

**AĞAÇ, YER SİNCABI ve RATIN
MANDIBULA'SI ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRMALI
MAKRO-ANATOMİK, MEKANİK ve
GEOMETRİK MORFOMETRİK ÇALIŞMA**

Hakan Yalçın¹@

Seyit Ali Kayış²

Atilla Arslan³

**A Comparative Macro-Anatomic, Mechanical and Geometric Morphometrics Study
on Tree and Ground Squirrel and Rat**

Özet: Bu çalışma karşılaştırmalı olarak üç tür rodent (kemirici) üzerinde yapıldı. On adet ergin ağaç sincabı (*Sciurus anomalus*, 5 erkek, 5 dişi), on adet ergin yer sincabı (*Spermophilus xanthopyrmnus*, 4 erkek, 6 dişi) ve on adette 60 günlük Rat-Sprague Dawley (*Rattus norvegicus*, 5 erkek, 5 dişi) kullanıldı. Çalışma içinde sağ mandibula'ların (çene kemikleri) lateral yüzleri kullanıldı. Araştırmadaki ağaç, yer sincabı ve ratın mandibula'ları "makro-anatomik" olarak karşılaştırıldı. Ratlar, sincaplarla kıyaslandığında en belirgin olarak; lateral yüzde incisura mandibula'nın rostro-ventralinde kemiksel bir çıkıntı mevcuttu ve proc. coronoideus daha kısa ve düzdü. Medial yüzdeki fossa pterygoidea oluşumu yer sincaplarında daha derin, ratta ise daha sığdı. Memelilerden farklı olarak her üç türde de fossa masseterica'yı dorsal ve ventral olarak sınırlayan masseterik çizgiler mevcuttu. Çene kemiği üzerinden alınan bazı metrik ölçümler bakımından (Sd, Sv, Ad, Td), yer sincabı ve rat çok benzerdi. Ayrıca üç türe ait mandibula kemiğindeki çığneme kaslarının "mekanik avantajları" hesaplandı. Genelde ağaç sincabındaki çene kaslarının mekanik avantajları, yer sincaplarından yüksek bulundu. Buna karşın ağaç sincabı, ratla karşılaştırıldığında sadece iki çene kasının (Sd, Sv) yüksek, bir kasın (Ad) düşük, diğer iki kasın (Tv, Td) ise benzer mekanik avantajlara sahip oldukları belirlendi. Ratlar ise yer sincapları ile kıyaslandığında, genelde çene kaslarının mekanik avantajı (Sd, Ad, Tv) yüksekti veya bazıları (Sv, Td) benzerdi. M. temporalis'in dorsal fibrilleri (Td)'nin mekanik avantajı ise her üç türde de aynıydı. Bu çalışmada üç kemirgen türüne ait mandibula şekilleri "Geometrik Morfometrik" metoduyla tür ve cinsiyet farklılığı bakımından da karşılaştırıldı. Bu amaçla çene kemiğinde 16 adet homolog landmark noktası tespit edildi. Elde edilen şekillere ait veriler Geometrik Morfometrik yöntemiyle analiz edildi. İlk iki temel bileşen-TB (PC-RW) ile türler ayırt edilebildi. İlk iki TB, şekillere ait toplam varyansın % 71 ini açıkladı (TB1:%37, TB2:%34). Deformasyon ağı çizilerek örneklerdeki landmark'ların hareket yönlerine ait farklılıklar belirlendi. Şekil bakımından orthogonal karşılaştırmalar sonucu sadece tür faktörünün istatistikî olarak önemli olduğu gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Geometrik Morfometrik, sincap, rat, mandibula, anatomi

Summary: This study is carried out comparatively on three rodent species. There were ten matured three squirrels (5 male and 5 female), ten matured ground squirrels (4 male and 6 female), and ten 60 day old rats (5 male and 5 female). Study material was lateral side of right mandible. Mandibles of tree and ground squirrels and rats were compared macro-anatomically. Comparing to squirrels, rats had a bone tip on the lateral side of rostro-ventral of mandibular notch, coronoid process was short and plain, and in the medial side, pterygoid fossa was deeper in the ground squirrels but not in the rats. Unlike mammals, three species had masseteric ridge that frames masseteric fossa dorsally and ventrally. In terms of some metric measurements (Sd, Sv, Ad, Td) taken on mandible, ground squirrel and rat were very similar. In addition, mechanical advantageous of masticatory muscles on the mandible of three species were calculated. In general, comparing to ground squirrel, tree squirrel had more mechanical advantageous of jaw muscles. However, comparison of three squirrel to rat showed that tree squirrel had more advantageous in two jaw muscles (Sd, Sv), had disadvantageous in one masticatory muscles (Ad), and had no differences for the other two jaw muscles (Tv, Td). Comparing rats to ground squirrels, in terms of jaw muscles, showed that rats had more advantageous in three jaw muscles (Sd, Ad, Tv), but had no differences for the other two (Sv, Td). In terms of dorsal fibers of the temporal muscles (Td), there were no differences for three species. In this study, three rodent species were compared for species and sex factors via Geometric Morphometrics methods. For this purpose, 16 homologous landmarks, on the mandible, were used. It is found that the first two principle components (PC1 and PC2) were able to separate three species clearly. The first two principle components were able to reveal 71% of the total shape variation (PC1: 37%, PC2: 34%). In addition, movements of landmarks in different species were analysed by means of deformation grid. Orthogonal comparison of shape data showed that three species differs statistically significantly.

Key Words: Geometric Morphometrics, squirrel, rat, mandibula, anatomy

Geliş tarihi: 22.12.2006

@: hyalcin@selcuk.edu.tr

1. Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilimdalı

2. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Biyometri ve Genetik Anabilimdalı

3. Selçuk Üniversitesi Fen Ed. Fakültesi Biyoloji Anabilimdalı

Giriş

Kemiriciler (Rodentia) takımında 30 familya ve 2000 tür bulunur. Buna karşın sciuridae'da (Sincapgiller) 50 takım içerisinde 273 tür bulunmaktadır. Bu takım, memeliler (Mammalia) sınıfı içerisinde taxonomik açıdan en büyük grubu oluşturur (Wilson ve Reeder, 1993). Ağaç ve yer sincapları, boyut ve morfolojik olarak birbirlerinden farklılıklar gösterirler (Roth, 1996).

Sciurus anomalus (Güldenstaedt, 1785) (Ağaç sincabı), kemiriciler takımı içerisinde yer alan sciuridae familyasına mensup bir türdür ve dünyada Kafkasya, İran, Anadolu, Suriye ve Filistin'de yayılış göstermektedir (Ellermen ve Morrison-Scott, 1951). *S. anomalus*'un Konya'nın Beyşehir, Ereğli, Hadim ve Meram ilçelerinde olduğu tespit edilmiştir (Konuk ve Kaya, 1998). *Spermophilus xanthoprymnus* (Yer sincabı) Bennet, 1835 ise Türkiye'nin Anadolu kısmında yayılış göstermektedir (Doğramacı ve ark., 1994; Yiğit ve ark., 2000).

Rattus norvegicus (Berkenhout, 1769) (Rat), kemiriciler içinde büyüklük olarak *Sciurus* türlerine benzer ve gerontology'de sıklıkla kullanılan bir hayvan modelidir (Bodner ve ark. 1998). Rat'lar, yetişkin ve çocuklardaki mandibular büyümeye bir dereceye kadar benzer bir yapı gösterirler. Bu durum klinik insan çalışmalarında yardımcı olması bakımından önemlidir (Losken ve ark., 1992).

Morfometri, şekil farklılıkları ve diğer değişkenlerle olan ilişkileri inceler (Bookstein, 1991). Morfometri çalışmalarının amacı, biyolojik bir yapının dış (coğrafya, tür, cinsiyet vb.) ve iç (büyüme vb.) faktörleriyle şekil farklılıklarının yapısını keşfetmektir. Populasyonlar arası şekil farklılığını incelediği gibi, canlının mensubu olduğu populasyon içi şekil farklılıklarını da inceler (O'Higgins, 2000; Pavlinov, 2001). Geleneksel morfometrik analizlerde değişkenler arasındaki geometrik ilişki korunmadığından, doğrusal (linear) mesafe ölçümleri şeklinde elde edilen verilerden şeklin grafik olarak ifade edilebilmesi genellikle mümkün olamamaktadır (Adams ve ark., 2004; Adams ve ark., 2006).

"Geometrik Morfometri", üzerinde çalışılan bütün bireylerin; belirgin, karşılıklı anatomik işaret noktalarının tanımlandığı (homolog landmarks) ve karşılaştırıldığı bir metottur (Bookstein, 1991; Rohlf ve Marcus, 1993; Adams ve ark., 2004; Adams ve ark., 2006). Bu teknik, morfologlar tarafından üzerinde çalıştıkları türün biyolojik ve anatomik şekli bakımından soyağacının ortaya çıkarılmasında da

kullanılır (Rohlf, 1998).

Mandibula'nın geometrisi, morfometri çalışmaları için çok uygun bir yapıdır (Velhagen ve Roth, 1997). Kemiricilerin çene kaslarının anatomisindeki farklılıklar, sınıflandırılmalarında önemli bir yere sahiptir ve 150 yılı aşkın bir süredir taxonomik sınıflandırılmalarının temelini oluşturur (Thorington ve Darrow, 1996). Kemiricilerde baş ve çenenin anatomik şeklindeki farklılıklar sebebiyle, kemikler üzerindeki kasların origo ve insertio'ları da farklılık göstermektedir. Çene kasları; Yeni Dünya sincaplarında Ball ve Roth (1995), Eski Dünya sincaplarında Thorington ve Darrow (1996) ve Anadolu ağaç sincaplarında ise Yalçın ve ark. (2003) tarafından belirgin bir şekilde tanımlanmıştır. Rat ve sincapların çene kaslarının anatomisi birbirine benzer (Thorington ve Darrow, 1996). Nitekim bu kasların mekanik olarak avantaj ya da dezavantajları, iskelet yapısıyla ilişkili olarak değişiklik göstermektedir (Velhagen ve Roth, 1997).

Farklı kemirici türlerinin çene kemikleri üzerine oldukça çok çalışma mevcuttur (Greene, 1963; Chiasson, 1980; Emry ve Thorington, 1982; Hurov ve ark., 1988; William ve Sherri, 1993; Roth, 1996; Velhagen ve Roth, 1997; Bodner ve ark., 1998; Duarte ve ark., 2000; Klingerberg ve Leamy, 2001; Marcin, 2000; Ventrua ve ark., 2000; Russel ve ark., 2001; Cardini, 2003; Cardini ve Tongiorgi, 2003; Mouteiro ve ark., 2003; Swiderski, 2003; Cardini, 2004; Cardini ve O'Higgins 2004; Cardini ve Slice, 2004). Ancak, bu araştırmalarda *Sciurus anomalus* ve *Spermophilus xanthoprymnus* türlerinden bahsedilmemiştir. Bu türler üzerinde ülkemizde genelde (taxonomik, karyotip, sitogenetik, hibernasyon ve üreme organları gibi) biyolojik temelli çalışmalar yapılmıştır.

Bununla birlikte Önel ve Temizer (2005) tarafından Elazığ, Erzincan ve Malatya'da; Albayrak ve Arslan (2006) tarafından Karaman, Konya, Kütahya ve Çorum illerinde *Sciurus anomalus* türü ağaç sincabının, baş ve çene kemikleri üzerinde bazı morfometrik ve biyometrik ölçümler yapılmıştır. Öte yandan bu araştırmadaki türlere yakın olarak sadece *Spermophilus citellus*'un alt türleri üzerinde baş ve diş kökleri ile (Dikmenli, 1996) *Sciurus vulgaris*'in skeleton axiale'si üzerinde (Atalar ve Yılmaz, 2004) bazı çalışmalar da mevcuttur. Ancak bu çalışmalarda mandibula kemiği üzerinde çok detaylı ve karşılaştırmalı bir morfometrik veri mevcut değildir.

Bu çalışmanın amacı: Ağaç, yer sincabı ve ratların mandibula'ları arasındaki, morfolojik fark-

lılıkları belirlemek ve türler arasında mekanik avantaj farklılıklarının olup olmadığını araştırmaktır. Bu amaçla elde edilen veriler: 1) Gözlem ile makro-anatomik olarak değerlendirilecek, 2) Elde edilen geleneksel metrik ölçüm verileri bakımından türler arası fark olup olmadığı iyi bilinen istatistikî metotlarla karşılaştırılacak, 3) Bununla birlikte şekle dayalı bir analiz yöntemi olan "Geometrik Morfometrik" analiz yöntemi de mandibula üzerinde türleri karşılaştırmak amacıyla kullanılacaktır.

Materyal ve Metot

Bu araştırmanın materyallerini; on adet ergin ağaç sincabı (*Sciurus anomalus*, 5 erkek, 5 dişi), on adet ergin yer sincabı (*Spermophilus xanthoprimum*, 4 erkek, 6 dişi) ve on adette Rat-Sprague Dawley (*Rattus norvegicus*, 5 erkek, 5 dişi; 60 günlük) olmak üzere üç tür kemirici oluşturmaktadır. Sincap örnekleri Konya bölgesinden toplandı (Ağaç ve yer sincabı üzerinde araştırma için Konya Valiliği İl Çevre ve Orman Mü-

dürlüğünün 22.09.2005 tarihli B.18.İÇÖ.2.42.06.1355/5374 sayılı izin yazısı ve ürün bulundurma belgeleri alınmıştır). Ratlar ise Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesinden elde edildi.

Araştırmadaki tüm sincap örneklerinde kalıcı dişlerin çıktığı ve dişlerdeki aşınmanın belirginleştiği gözlenmiştir. Dolayısıyla sincap örneklerinin yetişkin olduğu belirlenmiştir. Ağaç ve yer sincapları yaban hayatı ortamlarında doğal olarak besleniyorlardı. Ratlar ise tıp fakültesi deney hayvanları laboratuvarında ad libitum pelet yem ile beslenmişlerdi.

Canlı kemirgenler, phentobarbital ilacının intraperitoneal enjeksiyonuyla ötanazi edilerek dondurucuda muhafaza edildi. Takiben örneklerin baş kısımları kaynayan suda maserasyon işlemiyle temizlendi. Geri kalan anatomik oluşumlar %10'luk formaldehit solüsyonunda saklandı. Kafa kemiklerinin sağ ve sol mandibula yarımaları symphysis mandibula'dan ayrıldı ve yumuşak do-



Şekil 1. Herbir örneğe ait mandibula kemiğinin lateral-medial yüzleri ve belirli anatomik yapılar: a. Corpus mandibulae, b. Incisura vasorum facialis, c. Foramen mentale, d. Margo interalveolaris, e. Ramus mandibulae, f. Angulus mandibulae, g. Processus angularis, h. Fossa masseterica, i. Fossa pterygoidea, j. Foramen mandibulae, k. Sulcus mylohyoideus, l. Processus coronoideus, m. Incisura mandibulae, n. Processus condylaris, o. Caput mandibulae, p. Collum mandibulae, r. Fovea pterygoidea, s. Dentes premolar, t. Dentes molares, u. Masseterik çizgi (dorsal ve ventral), v. Symphysis, w. Dentes incisive. A. *S. anomalus* (Ağaç Sincabı), B. *S. xanthoprimum* (Yer Sincabı), C. *R. norvegicus* (Rat).

kular temizlenerek uzaklaştırıldı. Çalışma materyali olarak sağ çene kemiğinin lateral yüzü tercih edildi.

Rodentler, her ne kadar Nomina Anatomica Veterinaria (N.A.V)'da dahil edilmese de bu çalışmadaki terminolojik terimlerin yazımında, kılavuz olarak N.A.V. (2005) kullanıldı. Bunun yanında Nomina'da olmayan bazı özel kas ile kemik yapıları; sincap ve ratlar üzerinde yoğun bir şekilde çalışan Ball ve Roth (1995), Thorington ve Darrow (1996) ile Velhagen ve Roth (1997)'un bildirdikleri gibi yazıldı.

Makro-anatomik gözlemler:

Türlere ait mandibula'lar üzerinde karşılaştırmalı olarak makroanatomik gözlemler belirlendi (Şekil 1).

Metrik ölçümler:

Ölçümler, her bir örnek için (0.01mm hassasiyetli) dijital kumpas ile tüm çene kemiklerine uygulandı. Yük kolu (LA:12-5; kesici dişin direnç kolu, caput mandibulae'nın tepe noktasından, incisiv dişin uç tepe noktasına kadar olan mesafe) ve çene kaslarının hareket kol mesafeleri (LvA: Sd, Sv, Ad, Tv, Td; insertio düzeylerine göre) ve ilave olarak da Dap mesafeleri ölçüldü (Şekil 2).

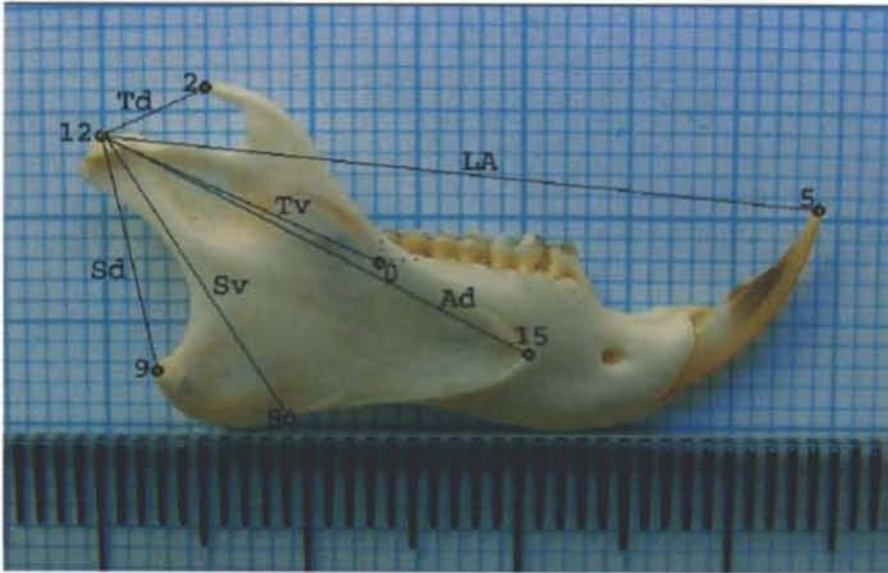
Ratlarda çenenin mekanik avantajı, hayvanın ısırma gücüyle ilişkilidir. Bir kesici dişin mekanik avantajı; çiğneme kasına ait hareket (kuvvet) kolunun, çene kemiğine ait yük koluna oranı olarak ifade edilir (Hurow ve ark., 1988; Velhagen ve Roth, 1997). Bu çalışmada adı geçen kaslar Yalçın ve ark., (2003) tarafından Anadolu ağaç sincaplarında tanımlanmıştır.

Örneklerin Geometrik Morfometrik analizler için hazırlanması:

Mandibula resimleri dijital fotoğraf makinesiyle (SONY DSC-F717 5.0 MegaPixel) çekildi ve arka fonda milimetrik grafik kağıdı kullanıldı. Geometrik Morfometrik analizlerde kullanılmak üzere türlerin mandibula resimleri dijital ortamda bilgisayara aktarılarak JPEG formatında kaydedildi.

İstatistikî Analiz Metotları:

Türlere ait mandibula'lar üzerinden elde edilen metrik ölçümlerle ilgili tanıttıcı istatistikler elde edildi. Üzerinde durulan fenotipler, varyans analizi (ANOVA) yoluyla istatistikî açıdan karşılaştırıldı. Farklı olan grupların tespiti için "Asgari Önemli Fark" (AÖF) metodu kullanıldı. Sonuçların karşılaştırılmasında $\alpha=0.05$ duyarlılık seviyesi kullanıldı



Şekil 2. Mandibula'nın metrik ölçümleri (*S. anomalus*, lateral ve sağ yüz, erkek).

LA: Incisiv dişin direnç kolu (Incisiv dişin uç tepe noktasından, caput mandibulae'nın tepe noktasına kadar olan mesafe) [12-5]. LvA: Çene kaslarının hareket kolları; tüm düzeylerde caput mandibulae'nın tepe noktasından; Sd: Proc. angularis'in postero-dorsal köşesine (M. masseter superficialis'in dorsal yönlü insertio fibrilleri) [12-9], Sv: Proc. angularis'in antero-ventral köşesine (M. masseter superficialis'ini ventral yönlü insertio fibrilleri) [12-8], Ad: Masseterik çizginin anterior köşesine (M. masseter profunda'nın anterior fibrilleri) [12-5], Tv: Retromolar diş hizasına (M. temporalis'in ventral insertio fibrilleri) [12-0], Td: Proc. coronoideus'un uç noktasına (M. temporalis'in dorsal insertio fibrilleri) [12-2], kadar olan mesafeler. Dap: Prelomar ve molar dişler arasındaki mesafe (0-3).

(Düzgüneş ve ark., 1987).

Bu çalışmada elde edilen sincap türlerinin ve ratların mandibula'larına ait dijital resimlerinin şekilsel olarak karşılaştırılmalarında "Geometrik Morfometrik" analiz yöntemi kullanılmıştır. Geometrik Morfometrik analizin ilk aşamasında, mandibula'lara ait önemli, belirgin anatomik işaret noktaları (landmarklar) tespit edildi. Dijital ortama aktarılan bütün resimler üzerinde landmarklar işaretlendi. Bu çalışmada 16 adet homolog landmark kullanıldı ve bu anatomik noktalar Şekil 3'de tanımlandı.

Daha sonra bütün mandibula'ların landmark noktaları koordinat sistemine aktararak veri matrisi, X, oluşturuldu (noktaların sayısallaştırılması). Bu işlemler TpsDig vers. 2.05 (Rohlf, 2006) paket programı üzerinden yapıldı. Bu matris'deki ham veriler mandibula'lara ait şekilden kaynaklanmayan varyasyonu da içerir ve grupların karşılaştırılmasından önce şekilden kaynaklanmayan varyasyonun uzaklaştırılması gerekir. Bu amaçla yönelme (translation), rotasyon (rotation), ve ölçeklendirme (scaling) yapılır. Bu işlemler örneklere "Generalized Procrustes Analysis" (GPA) uygulanarak gerçekleştirilir. Elde edilen rakamlar tangent boşluğuna yansıtılır ve böylece kısmi warp (partial warp) değerleri elde edilmiş olur. Bu de-

ğerler sadece şekil ile ilgili bilgileri içermektedir. Önemli noktaların landmark sayısına bağlı olarak şekil ile ilgili rakamlarımızın boyutu çok fazla olabilir. Boyut, bilinen istatistikî metotlarla indirgenebilir. Bu amaçla göreceli warp (relative warp) değerleri elde edilebilir ki bu temel bileşenler analizidir (PCA). PC1 PC2 ye karşı grafiği çizilebilir ve burada grupların ayrışmaları izlenebilir. Deformasyon ağı ızgarası (deformation grids) çizilerek örneklerdeki landmarkların hareket yönü takip edilebilir (bu çalışmada tüm bu aşamalar TpsRelw v. 1.44, "Rohlf, 2006" yazılımıyla elde edildi). Bununla beraber, UPGMA dendogramları çizilip örnekler arasındaki yakınlık da takip edilebilir. Geometrik Morfometrik analiz metoduna ait yukarıda belirtilen safhalar Bookstein, (1991); Rohlf ve Marcus, (1993); Rolf, (1998); Adams ve ark., (2004); Adams ve ark., (2006) tarafından detaylı bir şekilde tanımlanmıştır.

Ayrıca kısmi warp değerleri üzerinde istatistikî analiz yöntemleri uygulanabilir, gerekli modeller kurularak (tür, cinsiyet gibi) birden fazla faktör için karşılaştırma yapılabilir. Bu çalışmada da türün yanında cinsiyetin, tür-cinsiyet interaksiyonunun şekil üzerinde farklılık oluşturup oluşturmadığını incelemek amacıyla modeller kuruldu ve indirgenmiş kareler toplamı metodunun, Geometrik Morfometrik



Şekil 3. Mandibula kemiğinde seçilen "Anatomik ve Homolog Landmark" noktaları (*S. anomalus*, erkek, sağ lateral yüz). 1. Crista coronoideus'un anterior sonlanma ucu, 2. Processus coronoideus'un uç noktası, 3. İlk premolar dişin antero-ventral köşesi, 4. Incisiv dişin alveoli dentales'inin antero-dorsal köşesi, 5. Incisiv dişin tepe uç noktası, 6. Incisiv dişin alveoli dentales'inin antero-ventral köşesi, 7. Incisura vasorum facialium, 8. Processus angularis'in anterior köşesi, 9. Processus angularis'in posterior köşesi, 10. Ramus mandibularis'in posterior yüzündeki eğimin orta noktası, 11. Caput mandibulae'nin posterior köşesi, 12. Caput mandibulae'nin tepe noktası, 13. Caput mandibulae'nin anterior köşesi, 14. Incisura mandibulae, 15. Fossa masseterica'da; dorsal ve ventral masseterik çizgilerinin birleşim noktası, 16. For. mentale'nin posterior kenarı.

analoğu olabilecek procrustes mesafe kareleri toplamı metoduyla (sum of square reduction test for sum of squared procrustes distance) veriler test edildi (TpsReg v. 1.31, Rohlf, 2005 ve $\mu=0.05$ alınmıştır).

Sonuçların istatistiki açıdan önemli olup olmadıkları: Goodal F testi ile elde edilen F değerinin (kendisi dahil) kendisine eşit veya daha büyük kaç defa F değeri tekrarlandığının dikkate alınarak hesaplandığı permutasyon testi ile bulunmuştur (Permutasyon sayısı 1000 olarak alınmıştır).

Bulgular

Makro-anatomik gözlemler:

Lateral yüz: Bu araştırmadaki her üç türde de, proc. condylaris'in (Şekil 1/n) distalinde, ramus mandibula düzeyinde belirgin bir çukurluk belirlenmiştir. Bu çukurluk en belirgin olarak ağaç sincabında, daha az olarak da ratta görülmüştür. Yalnızca ratta, diğer türlerden farklı olarak bu çukurluğun rostro-ventralinde bir çıkıntı gözlenmiştir ki bu çıkıntı aynı zamanda proc. coronoideus'un tam altındaydı. Caput mandibulae (Şekil 1/o), ağaç ve yer sincabında çok belirgindi ve daha dış bükey yönlüydü. Fakat ratta çok daha küçük bir yapıdaydı. Collum mandibulae (Şekil 1/p) yer sincabında daha ince, buna karşın ratta ise daha kalındı. Proc. coronoideus'un (Şekil 1/l) crista'sı ağaç sincabında cranio-ventral yönlü olarak ikinci molar diş hizasına kadar, yer sincabında ise son molar diş hizasına kadar uzanmıştı. Proc. coronoideus, ağaç ve yer sincabında caudale doğru biraz daha kıvrıktı, ratta ise boyu daha kısa ve düzdü. Her üç türde de diğer memeli hayvanlarda belirtilmeyen, sadece bu türlerde varolan ve fossa masseterica'yı dorsal ve ventral olarak sınırlayan ve proc. coronoideus'un cranioventral yönde inen çizgisinin devamı görünümündeki "dorsal masseterik" (Şekil 1/u1) çizgisi mevcuttu. Nihayetinde bu oluşum ventralden gelen "ventral masseterik" (Şekil 1/u2) çizgisiyle, for. mentale'nin caudalinde birleşerek sonlandı. Ağaç ve yer sincabında dorsal ve ventral masseterik çizgisi, molar 1 diş hizası düzeyinde tam olarak birleşmesine karşın ratta, bir-

leşme düzeyi daha anterior yönlüydü ve for. mentale'nin hemen arkasına kadar uzanmıştı. Ayrıca bu türde birleşme düzeyi noktasının uç kısmı diğer türlere nazaran daha açıktı. Arcus dentalis'in posterior düzeyindeki bir oluk, yer sincabında ve ratta çok belirgindi. Proc. angularis'in (Şekil 1/g) anterior köşesi ağaç ve yer sincabında belirgin bir şekil de mediale doğru kıvrıldığı gözlemlendi. Ratta ise daha düz ve posterior noktası caudal yönlüydü. Buna karşın yer sincabında, proc. angularis'in posterior köşesi çok belirgin bir şekilde lateral yönlü bir çıkıntı oluşturmaktaydı.

Medial yüz: Yer sincabında fossa pterygoidea (Şekil 1/i) çok belirgin, ratta ise daha sığdı. Sulcus mylohyoideus (Şekil 1/k) ise ratta diğer iki türe nazaran daha derindi.

Ağaç ve yer sincabında mandibular diş formülü: "İncisiv: 1, premolar: 1, molar: 3"tü. Ratta ise: "İncisiv: 1, premolar: 0, molar: 3" 'dü. İncisiv dişin alveolü ağaç sincabında diğer türlere nazaran daha derindi. Ratta ise incisiv diş diğer iki türe nazaran daha posterior yönlüydü.

Metrik Ölçümler:

Kemirgen türlerinin metrik ölçümlerden elde edilen özellikler bakımından; ortalamaları, standart hataları ve bu özellikler bakımından türlerin karşılaştırılması ile ilgili istatistikî sonuçlar Tablo 1. de verilmiştir. Tabloda karşılaştırılan metrik ölçümler sütunlarda, araştırma türleri satırlarda yer almaktadır. Aynı sütunda farklı harflendirmeler, ait oldukları özellikler bakımında türler arasında istatistikî olarak farklılık olduğunu göstermektedir.

Tablo 1'i incelediğimizde; en uzun yük kolunun (LA) ağaç sincabında, en kısa yük kolunun da ratta olduğu görülmektedir. Üç türe ait yük kolları uzunlarının istatistikî olarak farklı olduğu tespit edilmiştir.

Ağaç sincabında tüm hareket kol uzunlukları diğer iki türden daha uzun bulunmuştur. Sd, Sv, Ad, Tv, Td hareket kollarının uzunlukları ve ilave mesafe ölçüsü olarak Dap bakımından yapılan karşılaştırmalar sonunda: sadece Sd, Sv ve Td uzunlukları bakımından yer sincabı ve rat arasında is-

Tablo 1. Türlere ait yük kolu (LA-İncisiv diş için) ve hareket kollarının (LvA-Çene kasları için) ortalama uzunlukları (mm), standart hataları ve bu özellikler bakımından istatistikî olarak karşılaştırılmaları (duyarlılık seviyesi olarak $P<0.05$ alınmıştır, tür içi $n=10$).

Tür	LA±S.e	Sd±S.e	Sv±S.e	Ad ±S.e	Tv ±S.e	Td±S.e	Dap±S.e
<i>S. anomalus</i>	34.49±0.34 ^A	11.59±0.21 ^A	16.28±0.24 ^A	22.55±0.30 ^A	14.09±0.26 ^A	6.54±0.28 ^A	9.82±0.08 ^A
<i>S. xanthopygus</i>	31.73±0.37 ^B	9.00±0.17 ^B	13.84±0.16 ^B	19.10±0.14 ^B	11.64±0.15 ^C	5.82±0.16 ^B	8.57±0.10 ^B
<i>R. norvegicus</i>	29.68±0.38 ^C	9.09±0.31 ^B	13.12±0.32 ^B	19.86±0.26 ^B	12.42±0.25 ^B	5.47±0.19 ^B	6.47±0.07 ^C

tatistikî olarak bir farklılık olmadığı, ancak diğer özellikler bakımından üç türünde birbirinden istatistikî olarak farklı olduğu tespit edildi.

Türlere ait çene (çiğneme) kaslarının mekanik avantajları ile ilgili tanıtıcı istatistikler ve istatistikî olarak karşılaştırma sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Üç türde de en yüksek mekanik avantaja sahip çene kasının m. masseter profunda'nın anterior fibrillerinin (Ad), en düşük mekanik avantaja sahip olan kasın ise m. temporalis'in dorsal fibrillerine (Td) ait olduğu belirlendi. Ağaç sincabında bazı çene kaslarının (Sd ve Sv) hareket kollarının mekanik avantajları, diğer iki türe nazaran daha yüksek bulundu. Buna karşın ratta m. masseter profunda'nın anterior fibrillerinin (Ad) mekanik avantajı, diğer iki türe nazaran daha yüksek olarak bulundu. Bunun yanında m. temporalis'in ventral insertio fibrilleri (Tv) mekanik avantaj değeri, ağaç sincabı ve ratta benzerdi. Öte yandan yer sincabı ve ratta ise m. masseter superficialis'in ventral fibrillerinin (Sv) mekanik avantaj değerlerinin aynı olduğu belirlendi. Bununla birlikte m. masseter superficialis'in dorsal (Sd), m. masseter profunda'nın ventral (Ad) ve m. temporalis'in ventral fibrillerinin (Tv) mekanik avantaj değerlerinin ratta, yer sincabına nazaran daha fazla olduğu belirlendi. Tüm bunların yanında her üç türde de m. temporalis'in dorsal fibrilleri'nin (Td) mekanik avantaj değerlerinin benzer olduğu tespit edildi.

Geometrik Morfometri:

Araştırma materyallerinin RW analizi sonucu elde edilen temel bileşenlerden (TB) TB1 e karşı, TB2 kullanılarak oluşturulan koordinat sistemi üzerine yerleştirilmesi ile elde edilen grafik ve guruplar arasında önemli işaret noktalarının hangi yöne hareket ettiğini gösteren deformasyon ağ ızgarası (deformation grid) Şekil 4'te verilmiştir. Üç türe ait eksen üzerindeki kutuplaşmalar bize; türlere ait geometrik, taxonomik ve anatomik farklılıkları ayırma imkânı vermektedir.

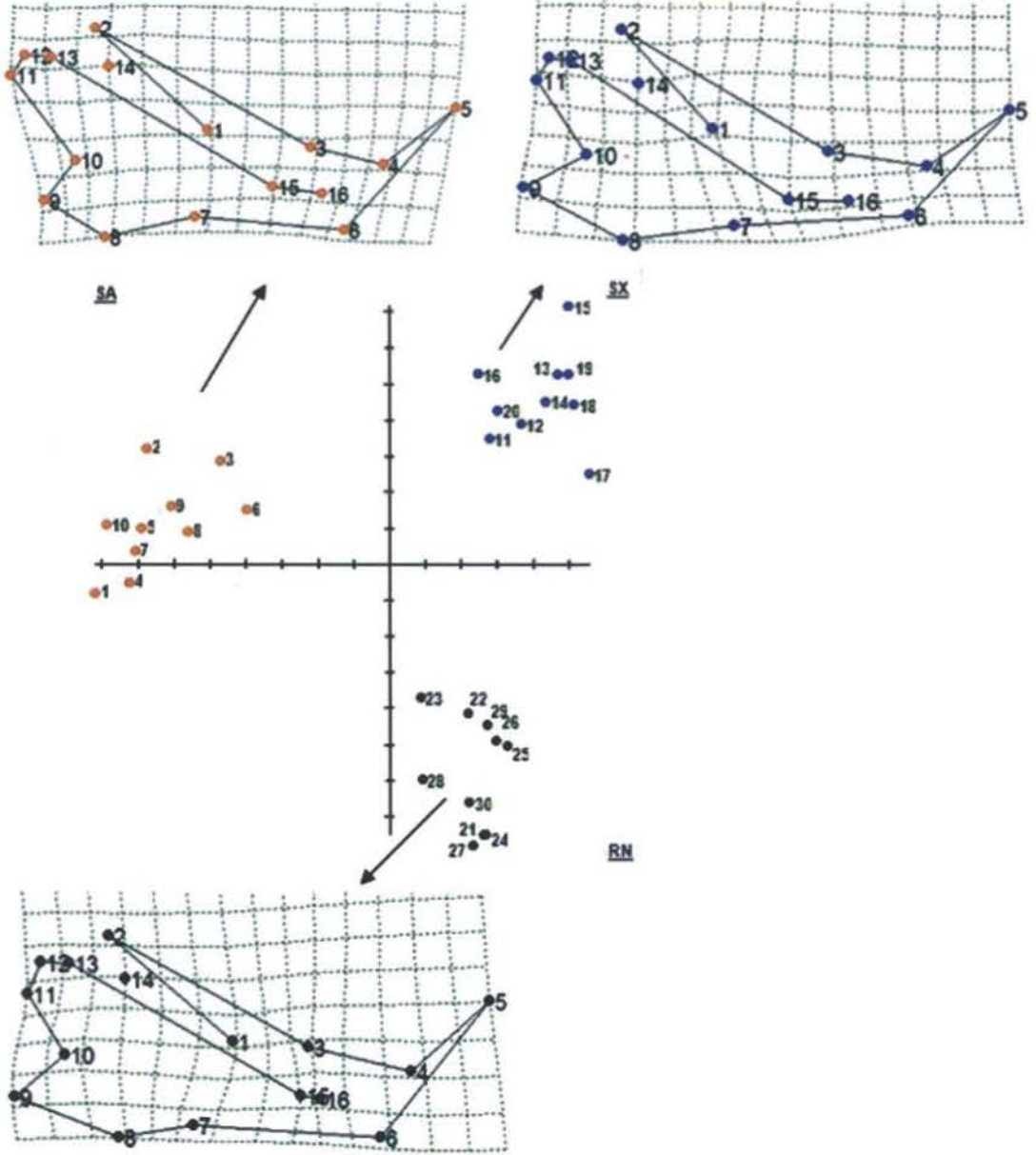
Ağ ızgarası üzerindeki eğilmeler ve landmark noktalarındaki hareket yönleri incelendiğinde: Yer

sincabında "1" nolu landmark referans noktası ağaç sincabına nazaran daha postero-dorsal yönlü olmasına karşın, ratta biraz daha antero-ventral yönlüydü. "3" nolu referans noktası, ağaç sincabında eksene göre daha anterior, ratta ise postero-dorsal yönlüydü. Aynı landmark noktası yer sincabında postero-ventral yönlüydü. Incisiv dışın tepe noktası olan "5" nolu landmark noktasının ise ratta diğer iki türe nazaran daha dorsal yönlü olduğu gözlemlendi. "6" nolu landmarkta ise ağaç sincabında postero-ventral yönlü, yer sincabında ise antero-dorsal yönlüydü. Ratta ise hafifçe antero-ventral yönlüydü. Incisura vasorum facialium (7) noktasının yer sincabında anterior, ratta ise posterior yönlü olduğu belirlendi. Proc. angularis'in posterior köşesi (9) yer sincabı ve ratta, ağaç sincabının zıttı olarak çok belirgin bir şekilde postero-dorsal yönlü olduğu belirlendi. "10" nolu landmark noktası ağaç sincabında antero-ventral yönlü olmasına karşın, ratta postero-dorsal yönlüydü. Yer sincabında ise hafifçe antero-dorsal yönlüydü. Caput mandibulae'nın posterior köşesi (11) ağaç sincabında postero-dorsal yönlü olmasına karşın, ratta antero-ventral yönlüydü. Yer sincabında ise hafifçe anterior pozisyondaydı. Üç örnek arasında en belirgin farklılıkta fossa masseterica'nın dorsal ve ventral çizgilerinin anterior birleşme noktaları ile for. mentale'nin posterior köşeleri arasındaki mesafede (15-16) gözlemlendi. Nitekim ratta bu iki nokta birbirine doğru yönelmişti. Bunun yanında yer sincabında "15" nolu landmark noktası diğer iki türe nazaran daha posterior yönlü olduğu gözlemlendi. Ağaç sincabının "16" nolu landmark noktası ise daha anterior yönlüydü.

Yukarıda belirtilen belirli anatomik işaret noktaları dışındaki diğer landmark noktaları incelendiğinde, kısmen bazı farklılıklar da gözlemlendi. Nitekim; "2" nolu landmark noktası; ağaç sincabında postero-dorsal, yer sincabında antero-ventral, ratta ise ventral yönlüydü. "4" numaralı landmark noktası ağaç sincabında posterior, ratta antero-ventral yönlüydü. "8" numaralı landmark ise ağaç sincabında ventral, ratta ise dorsal po-

Tablo 2: Türlere ait çene (çiğneme) kaslarının mekanik avantajları ile ilgili tanıtıcı istatistikler (ortalama ve standart hataları) ve istatistikî olarak karşılaştırmaları. Türlerin bir özellik bakımından farklı harflendirmeleri, o özellik bakımından türler arasında istatistikî olarak fark olduğunu göstermektedir (P<0.05).

Tür	Sd±S.e	Sv±S.e	Ad±S.e	Tv±S.e	Td±S.e
<i>S. anomalus</i>	0.34±0.004 ^a	0.47±0.004 ^a	0.65±0.004 ^b	0.41±0.005 ^a	0.19±0.008
<i>S. xanthopyrinus</i>	0.28±0.004 ^c	0.44±0.007 ^b	0.60±0.005 ^c	0.37±0.003 ^b	0.18±0.006
<i>R. norvegicus</i>	0.31±0.007 ^b	0.44±0.006 ^b	0.67±0.004 ^a	0.42±0.004 ^a	0.18±0.006



Şekil 4. Araştırma materyallerinin RW analizi sonucu elde edilen temel bileşenlerden (TB) TB1 e karşı TB2 kullanılarak oluşturulan koordinat sistemi üzerine yerleştirilerek elde edilen grafiği. İlk iki RW (TB), şekillere ait toplam varyansın %71'ini açıklamaktadır (RW1: %37, RW2: %34). (SA: *S. anomalus*, SX: *S. xanthopymnus*, RN: *R. norvegicus*).

zisyondaydı. "12" nolu landmark ise ağaç sincabında postero-dorsal yönlü olmasına karşın, rat ve yer sincabında, postero-ventral yönlüydü. "13" nolu landmark noktası ağaç sincabında postero-dorsal, ratta ise anterio-ventral durumdaydı. "14" nolu landmark ise ağaç sincabında postero-dorsal yönlü, yer sincabında ise anterio-ventral pozisyondaydı.

Türün (model 3) yanında, cinsiyetin (model 4), tür+cinsiyet (model 2) ve tür+cinsiyet+tür*cinsiyet interaksyonunun (model 1) şekil üzerinde farklılık oluşturup oluşturmadığını incelemek amacıyla, kurulan modellerden elde edilen sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Değişik modellere ait genel ve hata'ya ait kareler toplamları, modellerin şekille ilgili varyasyonu açıklama yüzdeleri, Goodall F testi ve permutasyon testi sonuçları.

Model	Kareler Toplamı*		Modelin	Genelleştirilmiş	Permutasyon
	Genel	Hata	Açıklama Yüzdesi	Goodall F testi için P değeri	testi sonucu (N=1000)
1. Tür+Cinsiyet+Tür *Cinsiyet	0.17864	0.054350	69.6%	0.0000	1
2. Tür +Cinsiyet	0.17864	0.05623	68.5%	0.0000	1
3. Tür	0.17864	0.058660	67.2%	0.0000	1
4. Cinsiyet	0.17864	0.17589	1.5%	0.9952	821

*Procrustes mesafe kareler toplamı (Sum of squared procrustes distance)

Tablo 3'den de anlaşılacağı üzere, şekille ilgili toplam varyasyonun: sadece cinsiyet % 1.5 ini; sadece tür, % 67.2'sini; tür+cinsiyet % 68.5'ini, tür+cinsiyet+tür*cinsiyet % 69.6'sını açıklayabilmektedir. Buradaki modellerden sadece cinsiyetin istatistikî olarak önemli olmadığı gözlemlendi (P>0.05). Ancak indirgenmiş kareler toplamı metodunun Geometrik Morfometrik analoğu olabilecek procrustes mesafe kareleri toplamı metoduyla (sum of square reduction test for sum of squared procrustes distance) yapılan model karşılaştırmaları sonucu model 1,2,3'ün, model 4 ten istatistikî olarak farklı olduğu; fakat model 3, model 2 ve model 1 arasında istatistikî olarak bir farkın olmadığı tespit edildi.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada üç adet kemirici türünün mandibula'sı karşılaştırmalı olarak "Anatomik, Mekanik ve Geometrik Morfometrik" açısından analiz edilmiştir.

Bu çalışmada her üç türdeki dorsal ve ventral masseterik çizgileri belirlendi. Nitekim, benzer şekilde Thorington ve Darrow (1996)'da, mandibula'nın masseterik çizgilerinin anterior uçlarının günümüz sincaplarında genellikle PM veya M1 dişin ventrali düzeyinde birleştiğini ifade etmişlerdir. Bunun yanında aynı çalışmada, ratta masseterik çizgilerinin anterior uçlarının diğer iki türden farklı olarak for. mentale'nin hemen gerisinde lokalize olduğu ve sadece bu türde her iki çizginin anterior uç kısımlarının daha açık olduğu bildirilmiştir. Birçok sincap türlerinde mandibula kemiğinin morfolojisindeki bazı yapıların; Aplodontia, Rattus ve Ondatra cinsi rodentlerden farklı olduğu da bildirilmiştir. Ayrıca sincapların genelinde for. mentale'nin masseterik çizgiden daha uzakta ve incisiv dişe yakın noktada yerleştiği, ayrıca proc. coronoideus'un daha yüksekte ve uzun olduğu, proc.

angularis'in ise postero-dorsal yönlü olarak gözlemlendiği de ifade edilmiştir (Velhagen ve Roth, 1997; Russel ve ark., 2001; Swiderski, 2003). Bu çalışmada da yukarıdaki bulgulara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanında ratta diğer türlerden farklı olarak, incisiv dişin dorsal yönlü, proc. coronoideus'un ise daha kısa ve daha düz olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu yapının crista'sı yer sincabında, sadece son molar diş hizasına kadar uzanmıştır. Carvivor'larda ramus mandibulae'nin caudo-ventral çıkıntısı olarak gördüğümüz proc. angularis'in anterior köşesi; ağaç ve yer sincabında medial yönlü olarak kıvrılmasına karşın, ratta bu durum gözlenmemiştir. Zira bu türde proc. angularis'in posterior köşesi caudal yönlüydü. Aynı nokta yer sincabında çok belirgin bir şekilde lateral yönlü olarak gözlemlenmiştir.

Önel ve Temizer (2005)'in, erkek ve dişi *S. anomalus*'un mandibula'sındaki diş dizisi uzunluğu için elde ettiği değerlerle, bu çalışmada ki aynı tür ağaç sincabı için elde edilen değerler birbirine çok benzerdi. Dikmenli (1996); Dikmenli ve Kaya (2000) mandibula'daki diş dizisi uzunluğunun, Anadolu'daki *Spermophilus xanthopyrmnus*'un ergin erkek ve dişilerinde ortalama 9.4 mm, *Spermophilus citellus*'un ergin erkelerinde 8.60 mm olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise aynı mesafe araştırmadaki *Spermophilus citellus* için bildirilen değere çok yakın (ortalama 8.57 mm) olarak bulunmuştur. Atalar ve Yılmaz (2004)'in üzerindeki çalıştıkları ağaç sincabı türünde (*S. vulgaris*) ise bildirdikleri çene diş formülü ve mandibula'nın genel anatomik özellikleri bakımından bu araştırmadaki *S. anomalus* türüyle oldukça benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Bu araştırmadaki her üç tür arasında en uzun yük kolunun (LA) ağaç sincabında, en kısa olanın ise ratta olduğu belirlenmiştir. Hurov ve ark.

(1988)'nin *R. norvegicus*'da Td, Sd, Sv ve LA uzunlukları için bildirdiği değerlerle, bu çalışmadaki rat için elde edilen sonuçlar paralellik göstermektedir. Bu çalışmadaki ağaç sincabının yük kolu uzunluk değerleri, Thorington ve Darrow (1996)'un bazı Afrika ve Asya sincap (*Paraxerus palliatus*, *Helioscirus rufobrachium*, *Callosciurus notatus* ve *Dremomys rufigenis*) türleri için bildirdiği değerlere çok yakındı.

Thorington ve Darrow (1996), Sciuromorphy alttakımındaki üç tür sincapta çok yoğun sert besinlerle beslenenlerde, m. masseter profunda'nın anterior fibrillerindeki ısırma gücünün etkisinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Nitekim bu kasın mekanik avantajı *Aplodontia rufa*'da 0.548, eski dünya sincaplarında ise 0.600'dan büyük olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada bir çok sincap türündeki ısırmanın mekanik avantajı bakımından; m. temporalis'in, m. masseter profunda'nın anterior ile m. masseter superficialis'in çoğu fibrillerinden daha kısa bir direnç koluna sahip olduğu açıklanmıştır. Bu çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Ayrıca her üç türde de m. masseter profunda'nın anterior fibrillerinin (Ad) mekanik avantajının, diğer kasların mekanik avantajına nazaran en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. M. temporalis'in dorsal fibrillerinin (Td) mekanik avantajının da diğer çene kaslarına nazaran her üç türde de en düşük değerde olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada ki ağaç sincabında: m. masseter profunda'nın anterior fibrilleri (Ad) ile m. temporalis ve m. masseter superficialis'in dorsal ve ventral fibrilleri (Td, Tv, Sd ve Sv) için elde edilen mekanik avantaj değerleri; Velhagen ve Roth (1997)'un bazı ağaç sincapları (*Sciurus igniventris*, *S. aureogaster*, *S. carolinensis*, *S. colliaei*, *S. stramineus*, *S. aberti*, *S. deppel*, *S. aestuans*, *S. niger*, *S. granatensis*, *Microsciurus mimulus*, *M. alfari*, *Prosciurillus leucomus* ve *Nannosciurus melanotis* ve *Tamiasciurus hudsonicus*) için bildirdiği değerlere benzer veya çok yakın değerde olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında aynı çene kaslarında, Thorington ve Darrow (1996)'un da bazı Afrika ve Asya sincap türleri (*Protexrus stangeri*, *Helioscirus rufobrachium*, *Sundasciurus hippurus*, *Atlantoxerus getulus*, *Funambulus pennanti*, *Funisciurus anaerythrus* ve *Myosciurus pumilio*) için bildirdiği değerlere yakın olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmadaki yer sincaplarının çene kasları için elde edilen mekanik avantaj değerleri, Velhagen ve Roth (1997)'un bazı yer sincapları (*Spermophilus lateralis*, *Tamias striatus* ve *Marmota monax*) için bildirdiği değerlere benzerdi. Aynı ça-

lışmada bazı yer sincaplarının, genellikle diğer sincap türlerine nazaran daha düşük mekanik avantajlara sahip olduğu bildirilmiştir. Aynı şekilde bu çalışmadaki yer sincabı türünde de genelde (Td hariç) çene kaslarına ait mekanik avantaj değerlerinin, ağaç sincabına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Buna karşın ratta ağaç sincabına nazaran sadece m. masseter profunda'nın dorsal fibrillerinin (Ad) mekanik avantajları daha yüksek bulunmuştur. En dikkate değer sonuçta; her üç türde de m. temporalis'in ventral fibrillerinin (Tv) mekanik avantajının benzer olarak bulunmasıydı.

Bu çalışmada üzerinde çalışılan ratta, genel olarak çene kasları için elde edilen mekanik avantaj değerleri, Velhagen ve Roth (1997)'un aynı tür rat için bildirdiği değerlere çok yakındı. Hatta Hurov ve ark. (1988)'nin 250g. üstündeki *R. norvegicus* için bildirdiği m. temporalis'in dorsal ve ventral fibrillerinin (Tv, Td) mekanik avantaj değerleri, araştırma bulgularımızdaki aynı rat türü için belirlenen değerlere çok benzerdi.

M. masseter superficialis'in, rat'ta hem ısırma hem de çiğneme sırasında aktif olduğu, sincaplarda ise m. masseter profunda'nın anterior fibrillerinin ratarla karşılaştırıldığında çok az farklılığın olduğu bildirilmiştir (Hurov, 1988; Weijis ve Dantuma, 1975; Thorington ve Darrow, 1996). Bunu yanında Velhagen ve Roth (1997), Rattus ve Ondatra'da m. temporalis'in ve özellikle de m. masseter superficialis'in incisiv ısırma sırasındaki mekanik avantaj değerlerinin sincaplara nazaran daha küçük olduğu ifade etmişlerdir. Ancak bu durum çalışma bulgularımızla paralellik arz etmemekteydi. Farklı olarak bu çalışmadaki ratta, m. masseter profunda'nın anterior fibrillerinin (Ad) mekanik avantajı, ağaç ve yer sincabına nazaran daha yüksek değerde bulunmuştur.

Alkan (1965), Türkiye'deki ağaç sincaplarının; ağaçların tohum, tomurcuk, filiz, kozalak ve meyveleriyle beslendiğini; buna karşın yer sincaplarının ise yabancı ot, yumru bitki, yonca, bezelye, bitkilerin yeşil yerlerini, yere düşen meyve taneleri, fındık, fıstık ve çeşitli hububatlar ile beslendiğini bildirmiştir. Velhagen ve Roth (1997), ağaç ve uçan sincaplarda, mandibula'daki mekanik avantaj farklılıklarının bu hayvanların yaşamlarında fındık cevizi, meşe palamutu gibi sert besinlerle beslenmesiyle ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir. Nitekim Katsaros ve ark. (2001)'da, yumuşak veya sert besinlerle beslenen ratlarda, çiğneme kaslarının fonksiyonunda ve baş kemiğinde farklılıkların olabileceğini ifade etmişlerdir. Ancak Ball ve Roth (1995), Yeni Dünya sincaplarında bu durumun ne

vücut kitlesiyle ne de beslenme alışkanlığı ile ilgili olduğunu açıklamıştır. Öte yandan Thorington ve Darrow (1996) ise eski dünya sincaplarında çene kaslarının beslenmeyle olan ilişkisinin çok açık ve net olmadığını bildirmişlerdir. Nowak ve Paradiso (1983) ise ağaç sincaplarının toprak altında sakladığı meşe palamutlarıyla beslendiğini; yer sincaplarının ise doğadaki tohum, sert kabuklu tohumlar, bitki kökleri, çiçek soğanları, mantar, çimen, böcek, bazı omurgalı ve omurgasızlar ile kuş yumurtaları yediğini; ratların ise omnivor olduğu ve çok çeşitli bitki türleri ve hayvansal besinlerini tükettiğini ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada ise genel olarak ağaç ve yer sincabını kıyasladığımızda, daha büyük vücut ölçülerine sahip olan ağaç sincabının (*S. anomalus*) çene kaslarının mekanik avantajının, genelde yer sincabı türünden (*S. xanthopymnus*) daha yüksek olduğu düşünülebilir. Bunu yanında ratın da, kısmen de olsa yer sincabından daha yüksek mekanik avantajlara (Sd, Ad ve Tv bakımından) sahip olması aynı bağlamda değerlendirilebilir. Diğer bir çalışmada Roth (1996), sincapların çene kemiğindeki mekanik avantaj benzerliklerinin hem vücut kitlesiyle orantılı olarak, hem de geometrik benzerlik bakımından birbirleriyle ilişkili olduğunu belirtmiştir. Öte yandan Cardini ve Tongiorgi (2003), m. masseter superficialis'in mekanik avantajının, bireyin cinsel olgunluğuna bağlı olarak daha büyük olduğunu bildirmişlerdir. Ancak bu oranın vücut kitlesiyle ilişkili olarak yorumlanamayacağı da ifade edilmiştir. Ayrıca daha güçlü bir incisiv dişin gerekliliği durumu, her zaman besin farklılığı ile de açıklanamayacağı belirtilmiştir. Genç ve 1 yaşında ki sarı-karınlı marmotların diğer sincap türleri gibi aynı çimen de beslenmeleri de burada örnek olarak verilmiştir. Cardini ve Tongiorgi (2003)'ye göre, buradaki kesici dişlerin ısırma gücü ve mekanik avantaj farklılıklarının; yetişkinlerin kendi popülasyonunda ki iç çatışmalar ve yırtıcı hayvanlarla olan savunma mekanizmasının da bu uyumda daha etkili olduğu ifade edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada üç türde de çene kaslarındaki mekanik avantaj farklılıklarının sebebinin, beslenme tipinden ziyade türler arasındaki mandibula'nın morfolojisindeki geometrik benzerlik veya farklılıklardan ileri gelebileceği ve ayrıca vücut ölçülerindeki farklılıklarının da burada etkili olabileceği düşünülebilir. En önemli sebebinde tür farklılığından ileri gelebileceğini düşünüyoruz.

Morfometrik ölçümler (Sd, Sv, Ad ve Td) ve mekanik avantaj değerleri (Sv ve Td) bakımından, taxonomik farklılığa sahip yer sincabı ve ratın; ilginç

bir şekilde ağaç sincabına nazaran birbirleriyle büyük benzerlikler gösterdiği tespit edilmiştir. Öte yandan taxonomik olarak birbirine daha yakın aileden olan ağaç ve yer sincabının ise genel anatomik ve morfolojik nitelikleri bakımından ise daha benzer olduğu tespit edilmiştir.

Son yıllarda metrik ölçümlere dayalı analiz yöntemleriyle kıyaslandığında türleri birbirlerinden ayırmak ve karşılaştırmak amacıyla "Geometrik Morfometri" metodunun çok daha sık kullanıldığı bilinmektedir (Rohlf, 2003; Adams ve ark., 2004; Adams ve ark., 2006). Nitekim bu çalışmada da makro-anatomik ve metrik yöntemlerin yanında, "Geometrik Morfometri" yöntemi de kullanıldı. Bu çalışmadaki üç rodent türünün mandibula'sı üzerinde yapılan morfolojik ve morfometrik sonuçlar, bu kemiğin türler arasında ilk bakışta çok benzermiş gibi görünse de aslında aralarında çok belirgin farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Özellikle, Geometrik Morfometri metodu ile üç tür net bir şekilde birbirlerinden ayrılmıştır. Zira bu çalışmada, üç türün "Geometrik Morfometri" analiz yöntemiyle şekil bakımından karşılaştırılmasında; araştırma materyallerinin RW analizi sonucu elde edilen temel bileşenlerden (TB) TB1 e karşı TB2 kullanılarak oluşturulan koordinat sistemi üzerine yerleştirilmesi ile elde edilen grafik, grupların (türlerin) birbirlerinden şekil bakımından bariz olarak ayrıldıklarını göstermiştir. Gruplar arasında landmark noktalarının hangi yöne hareket ettiğini gösteren deformasyon ağı izgarasının (deformation grid) incelenmesi sonucu; özellikle 1,3,5,6,7,9,10, 11,15 ve 16 nolu homolog landmark noktalarının çok daha fazla deformasyona uğradığını, dolayısıyla çalışmadaki üç türü şekil bakımından ayırmaya yarayan önemli noktalar olduğu anlaşılmıştır. Nihayetinde Geometrik Morfometri yöntemiyle sistematik olarak birbirinden uzak olan bu üç tür, sadece mandibula kemikleri kullanılarak belirgin bir şekilde birbirlerinden ayırt edilebilmiştir.

Sonuç olarak; bu çalışmadan elde edilen anatomik, mekanik ve Geometrik Morfometri analiz sonuçları, ileride yapılacak olan buna benzer çalışmalara katkı sağlayabilir. Özellikle Geometrik Morfometri analiz yönteminin bu çalışmadaki sonuçlarına dayanarak; ileride yapılacak olan alt türlerin belirlenmesi; türler arası morfoloji, filogenetik ve simetrik farklılıklar (fluctuating asymmetry) ile türler içindeki popülasyon veya coğrafi farklılığa dayalı çalışmalarda başarılı bir şekilde kullanılabilir. Bunun yanında üç kemirici türünün mandibula'sından elde edilen bu sonuçlar, aynı türlerin diğer iskelet kemikleriyle de test edilerek benzer sonuçlara ulaşılabilir.

Kaynaklar

- Adams, D.C., Slice, D.E. and Rohlf, F.J. (2006). The Geometric Morphometrics Workshop. 12-16 June, Dep. Biology, METU, Ankara, Turkey.
- Adams, D.C., Slice, D.E. and Rohlf, F.J. (2004). Geometric Morphometrics: Ten Years of Progress Following the 'Revolution'. *Ital. J. Zool.*, 71, 5-16.
- Albayrak, İ. and Arslan, A. (2006). Contribution to the Taxonomical and Biological Characteristics of *Sciurus anomalus* in Turkey (Mammalia: Rodentia). *Turk. J. Zool.* 30, 111-116.
- Alkan, B. (1965). Türkiye'nin Ağaç ve Tarla Sincapları (Mammalia-Sciuridae) Üzerine Bazı İncelemeler. *Bitki Koruma Bülteni*, Ankara, 5, 4, 151-162.
- Atalar, Ö. and Yılmaz, S. (2004). Anatomy of Skeleton Axiale of Squirrel. *Indian Vet. J.*, 81, 305-311.
- Ball, S.S. and Roth, V.L. (1995). Jaw Muscles of New World Squirrels. *J. Morph.*, 224, 3, 265-291.
- Bodner, L., Gabor, D. and Israel, K. (1998). Characteristics of the Aging Rat Mandible. *Archv. Gerontology and Geriatrics*, 27, 147-157.
- Bookstein, F.L. (1991). Morphometric Tools for Landmark Data. Cambridge University Press., Cambridge, U.K.
- Cardini, A. (2003). The Geometry of the Marmot (Rodentia: Sciuridae) Mandible: Phylogeny and Patterns of Morphological Evolution. *Syst. Biol.*, 52, 2, 186-205.
- Cardini, A. and Tongiorgi, P. (2003). Yellow-Bellied Marmots (*Marmota flaviventris*) 'In the Shape Space' (Rodentia, Sciuridae): Sexual Dimorphism, Growth and Allometry of the Mandible. *Zoomorphology*, 122, 11-23.
- Cardini, A. (2004). Evolution of Marmots (Rodentia, Sciuridae): Combining Information on Labial and Lingual Sides of the Mandible. *Acta Theriologica*, 49, 301-318.
- Cardini, A. and O'Higgins P. (2004). Patterns of Morphological Evolution in *Marmota* (Rodentia, Sciuridae): Geometric Morphometrics of the Cranium in the Context of Marmot Phylogeny, Ecology and Conservation. *Biol. J. Linn. Soc.*, 82, 385-407.
- Cardini, A. and Slice D.E. (2004). Mandibular Shape in the Genus *Marmota* (Rodentia, Sciuridae): A Preliminary Analysis Using Outlines. *Ital. J. Zool.*, 71, 1, 17-25.
- Chiasson, R.B. (1980). Laboratory Anatomy Series. In "Laboratory Anatomy of the White Rat", Ed., Booth E.S., Chiasson, R.B., Brown Comp. Pub., USA.
- Dikmenli, M. (1996). Türkiye'de Yaşayan Yer Sincabı, *Spermophilus citellus* (Linnaeus, 1776) (Mammalia: Rodentia). Altürlerinin Taksonomisinde Baş İskeleti ve Diş Köklerinin Önemi. Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Eğitim Fak. Fen Bil. Enst., Biyoloji Anabilimdalı, Konya.
- Dikmenli, M. ve Kaya, M.A. (2000). Türkiye'deki Yer Sincabı, *Spermophilus citellus* (Linnaeus, 1776) (Mammalia:Rodentia) Altürlerinde Diş Köklerinin Varyasyonu. S.Ü. Eğitim Fak. Fen Bil. Der., 8, 1, 65-71.
- Doğramacı, S., Kefelioğlu, H. ve Gündüz, İ. (1994). Türkiye Spermophilus (Mammalia: Rodentia) Cinsinin Karayoljik Analizi. *Turk. J. Zool.*, 18, 167-170.
- Duarte, L.C., Monteiro, L.R., Von Zuben, F.J. and Dos Reis, S.F. (2000). Variation in Mandible Shape in *Thrichomys apereoides* (Mammalia: Rodentia): Geometric Analysis of a Complex Morphological Structure. *Syst. Biol. Sep*, 49, 3, 563-78.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. (1987) Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yay., No: 1021, Ders Kitabı No: 295, Ankara.
- Elleman, J.R. and Morrison-Scott, T.C.S. (1951). Checklist of Palaearctic and Indian Mammals. 1758-1946. *Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, London, 1-810.
- Emry, R.J. and Thorington, R.W. (1982). Descriptive and Comparative Osteology of the Oldest Fossil Squirrel, *Protosciurus* (Rodentia: Sciuridae). *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 47, 1-35.
- Greene, E.C. (1963). Anatomy of the Rat. *Transactions of the American Philosophical Society*, Vol. XXVII, Hafner Pub. Comp., New York and London.
- Hurov, J., Henry-Ward, W., Phillips, L. and German, R. (1988). Growth Allometry of Craniomandibular Muscles, Tendons, and Bones in the Laboratory Rat (*Rattus norvegicus*): Relationships to Oromotor Maturation and Biomechanics of Feeding. *Am. J. Anat.*, 182, 381-394.
- Katsaros C., Berg R. and Kiliaridis S. (2002). Influence of Masticatory Muscle Function on Transverse Skull Dimensions in the Growing Rat. *J. Orofac. Orthop.*, 63, 1, 5-13.
- Klingenberg, C.P. and Leamy, L.J. (2001). Quantitative Genetics of Geometric Shape in the Mouse Mandible. *Evolution*, 55, 1, 2342-2352.
- Konuk, M. ve Kaya, M.A. (1998). Konya ve Karaman İllerinde Kemirici (Mammalia: Rodentia) Faunası. S.Ü. Eğitim Fak., Fen Bil. Derg., 1, 7-a, 31-38.
- Losken, A., Mooney, P. and Siegel, M.I. (1992). A Comparative Study of Mandibular Growth Patterns in Seven Animal Models. *J. Oral Maxillofac. Surgery.*, 50, 490-495.
- Marcin, R. (2000). Comparative Cranial Anatomy of *Rattus norvegicus* and *Proechimys trinitatus*. Honors Thesis, Weissman School of Arts and Sciences, Baruch College, 7 Lexington Ave. New York, NY 10010.
- Monteiro L.R., Duarte L.C., and Dos Reis S.F. (2003). Environmental Correlates of Geographical Variation in Skull and Mandible Shape of The Punare Rat *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae). *J. Zool.*, Lond. 261, 47-57.
- Nomina Anatomica Veterinaria (2005). International

Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. 5th ed., Pub. by the Ed. Com. Hannover, Columbia, Gent, Sapparo, USA.

Nowak, R.M. and Paradiso, J.L., (1983). Walker's Mammals of the World. Volume II. 4th ed., The Johns Hopkins University Press., 1307 pp.

O'Higgins, P. (2000). The Study of Morphological Variation in the Hominid Fossil Record: Biology, Landmarks and Geometry. *J. Anat.*, 197, 103-120.

Önel, A. ve Temizer, İ. A. (2005). Elazığ, Erzincan ve Malatya İllerinde *Sciurus anomalus* (Güldenstaedt, 1785). Populasyonlarının Morfolojik ve Bazı Biyometrik Özellikleri. *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bil. Derg.*, 17, 1, 205-215.

Pavlinov, I.Y., (2001). Geometric Morphometrics, A New Analytical Approach to Comprasion of Digitized Images (<http://research.amnh.org/mycep/pavlinov/pavlinov.pdf>).

Richtsmeier, J.T., DeLeon V.B. and Lele S.R. (2002). The Promise of Geometric Morphometrics Yearbook *Phys. Anthropol.*, 45, 63-91.

Rohlf, F.J. (1998). On Applications of Geometric Morphometrics to Studies of Ontogeny and Phylogeny. *Syst. Biol.*, 47, 1, 147-158

Rohlf, F.J. (2003). "TpsSmal v.1.20" by F. James Rohlf, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.

Rohlf, F.J. (2004). "TpsSpline v.1.20" by F. James Rohlf, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.

Rohlf, F.J. (2005). "TpsReg v.1.31" by F. James Rohlf, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.

Rohlf, F.J. (2006). "TpsDig v.2.05" and "TpsRelw v. 1.44" by F. James Rohlf, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.

Rohlf, F.J. and Marcus, L.F. (1993). A Revolution in Morphometrics. *Trend in Ecology and Evolution*, 8, 4, 129-132.

Roth, V.L. (1996). Cranial Integration in the Sciuridae. *Amer. Zool.*, 36, 14-23.

Russell, A.P., Pereschitz, R.M. and Powell, G.L. (2001). The Cranial Osteology of *Spermophilus richardsonii* (Sabine, 1822) (Richardson's Ground Squirrel) (Mammalia: Rodentia: Sciuridae). *Ann. Zool.*, 51, 1, 117-131.

SPSS 10.0 (2000). SPSS for Windows.

Swiderski, D. (2003). Separating Size from Allometry: Analysis of Lower Jaw Morphology in the Fox Squirrel, *Sciurus niger*. *J. Mammalogy*, 84, 3, 861-876.

Thorington, R.W. and Darrow, K. (1996). Jaw Muscles of Old World squirrels. *J. Morph.*, 230, 145-165.

Velhagen A.V. and Roth, V.L. (1997). Scaling of the Mandible in Squirrels. *J. Morph.*, 232, 107-132.

Wejs, W. and Dantuma, R. (1975). Electromyography and Mechanics of Mastication in the Albino Rat. *J. Morph.*, 146, 1-34.

William P.W. and Sherri J.H. (1993). Biomechanical Analysis of Mastication in the Fossil Rodent *Ischyromys* and its Bearing on the Origin of Sciuriforms. Technical Report, N.P. Service, Paleontology Research, 2, 21.

Wilson, D.E. and Reeder, D.M. (1993). *Mammal Species of the World*. 2nd edition, Washington DC, Smithsonian Institution Press, 1207 pp.

Ventura, J., Lopez-Fuster, M.J., Salazar, M. and Perez-Hernandez, M.R. (2000). Morphometric Analysis of Some Venezuelan Akodontine Rodents. *Neth. J. Zool.*, 50, 4, 487-501.

Yalçın, H., Arslan, A. ve S. Tıpırdamaz (2003). Ağaç Sincabının (*Sciurus anomalus*) (Güldenstaedt, 1785) (Mammalia: Rodentia) Çiğneme Kasları Üzerinde Makro-Anatomik Araştırmalar. *Vet. Bil. Derg.*, 19, 3-4,

83-88.

Yiğit, N., Çolak, E. and Sözen, M. (2000). A Study on the Hibernation of *Spermophilus xanthopyrmus* (Bennet, 1835) (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Turk. J. Zool.*, 24, 87-93.