9-2,1 m/sn), 4,8 m/sn (4,5-5,2 m/sn) ve 7,4 m/sn (6,4-8,5 m/sn) olduğu bulundu. Elde ettiğimiz sonuçlar, patellar tendon sertliğinin kuadriseps tendonuna göre, vastus medialis oblikus kas sertliğinin ise rektus femoris kas sertliğine göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Değerlendirilen kas ve tendon sertliği arasındaki farkın potansiyel nedeni kollajen konsantrasyonu, kollajen tipi veya kas lifi içeriği arasındaki farklar ile ilişkili olabilir. Elde ettiğimiz tendon ve kas sertliği değerleri literatürle benzerlik göstermektedir.<sup>10,13</sup> Ayrıca Heales ve ark., vastus medialis oblikus sertliğinin rektus femoris sertliğinden daha fazla olduğunu rapor etmişlerdir.<sup>16</sup> Özcan ve ark., patellar tendonun kuadriseps tendonundan daha sert olduğunu bildirmişlerdir.<sup>17</sup> Elde ettiğimiz sonuçlardan farklı olarak, Zardi ve ark. kuadriseps tendonunun patellar tendona göre daha sert olduğunu bulmuşlardır.<sup>18</sup> Bunun yanı sıra Xu ve ark., rektus femoris sertliğinin vastus medialis sertliğinden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.<sup>19</sup> Literatürde sağlıklı bireylerde kas ve tendon sertliği değerleri hakkında fikir birliği olmadığı görülmektedir.

Bu çalışmanın bazı kısıtlılıkları vardır. Öncelikle bu çalışmada, kas ve tendon sertliği ile kas kuvveti ve endüransı arasındaki ilişki sadece genç ve sağlıklı erkeklerde incelendi. Kadınlarda, farklı patolojik durumlarda veya farklı yaş gruplarında kas ve/veya tendon sertliği ile kas kuvveti ve/veya kas endüransı arasındaki ilişki farklı olabilir. Çalışmada konsantrik kas kuvveti değerlendirildi. Bu çalışma kapsamında eksantrik veya izometrik kas kuvveti de ölçülebilseydi, pasif kas veya tendon sertliği ile kas kuvveti üretme yeteneği arasındaki ilişki daha detaylı bir şekilde ortaya konulabilirdi. Kadınlarda ve farklı pa-

atolojik durumlarda konsantrik veya eksantrik kas kuvveti ile kas ve tendon sertliği arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalara ihtiyaç vardır.

## SONUÇ

Sonuçları, sağlıklı genç erkeklerde 60°/sn açısal hızda tepe kuvvet ve 180°/sn açısal hızda toplam iş değerleri ile rektus femoris kası, vastus medialis oblikus kası, kuadriseps tendonu ve patellar tendon sertliği arasında ilişki olmadığını göstermektedir. Sağlıklı genç erkeklerde rektus femoris kası, vastus medialis oblikus kası, kuadriseps tendonu ve patellar tendon sertliğine ait ortanca (çeyrekler arası aralık) değerlerinin sırasıyla 1,9 m/sn (1,8-2,0 m/sn), 2,0 m/sn (1,9-2,1 m/sn), 4,8 m/sn (4,5-5,2 m/sn) ve 7,4 m/sn (6,4-8,5 m/sn) olduğu bulundu. Elde ettiğimiz sonuçlar, patellar tendon sertliğinin kuadriseps tendonuna göre, vastus medialis oblikus kas sertliğinin ise rektus femoris kas sertliğine göre daha fazla olduğunu göstermektedir.

### 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.*

### 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:** Serkan Taş; **Tasarım:** Nezehat Özgül Ünlüer, Serkan Taş; **Denetleme/Danışmanlık:** Serkan Taş; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Nezehat Özgül Ünlüer, Serkan Taş; **Analiz ve/veya Yorum:** Serkan Taş; **Kaynak Taraması:** Nezehat Özgül Ünlüer, Serkan Taş; **Makalenin Yazımı:** Nezehat Özgül Ünlüer, Serkan Taş; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Nezehat Özgül Ünlüer, Serkan Taş.

## KAYNAKLAR

- de Ruiter CJ, Van Leeuwen D, Heijblom A, Bobbert MF, de Haan A. Fast unilateral isometric knee extension torque development and bilateral jump height. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(10):1843-52. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Korhonen MT, Cristea A, Alén M, Häkkinen K, Sipilä S, Mero A, et al. Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes. *J Appl Physiol* (1985). 2006;101(3):906-17. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Gruber M, Gollhofer A. Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *Eur J Appl Physiol.* 2004;92(1-2):98-105. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Izquierdo M, Ibañez J, Gorostiaga E, Garrues M, Zúñiga A, Antón A, et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand.* 1999;167(1):57-68. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Arakelian VM, Goulart CDL, Mendes RG, Sousa NM, Trimer R, Guizilini S, et al. Physiological responses in different intensities of resistance exercise - Critical load and the effects of aging process. *J Sports Sci.* 2019;37(12):1420-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Dias CP, Freire B, Goulart NB, Onzi ES, Becker J, Gomes I, et al. Muscle architecture and torque production in stroke survivors: an observational study. *Top Stroke Rehabil.* 2017;24(3):206-13. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Hannah R, Folland JP. Muscle-tendon unit stiffness does not independently affect voluntary explosive force production or muscle intrinsic contractile properties. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40(1):87-95. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Ando R, Suzuki Y. Positive relationship between passive muscle stiffness and rapid force production. *Hum Mov Sci.* 2019;66:285-91. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Massey GJ, Balshaw TG, Maden-Wilkinson TM, Tillin NA, Folland JP. The influence of patellar tendon and muscle-tendon unit stiffness on quadriceps explosive strength in man. *Exp Physiol.* 2017;102(4):448-61. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Taş S, Yılmaz S, Onur MR, Soylu AR, Altuntaş O, Korkusuz F. Patellar tendon mechanical properties change with gender, body mass index and quadriceps femoris muscle strength. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2017;51(1):54-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Hulley SB. Coosing the study subjects: specification, sampling and recruitment. *Designing Clinical Research.* 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p.27-37.
- Miyamoto N, Hirata K, Kanehisa H, Yoshitake Y. Validity of measurement of shear modulus by ultrasound shear wave elastography in human pennate muscle. *PLoS One.* 2015;10(4):e0124311. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Taş S, Onur MR, Yılmaz S, Soylu AR, Korkusuz F. Shear wave elastography is a reliable and repeatable method for measuring the elastic modulus of the rectus femoris muscle and patellar tendon. *J Ultrasound Med.* 2017;36(3):565-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Sole G, Hamrén J, Milosavljevic S, Nicholson H, Sullivan SJ. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(5):626-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Dvir Z. *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications.* 2<sup>nd</sup> ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2004. p.259.
- Heales LJ, Badya R, Ziegenfuss B, Hug F, Coombes JS, van den Hoorn W, et al. Shear-wave velocity of the patellar tendon and quadriceps muscle is increased immediately after maximal eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(8):1715-24. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Ozcan AN, Tan S, Tangal NG, Cıracı S, Kudas S, Bektaser SB, et al. Real-time sonoelastography of the patellar and quadriceps tendons: pattern description in professional athletes and healthy volunteers. *Med Ultrason.* 2016;18(3):299-304. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Zardi EM, Franceschetti E, Giorgi C, Palumbo A, Franceschi F. Reliability of quantitative point shear-wave ultrasound elastography on vastus medialis muscle and quadriceps and patellar tendons. *Med Ultrason.* 2019;21(1):50-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Xu J, Hug F, Fu SN. Stiffness of individual quadriceps muscle assessed using ultrasound shear wave elastography during passive stretching. *J Sport Health Sci.* 2018;7(2):245-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]