



## RESEARCH ARTICLE

### Merkepte Regio cruris ve Pedis'i çevreleyen kasların yapısal ve fonksiyonel özellikleri

Yasin Demiraslan<sup>1\*</sup>, Sami Özcan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kampüs, 15000, Burdur,

<sup>2</sup>Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kampüs, 36000, Kars, Türkiye

Geliş: 16.11,2014, Kabul: 05.01.2015

\*yasindemiraslan@hotmail.com

#### Öz

**Demiraslan Y, Özcan S.** Merkepte Regio cruris ve Pedis'i çevreleyen kasların yapısal ve fonksiyonel özellikleri.

#### Abstract

**Demiraslan Y, Özcan S.** Architectural and functional features of muscles surrounding Regio cruris and Pedis in donkey.

**Eurasian J Vet Sci, 2015, 31, 1, 1-7**  
DOI: 10.15312/EurasianJVetSci.201518470

**Amaç:** Bu çalışma merkep arka bacağı distal'indeki kasların yapısal ve fonksiyonel özelliklerini belirlemek amacıyla yapıldı.

**Aim:** This study was conducted to determine the architectural and functional features of the muscles in distal hindlimb of donkey.

**Gereç ve Yöntem:** Materyal olarak 10 merkep kullanıldı. Genel anestezi altında kanları boşaltılan merkeplerin regio cruris ve pedis'ini çevreleyen kasları diske edildi. Bu sayede kaslardan yapısal ve fonksiyonel parametreler elde edildi.

**Materials and Methods:** Totally 10 donkeys were used as material. The muscles, framing regio cruris and pedis of the donkeys, whose blood was drained under general anesthesia, were dissected. Therefore, the architectural and functional parameters were obtained from the muscles.

**Bulgular:** Merkeplerde regio cruris ve pedis'i çevreleyen kaslardan en uzununun m. flexor digitorum lateralis, ve en ağırının m. gastrocnemius olduğu belirlendi. Bölgenin en güçlü kası m. flexor digitorum lateralis iken, en güçlü tendosu m. gastrocnemius'a aitti. Çalışmada bazı kas verilerinde cinsiyetler arası istatistiki fark tespit edildi.

**Results:** It was determined that m. flexor digitorum lateralis was the longest and m. gastrocnemius was the heaviest muscles surrounding regio cruris and pedis in the donkeys. When m. flexor digitorum lateralis was the most powerful muscle, m. gastrocnemius was the most powerful tendo in this region. In this study, statistical difference was detected between the sexes regarding the data of some muscles.

**Öneri:** Çalışmada merkeplerin regio cruris ve pedis'inde, uzun tendolu, pennate, kısa kas demetli ve küçük hacimli kasların yer aldığı tespit edildi.

**Conclusion:** In the study, it was determined that long tendo, pennate, short-muscle fibre and small volume placed muscles were present on the regio cruris and pedis in the donkeys.

**Anahtar kelimeler:** Merkep, kas, kesit alanı, regio cruris, pedis

**Keywords:** Donkey, muscle, cross-sectional area, regio cruris, pedis





## Giriş

Merkepler, atlara kıyasla, daha küçük cüseye, daha az maliyete, kolay saklanabilir (kadavra yönünden) özelliğe ve ülkemiz şartlarında daha kolay bulunabilirliği nedeniyle veteriner anatominin eğitim öğretim faaliyetlerinde oldukça sık kullanılmaktadır (Uçar 1980). Kasın morfolojisi fonksiyonunu belirler (Sack ve Roy 1982, Lieber 1992, Lieber ve Shoemaker 1992). Kas gövdesi ve kasların vücuttaki dağılımı, performansı etkileyen önemli bir faktördür. Atletik yapıya sahip at veya köpek ırklarında, diğer at ve köpek ırklarına oranla kas kütlesi vücutta daha fazla potansiyele sahiptir. Safkan atların m. semitendinosus'u diğer at ırklarına göre daha uzun kas ipliklerine ve kesit alanına (CSA) sahiptir.

Aynı şekilde baldır kaslarının ve m. longissimus'un vücut ağırlığına oranı safkan atlarda, diğer at ırklarına göre daha fazladır (Gunn 1979). Dolayısıyla, kas ve tendolara ait yapısal parametreler türler ve yetiştirme durumlarına göre farklı olabilmektedir (Pasi ve Carrier 2003, Payne ve ark 2005a). Bu bağlamda kas yapısının bilinmesi gerek ırklar arası, gerekse türler arası fonksiyonel ve performansa dayalı farklılıkların belirlenmesinde önem arz etmektedir.

Literatürde değişik türlerde kasların yapısal ve fonksiyonel özelliklerine dair birçok araştırma bulunmaktadır (Spector ve ark 1980, Sacks and Roy 1982, Brown ve ark 2003, Payne ve ark 2005a, Payne ve ark 2006, Smith ve ark 2006, Williams ve ark 2007, Annatte 2010, Fayed 2010). Ancak merkeplerin arka bacak distal'ine ait herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada merkeplerin familia içinde incelenen kas özellikleri bakımından ne gibi farklılıklar içerdiğinin, türler arasındaki farklılıkların neler olduğunun ve bireysel değişkenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Gereç ve Yöntem

Çalışmada Kars ili sınırları içerisinde temin edilen, 5 dişi ve 5 erkek olmak üzere toplam 10 adet merkep kullanıldı. Merkeplere ait yaş, cinsiyet, renk, canlı ağırlık, cidago yüksekliği ve sağrı yüksekliği Tablo 1'de belirtildi. Merkeplerin kullanımı için Kafkas Üniversitesi Yerel Etik Kurulu'ndan 2011-42 sayılı ve 28.11.2011 tarihli etik kurul onayı alındı. Hayvanlar kadavra hazırlama tekniklerine uygun olarak öncelikle derin anesteziye alındı. Bu işlem için ksilazin hidroklorür (8 mL/100 kg, IV, Rompun® flk, Bayer, İstanbul) ve kloralhidrat (20 mg/kg, IP) uygulandı. Derin anesteziye alınan hayvanların kanları arteria carotis communis'ten boşaltıldıktan sonra, arka bacaklar art. coxae seviyesinden kesilerek sağ ve sol olarak ayrıldı. Daha sonra kaslarda gelişecek rigor mortisin etkisinin azaltılması amacıyla bacaklar extension pozisyonunda Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı soğutucusunda 4°C'de 24 saat bekletildi ve 48 saat içinde de cinsiyete ve yöne (sağ-sol) göre gerekli bulgular alındı.

Çalışmada belirlenen yapısal parametreler kas ağırlığı (KA), kas hacmi (KH), kas uzunluğu (KU), tendo uzunluğu (TU) ve kas demeti uzunluğu (KDU), pennasyon açısı (PA), tendo ağırlığı (TA) ve tendo hacmi (TH) şeklinde, fonksiyonel parametreler ise fizyolojik kesit alanı (PCSA), maksimum izometrik kuvvet (Fmax), yapısal indeks (AI), tendo kesit alanı (TCSA), maksimum izometrik kuvvetteki tendo baskısı (TSfmax) ve tendo baskısındaki yüzde gerilme oranı (%TS) şeklinde tanımlandı. Bu parametreler için Fayed (2010) ve Payne ve ark. (2003a) referans alındı.

Çalışmada değerlendirilen ve regio cruris ve pedis'i çevreleyen kaslar; m. extensor digitorum longus (EDL), m. extensor digitorum lateralis (EDlat), m. peroneus tertius (PT), m. tibialis cranialis (Tcr), m. gastrocnemius (G), m. soleus (S), m. flexor digitorum superficialis (FDS), mm. flexores digitorum profundi (FDP), m. popliteus (P), m. extensor digitorum brevis (EDB) ve m. interosseus medius (lig. suspensorium) (İM) şeklindeydi. Mm. flexores digitorum profundi m. flexor digitorum lateralis (FDL), m. flexor digitorum medialis (FDM) ile m. tibialis caudalis (Tcd) olmak üzere üç alt kısımda incelendi.

Çalışmada kullanılan merkeplerin değişik yaşta (3.5 - 6) ve değişik canlı ağırlıkta (130-158 kg) olması nedeniyle veriler standardize edildi (Biewener 2005). Standardizasyon için çalışmada geometrik benzerlik yöntemi kullanıldı (Pollock ve Shadwick 1994, Bullimore ve Burn 2005, Payne ve ark 2005b, Payne ve ark 2006).

Çalışmada ayrıca aşağıdaki formüller kullanılarak kas parametreleri ile sağrı yüksekliği-uzunluğu (SU), canlı ağırlık (CA) verilerinin etki dereceleri hesaplandı.

### Formüller

I. KA/AKA    II. TA/ATA    III. KTA/AKTA    IV. KH/AKH  
V. TH/ATH    VI. KTH/AKTH    VII. KU/SU    VIII. TU/SU  
IX. KTU/SU    X. KTA/CA

AKA: Ayak Kas Ağırlığı (g)  
ATA: Ayak Tendo Ağırlığı (g)  
KTA: Kas Tendo Ağırlığı (g)  
AKTA: Ayak Kas Tendo Ağırlığı (g)  
AKH: Ayak Kas Hacmi (cm<sup>3</sup>)  
ATH: Ayak Tendo Hacmi (cm<sup>3</sup>)  
KTH: Kas Tendo Hacmi (cm<sup>3</sup>)  
AKTH: Ayak Kas Tendo Hacmi (cm<sup>3</sup>)  
KTU: Kas Tendo Uzunluğu (cm)

Çalışmada elde edilen ölçümler ve hesaplamaların cinsiyete ve yöne göre istatistiksel analizleri için SPSS (16.0 version) programında independent samples t testi (P<0.05) uygulandı.



Tablo 1. Çalışmada kullanılan merkeplere ait bazı bilgiler.

| Merkep No | Cinsiyet | Yaş | Renk       | Canlı Ağırlık (kg) | Cidago Yüksekliği (cm) | Sağır Yüksekliği (cm) |
|-----------|----------|-----|------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| 1         | Erkek    | 5   | Boz        | 130                | 97                     | 101                   |
| 2         | Dişi     | 4   | Siyah      | 135                | 99                     | 103                   |
| 3         | Erkek    | 5   | Boz        | 145                | 103                    | 107                   |
| 4         | Dişi     | 4   | Boz        | 150                | 104                    | 108                   |
| 5         | Dişi     | 6   | Siyah      | 140                | 101                    | 103                   |
| 6         | Erkek    | 4.5 | Kahverengi | 142                | 102                    | 105                   |
| 7         | Dişi     | 4   | Siyah      | 137                | 100                    | 104                   |
| 8         | Erkek    | 5   | Boz        | 141                | 101                    | 104                   |
| 9         | Erkek    | 4   | Siyah      | 158                | 103                    | 107                   |
| 10        | Dişi     | 3.5 | Kahverengi | 147                | 102                    | 105                   |

Yapılan bu çalışmada Nomina Anatomica Veterinaria'daki (2012) terimler esas alındı.

### Bulgular

Çalışmada elde edilen bulgular Tablo 2 ve 3'te gösterildi. Buna göre merkeplerde regio cruris ve pedis'ini çevreleyen kaslardan en uzun olanlarının m. flexor digitorum lateralis (21.75±1.5 cm) ve m. tibialis cranialis olduğu saptandı (21.48±1.6 cm). Bu bölgenin en uzun tendolarının ise sırasıyla m. flexor digitorum superficialis (43.89±1.33 cm), m. extensor digitorum longus (35.51±1.45 cm) ve m. flexor digitorum lateralis'e (34.32±1.35 cm) ait olduğu belirlendi. Toplam kas tendo uzunluğunda en yüksek değerin m. flexor digitorum superficialis'e (61.43±3.04 cm) ait olduğu görüldü. Uzunluk değerlerinin tamamı dikkate alındığına, m. peroneus tertius'un TU değerinin dişilerde erkeklere göre (30.68-27.24 cm), m. soleus'un KTU değerinin erkeklerde dişilere göre (25.89-22.85 cm) daha yüksek ve farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edildi (P<0.05).

Araştırmada bölgenin en ağır kasının m. gastrocnemius (178.02±49.12 g) olduğu belirlendi. Bölgenin en düşük ağırlık değerine sahip kasları ise m. soleus (1.81±0.39 g) ve m. extensor digitorum brevis (1.36±0.37 g) şeklindeydi. Tendolardan en yüksek TA değerine sahip tendoların m. flexor digitorum superficialis (29.68±4.65 g) ve m. flexor digitorum lateralis'e (23.59±3.67 g) ait olduğu belirlendi. Cinsiyete göre yapılan analizde m. extensor digitorum lateralis'in TA ve KTA değerleri, m. extensor digitorum brevis'in KA, TA ve KTA değerleri, m. flexor digitorum superficialis'in TA değeri ve m. tibialis caudalis'in KA ve KTA değerleri erkeklerde daha yüksekti ve fark istatistiksel olarak önemliydi (P<0.05).

Çalışmada en yüksek pennasyon açısı (PA°) değerinin m. flexor digitorum superficialis'e (47.35±1.16°), en düşük PA değerinin m. extensor digitorum brevis'e (6.15±0.34°) ait olduğunu belirlendi. Kas demeti uzunluğu (KDU cm) bakımın-

dan en yüksek ve en düşük değerlere sahip kasların sırasıyla m. soleus (6.05±1.87 cm) ve m. flexor digitorum superficialis (0.29±0.08cm) olduğu görüldü. Cinsiyete göre yapılan istatistiksel analizde m. extensor digitorum brevis'in KDU değeri dişilerde erkeklere oranla daha yüksekti ve cinsiyetler arası fark istatistiksel olarak anlamlıydı (P<0.05).

Çalışma sonucunda ortaya konulan bulgulara göre fizyolojik kesit alanı (PCSA cm<sup>2</sup>) yönünden, en yüksek ve en düşük değerlere sahip kasların sırasıyla m. flexor digitorum lateralis (116.97±50.51 cm<sup>2</sup>) ve m. soleus (0.30±0.07 cm<sup>2</sup>) olduğu saptandı. Tendo kesit alanı (TCSA cm<sup>2</sup>) ile ilgili elde edilen bulgular en yüksek değerlerin m. gastrocnemius (0.73±0.13 cm<sup>2</sup>) ile m. flexor digitorum lateralis'e (0.61±0.09 cm<sup>2</sup>) ait olduğu şeklindeydi. TCSA'nın cinsiyete göre yapılan analizinde m. extensor digitorum lateralis, m. gastrocnemius, m. extensor digitorum brevis ve m. flexor digitorum lateralis'in değerlerinin erkeklerde dişilere oranla daha yüksek olduğu ve cinsiyetler arası farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varıldı (P<0.05).

Maksimum izometrik kuvvet (Fmax MPa) yönünden ise merkeplerde regio cruris ve pedis'i çevreleyen kasların en yüksek değerlere sahip olanlarının m. flexor digitorum lateralis (35.09±15.15 MPa) ve m. flexor digitorum superficialis (28.32±5.78 MPa) olduğu belirlendi.

Cinsiyete göre Fmax değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar m. gastrocnemius'un caput laterale'sinin ve m. soleus'un dişilerde erkeklere göre, m. extensor digitorum brevis ve m. tibialis caudalis'in erkeklerde dişilere göre daha yüksek değere sahip olduğu ve aralarındaki farkın istatistiksel anlam taşıdığı yönündeydi (P<0.05). Maksimum izometrik kuvvettteki tendo baskısı (TSfmax MPa) yönünden en yüksek ve en düşük değerlerin sırasıyla m. flexor digitorum lateralis (57.90±26.18 MPa) ve m. extensor digitorum brevis'e (3.43±0.81 MPa) ait olduğu belirlendi.





## Tartışma

Çalışma sonucunda merkeplerin regio cruris ve pedis'ini çevreleyen kasların yapısal ve fonksiyonel özellikleri, bu özelliklerin dişi ve erkek ile sağ ve sol farklılıklarının olup olmadığı belirlendi. Bu veriler, aynı aileden diğer hayvanlara göre ayırt edici özellikler içermesinden dolayı, karşılaştırma yapılması ve lokomotor aktivitenin belirlenmesi açısından önemlidir.

Kasın küçük hacimli, kısa iplikli, büyük PCSA'lı olması beraberinde yüksek güç üretim kapasiteli olmasını getirmektedir (Payne ve ark 2005a). Dolayısıyla kasın güç üretimindeki değişiklikler kas yapısındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Yukarıda belirtilen öngörü kas hacminin, kasın güç üretilebilirliğini minimum düzeyde etkilediği sonucunu ortaya koymaktadır. Yani kas hacmi değerinin yüksek olması, o kasın daha fazla güç üretebileceği anlamına gelmez.

Bu nedenle, bacağın statik veya dinamik olmasında gerekli kuvvet, küçük hacimli ve uzun tendolu kaslar sayesinde üretilmektedir (Brown ve ark 2003, Pasi ve Carrier 2003, Payne ve ark 2005a, Smith ve ark 2006). Çalışmada merkeplerin arka bacaklarında regio cruris ve pedis'i çevreleyen kasların genel olarak küçük hacimli, kısa iplikli ve yüksek PCSA'lı olduğu tespit edildi. Bunun en belirgin görüldüğü kaslar ise m. flexor digitorum superficialis (KH: 27.36 cm<sup>3</sup>, KDU: 0.29 cm, PCSA: 94.39 cm<sup>2</sup>, TU: 43.89 cm) ve m. flexor digitorum lateralis'ti (KH: 79.04 cm<sup>3</sup>, KDU cm: 0.76, PCSA: 116.97 cm<sup>2</sup>, TU: 34.32 cm).

Kas yapısının incelenmesiyle elde edilen bulgular kasın hayvan türlerine göre ölçeklendirilmesine, belli bir standardizasyonun oluşturulmasına ve bu ölçüklerin türler arasında karşılaştırılmasına olanak sağlar. Daha önce yapılan çalışmalarda canlı ağırlık ile değişik değerler (KA, TA, KDU, PCSA, TU) standardize edilmiştir (Alexander ve ark 1981). Çalışmada vücut CA ile yukarıda bahsedilen değerlerin dışında sağrı uzunluğu (SU) ile KU, TU ve KTU değerleri de standardize edildi. Elde edilen SU standardizasyon verileri, kas yapısı çalışmalarında daha önce SU ile elde edilmiş veriler olmadığından ilk bulgu olma özelliğini taşımaktadır.

Kas gövdesinin ağırlığı hakkındaki yapısal veriler bölgede bulunan kas gruplarının fonksiyonel özelliklerine dolaylı yoldan etki etmektedir. Örneğin koşma aksiyonunun daha kolay yapılabilmesi bacağın distal'inde KTA/CA değerinin küçük olması ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla bacağın distal'indeki (merkeplerde regio cruris ve pedis) KTA' daki nispi azalış hayvanın aşırı hıza adaptasyonunu kolaylaştırmaktadır (Brown ve ark 2003a, Pasi ve Carrier 2003, Payne ve ark 2005b). Ayrıca literatürde cılız ayaklı hayvanların daha hızlı hareket edebileceği belirtilmiştir (Studel 1980, Hoshina ve ark 1987).

Fayed (2010) yaptığı çalışmada merkeplerde ön bacağın distal'i (antebrachium ve regio manus) için KTA/CA değerini %0.75 olarak bildirmiştir. Çalışmamızda bu değere ait elde edilen bulgu ise %0.88 şeklindeydi. Bu değerler merkeplerin ön bacağının distal'inin daha hafif olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Merkepte Regio cruris ve pedis'i çevreleyen kasların yapısal ve fonksiyonel parametrelerine ait ortalama ve standart sapma (a±b) değerleri.

|                         | EDL         | EDlat       | Tcr         | PT         | G             | GL           | GM           | S           | EDB         | FDS          | FDM          | FDL          | Tcd         | P            | İM         |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| KU (cm)                 | 18.06±1.25  | 16.55±0.86  | 21.48±1.6   | -          | 16.67±1.3     | 17.62±1.45   | 15.72±1.28*  | 17.47±2.26  | 6.9±2.41    | 17.55±2.32   | 16.43±2.05   | 21.75±1.5    | 15.95±1.42  | 16.19±1.89   | -          |
| TU (cm)                 | 35.51±1.45  | 17.95±2.41  | 7.59±1.14   | 28.96±2.14 | 14.87±1.45    | -            | -            | 6.96±1.24   | 8.03±2.20   | 43.89±1.33   | 21.27±4.34   | 34.32±1.35   | 10.42±3.63  | -            | 22.87±1.70 |
| KTU (cm)                | 53.56±1.66  | 34.50±2.14  | 29.07±2.25  | 28.96±2.14 | 31.54±2.45    | 32.49±2.60   | 30.59±2.37   | 24.37±2.48  | 14.92±4.59  | 61.43±3.04   | 37.70±6.18   | 56.07±2.13   | 26.36±2.93  | 16.19±1.89   | 22.87±1.70 |
| KA (g)                  | 60.08±13.82 | 20.37±2.77  | 37.82±9.96  | -          | 178.02±49.12  | 92.95±25.38  | 85.07±24.47  | 1.81±0.39   | 1.36±0.37   | 29.01±8.22   | 33.46±13.21  | 83.79±19.95  | 19.27±5.39  | 54.91±10.79  | -          |
| TA (g)                  | 12.65±2.44  | 1.93±0.51   | 2.74±0.55   | 13.56±2.21 | 12.20±2.85    | -            | -            | 0.34±0.24   | 0.37±0.11   | 29.68±4.65   | 3.46±3.39    | 23.59±3.67   | 0.91±0.52   | -            | 10.97±2.98 |
| KTA (g)                 | 72.73±15.72 | 22.29±2.84  | 40.56±9.96  | 13.56±2.21 | 190.22±51.51  | -            | -            | 2.15±0.46   | 1.73±0.47   | 58.68±11.19  | 36.92±15.75  | 107.38±23.18 | 20.18±5.77  | 54.91±10.79  | 10.97±2.98 |
| KH (cm <sup>3</sup> )   | 56.67±13.05 | 19.21± 2.61 | 35.73± 9.36 | -          | 167.60± 46.81 | 87.34± 24.41 | 80.26± 23.09 | 1.71± 0.37  | 1.28± 0.35  | 27.36± 7.76  | 31.57± 12.46 | 79.04± 18.82 | 18.18± 5.08 | 51.80± 10.18 | -          |
| TH (cm <sup>3</sup> )   | 11.30±2.18  | 1.72±0.46   | 2.45±0.49   | 12.11±1.97 | 10.89±2.55    | -            | -            | 0.31±0.22   | 0.33±0.10   | 26.49±4.17   | 3.09±3.03    | 21.13±3.32   | 0.81±0.46   | -            | 9.79±2.66  |
| KTH (cm <sup>3</sup> )  | 67.96±14.74 | 20.94±2.68  | 38.17±9.37  | 12.11±1.97 | 174.65±50.18  | -            | -            | 2.01±0.43   | 1.61±0.44   | 53.85±10.39  | 34.66±14.72  | 100.17±21.68 | 18.99±5.43  | 51.80± 10.18 | 9.79±2.66  |
| PA (°)                  | 25.00±1.33  | 18.00±1.43  | 33.35±1.42  | -          | 41.43±0.65    | 37.80±1.01   | 45.05±1.12   | 6.95±0.37   | 6.15±0.34   | 47.35±1.16   | 42.95±1.21   | 46.10±0.88   | 13.70±1.55  | 38.30±0.79   | -          |
| KDU (cm)                | 3.65±0.78   | 2.86±0.54   | 3.36±0.29   | -          | 2.24±0.58     | 2.25±0.58    | 2.23±0.66    | 6.05±1.87   | 2.83±0.48   | 0.29±0.08    | 3.50±0.47    | 0.76±0.29    | 2.43±0.31   | 1.84±0.20    | -          |
| AI                      | 0.20 ± 0.04 | 0.17 ± 0.03 | 0.16 ± 0.01 | -          | 0.13 ± 0.03   | 0.13 ± 0.03  | 0.14 ± 0.03  | 0.34 ± 0.11 | 0.43 ± 0.07 | 0.02 ± 0.003 | 0.22 ± 0.03  | 0.03 ± 0.01  | 0.15 ± 0.02 | 0.12 ± 0.02  | -          |
| PCSA (cm <sup>2</sup> ) | 15.50±1.36  | 6.87±1.39   | 10.52±1.88  | -          | 77.48±15.39   | 40.25±10.89  | 37.23±6.69   | 0.30±0.07   | 0.47±0.17   | 94.39±19.26  | 9.02±3.50    | 116.97±50.51 | 7.61±2.48   | 28.69±8.84   | -          |
| TCSA (cm <sup>2</sup> ) | 0.32±0.05   | 0.10±0.04   | 0.33±0.07   | 0.42±0.07  | 0.73±0.13     | -            | -            | 0.04±0.03   | 0.04±0.02   | 0.60±0.08    | 0.13±0.08    | 0.61±0.09    | 0.08±0.02   | -            | 0.42±0.09  |
| Fmax (MPa)              | 4.65±0.41   | 2.06±0.42   | 3.15±0.56   | -          | 23.24±4.62    | 12.07±3.27   | 11.17±2.01   | 0.09±0.02   | 0.14±0.05   | 28.32±5.78   | 2.71±1.05    | 35.09±15.15  | 2.28±0.74   | 8.61±2.65    | -          |
| TSfmax (MPa)            | 15.00±2.34  | 23.02±4.88  | 10.17±2.62  | -          | 16.90±4.59    | -            | -            | 3.49±2.56   | 3.43±0.81   | 47.37±9.40   | 23.15±5.63   | 57.90±26.18  | 32.27±14.23 | -            | -          |
| TS%                     | 10.00±1.56  | 15.35±3.25  | 6.78±1.75   | -          | 11.26±3.06    | -            | -            | 2.33±1.71   | 2.29±0.54   | 31.58±6.26   | 15.44±3.76   | 38.60±17.45  | 21.51±9.49  | -            | -          |



Tendoların asıl görevi kaslar ile kemikleri birbirine tutundur- maktır. Bacağın distal'inde ise bu görevin yerine gelmesiyle ayak kemiklerinin hareket kabiliyeti yükselir (Williams ve ark 2007). Ayrıca tendolar elastik enerji deposu olarak görev yaparlar (Brown ve ark 2003b). Çalışmada değerlendirilen kaslardan en yüksek TSfmax ve TS% değerlerine sahip olanlar m. flexor digitorum lateralis (TSfmax: 57.90 MPa, TS%: 38.60), m. flexor digitorum superficialis (TSfmax: 47.37 MPa, TS%: 31.58) ve m. tibialis caudalis (TSfmax: 32.27 MPa, TS%: 21.51) şeklindeydi. Fayed (2010) merkeplerin ön bacak distal kaslarını değerlendirdiği çalışmasında yüksek TSfmax değerine sahip olan kasın digital flexor tendoların değil, m. extensor digitorum communis'in caput accessorium'una (Thiernesse kası) ait olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda ise bu durumun aksine yüksek TSfmax değerine sahip kasların tamamı digital flexor kaslar'dı. TSfmax değeri bakımından merkeplerin ön ve arka bacaklarındaki farklılık, bacakların hareket esnasında ihtiyaç duydukları eklem hareketlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Fayed (2010) yüksek TS% değerinin ön bacakta digital flexor kaslardan mm. flexores digitorum profundus'nin caput ulnare'sine ait olduğunu belirlerken, yaptığımız çalışma arka bacakta, yine mm. flexores digitorum profundus'nin m. flexor digitorum lateralis kısmına ait olduğunu sonucunu verdi.

Bacak tendolarında, hangi tendonun TU/KDU değeri yüksekse, o tendonun elastik enerji depolama kabiliyeti daha yüksektir (Pollock ve Shadwick 1994). Fayed (2010) ön bacağın distal'inde kalan kasların çoğunun TU/KDU değerinin oldukça yüksek olduğunu belirtmiştir. Çalışmada ise bu oranın arka bacağın distal'inde kalan kaslarda da yüksek olduğu tespit edildi. Dolayısıyla bu durumda merkeplerin hem ön

hem de arka bacağın distal'inde kalan kaslara ait tendoların elastik enerji deposu olarak görev yaptıkları söylenebilir (Brown ve ark 2003b).

Fayed (2010) yaptığı çalışmada ön bacağın m. interosseus medius'una ait ortalama TU, TA, TH ve TCSA değerlerini sırasıyla 28.34 cm, 20.3 g, 21 cm<sup>3</sup> ve 0.75 cm<sup>2</sup> şeklinde belirtmiştir. Çalışmada ise arka bacağın m. interosseus medius'una ait bu değerler sırasıyla 22.87 cm, 10.97 g, 9.79 cm<sup>3</sup> ve 0.42 cm<sup>2</sup> şeklindeydi. Bu değerlerden yola çıkılarak ön ve arka bacağın m. interosseus medius'una ait yapısal ve fonksiyonel bulguların farklı olduğu söylenemez. Ancak geometrik benzerlik ya da standardizasyon verilerine bakılarak farklı olup olmadığı anlaşılabilir (Payne ve ark 2005a). Fayed (2010) çalışmasında m. interosseus medius'un TA/CA ve KTH/AKTH değerlerini sırasıyla 0.65 ve 0.04 şeklinde belirtirken, çalışmada aynı değerler sırasıyla 0.08 ve 0.02 şeklinde belirlendi. Bu değerlere göre m. interosseus medius ön bacakta arka bacağı oranla daha ağır ve bacağın distal'inde kapladığı hacim daha fazla şeklinde bir söylem ortaya konulabilir.

Fayed (2010) çalışmasında ön bacakta m. flexor digitorum superficialis'in KTA/CA, KTH/AKTH, KDU/CA<sup>1/3</sup>, PCSA/CA<sup>2/3</sup> ve AI değerlerini sırasıyla 1.42, 0.10, 0.4, 2.16 ve 0.08 olarak belirtirken, çalışmada arka bacakta aynı kasa ait bu değerler 0.41, 0.06, 0.05, 3.46 ve 0.02 şeklinde belirlendi. Bu noktada, belirtilen ön ve arka bacağın m. flexor digitorum superficialis'ine ait standardizasyon değerlerinin farklılıkları göz önüne alındığında, ön bacağın m. flexor digitorum superficialis'inin arka bacağı oranla daha ağır, bacağın distal'inde kapladığı hacim daha yüksek, KDU değerinin daha fazla ve buna bağlı olarak Fmax'ın daha düşük olduğu söylenebilir.

Tablo 3. Merkepte distal bacak kaslarının standardizasyon verileri.

|                        | EDL  | EDlat | Tcr  | PT   | G    | GL   | GM   | S     | EDB   | FDS  | FDM  | FDL  | Tcd  | P    | İM   |
|------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| KU/SU                  | 0.17 | 0.16  | 0.2  | -    | 0.16 | 0.17 | 0.15 | 0.17  | 0.07  | 0.17 | 0.16 | 0.21 | 0.15 | 0.15 | -    |
| TU/SU                  | 0.34 | 0.17  | 0.07 | 0.28 | 0.14 | -    | -    | 0.07  | 0.08  | 0.42 | 0.2  | 0.33 | 0.1  | -    | 0.22 |
| KTU/SU                 | 0.51 | 0.33  | 0.28 | 0.28 | 0.3  | -    | -    | 0.23  | 0.14  | 0.59 | 0.36 | 0.54 | 0.25 | 0.15 | 0.22 |
| TU/CA <sup>1/3</sup>   | 6.8  | 3.43  | 1.45 | 5.55 | 2.85 | -    | -    | 1.32  | 1.54  | 8.41 | 4.08 | 6.57 | 2    | -    | 4.38 |
| KA/AKA                 | 0.12 | 0.04  | 0.07 | -    | 0.34 | 0.18 | 0.16 | 0.004 | 0.003 | 0.06 | 0.06 | 0.16 | 0.04 | 0.11 | -    |
| TA/ATA                 | 0.11 | 0.02  | 0.03 | 0.12 | 0.11 | -    | -    | 0.003 | 0.003 | 0.27 | 0.03 | 0.21 | 0.01 | -    | 0.1  |
| KTA/AKTA               | 0.12 | 0.04  | 0.06 | 0.02 | 0.3  | -    | -    | 0.003 | 0.003 | 0.09 | 0.06 | 0.17 | 0.03 | 0.09 | 0.02 |
| KA/CA                  | 0.43 | 0.16  | 0.28 | -    | 1.22 | 0.64 | 0.58 | 0.05  | 0.04  | 0.2  | 0.25 | 0.57 | 0.15 | 0.39 | -    |
| TA/CA                  | 0.09 | 0.01  | 0.02 | 0.1  | 0.09 | -    | -    | 0.002 | 0.003 | 0.21 | 0.02 | 0.17 | 0.01 | -    | 0.08 |
| KTA/CA                 | 0.51 | 0.16  | 0.28 | 0.1  | 1.32 | -    | -    | 0.02  | 0.01  | 0.41 | 0.26 | 0.75 | 0.14 | 0.38 | 0.08 |
| KH/AKH                 | 0.12 | 0.04  | 0.07 | -    | 0.34 | 0.18 | 0.16 | 0.004 | 0.003 | 0.06 | 0.06 | 0.16 | 0.04 | 0.11 | -    |
| TH/ATH                 | 0.11 | 0.02  | 0.03 | 0.12 | 0.11 | -    | -    | 0.003 | 0.003 | 0.26 | 0.03 | 0.21 | 0.01 | -    | 0.1  |
| KH/AKH                 | 0.12 | 0.04  | 0.07 | 0.02 | 0.29 | -    | -    | 0.003 | 0.003 | 0.09 | 0.06 | 0.17 | 0.03 | 0.09 | 0.02 |
| KDU/CA <sup>1/3</sup>  | 0.67 | 0.53  | 0.61 | -    | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 1.12  | 0.52  | 0.05 | 0.64 | 0.14 | 0.45 | 0.34 | -    |
| PCSA/CA <sup>2/3</sup> | 0.57 | 0.25  | 0.38 | -    | 2.83 | 1.47 | 1.37 | 0.01  | 0.02  | 3.46 | 0.33 | 4.33 | 0.28 | 1.05 | -    |





Tendoların hareketin değişik fazlarında kullanılmak üzere enerji dopusu olarak görev yaptıkları daha önce belirtilmişti. Tendonun enerji depolama yeteneği veya miktarı, o tendoya uygulanan baskıya ve tendonun boyutlarına bağlıdır. Bu durumda tendonun uzama miktarı ile tendonun ağırlığı ve işlevsiz (rahat durumdaki) pozisyonundaki uzunluğu vasıtasıyla tendonun enerji depolama kapasitesi tahmin edilebilir (Payne ve ark 2005a). Çalışmada TU ve TA dikkate alındığında, en uzun tendoya sahip olan kasların m. flexor digitorum superficialis (43.89 cm) ve m. extensor digitorum longus (35.51 cm), en ağır tendoya sahip olan kasların m. flexor digitorum superficialis (29.68 g) ve m. flexor digitorum lateralis (23.59 g) olduğu tespit edildi. Bu durumda yukarıda verilen literatür bilgisi ışığında, merkeplerin arka bacaklarının distal'inde (regio cruris ve pedis) uzama ve enerji depolama kabiliyeti en yüksek olan tendoların m. flexor digitorum superficialis, m. flexor digitorum lateralis ve m. extensor digitorum longus'a ait olduğu söylenebilir.

Çalışmada toplam 10 hayvan materyali kullanıldı ve bunların arka bacaklarının distal'inde (regio cruris ve pedis) kalan kasların yapısal ve fonksiyonel özellikleri cinsiyete göre istatistiksel olarak analiz edildi. Yapılan analiz sonucunda ise farkların anlamlı olduğu bir takım sonuçlar elde edildi. Ancak elde edilen sonuçların karşılaştırılacağı, aynı aileden veya farklı türlerden kasların yapısal ve fonksiyonel özelliklerine ait cinsiyet farklılığının ortaya konulduğu daha önce yapılmış bir çalışma yoktu.

Çalışmada cinsiyetler arası elde edilen istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar m. peroneus tertius'un TU, TU/SU ve TU/CA<sup>1/3</sup> değerlerinin, m. extensor digitorum longus'un TSfmax ve TS% değerlerinin, m. gastrocnemius'un caput mediale'sinin PCSA, Fmax ve PCSA/CA<sup>2/3</sup> değerlerinin, m. soleus'un PCSA, Fmax ve PCSA/CA<sup>2/3</sup> değerlerinin, m. extensor digitorum brevis'in KDU değerinin dişilerde erkeklere oranla daha yüksek, m. extensor digitorum lateralis'in TA, KTA, TH, KTH, TCSA, KTA/CA ve TA/CA değerlerinin, m. soleus'un KTU, TA/CA ve KTU/SU değerlerinin, m. extensor digitorum brevis'in KA, TA, KTA, KH, TH, KTH, PCSA, TCSA, Fmax, TA/CA, KTA/CA, PCSA/CA<sup>2/3</sup>, TH/ATH, TA/ATA, KTA/AKTA, KH/AKH ve KA/AKA değerlerinin, m. flexor digitorum superficialis'in TA, TH, PCSA, KTA/CA ve TA/CA değerlerinin, KA, KTA, KH, KTH, PCSA, Fmax, PCSA/CA<sup>2/3</sup> ve KTA/CA değerlerinin, m. gastrocnemius'un TCSA değerinin erkeklerde dişilere oranla daha yüksek olduğuydu. Abe (1998) kas yapısı özellikleri üzerine cinsiyetin etkili olduğunu bildirmiştir. Yukarıda elde edilen cinsiyetler arası farklılıklar belirtilen literatürü desteklerken, equide'lerde anatomik veya biyomekanik kas modellerinin hazırlanmasında cinsiyetin göz ardı edilmemesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çalışmada merkebin sağ ve sol arka bacak distal kaslarının yapısal ve fonksiyonel özellikleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı. Bu sonuçlara genel olarak bakıldığında sağ ve sol

taraf kaslarının değerleri arasında küçük farklılıklar olmasına karşın, hiçbir değer bakımından anlamlı bir istatistiki fark bulunamadı (P>0.05).

### Öneriler

Çalışmada merkeplerin regio cruris ve pedis'inde, uzun tendolu, pennate, kısa kas demetli ve küçük hacimli kasların yer aldığı tespit edildi. Özellikle çalışma sonucunda türler arasında farklılıkların kasların yapısal ve fonksiyonel özelliklerini büyük ölçüde etkilediği belirlendi. Dolayısıyla türler arası farklılıkların ayak kas modeli oluşturulmasında etkili olabileceği tespit edildi. Çalışmada cinsiyet ve yön (sağ-sol) bakımından kasların yapısal ve fonksiyonel özellikleri farklılık analizine tabi tutuldu. Bu analiz sonucu cinsiyetin merkeplerde regio cruris ve pedis'ini çevreleyen bazı kasların yapısına ve fonksiyonuna istatistiksel olarak anlamlı etki ettiği, fakat yönün (sağ-sol) istatistiksel olarak önemli derecede etki etmediği belirlendi.

### Teşekkür

Bu araştırma makalesi doktora tezinden özetlenmiştir.

### Kaynaklar

- Abe T, Brechue WF, Fujita S, Brown JB, 1998. Gender differences in FFM accumulation and architectural characteristics of muscle. *Med Sci Sports Exerc*, 30, 1066-1070.
- Alexander RM, Jayes AS, Maloiy GM, Wathuta EM, 1981. Allometry of the leg muscles of mammals. *J Zool*, 194, 539-552.
- Annette CC, 2010. The anatomy and function of the equine thoracolumbar longissimus dorsi muscle. Doktora Tezi. Ludwig Maximilians Uni, Düsseldorf, Germany.
- Biewener AA, 2005. Biomechanical consequences of scaling. *J Exp Biol*, 208, 1665-1676.
- Brown NA, Kawcak CE, McIlwraith CW, Pandy M, 2003a. Architectural properties of distal forelimb muscles in horses, *Equus caballus*. *J Morph*, 258, 106-114.
- Brown NA, Pandy MG, Kawcak CE, McIlwraith CW, 2003b. Force- and moment- generating capacities of muscles in the distal thoracic limb of the horse. *J Anat*, 203, 101-113.
- Bullimore S, Burn J, 2005. Scaling of elastic energy storage in mammalian limb tendons: do small mammals really lose out? *Biol Lett*, 1, 57-62.
- Fayed MH, 2010. Architecture and functional specifications of the muscles of the antibrachium and manus regions of the African ass (*Equus asinus*). *Adv Biol Res*, 4 (1): 45-64.
- Gunn HM, 1979. Total fibre number in cross sections of the semitendinosus in athletic and non-athletic horses and dogs. *J Anat*, 128, 821- 828.
- Hoshina T, Nitsuma S, Tamate H, 1987. The structure of muscle bundles as organized unit in the muscle tissue of the cattles. *J Zootechn Sci*, 58, 817-826.
- International Committee on Veterinary Gross Anatomical



- Nomenclature, 2012. Nomina Anatomica Veterinaria. Preface to the 5th edition-revised version, Columbia and Saporro, Hannover, Ghent.
- Lieber RL, Shoemaker SD, 1992. Muscle, joint, and tendon contributions to the torque profile of frog hip joint. *Am J Physiol*, 263, 586-590.
- Lieber RL, 1992. Skeletal Muscle Anatomy, in: Skeletal Muscle Structure and Function, Williams and Wilkins, Baltimore, UK, pp: 1-43.
- Pasi BM, Carrier DR, 2003. Functional trade-offs in the limb muscles of dogs selected for running vs. fighting. *J Evol Biol*, 16, 324-332.
- Payne RC, Crompton RH, Isler K, Savage R, Vereecke EE, Gunther MM, Thorpe SKS, Aout KD, 2006. Morphological analysis of the hindlimb in apes and humans. II. Moment arms. *J Anat*, 208, 725-742.
- Payne RC, Hutchinson JR, Robilliard JJ, Smith NC, Wilson AM, 2005a. Functional specialisation of pelvic limb anatomy in horses (*Equus caballus*). *J Anat*, 206, 557-574.
- Payne RC, Veenman P, Wilson AM, 2005b. The role of the extrinsic thoracic limb muscles in equine locomotion. *J Anat*, 206, 193-204.
- Pollock CM, Shadwick RE, 1994. Allometry of muscle, tendon and elastic energy storage capacity in mammals. *Am J Physiol*, 266, 1022-1031.
- Sacks RD, Roy RR, 1992. Architecture of the hindlimb of muscle of cats: functional significance. *J Morphol*, 173, 185-195.
- Smith NC, Wilson AM, Jespers K, Payne RC, 2006. Muscle architecture and functional anatomy of the pelvic limb of the ostrich (*Struthio camelus*). *J Anat*, 209, 765-780.
- Spector SA, Gardiner PF, Zernicke RF, Roy RR, Edgerton VR, 1980. Muscle architecture and force-velocity characteristics of cat soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control. *J Neurophysiol*, 44, 951-960.
- Stuedel K, 1990. The work and energetic cost of locomotion. The effects of limb mass distribution in quadrupeds. *J Exp Biol*, 154, 273-285.
- Uçar Y, 1980. Yerli merkep'in (*Equus asinus*) gövde ve ard bacak iskelet kasları üzerinde makro-anatomik araştırmalar. *Ank Ün Vet Fak Derg*, 27, 103-124.
- Williams SB, Payne RC, Wilson AM, 2007. Functional specialization of the pelvic limb of the hare (*Lepus europeus*). *J Anat*, 210, 472-490.

