

Anadolu Yaban Koyunu ve Akkaraman Koyununun Kafa Kemikleri Üzerinde Karşılaştırmalı Geometrik Morfometri

Hakan YALÇIN¹✉, Mehmet Ali KAYA²

¹ Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Kampüs, Konya.

² Selçuk Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Meram/Konya.

ÖZET: Anadolu yaban koyunları (*Ovis gmelini anatolica* Valenciennes, 1856), günümüzde sadece Konya'nın Bozdağ bölgesinde çok az sayıda bulunan bir yaban koyunu alttürüdür. Akkaraman koyun (*Ovis aries* Linnaeus, 1758) ırkı ise Türkiye'de ve özellikle de Orta Anadolu'da yoğun olarak bulunur. Bu çalışmada Anadolu yaban koyunu ve Akkaraman koyununun kafa kemiklerinin geometrik morfometrik açıdan karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, araştırmada 15 adet (ergin ve dişi) Anadolu yaban koyunu ve 11 adet de (ergin ve dişi) Akkaraman koyunu'nun kafa kemikleri kullanıldı. Geometrik morfometrik analiz için her iki türün kafa kemiğinin sağ yarımı kullanılarak, dorsal yönde 13 adet ve ventral yönde ise 17 adet homolog landmark kullanıldı. Her iki türün kafa kemiklerinde kullanılan homolog landmarkların TPS (Thin-Plate Spline) analizleri sonucunda, aralarında belirgin bazı geometrik morfometrik farklılıklar tespit edildi. Kafa şekilleri üzerinde temel bileşenler analizi konsepti içerisinde belirlenen PCA yüzdeleri, türler arasındaki varyasyonları belirgin olarak açıkladı. Nitekim, dorsal yönlü kafa kemiklerinde PCA-1 %58.55 ve PCA-2 %11.75; ventral yönlü kafa kemiklerinde ise PCA-1 %65.93 ve PCA-2 %6.97 oranında bulundu.

Anahtar kelimeler: *Anatomi, Akkaraman koyunu, Anadolu yaban koyunu, Geometrik morfometri, Kafa kemiği*

Comparative Geometrical Morphometry on the Skull Bones of Anatolian Wild Sheep and Akkaraman Sheep

SUMMARY: Anatolian wild sheep (*Ovis gmelini anatolica* Valenciennes, 1856) is a subspecies of wild sheep that exist in small numbers and, recently, are only seen in the region of Bozdağ, Konya. Akkaraman sheep (*Ovis aries* Linnaeus, 1758) breed is localized, especially in the Central Anatolian region of Turkey. The aim of the present study was to compare the skull bones of Akkaraman sheep and Anatolian wild sheep by using the geometric morphometrics. The skull bones of the 15 (adult and female), Anatolian wild sheep and 11 (adult and female) Akkaraman sheep were used. For geometric morphometric analyses, the right half of the skull bones of both species and homologue landmarks, 13 units on the dorsal surface and 17 units on the ventral one, were used. Of the result of TPS (Thin-Plate Spline) analysis of homolog landmarks used on the skull bones in both species, some geometric morphometric differences were determined between the two species. On the head shapes, the PCA percentages, as determined by using the principal components analysis concept, were clearly explained the variations between the species. Of the dorsal surface of the skull bones, the respective values of PCA-1 and PCA-2 were 58.55% and 11.75%, while the corresponding values of the ventral surface were 65.93% and 6.97%, respectively.

Key words: *Anatomy, Akkaraman sheep, Anatolian wild sheep, Geometric morphometry, Skull bone*

GİRİŞ

Anadolu toprakları stratejik olarak tarih öncesi zamandan beri dünyadaki birçok medeniyetin kesişme yeridir. Coğrafi olarak da Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarının kavşak noktasıdır. Anadolu habitatı genellikle kendine has farklı hayvan ırklarını bünyesinde bulundurur ve zengin bir biyo-çeşitlilik gösterir. Jeolojik olarak Neolitik dönemde, insanların yaşam biçimlerinde dramatik çok büyük değişiklikler olmuştur. Dünyada koyun ve keçilerin evcilleştirilmesine, ilk defa M.Ö. 5000-9000 yılları arasında Yakın ve Orta-Doğuda sıklıkla rastlanılır. Dünyadaki bir çok hayvanın ilk evcilleştirme yerleri olarak, Türkiye'nin Çatal Höyük, Aşıklı Köyü, Aşvan Kale ve bunun yanında Mezopotamya bölgesine işaret edilir. Orta Anadolu'daki Çatalhöyük'te, yaklaşık 10.000 yıl öncesine ait ilkel yerleşim bölgelerinde, bazı hayvanların ilk defa evcilleştirilmesine yönelik önemli arkeolojik verilerin olduğu ileri sürülür (Payne, 1985; Martin ve Russell, 1997; Scherf, 2000; Pedrosa ve ark., 2005; Zeder, 2005; Zeder, 2006; Zeder ve ark., 2006; Meadows ve ark., 2007; Twiss ve ark., 2007; Zeder, 2008).

Yabani hayvanların insan eliyle evcilleştirme sürecinde, bu hayvanların genel baş ve vücut yapısında, zamanla bazı morfolojik ve anatomik değişiklikler gözlenebilir. Özellikle bu hayvanların boynuzları ve uzun kemiklerinin boyutlarında küçülme ve bunun yanında genel vücut yapılarında büyüme gözlenir. Neolitik dönemde, Avrupa'nın evcil ve yabani koyunları morfolojik olarak karşılaştırıldığında, ilgili hayvanların kemiklerinde ve yapağlarında bazı morfolojik değişiklikler oluşmuştur (Ryder, 1981; Zohary ve ark., 1998; Zeder, 2005; Marinis ve Aspera, 2006). Türkiye'deki

Anadolu yaban koyunu ve Akkaraman koyun ırklarının mandibula kemiklerinde de morfolojik ve geometrik morfometrik açıdan karşılaştırma yapıldığında, aralarında bazı morfolojik farklılıklar gözlenmiştir (Yalçın ve ark., 2009).

Anadolu yaban koyunu (*Ovis gmelini anatolica* Valenciennes, 1856), dünyada sadece Konya'nın Bozdağ çevresinde yaşayan bir türdür ve $2n=54$ kromozom sayısına sahiptir. Benzer şekilde dünyadaki tüm evcil koyunlarda aynı kromozom sayısına sahiptir. Ayrıca evcil koyunlardaki gibi Anadolu yaban koyunlarının da erkekleri boynuzlu, dişileri ise boynuzsuzdur. Günümüzde yapılan mt-DNA temelli çalışmalara göre, Anadolu yaban koyunlarının dünyadaki mevcut tüm evcil koyunların orijini veya atası olmasının kuvvetle muhtemel olduğu ileri sürülmektedir (Kaya, 1989; Hiendleder ve ark., 1998; Zohary ve ark., 1998; Hiendleder ve ark., 1999; Hiendleder ve ark., 2002; Bruford ve ark., 2003; Kırıkçı ve ark., 2003; Guo ve ark., 2005; Pedrosa ve ark., 2005; Zeder, 2006; Handley ve ark., 2007). Akkaraman koyun ırkı (*Ovis aries* Linnaeus, 1758) ise, Türkiye'nin Anadolu topraklarında, özellikle de Orta Anadolu'da yoğun olarak yetiştirilmekte ve mevcut koyun varlığının hemen hemen yarısını oluşturmaktadır. Bu koyun ırkı bölge şartlarına çok iyi uyum göstermiş bir türdür (Altıoğlu, 2007).

Geometrik morfometrik metot, iki boyutlu şekillere ait önceden belirlenen anatomik landmark noktalarının, x ve y düzlemindeki kartezyen koordinat sistemi üzerinde temellendirilmesine dayanan yeni bir morfometrik yöntemdir (Adams ve ark., 2006). Bu metot, son yıllarda anatomi, biyoloji, antropoloji, adli tip

gibi bilim disiplinlerinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Landmark temelli geometrik morfometrik analizle, biyolojik ve anatomik şekiller üzerinden önemli veriler elde etmek mümkündür. Anatomik şekiller üzerinde kullanılacak sayısallaştırılmış anatomik işaret noktalarının (landmarks) Thin-Plate Spline (TPS) analizinde, deformasyon grids yapıları üzerinden ayrıntılı ve karşılaştırmalı, biyo-morfolojik ve makro-anatomik farklılıklar belirgin bir biçimde ortaya konulabilir. Bu yöntemle güçlü istatistiksel işlemler sayesinde ilgili şekillere ait anatomik farklılıklar test edilebilir ve şekillerdeki morfolojik değişiklikler açık ve doğru bir şekilde ortaya konulabilir. Şekillerde kullanılan landmark sayısına bağlı olarak, ilgili rakamların boyutu çok fazla olabilir ve bunlar da bilinen istatistikî metotlarla daha az sayıya indirgenebilir. Elde edilen veriler üzerinden Temel Bileşenler Analizi (TBA) konsepti içerisinde; Principal Components Analiz (PCA) veya Relative Warps Analiz (RWA) yüzdeleri belirlenebilir. Relative warp, kısmi warp skorlarının temel bileşenine karşılık gelir. Sonuçta x-y koordinat ekseninde oluşan gruplaşmalar, benzerlik veya farklılıkları açık bir şekilde gösterir. Analizlerin sonucunda elde edilecek ilk iki bileşenin (PCA-1, PCA-2 veya RW-1, RW-2) toplamı, türler arasındaki total varyansın belirli bir yüzdesini açıklar (Bookstein, 1991; Rohlf ve Marcus, 1993; Marcus ve ark., 2000; Adams ve ark., 2004; Zelditch ve ark., 2004; Adams ve ark., 2006; Slice, 2007).

Anadolu yaban koyunları üzerinde oldukça az sayıda bazı morfolojik çalışmalar yapılmıştır (Taşbaş, 1983; Kaya, 1991; Dedeoğlu, 2001). Bunun yanında Yalçın ve ark. (2009) tarafından da, bu çalışmada bahsi geçen aynı iki tür arasında, sadece

altçene kemikleri üzerinde karşılaştırmalı geometrik morfometrik temelli bir çalışma mevcuttur. Ancak yukarıda bahsi geçen bu araştırma konularından başka, ilgili iki türün cranial kemik yapıları üzerinde daha detaylı herhangi bir morfolojik veya geometrik morfometrik temelli çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada Türkiye'deki Anadolu yaban koyunu ve Akkaraman koyunlarının kafa kemiklerinin geometrik morfometrik yönden karşılaştırılması hedeflenmektedir. Böylece yapılacak bu çalışmada iki türün yaşadıkları benzer coğrafyada ve evcilleştirme sürecinde, aralarında muhtemel bazı morfolojik farklılıkların yada benzerliklerin olup olmadığı belirlenmeye çalışılacaktır.

MATERYAL ve METOT

Öncelikle klasik maserasyon işlemleriyle her iki alttürün kafa kemikleri temizlendi. Araştırmada 15 adet Anadolu yaban koyununa (*Ovis gmelini anatolica*) ait kafa kemiği (ergin ve dişi) kullanıldı. Bu örnekler Konya'nın Bozdağ Yaban Hayatı Koruma Sahası'ndaki bölgeden çeşitli sebeplerle ölmüş ve Doğa Koruma ve Milli Parklar Müdürlüğü, Çevre ve Orman Bakanlığınca kayıt altına alınan (Kod: TR42: 01-15) hayvanlardan elde edildi. Çalışmada 11 adet Akkaraman koyunu (*Ovis aries*)'nun kafa kemikleri de (ergin ve dişi) Konya ve çevre ilçelerden Konet mezbahasına getirilen koyunlardan elde edildi.

Her iki koyun türünün kafa kemiklerinin geometrik morfometrik analizi için, ilgili örneklerin görüntüleri dorsal ve ventral yönlü olarak dijital fotoğraf makinesiyle (SONY DSC-H9) alındı. Daha sonra bu sayısal görüntüler analiz için bilgisayar ortamına aktarıldı ve JPEG formatında kaydedildi. Takiben geometrik

morfometrik analiz için bilinen 4 adımlık işlem uygulandı (Bookstein, 1991; Rohlf ve Marcus, 1993; Adams ve ark., 2004; Zelditch ve ark., 2004; Slice, 2007): **1. Şekiller üzerindeki landmarkların tespit edilmesi:** Her iki türe ait tüm kafa örneklerinin sağ tarafının dorsal yüzünde 13 adet (Şekil 1/A,B), ventral yüzünde ise 17 adet (Şekil 1/C,D) homolog landmark Tps Dig v.2.12 (TpsDig2 2008) yazılımıyla belirlendi. **2. Genel Procrustes Analiz (GPA) ile süperimpozisyon, translasyon, rotasyon ve skala işlemleri:** Tüm örnekler üzerinde GPA uygulanarak, kafa örneklerine ait şekillerden kaynaklanan farklılıklar uzaklaştırıldı (bu işlemler hem dorsal hem de ventral yönlü kafa kemikleri üzerinde her iki tür için ayrı ayrı uygulandı).

3. İstatiksel analiz: X-Y koordinat ekseninde bilinen veri sınırları içinde değer tahminleri yapıldı. Şekiller üzerinde Temel Bileşenler Analizi-TBA (Principal Components Analysis-PCA) uygulandı. İlk iki bileşen ait PCA yüzdeleri belirlenerek, türler arasındaki kümeleşmeler koordinat ekseninde gözlendi (Şekil 2/A,B). Bu işlemler PAST v.1.91 (Hammer ve Harper, 2009) yazılımıyla belirlendi.

4. Thin-Plate Spline (TPS) analiz ve sonuçların grafiksel sunumu: Türler arasındaki ortalama şekil farklılıkları veya bireyler arasındaki sapmalar TPS analizle tespit edildi. Gridler üzerindeki landmarkların her bir türe ait oluşturduğu homojen şekil değişiklikleri belirlendi. TPS fonksiyonuyla her iki türe ait deformatik ağ veya ızgara yapıları (deformation grids) ortaya çıkarılarak her bir tür karşılaştırıldı (Şekil 3/A,C; 4/A,C). Ayrıca örneklerdeki landmarkların vektörel hareket yönleri de karşılaştırıldı (Şekil 3/ B,D; 4/B,D). Bu işlemler Tps Relw v.1.46 (TpsRelw

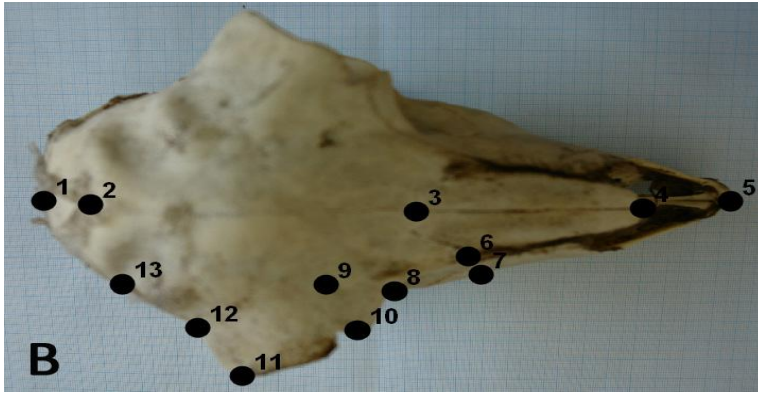
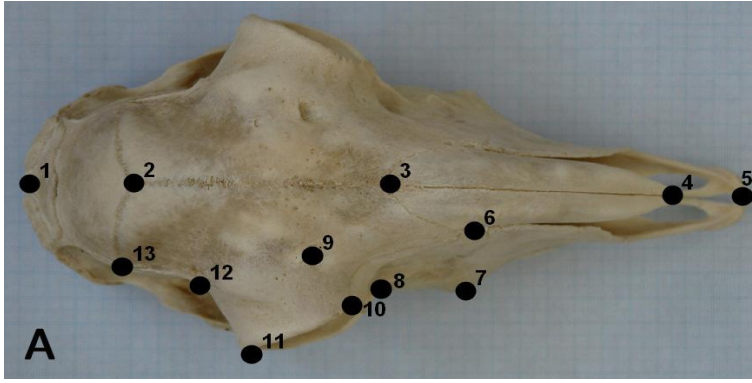
2008) yazılımıyla yapıldı. Bu araştırmadaki anatomik terimlerin yazımında NAV (2005) ve biyolojik terimlerin yazımında ise ICZN (1999) kullanıldı.

BULGULAR

Anadolu yaban koyunları (*Ovis gmelini anatolica*) ve Akkaraman koyunlarının (*Ovis aries*) kafa kemikleri genel olarak ilk bakışta morfolojik olarak çok benzemektedir. Ancak her iki türün dorsal yönlü kafa kemikleri üzerinde 13 adet ve ventral yönlü kafa kemiklerinde 17 adet homolog landmark içeren şekiller üzerinde (Şekil 1/A,B,C,D) geometrik morfometrik açıdan belirgin farklılıklar tespit edildi. Araştırmada hem dorsal hem de ventral yönlü kafa kemiklerinde, her iki türün kartezyen koordinat düzlemindeki PCA (Principal Components Analysis) analiz sonuçlarıyla ilgili türlerin ayrışmaları, sağ (*O. g. anatolica*) ve sol ekseninde (*O. aries*) belirgin bir şekilde gözlendi (Şekil 2/A,B). Bunun yanında TPS (Thin-Plate Spline) analiz sonucu deformatik grid yapılarındaki homojen transformasyonlar ve vektörel yönelimlerdeki farklılıklar da oldukça belirgindi (Şekil 3/A,B,C,D; 4/A,B,C,D).

Dorsal Yüzün Analizi

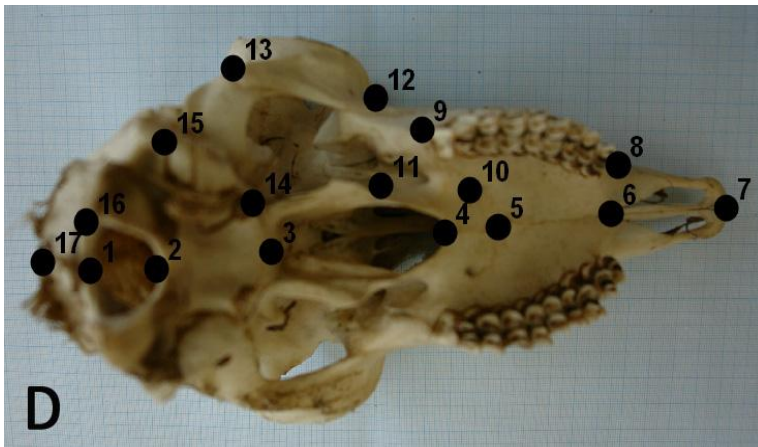
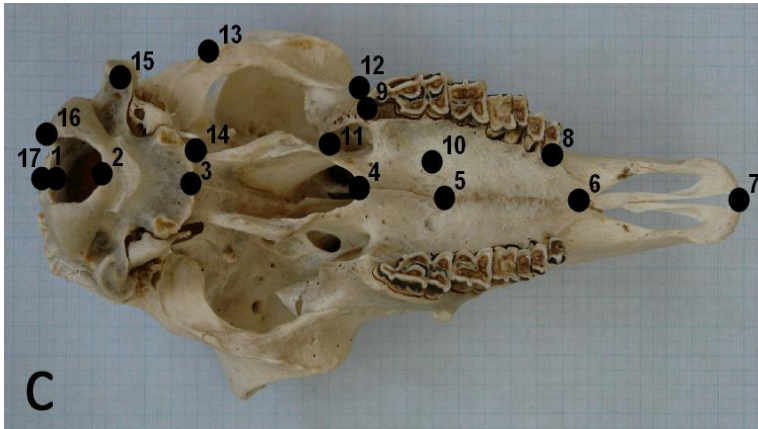
Her iki türün dorsal yönlü kafa kemiklerinin temel bileşenler analizinde (Principal Component Analysis), ilk iki bileşen değeri PCA-1 %58.55 ve PCA-2 %11.75 olarak bulundu. Dorsal yönlü kafa kemiklerinde PCA yüzdelerinin toplamda türler arasındaki farklılıkların %70.3'ünü açıkladığı belirlendi.



Şekil 1A. ve 1B. Her iki türün dorsal yönlü kafa kemiğinin sağ yarımında kullanılan 13 adet landmark. **A.** Akkaraman koyunu (*Ovis aries*), **B.** Anadolu yaban koyunu (*Ovis gmelini anatolica*).

Figure 1A. and 1B. 13 Thirteen units of homologous landmarks used on the right half of the dorsal surface of the skull bones of both species. **A.** Akkaraman sheep (*Ovis aries*), **B.** Anatolian wild sheep (*Ovis gmelini anatolica*).

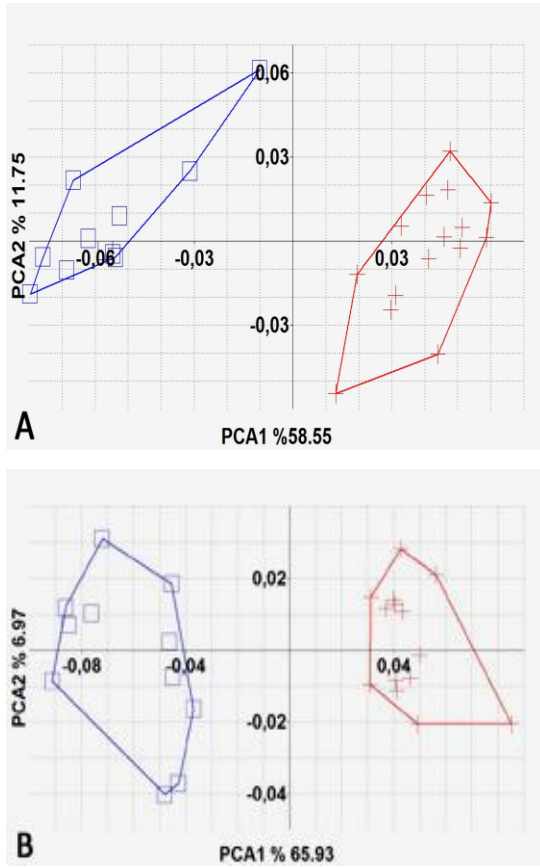
1. Protuberantia occipitalis externa düzeyi.
2. Sutura coronalis ve sutura interfrontalis'in birleşme düzeyi.
3. Sutura interfrontalis, sutura internasalis ve sutura frontonasalis'in birleşme noktası.
4. Sutura internasalis'in anterior uç noktası.
5. Fissura interincisiva'nın anterior uç noktası.
6. Fissura nasomaxillaris düzeyi.
7. Tuber faciale'nin uç noktası
8. Margo supraorbitalis'in antero-ventral düzeyi.
9. Canalis supraorbitalis düzeyi.
10. Sutura frontolacrimalis'in margo supraorbitalis'teki postero-lateral sonlanma düzeyi.
11. Margo supraorbitalis'in postero-ventral köşe noktası düzeyi.
12. Os frontale'nin processus zygomaticus'unun postero-medial köşe noktası.
13. Linea temporalis ile sutura coronalis'in birleşme düzeyi.



Şekil 1C. ve 1D. Her iki türün ventral yönlü kafa kemiğinin sağ yarımında kullanılan 17 adet homolog landmark. **C.** Akkaraman koyunu (*Ovis aries*), **D.** Anadolu yaban koyunu (*Ovis gmelini anatolica*).

Figure 1C. and 1D. Seventeen units of homologous landmarks used on the right half of the ventral surface of the skull bones of both species. **C.** Akkaraman sheep (*Ovis aries*), **D.** Anatolian wild sheep (*Ovis gmelini anatolica*).

1. Foramen magnum'un posterior kenarının orta uç noktası.
2. Foramen magnum'un anterior kenarının orta uç noktası.
3. Synchondrosis sphenoccipitalis'in ortası düzeyi.
4. Sutura palatina mediana'nın posterior sonlanma noktası.
5. Sutura palatina transversa ile sutura palatina mediana'nın birleşme düzeyi.
6. Sutura palatina mediana'nın anterior sonlanma düzeyi.
7. Fissura interincisiva'nın anterior uç noktasının ortası düzeyi.
8. Premolar II. dişe ait margo alveolaris'in antero-ventral köşe noktası.
9. Molar III. dişe ait margo alveolaris'in postero-ventral köşe noktası.
10. Foramen palatinum majus noktası.
11. Foramen sphenopalatinum'un ortası düzeyi.
12. Margo supraorbitalis ve margo infraorbitalis'in anterior yönlü birleşme düzeyi.
13. Arcus zygomaticus'un processus temporalis'inin posterior uç noktası.
14. Foramen ovale düzeyi.
15. Processus paracondylaris'in uç noktası.
16. Condylus occipitalis'in medial köşe noktası.
17. Protuberantia occipitalis externa düzeyi.



Şekil 2. Her iki türe ait tüm kafa kemiklerinin sağ yarımınının PCA grafiği ve türlerin kartezyen koordinat sistemindeki lokalizasyonları.

A. Dorsal yüz: PCA-1 %58.55, PCA-2 %11.75.

B. Ventral yüz: PCA-1 %65.93 ve PCA-2 %6.97.

□ Akkaraman koyunu (*Ovis aries*), + Anadolu yaban koyunu (*Ovis gmelini anatolica*).

Figure 2. PCA graphics of the right half of all the skull bones of both species and localizations in cartesian coordinate system of the species.

A. Dorsal surface: PCA-1 58.55%, PCA-2 11.75%.

B. Ventral surface: PCA-1 65.93% and PCA-2 6.97%.

□ Akkaraman sheep (*Ovis aries*), + Anatolian wild sheep (*Ovis gmelini anatolica*).

Akkaraman koyunu örneklerinin eksenin solunda, Anadolu yaban koyunu örneklerinin ise eksenin sağında toplandığı gözlemlendi (Şekil 2/A).

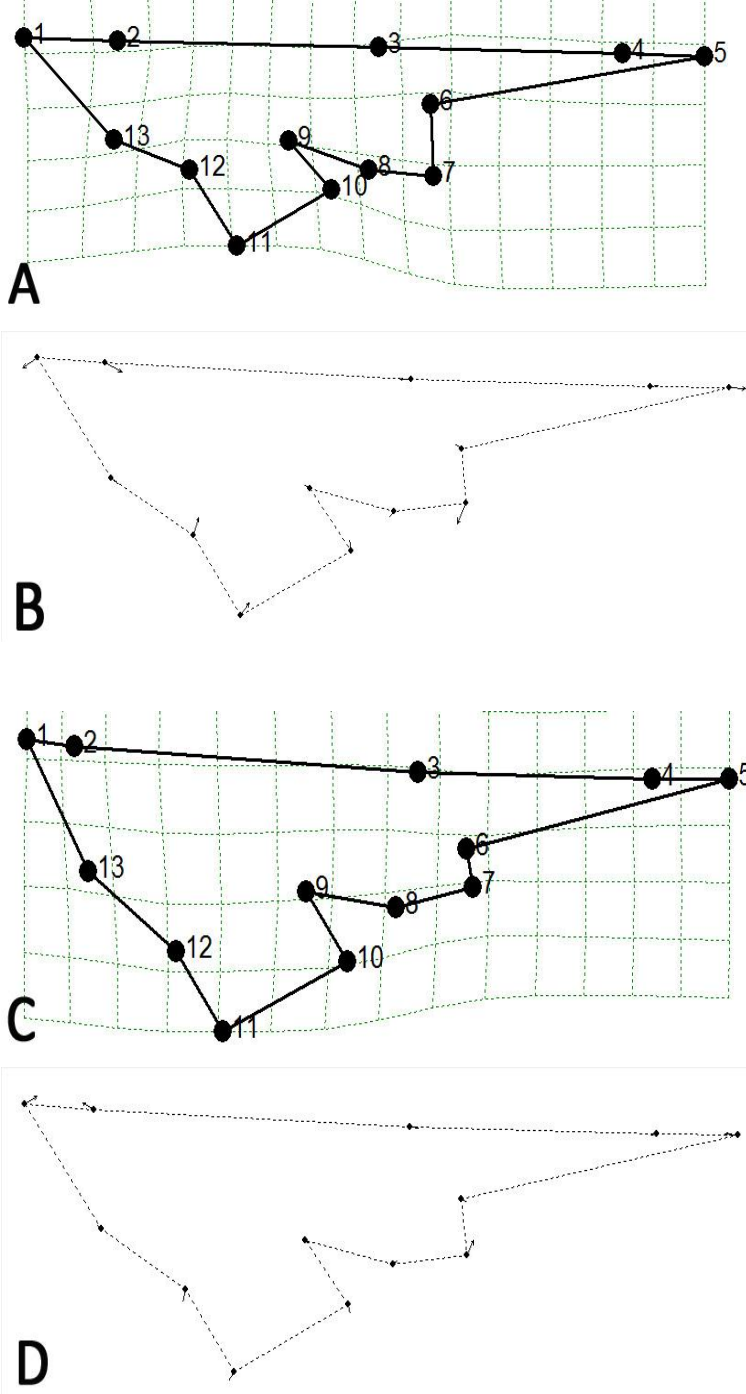
TPS analiz sonucu, Akkaraman koyununa ait kafa örneklerinin ventral yüzündeki 1 nolu landmark postero-ventral yönlü, 2 nolu landmark antero-ventral yönlüydü. Ancak Anadolu yaban koyunu örneklerinde ise, 1 nolu homolog landmark antero-dorsal, 2 nolu landmark postero-dorsal yönlüydü. 3 nolu landmark Akkaraman koyununda posterior, yabani koyun türünde ise anterior pozisyondaydı. 4 ve 5 nolu landmarklar evcil koyunlarda anterior yönlü olmasına karşın, yabani formlarda posterior durumdaydı. 6 ve 9 nolu landmarklar Akkaraman koyununda hafifçe postero-dorsal yönlü olmasına karşın, yabani koyunlarında bu noktalar antero-ventral yönlüydü. 7 ve 8 nolu anatomik landmarklar, evcil koyun örneklerinde postero-ventral yönlü olmasına karşın, yabani koyunlarda antero-dorsal yönlüydü. 10 nolu nirengi noktası, Akkaraman koyunu örneklerinde hafifçe dorsal, Anadolu yaban koyunu örneklerinde antero-ventral yöndeydi. 11 ve 12 numaralı homolog landmarklar düzeyi, evcil formlarda antero-dorsal yönlü, yabani formlarda postero-ventral yönlüydü. 13 numaralı landmark noktası ise evcil koyunlarda yabani formlarına nazaran biraz daha antero-ventral yönlüydü. Tüm bunların yanında dorsal yönlü şekillerdeki TPS grafikte; Akkaraman koyununda 1 ve 2 nolu landmarklar arasındaki mesafe, Anadolu yaban koyunu örneklerine nazaran daha uzundu. Benzer şekilde 6 ve 7 nolu anatomik noktalar arasındaki mesafe de Anadolu yaban koyunu örneklerinde daha kısaydı. Bunun yanında ayrıca 7 ve 8, 8 ve 10 ile 12 ve 13 nolu homolog landmarklar arasındaki mesafeler Akkaraman koyunu örneklerinde daha kısaydı. Her iki tür için tüm bu sonuçlar, hem TPS

grafikler (Şekil 3/A,C), hem de vektörel grafiklerde (Şekil 3/B,D) belirgin bir şekilde gözlemlendi.

Ventral Yüzün Analizi

Her iki koyun türünün ventral yönlü kafa kemiklerinin temel bileşenler analizinde; ilk iki bileşenden PCA-1'in %65.93 ve PCA-2'nin %6.97

olduğu hesaplandı ve PCA yüzdelerinin toplamda türler arasındaki varyasyonun %72.9'unu açıkladığı tespit edildi. Akkaraman koyunu örnekleri eksenin solunda, Anadolu yaban koyunu örnekleri ise eksenin sağ tarafında lokalize olduğu gözlemlendi (Şekil 2/B).



Şekil 3. Her iki türün dorsal yönlü kafa kemiklerinin sağ yarımının TPS analizi ve ortaya çıkan deformasyon grid yapıları ve tüm landmarkların vektörel yönleri.

A. ve **B.** Akkaraman koyunu (*Ovis aries*),

C. ve **D.** Anadolu yaban koyunu (*Ovis gmelini anatolica*).

Figure 3. TPS analyses of the right half of dorsal surface of the skull bones of both species and emergent deformation grid structures and vectorial sides of all the landmarks.

A. and **B.** Akkaraman sheep (*Ovis aries*)

C. and **D.** Anatolian wild sheep (*Ovis gmelini anatolica*).

Akkaraman koyununa ait kafa örneklerinin ventral yüzünün TPS grafiklerinde; 1 nolu landmark antero-dorsal, 2 nolu dorsal, 3 ve 4 nolu homolog noktalar postero-dorsal yönlüydü. Buna karşın Anadolu yaban koyunlarının ventral yönlü kafa kemiklerinde ise; 1 nolu landmark postero-ventral, 2 nolu antero-ventral, 3 ve 4 nolu landmarklar ise anterior yönlüydü. 6 ve 7 nolu anatomik nirengi noktaları evcil koyunlarda anterior yönlü olmasına karşın, yabani koyunlarda posterior yönlüydü. 8 nolu homolog landmark evcil formlarda daha postero-dorsal pozisyondaydı. 9 ve 11 nolu landmarklar evcil koyunlarda postero-ventral durumda olmasına karşın, diğer koyun türünde antero-dorsal yönlüydüler. 12 ve 13 numaralı nirengi noktaları Akkaraman koyununda ventral, yaban koyununda ise dorsal yönde idi. 14 nolu anatomik referans noktası ise evcil formlarda posterior, yabani formlarda ise tam tersine anterior pozisyondaydı. Akkaraman koyununda 15 numaralı nokta antero-ventral, 17 nolu nokta anterior yönlü olmasına karşın, Anadolu yaban koyunlarında aynı 15 nolu landmark postero-dorsal, 17 nolu landmark ise posterior yönlüydü (Şekil 4/A,B,C,D).

Tüm bunların yanında kafa kemiklerinin ventral yüzündeki 5, 10 ve 16 nolu landmarkların her iki tür için benzer özellikler gösterdiği tespit edildi. Ventral yönlü kafa şekillerindeki TPS grafikte; Akkaraman koyununda 9 ve 12 ile 1 ve 17 nolu anatomik referans noktaları arasındaki mesafeler daha kısaydı. Buna karşın 7 ve 8 ile 4 ve 5 nolu nirengi noktalarındaki morfometrik mesafeler, Anadolu yaban koyununda daha kısaydı. Tüm bu sonuçlar hem TPS (Şekil 4/A,C), hem de vektörel grafiklerde (Şekil 4/B,D) açıkça gözlemlendi.

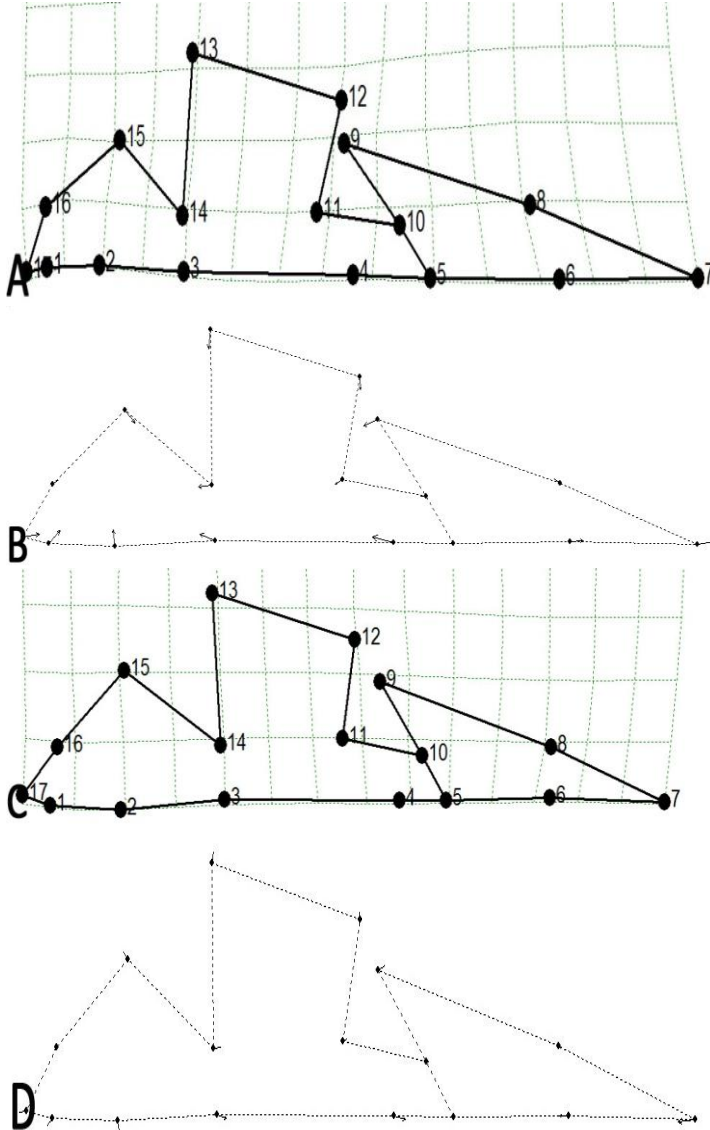
TARTIŞMA

Dünyada yapılan zoo-arkeolojik çalışmalara göre, çiftlik hayvanlarının evcilleştirme merkezleri olarak, genelde Orta-Doğu, Güney-Batı Asya ve Doğu Asya bölgeleri üzerinde durulmuştur (Perkins, 1973; Ryder, 1981; Davis, 1993, Bruford ve ark., 2003; Tapio, 2006; Zeder, 2006, Zeder ve ark., 2006; Zeder, 2008). Koyun ve keçilerin yabani formlarının evcilleştirilmesiyle beraber, bu hayvanların genel yapıları üzerinde dramatik olarak zamanla bazı genel morfolojik özelliklerinin değişmesinin yanında, cranial kemiklerin morfolojileri açısından da önemli makro-anatomik değişikliklerin olduğu bildirilmiştir (Schaffer ve Reed, 1972). Paralel olarak Zeder (2006) de, çiftlik hayvanlarının evcilleştirme safhalarında bazı morfolojik değişikliklere uğradığını vurgulamıştır.

Aynı çalışmada ilgili hayvanların özellikle dişlerinin küçülmesi ve sayılarının değişmesi, burunlarının kısılması, beyin hacminin azalması, boynuz ve kürk yapılarındaki bazı kısmi değişiklikler de not edilmiştir. Taşbaş (1983) da, Anadolu yaban koyunları ile Karaman koyunlarının karşılaştırmalı osteolojik (ossa trunci) çalışmasında; cervical ve caudal vertebrae'lar ile sternum düzeyinde kısmi bazı anatomik farklılıklara işaret etmiştir. Öte yandan aynı çalışmada, her iki türün tüm omurlarına ait sayıların ise benzer olduğu belirtilmiştir. Genel olarak bu hayvanların evcilleştirme süreçleri dikkate alındığında, araştırmadaki evcil ve yabani koyun türlerinin hem dorsal hemde ventral yüzdeki kafa kemiklerine ait belirlenen landmarklar düzeylerindeki morfolojik farklılıklar belirgin olarak gözlemlenmiştir.

Kaya ve Çelik (2008), evcil koyunlarla Anadolu yaban koyunlarının baş iskeleti ve diş alveolleri açısından aralarında önemli ve belirgin farklılıkların olmadığını bildirmelerine karşın, bu çalışmada iki türe ait kafa kemiklerinde kısmi anatomik benzerliklerin yanında, önemli bazı geometrik morfometrik farklılıkların da olduğu tespit edilmiştir. Yalçın ve ark. (2009) tarafından da, bu çalışmada bahsi geçen aynı koyun türlerinin her iki çene kemiğinin ilk bakışta oldukça benzer gözükse de, geometrik morfometrik analizinde aralarında belirgin farklılıkların olduğu bildirilmiştir. Yalçın ve ark. (2009) özellikle en

belirgin olarak; M^3 (molar) dişin postero-ventral köşesi, incisura vasorum facialium ve dorsal ile ventral masseterik çizgilerinin anterior yönlü birleşme düzeylerindeki homolog landmarkların türler arasında gösterdiği geometrik morfometrik farklılıklara dikkat çekmişlerdir. Aynı çalışmada her iki türün lateral yönlü mandibula'ları üzerinde karşılıklı 10'ar adet homolog landmark kullanılarak uygulanan relative warp analizinde; RW1 %56.46 ve RW2%11.40 olarak bulunmuştur. RW değerlerinin toplamda türler arasındaki farklılıkların %67.86'sını açıkladığı ifade edilmiştir.



Şekil 4. Her iki türün ventral yönlü kafa kemiklerinin sağ yarımının TPS analizi ve ortaya çıkan deformasyon grid yapıları ve tüm landmarkların vektörel yönleri.

A. ve B. Akkaraman koyunu (*Ovis aries*),

C. ve D. Anadolu yaban koyunu (*Ovis gmelini anatolica*).

Figure 4. TPS analyses of the right half of ventral surface of the skull bones of both species and emergent deformation grid structures and vectorial sides of all the landmarks.

A. and B. Akkaraman sheep (*Ovis aries*)

C. and D. Anatolian wild sheep (*Ovis gmelini anatolica*).

Bu çalışmada da Anadolu yaban koyunu ve Akkaraman koyunlarının kafa kemiklerinin temel bileşenler analizinde, PCA değerlerinin toplamda, dorsal yüzde %70.3 oranında, ventral yüzde ise %72.9 oranında türler arasındaki geometrik morfometrik farklılıkları açıkladığı tespit edilmiştir. Ayrıca her iki koyunun tür bazında, eksen üzerindeki kutuplaşmaları da açıkça gözlenmiştir.

Araştırmada iki tür arasında elde edilen geometrik morfometrik farklılıkların sebebi, yabancı koyunların geçirdikleri evcilleştirme süreci ve bu süreçteki farklı beslenme ve çevre koşulları olabilir. Evcil koyunların mera ve çayır otları yanında; saman, kesif vb. yemlerle de beslendiği bildirilmiştir (Çoşkun ve ark., 1997). Öte yandan, Anadolu yaban koyunları buldukları ekosistem içerisinde step bitki örtüsüne sahip habitat ortamına iyi uyum sağlamışlardır ve bu türün farklı buğdaygil, baklagil vb. bitki türleriyle beslendiği ileri sürülmüştür (Kaya ve Çelik, 2008).

Sonuç olarak, normalde morfolojik açıdan her iki türün kafa kemiklerini ilk bakışta ayırt edebilmek güç olabilir. Ancak bu çalışmada her iki türün kafa kemikleri arasındaki morfolojik farklılıklar, geometrik morfometrik analizle karşılaştırmalı olarak açıkça ortaya konmuştur. Her iki tür coğrafi olarak da evcilleştirmenin ana merkezinde olması sebebiyle bu veri sonuçları önemli olabilir. Zeder (2005) koyunlardaki evcilleştirmenin kanıtları açısından, bu hayvanlarda gözlenmesi muhtemel bazı morfolojik değişikliklerin, aynı coğrafyada bizzat evcilleştirmelerin merkezinde yaşayan hayvanlarda daha kolay bir şekilde belirlenmesinin kuvvetle muhtemel olduğunu ileri sürmüştür. Nitekim, bu çalışmada da, coğrafi olarak İç Anadolu bölgesinin merkezindeki evcil

ve yabancı koyun ırk formları seçilmiştir. Evcil hayvanların, yabancı formlarına göre daha farklı morfolojik özelliklere sahip olması; insanların tarih boyunca gösterdikleri coğrafi göç, iklim değişiklikleri, beslenme farklılıkları, insan eliyle yapay seleksiyon, aralarındaki tür farklılıkları vb. nedenlerden ileri gelebilir. Bu çalışmada ki Anadolu yaban koyunu ve Akkaraman koyunlarının kafa kemiklerinin yanında, diğer farklı osteolojik yapıları üzerinde de aynı geometrik morfometrik yöntem kullanılarak benzer sonuç verileri bulunabilir ve test edilebilir. Bu yeni veriler, aynı zamanda bu türler üzerinde ileride yapılması muhtemel bazı zoolojik, arkeolojik, anatomik vb. çalışmalara da önemli katkılar sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Adams DC., Slice DE., Rohlf FJ. 2004. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the 'revolution'. *Ital. J. Zool.*, 71, 5-16.
- Adams DC., Slice DE., Rohlf FJ. 2006. The Geometric Morphometrics Workshop. 12-16 June, Dep. Biology, METU, Ankara, Turkey.
- Altıoğlu A. 2007. Adana İli Tufanbeyli İlçesi Köylerinde Koyun Yetiştiriciliğinin Karakterizasyonu. Y. Lisans Tezi, Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst., Adana.
- Bookstein FL. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data*. Cambrid Univ. Pres., Cambridge, UK.
- Bruford MW., Bradley DG., Luikart G. 2003. DNA markers reveal the complexity of livestock domestication. *Nat. Rev. Genet.*, 4, 900-910.
- Çoşkun B., Şeker E., İnal F. 1997. *Yemler ve Teknolojisi*. Selçuk Üniv. Vet. Fak. Yay., Konya.

- Davis SJM. 1993. The zoo-archaeology of sheep and goat in Mesopotamia. Reprinted from: Bulletin on Sumerian Agriculture, 1-7.
- Dedeoğlu Ö. 2001. Anadolu Yaban Koyunu (*Ovis orientalis anatolica*) ile Evcil Koyunların (*Ovis aries*) Baş İskeleti ve Diş Yapılarının Karşılaştırılması. Y. Lisans Tezi, Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Konya.
- Guo J., Du LX., Ma YH., Guan WJ., Li HB., Zhao QJ., Li X., Rao SQ. 2005. A novel maternal lineage revealed in sheep (*Ovis aries*). Anim. Genet. 36, 331-336.
- Hammer Q., Harper DAT., 2009. PAST Analyses of Extant and Fossil Hominoid, v.1.94, Palaeontological Statistics, Oslo.
- Handley L.J.L., Byrne K., Santucci F., Townsend S., Taylor M., Bruford MW., Hewitt GM. 2007. Genetic structure of European sheep breeds. Heredity, 99, 620-631.
- Hiendleder S., Kaupe B., Wassmuth R., Janke A. 2002. Molecular analysis of wild and domestic sheep questions current nomenclature and provides evidence for domestication from two different subspecies. Proc. Biol. Sci., 269, 893-904.
- Hiendleder S., Mainz K., Plante Y., Lewalski H. 1998. Analysis of mitochondrial DNA indicates that domestic sheep are derived from two different ancestral maternal sources: no evidence for contributions from Urial and Argali sheep. J. Hered., 89, 113-120.
- Hiendleder S., Phua SH., Hecht W. 1999. A diagnostic assay discriminating between two major *Ovis aries* mitochondrial DNA haplogroups. Anim. Gen., 269, 893-904.
- ICZN. 1999. International Code of Zoological Nomenclature, International Commission on Zoological Nomenclature. 4th Edn., Pub. by the Ed Com the Natural History Museum, Cromwell Road, L Cromwell Road, London SW7 5BD, UK.
- Kaya MA. 1989. Bozdağ (Konya)'da Yaşayan Anadolu Yaban Koyunu, *Ovis orientalis anatolica* (Mammalia: Artiodactyla)'nın Biyolojisi. Doktora Tezi, Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Konya.
- Kaya MA. 1991. Bozdağ'da yaşayan Anadolu yaban koyununun morfolojisi, ağırlık artışı, boynuz ve diş gelişimi. J. Zool., 15, 135-149.
- Kaya MA., Çelik M. 2008. Bozkırın Cerenleri, Anadolu Yaban Koyunları (*Ovis gmelini anatolica*). İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Konya Postası, Konya.
- Kırıkçı K., Zamani A., Durakbaşı G. 2003. Konya yaban koyununun (*Ovis orientalis Spp.*) kromozomları üzerinde bir çalışma. Turk. J. Vet. Anim. Sci., 27, 281-283.
- Marcus LF., Hingst-Zaher E., Zaher H. 2000. Application of landmark morphometrics to skulls representing the orders of living mammals. Hystrix, 11, 27-47.
- Marinis AMD., Asprea A. 2006. How did domestication change the hair morphology in sheep and goats? Hum. Evol., 21, 139-149.
- Martin LA., Russell N. 1997. Surface material: Animal bone and worked bone. In "On the Surface: Çatalhöyük 1993-95", Ed., I Hodder, Cambridge/London: McDonald Institute & British Institute of Archaeology in Ankara.
- Meadows JRS., Cemal I., Karaca O., Gootwine E., Kijas JW. 2007. Five ovine mitochondrial lineages identified from sheep breeds of the Near East. Genetics, 175, 1371-1379.
- NAV. 2005. Nomina Anatomica Veterinaria, International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. 5th Edn., Pub. by the Ed. Com. Hannover, Columbia, Gent, Sapparo, USA.
- Payne S. 1985. Animal bones from Aşikli Höyük. J. Anatolian Studies, 35, 109-122.

- Pedrosa S., Uzun M., Arranz J., Gutiérrez-Gil B., Primitivo FS., Bayón Y. 2005. Evidence of three maternal lineages in Near Eastern sheep supporting multiple domestication events. *Proc. Biol. Sci.*, 272, 2211-2217.
- Perkins Jr D. 1973. The beginnings of animal domestication in the Near East. *Amer. J. Archaeol.*, 77, 279-282.
- Rohlf FJ., Marcus LF. 1993. A revolution in morphometrics. *Trends Ecol. Evol.*, 8, 129-132.
- Ryder ML. 1981. A survey of European primitive breeds of sheep. *Ann. Genet. Sel. Anim.*, 13, 381-418.
- Schaffer WM., Reed CA. 1972. The coevolution of social behavior and cranial morphology in sheep and goats (Bovidae, Caprini). *Field Zool.*, 61,1-88.
- Scherf B. 2000. World Watch List for Domestic Animal Diversity. 3rd Edn., Pub. FAO, Rome.
- Slice DE. 2007. Geometric morphometrics. *Ann. Rev. Anthropol.*, 36, 261-281.
- Tapio M. 2006. Origin and Maintenance of Genetic Diversity in Northern European Sheep. *Acta Univ. Oul A* 473, Thesis, Oul Univ Press, A Scientiae Reru Naturalium, Oulu, Finland.
- Taşbaş M. 1983. Yaban koyunu (*Mufon-Ovis orientalis anatolica*) ile yerli Karaman koyununun iskelet kemikleri üzerinde karşılaştırmalı makro-anatomik araştırmalar. Bölüm: I Ossa Trunci. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 30, 368-388.
- Twiss K., Demireği A., Russell N., Martin L., Frame S., Pawłowska K. et al. 2007. Çatalhöyük Research Project Cultural and Environmental Materials Reports, Çatalhöyük Animal Bones
- Çatalhöyük 2007. Archive Report, Konya.
- TpsDig. 2008. V.2.12 by F. James Rohlf, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.
- TpsRel. 2008. V.1.46 by F. James Rohlf, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.
- Yalçın H., Kaya MA., Arslan A. 2009. Comparative geometric morphometrics on the mandibles of Anatolian wild sheep (*Ovis gmelini anatolica*) and Akkaraman sheep (*Ovis aries*). *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg.*, (Baskıda, KVFD-2009-385.REV-1).
- Zeder MA. 2005. A view from the Zagros: New perspectives on livestock domestication in the fertile crescent. In "The First Steps of Animal Domestication. New Archaeological Approaches", Eds., JD Vigne, J Peters, D Helmer, Oxbow Books, Oxford, UK.
- Zeder MA. 2006. Central questions in the domestication of plants and animals. *Evol. Anthropol.*, 15, 105-117.
- Zeder MA. 2008. Domestication and early agriculture in the mediterranean basin: Origins, diffusion, and impact. *PNAS*, 105:11597-11604.
- Zeder MA., Emshwiller E., Smith BD., Bradley DG. 2006. Documenting domestication: The intersection of genetics and archaeology. *Trends Genet.*, 22, 139-155.
- Zelditch M., Swiderski D., Sheets DH. 2004. *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer*. Elsevier, Academic Press, USA.
- Zohary D., Tchernov E., Horwitz LK. 1998. The role of unconscious selection in the domestication of sheep and goats. *J. Zool. Lond.*, 245, 129-135.

✉ **Yazışma Adresi:**

Doç. Dr. Hakan YALÇIN
Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi,
Anatomi Anabilim Dalı, Kampüs, KONYA
Tel: 0332.2233620
e-posta: hakanyalcin@selcuk.edu.tr