

Masseter Kası ve Kraniofasiyal Morfoloji Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Relationship Between Masseter Muscle and Craniofacial Morphology

İlker ÖZEÇ,^a
Ufuk TAŞDEMİR,^a
Hasan BABACAN,^b
Orhan SOLAK,^c
Cesur GÜMÜŞ^c

^aAğız Diş Çene Hastalıkları ve
Cerrahisi AD,

^bOrtodonti AD,
Cumhuriyet Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,

^cRadyoloji AD,
Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Sivas

Geliş Tarihi/Received: 01.02.2010

Kabul Tarihi/Accepted: 08.03.2010

*Bu çalışma, Ağız ve Çene Yüz Cerrahisi Birliği
Derneği 5. ACBID Uluslararası Kongresi
(25 - 29 Mayıs 2011, Belek, Antalya)'nde
sunulmak üzere kabul edilmiştir.*

Yazışma Adresi/Correspondence:

İlker ÖZEÇ
Cumhuriyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Ağız Diş Çene Hastalıkları ve
Cerrahisi AD, Sivas,
TÜRKİYE/TURKEY
iozec@cumhuriyet.edu.tr

ÖZET Amaç: Masseter kası ile kraniofasiyal morfoloji arasında ki ilişkiyi araştırmak ve masseter kası fonksiyonunu temsil eden masseter kası hacminin mi yoksa masseter kası kesit alanının mı kraniofasiyal morfoloji ile olan ilişkisinin daha güçlü olduğunu belirlemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Çeşitli kraniofasiyal morfolojiye sahip 27 sağlıklı gönüllü birey bu çalışmada yer almıştır. Masseter kası hacmini ve masseter kası kesit alanını ölçmek için aksiyal manyetik rezonans görüntüleri kullanılmıştır. Masseter kası kesit alanı planimetri metodu kullanılarak bilgisayar programı ile hesaplanırken, masseter kası hacmi planimetri metodu ve Cavalieri prensibi ile hesaplanmıştır. Sefalometrik analiz lateral radyografiler kullanılarak yapılmış ve mandibuler düzlem açısı, arka yüz yüksekliği, ön yüz yüksekliği, ramus yüksekliği, alt gonial açı ve üst gonial açı ölçümleri yapılmıştır. Maksiller dental ark genişliği elektronik kumpas ile birinci molar dişlerin palatal yüzeyleri arasındaki mesafe ölçülerek elde edilmiştir. **Bulgular:** Masseter kası kesit alanı veya masseter kası hacmi ile sefalometrik analiz ile elde edilen vertikal kraniofasiyal ölçüm değerleri arasında önemli korelasyon bulunamamıştır ($p<0.05$). Masseter kası kesit alanı ve hacmi ile maksiller dental ark genişliği arasında istatistiksel olarak anlamlı şekilde pozitif korelasyon tespit edilmiştir ($p<0.05$). Maksiller dental ark genişliğinin masseter kas kesit alanı ile olan ilişkisinin masseter kas hacmine göre daha güçlü olduğu belirlenmiştir. **Sonuç:** Çalışmadan elde edilen sonuçlar masseter kas boyutunun maksiller dental ark genişliğini etkileyebilecek unsurlardan birisi olarak ele alınabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyometri; çiğnetici kas; manyetik rezonans görüntüleme

ABSTRACT Objective: To investigate the relationship between the masseter muscles and craniofacial morphology and to investigate if masseter muscles' volume is stronger related with craniofacial dimensions than with masseter muscles' muscle CSA. **Material and Methods:** Twenty seven adult healthy volunteer subjects with varying craniofacial morphology participated in this study. Axial magnetic resonance imaging scans were used for measurements of the masseter muscle volume and cross sectional area. Cross sectional area of the masseter muscle was calculated by the planimetry method with computer software and the volumetric estimation of the masseter muscle was calculated with planimetry method and the Cavalieri principle. Cephalometric analysis was performed using lateral radiographs and mandibular plane angle, posterior facial height, anterior facial height, ramus height, lower gonial angle and upper gonial angle was measured. Maxillary dental arch width was measured with an electronic calliper as the distance between the palatal surfaces of the first permanent molars. **Results:** Significant correlations were not found between the masseter muscles' cross-sectional area or volume and vertical craniofacial measurements obtained by cephalometric analysis ($p>0.05$). Statistically significant positive correlations were found between the masseter muscles' cross-sectional area and volume, and maxillary dental arch width ($p<0.05$). Maxillary dental arch width were stronger related with masseter muscles' cross-sectional area than with volume. **Conclusion:** The findings of this study indicate that the dimensions of the masseter muscle may be considered as one of the factors influencing the width of the maxillary dental arch.

Key Words: Biometry; masseter muscle; magnetic resonance imaging

Kraniofasiyal morfolojinin gelişiminin her bireyin genotipine bağlı olduğu kabul edilmekle birlikte, bireyin çiğneme kaslarının boyutlarının ve fonksiyonel kapasitesinin de kraniofasiyal form üzerinde etkisi olduğuna inanılmaktadır.¹ Fonksiyon ve form arasındaki bu ilişki günümüze kadar tam olarak açıklığa kavuşturulmamıştır. Genetik olarak belirlenen fasiyal morfolojinin mi çiğneme kaslarının oluşturduğu kuvveti belirlediği, yoksa çiğneme kaslarının oluşturduğu kuvvetin mi morfoloji üzerinde etkili olduğu araştırılmaya devam edilen bir konudur.²

Çiğneme kas fonksiyonu ile kraniofasiyal morfoloji (vertikal veya horizontal kraniofasiyal ölçüler) arasındaki ilişkiyi belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda kas fonksiyonu ve morfoloji arasında güçlü bir korelasyon olduğunu gösteren sonuçlar elde edildiği gibi, iki değişken arasındaki korelasyonun zayıf olduğunu bulan çalışmalarda olmuştur.³⁻¹⁰ Yapılan bu çalışmalara rağmen kraniofasiyal form ve çiğneme kaslarının yapısı arasındaki ilişki üzerinde bir uzlaşmaya varılamamıştır.

Literatürde çiğneme kaslarının fonksiyonu çeşitli değişkenler ile tanımlanmıştır. Kas kesit alanı ve kas hacmi bu değişkenler arasındadır.^{3,4,11,12} Kas kesit alanı çiğneme kasının maksimum izometrik kasılma gücünün bir göstergesi olarak düşünülürken, kas hacmi kasın devamlı olarak oluşturduğu gücün bir simgesi olarak görülmektedir.¹³ Bu iki değişkenden hangisinin kraniofasiyal morfoloji ile ilişkilendirilmesinin daha anlamlı olduğu tam olarak bilinmemekte ve kasın genel olarak oluşturduğu kuvveti gösteren kas hacminin değişken olarak kullanılmasının daha anlamlı olacağı düşünülmektedir.⁸

Bu çalışmanın amacı, masseter kası ile kraniofasiyal morfoloji arasında olan ilişkiyi belirlemek ve kas fonksiyonunun göstergesi olan kas kesit alanı ve kas hacminin hangisinin kraniofasiyal morfoloji ile korelasyonunun daha iyi olduğunu anlamaktır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışma çeşitli kraniofasiyal morfolojik ölçülere sahip 27 diş hekimliği öğrencisi veya çalışanı gönüllü (13 kadın, 14 erkek; yaş aralığı 21-27 ve or-

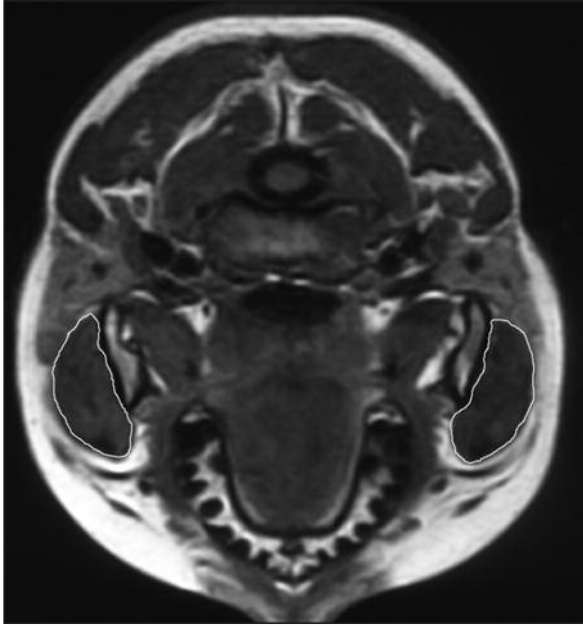
talama yaş 22.3) ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin hepsinin sağlıklı olduğu ve çalışmaya katılmalarına engel olacak herhangi bir hastalıklarının bulunmadığı belirlenmiştir. Gönüllülerin hepsinin tam olarak dentisyona sahip oldukları (20 yaş dişleri göz önünde bulundurulmadan) tespit edilmiştir. Helsinki Deklerasyonu prensiplerine uygun olarak çalışma yapılmış, çalışma protokolü klinik araştırmalar etik kurulu tarafından onaylanmış ve gönüllülerin hepsinden yazılı olarak bilgilendirilmiş olur alınmıştır.

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLERİNİN ELDE EDİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

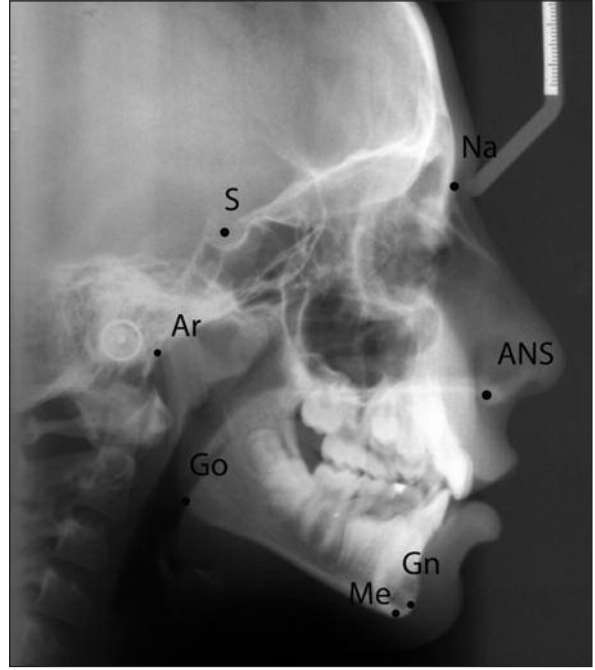
Manyetik rezonans (MR) görüntüleri 1.5-T Excel Art MR scanner (Toshiba, Tokyo, Japonya) cihazı ve baş aparatı kullanılarak, gönüllüler supin pozisyonda ve frankfurt horizontal düzlemi yer ile 90° açıdayken elde edilmiştir. Gönüllülerden MR görüntüsü alınırken dişlerini sıkmadan birarada tutmaları istenmiş ve T₁ ağırlıklı aksiyal MR görüntüleri (TR=550 ms, TE=15 ms, FOV: 180 x 220 mm², matriks boyutu 160 x 256, kesit kalınlığı 3 mm) alınmıştır.

Aksiyal MR görüntüleri kas kesit alanının ve kas hacminin hesaplanması için kullanılmıştır. Masseter kası kesit kalınlığını ölçmek için manual planimetri, masseter kas hacmini hesaplamak için ise manual planimetri ile birlikte Cavalieri prensibi kullanılmıştır.¹⁴ Planimetrik ölçümler MR ünitesinin bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Bilgisayar faresi kullanılarak bütün MR kesitleri üzerinde masseter kas sınırları elle çizilmiştir (Resim 1). Elle çizilen bölgenin alanı bilgisayar programı tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır. Cavalieri prensibine göre masseter kas hacmi, manual planimetri ile elde edilen kesit alanlarının toplamı, kesit kalınlığı ve kesit arası boşluk toplamı (3 mm + 0.9 mm) ile çarpılarak hesaplanmıştır. Bütün ölçümler aynı araştırmacı tarafından iki defa yapılmış ve bu ölçümlerin ortalamaları alınarak hesaplamada kullanılmıştır. Yapılan iki ölçüm arasında en az bir hafta süre bırakılmıştır.

Masseter kas kesit alan değerleri arasında ölçülen en yüksek kesit alan değeri kası temsil eden kesit alan değeri olarak belirlenmiştir. Gönüllü-



RESİM 1: Masseter kası sınırlarının aksiyal kesit MR görüntüsünde belirlenmesi.



RESİM 2: Sefalometrik analizde kullanılan anatomik noktalar.

lerde sağ ve sol taraf masseter kası kesit alanı ve masseter kası hacmi ölçümlerinde farklılıklar olmasından dolayı, sağ ve sol taraftan yapılan ölçümlerin ortalamaları alınarak değerlendirme yapılmıştır.

SEFALOMETRİK ANALİZ

Gönüllülerden lateral sefalometrik grafiler elde edilmiş ve bu grafilerin sefalometrik analizi bilgisayar programı kullanılarak (Dolphin imaging and management solutions, Patterson Technology, CA, USA) dijital ortamda gerçekleştirilmiştir. Vertikal kraniyofasiyal morfolojinin analizi için; mandibuler düzlem açısı (SN-GoGn)(°), arka yüz yüksekliği (S-Go)(mm), ön yüz yüksekliği (ANS-Me)(mm), ramus yüksekliği (Ar-Go) (mm), üst gonial açı (Ar-Go-Na) (°), alt gonial açı (Na-Go-Me) (°) kullanılmıştır (Resim 2).

Horizontal kraniyofasiyal morfolojiyi temsilen maksiller dental ark genişliği ele alınmış ve birinci molar dişlerin palatal yüzeyleri arasındaki mesafe elektronik kumpas ile ölçülerek bu değer belirlenmiştir.

Kas ölçümü ile elde edilen veriler ile sefalometrik analiz sonucu elde edilen veriler ve maksil-

ler ark genişliği arasındaki ilişki SPSS (15.0; SPSS Inc., Chicago, IL) programı kullanılarak regresyon ve korelasyon analizi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve yanılma düzeyi 0.05 olarak alınmıştır.

BULGULAR

Sefalometrik ölçümlerin, maksiller dental ark genişliği ölçümlerinin, masseter kası kesit alan ölçümlerinin ve masseter kası hacim ölçümlerinin ortalama ve tanımlayıcı istatistikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda masseter kas kesit alanı ve masseter hacmi ile maksiller genişlik arasındaki korelasyon katsayısı önemli bulunurken, sefalometrik ölçüm ile elde edilen değerler arasındaki korelasyon katsayıları önemsiz bulunmuştur (Tablo 2).

Masseter kas hacmi ile maksiller genişlik arasında aynı yönlü ($r = 0.50$) bir ilişki tespit edilmiştir. Bu bağıntı $\hat{y}_{\text{maksiller genişlik}} = 25.09 + 0.42 \times \text{masseter kas hacmi}$ şeklinde gösterilmiştir. Bu ilişki istatistiksel olarak önemlidir. Buna göre masseter kas hacmindeki bir birimlik artışa karşılık maksiller genişlik 0.42 artmaktadır. Bu da istatistiksel olarak önemlidir ($t = 2.89$, $p = 0.008$) (Şekil 1).

TABLO 1: Masseter kası hacmi, masseter kası kesit alanı, sefalometrik ölçümler ve maksiller ark genişliği değerleri.

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Deviasyon
Masseter kas hacmi	15.08	31.35	22.79	4.47
Masseter kas kesit alanı	04.12	07.08	05.74	0.75
SN-Go-GN	16.00	46.00	31.07	6.18
Ramus yüksekliği	36.00	61.00	48.16	5.32
Posterior yüz yüksekliği	65.00	102.0	78.95	8.01
Anterior yüz yüksekliği	56.30	79.40	66.31	6.04
Alt gonial açı	65.00	88.00	73.13	5.35
Üst gonial açı	40.00	56.00	48.70	3.97
Maksiller ark genişliği	27.00	40.50	34.77	3.78

Masseter kas kesit alanı ile maksiller genişlik arasında da aynı yönlü ($r= 0.50$) bir ilişki belirlenmiştir. Bu bağıntı $\hat{y}_{\text{maksiller genişlik}}=20.46+2.49 \times$ masseter kas kesit alanı şeklinde gösterilmiştir. Buna göre kas kesit alanındaki bir birimlik artışta maksiller genişlik 2.49 artmaktadır. Regresyon katsayısı 2.49'dur. İstatistiksel olarak önemlidir ($t= 2.85$, $p= 0.009$) (Şekil 2).

Masseter kas kesit alanı ve masseter kas hacminin kraniofasiyal morfoloji ile olan ilişkisi karşılaştırıldığı zaman, maksiller ark genişliği ile ilgili olarak masseter kas kesit alanının ilişkisinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.

TARTIŞMA

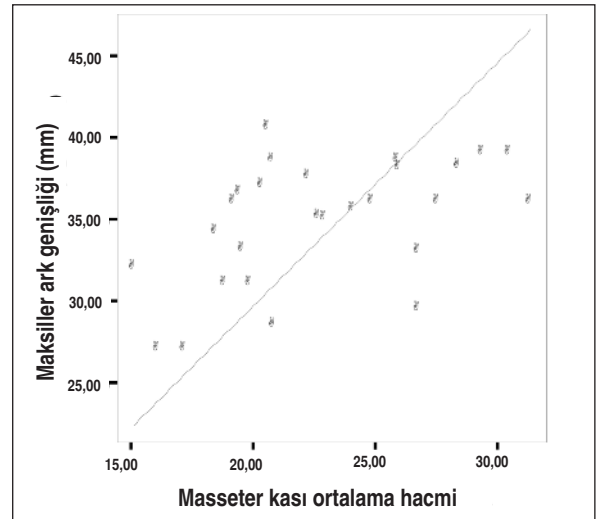
Masseter kası çiğneme kasları arasında boyutu en büyük olan kastedir. Mediyal pterigoid kas ile karşılaştırıldığı zaman, masseter kasının vertikal yönde daha fazla kuvvet uyguladığı tespit edilmiştir.^{5,15} Van Spronsen ve ark., çiğneme kasları arasında masseter kasının fasiyal morfoloji ile en çok ilgisi olan kas olduğunu, medial pterigoid kasın masseter kasını takip ettiğini belirlemiş ve bu durumu kasın fonksiyon ve yapısına bağlanmıştır.³ Bu çalışmada da kraniofasiyal morfoloji ile olan ilişkisinin daha güçlü olduğu belirlenen masseter kası değerlendirme için seçilmiştir. Gönüllülerden ölçülen masseter kası boyutlarında farklılık olduğu görülmüştür. Bu farkın kasta mevcut fibril sayısındaki farklılıktan, kasta mevcut fibrillerin boyutundaki farklılıktan veya her ikisinden kaynaklı olabileceği söylenmektedir.^{9,16}

Vertikal kraniofasiyal morfoloji insanlarda oldukça değişkenlik göstermekte ve vertikal olarak normalden farklı ölçülere sahip olan bireyler uzun

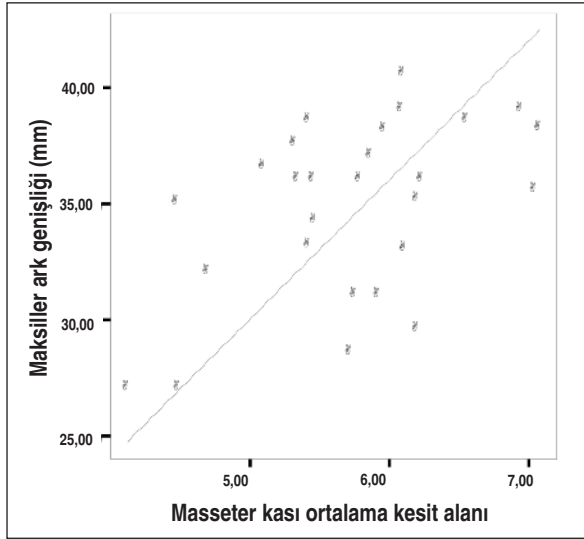
TABLO 2: Masseter kası hacmi ve masseter kası kesit alanının sefalometrik ölçüm değerleri ve maksiller ark genişliği ile arasındaki regresyon analizi ile elde edilen korelasyon katsayıları.

	Masseter kası hacmi	Masseter kası kesit alanı
SN-Go-GN	-0.217	0.076
Ramus Yüksekliği	0.078	0.265
Posterior yüz yüksekliği	0.247	0.218
Anterior yüz yüksekliği	0.120	0.380
Alt gonial açı	-0.338	-0.219
Üst gonial açı	-0.080	-0.289
Maksiller genişlik	0.501**	0.496**

Önemlilik seviyeleri: ** $p<0.01$; * $p<0.05$.

**ŞEKİL 1:** Serpme çizim ile masseter kası hacmi ile maksiller ark genişliği arasındaki ilişkinin gösterilmesi.

yüzlü veya kısa yüzlü olarak tanımlanmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda genel olarak ince masseter kasına sahip olan bireylerin oransal olarak daha uzun yüz ölçülerine sahip olduğu, kalın mas-



ŞEKİL 2: Serpme çizim yöntemi ile masseter kası kesit alanı ile maksiller ark genişliği arasındaki ilişkinin gösterilmesi.

seter kasına sahip olan bireylerin ise oransal olarak daha kısa yüz ölçülerine sahip olduğu söylenmiştir.^{4,9,10,17,18-21} Bu görüşe zıt olarak Van Spronsen ve ark., çiğneme kaslarının herhangi biri ile vertikal kraniyofasiyal morfoloji arasında bir ilişki bulunamamıştır.⁶ Bu çalışmada da masseter kası ile vertikal kraniyofasiyal morfoloji arasında istatistiksel olarak önemli bir korelasyon olmadığı görülmüştür. Rastgele olarak oluşturulan gönüllü grubunun mandibuler düzlem açısına göre yapılan sınıflaması sonucunda 4 bireyin uzun yüz, 8 bireyin kısa yüz ölçülerine sahip olduğu, geri kalan bireylerin normal yüz ölçülerinde olduğu görülmüştür. Özellikle çalışma grubunun uzun yüz ve kısa yüz ölçülerine sahip bireylerden oluşturulmamasının bu sonuçta etkisinin olabileceği düşünülmüştür.

Masseter kası boyutunun büyük olmasının kraniyofasiyal vertikal büyümeyi kısıtladığı, bundan dolayı da bireyin daha kısa vertikal yüz ölçülerine sahip olduğu söylenmektedir. Masseter kasının büyüme ve gelişim üzerindeki etkisini incelemek için Kwon ve ark., büyümesi devam eden tavşanlarda unilateral masseter kası hipofonksiyonu gerçekleştirmiş ve kraniyofasiyal gelişimi incelemiştir.²² Sonuç olarak, tek taraflı masseter kası hipofonksiyonunun kraniyofasiyal morfoloji üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı, masseter kası hipofonksiyono-

nun kraniyofasiyal morfoloji üzerindeki etkisinin diğer kaslar tarafından kompanse edildiği tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar ile masseter kası boyutu ile kraniyofasiyal genişlik arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmüş ve büyük masseter kasına sahip bireylerin daha geniş yüze sahip olduğu belirlenmiştir.^{1,6,15,23-25} Maksiller dental ark genişliği horizontal kraniyofasiyal ölçülerden birisidir. Kiliarides ve ark.nın yaptıkları çalışmada masseter kası ile maksiller dental ark genişliği arasındaki ilişki incelenmiş ve sonuç olarak özellikle kadınlarda daha kalın masseter kasına sahip bireylerin daha geniş maksiller dental arka sahip olduğu tespit edilmiştir.⁹ Bu çalışmada cinsiyet ayrımı olmaksızın masseter kası fonksiyonel değişkenleri ile maksiller dental ark genişliği arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, masseter kasının fonksiyonel kapasitesinin maksiller dental ark genişliğini etkileyen faktörlerden biri olabileceği düşünülmüştür.

Literatürde çiğneme kası fonksiyonunu tanımlamak için genellikle kas kesit alanı veya kas hacmi kullanılmıştır. Bu çalışmanın amaçlarından birisi de bu değişkenlerden hangisinin kraniyofasiyal morfoloji ile olan korelasyonunun daha iyi olduğunun belirlenmesidir. Teorik olarak çiğneme kas fonksiyonunun kraniyofasiyal büyüme üzerindeki etkisi; uygulanan kuvvetin süresine, uygulanan kuvvetin miktarına ve kuvvete maruz kalan kraniyofasiyal bölgeye bağlıdır. Elektromiyografi ile insanlarda yapılan çalışma maksimum kas kuvvetinin günde toplam 6 dakika oluştuğunu göstermiştir.²⁶ Buna bağlı olarak büyüyen kraniyofasiyal iskelet üzerinde maksimum kas kuvvetinin etkisinin az olacağı düşünülmektedir. Bu konuda yapılan çalışmada Boom ve ark vertikal kraniyofasiyal ölçülerin kesit alanına göre kas hacmi ile %12 oranında daha iyi bir korelasyona sahip olduğunu belirlemiş ve kas hacminin kraniyofasiyal morfoloji üzerinde daha fazla etkisinin olduğunu söylemiştir.⁸ Bu çalışmada ise maksiller ark genişliği üzerinde masseter kas kesit alanının hacme göre korelasyonunun daha güçlü olduğu ve kasın maksimum uyguladığı gücün horizontal gelişim üzerinde daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Kas kesit alanının horizontal kra-

niofasiyal ölçü ile korelasyonu daha iyi bulunurken, kas hacminin vertikal kraniofasiyal ölçüler ile korelasyonunun daha iyi bulunmasının açıklanabilmesi için başka çalışmaların da yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, masseter kas boyutunun maksiller ark genişliğini etkileyen faktörlerden biri olabileceği görülmüştür. Bu konuda yapılabilecek başka çalışmalar ile maksiller darlık oluşum etiolojisinde masseter kasi boyutunun etkisi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Kitai N, Fujii Y, Murakami S, Furukawa S, Kreiborg S, Takada K. Human masticatory muscle volume and zygomatico-mandibular form in adults with mandibular prognathism. *J Dent Res* 2002;81(11):752-6.
- Mao JJ, Nah HD. Growth and development: hereditary and mechanical modulations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125(6):676-89.
- Van Spronsen P, Weijs W, Valk J, Prah Andersen B, van Ginkel F. A comparison of jaw muscle cross-sections of long-face and normal adults. *J Dent Res* 1992;71(6):1279-85.
- Weijs WA, Hillen B. Relationships between masticatory muscle cross-section and skull shape. *J Dent Res* 1984;63(9):1154-7.
- Hannam AG, Wood WW. Relationships between the size and spatial morphology of human masseter and medial pterygoid muscles, the craniofacial skeleton, and jaw biomechanics. *Am J Phys Anthropol* 1989;80(4):429-45.
- Van Spronsen PH, Weijs WA, Valk J, Prah Andersen B, van Ginkel FC. Relationships between jaw muscle cross-sections and craniofacial morphology in normal adults, studied with magnetic resonance imaging. *Eur J Orthod* 1991;13(5):351-61.
- Gionhaku N, Lowe AA. Relationship between jaw muscle volume and craniofacial form. *J Dent Res* 1989;68(5):805-9.
- Boom HP, van Spronsen PH, van Ginkel FC, van Schijndel RA, Castelijns JA, Tuinzing DB. A comparison of human jaw muscle cross-sectional area and volume in long- and short-face subjects, using MRI. *Arch Oral Biol* 2008;53(3):273-81.
- Kiliaridis S, Kålebo P. Masseter muscle thickness measured by ultrasonography and its relation to facial morphology. *J Dent Res* 1991;70(9):1262-5.
- Satiroğlu F, Arun T, Işık F. Comparative data on facial morphology and muscle thickness using ultrasonography. *Eur J Orthod* 2005;27(6):562-7.
- Maughan RJ, Watson JS, Weir J. Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *J Physiol* 1983;338(5):37-49.
- Lamey PJ, Burnett CA, Fartash L, Clifford TJ, McGovern JM. Migraine and masticatory muscle volume, bite force, and craniofacial morphology. *Headache* 2001;41(1):49-56.
- Van Eijden TM, Korfage JA, Brugman P. Architecture of the human jaw-closing and jaw-opening muscles. *Anat Rec* 1997;248(3):464-74.
- Odacı E, Bahadır A, Yıldırım Ş, Şahin B, Canan S, Baş O, et al. [Volume estimation using the cavalieri principle on computerized tomography and magnetic rezonans images and its clinical application: Review]. *Türkiye Klinikleri J Med Sci* 2005;25(3):421-8.
- Hannam AG, Wood WW. Medial pterygoid muscle activity during the closing and compressive phases of human mastication. *Am J Phys Anthropol* 1981;55(3):359-67.
- Rowlerson A, Raoul G, Daniel Y, Close J, Maurage CA, Ferri J, et al. Fiber-type differences in masseter muscle associated with different facial morphologies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127(1):37-46.
- Benington PC, Gardener JE, Hunt NP. Masseter muscle volume measured using ultrasonography and its relationship with facial morphology. *Eur J Orthod* 1999;21(6):659-70.
- Raadsheer MC, Kiliaridis S, Van Eijden TM, Van Ginkel FC, Prah Andersen B. Masseter muscle thickness in growing individuals and its relation to facial morphology. *Arch Oral Biol* 1996;41(4):323-32.
- Kubota M, Nakano H, Sanjo I, Satoh K, Sanjo T, Kamegai T, et al. Maxillofacial morphology and masseter muscle thickness in adults. *Eur J Orthod* 1998;20(5):535-42.
- Horowitz SL, Shapiro HH. Modification of skull and jaw architecture following removal of the masseter muscle in the rat. *Am J Phys Anthropol* 1955;13(2):301-8.
- Yellich GM, McNamara JA Jr, Ungerleider JC. Muscular and mandibular adaptation after lengthening, detachment, and reattachment of the masseter muscle. *J Oral Surg* 1981;39(9):656-65.
- Kwon TG, Park HS, Lee SH, Park IS, An CH. Influence of unilateral masseter muscle atrophy on craniofacial morphology in growing rabbits. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65(8):1530-7.
- Chan HJ, Woods M, Stella D. Mandibular muscle morphology in children with different vertical facial patterns: A 3-dimensional computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133(1):10.e1-13.
- Weijs W, Hillen B. Correlations between the cross-sectional area of the jaw muscles and craniofacial size and shape. *Am J Phys Anthropol* 1986;70(4):423-31.
- Raadsheer MC, Kiliaridis S, Van Eijden TM, Van Ginkel FC, Prah Andersen B. Masseter muscle thickness in growing individuals and its relation to facial morphology. *Arch Oral Biol* 1996;41(4):323-32.
- Miyamoto K, Yamada K, Ishizuka Y, Morimoto N, Tanne K. Masseter muscle activity during the whole day in young adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110(4):394-8.