

Temporal kemik ve mastoid hücreler

Ahmet Kavaklı¹, Sacide Karakaş²

¹Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Elazığ

²Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Aydın

Amaç: Os temporaledeki havalanmanın ve özellikle cellulae mastoidea ile ilgili havalanma sürecinin sınıflandırması klinik açıdan önemlidir. Bu nedenle çalışmamızda os temporale havalanma süreci ve sınıflandırmasını güncel çalışmalar ile destekleyerek ortaya koymak amaçlanmıştır. **Bulgular:** Os temporale havalanma süreci çevresel, genetik ve patolojik nedenlerden etkilenmektedir. Hatta aynı kişinin sağ ve sol tarafları arasında farklılıklar görülebilir. Havalanma sınıflandırması farklı şekillerde yapılmıştır. **Sonuç:** Os temporale havalanma sınıflandırması konusunda henüz net bir fikir birliği oluşmamıştır.

Anahtar kelimeler: Os temporale, cellulae mastoidea, sınıflandırma

Temporal bone and mastoid air cells

Objective: The pneumatization of the temporal bone, especially the duration pneumatization and classification of the mastoidea air cells is important in the point of view of the clinic. That's why we aimed to emphasize the duration of pneumatization in temporal bone and classification using the up-to-date studies in our study. **Main findings:** The temporal bone pneumatization duration is affected by the environmental genetic and pathologic reasons. Even differences between the right and left side of a person could be observed. The pneumatization classification has been done in different ways. **Conclusion:** There has not been a clear idea about the classification of the temporal bone pneumatization yet.

Key words: Temporal bone, mastoid air cells, classification

Genel Tıp Derg 2004;14(2):77-81

Embriyoloji ve histoloji

Dış, orta ve iç kulağın embriyolojik gelişimi üç ayrı yerden ve üç ayrı germ yaprağından köken alır. Solunum ve sindirim sisteminin embriyolojik gelişimi yutak kavisleri, faringeal yarık ve ceplerden oluşur. Auris eksterna ve auris medianın embriyolojik gelişimi de bu iki sistemin gelişimine benzerlik gösterir. Auris interna ise dış ektodermden kaynaklanır. Auris eksterna birinci faringeal yarıktan, auris media ise birinci faringeal cepden gelişir. Bu cep tuba auditivayı şekillendirdikten sonra dört primer kese (saccus anticus, medius, superior ve posterior) meydana getirir. Bu keseler auris media, mastoid ve pars petrosa hava hücrelerini yapacak şekilde gelişim gösterirler. Epitympaniumdaki

gevşek bağ dokusu dışı doğru uzanır ve geleceğin antrumunu yapar. Antrum ve cellulae mastoidea (CM)'nin squamöz parçası saccus superior'dan, petros parçaları ise saccus medius'dan gelişir (1).

Os temporale'de havalanmanın ne zaman meydana geldiği konusunda ortak bir kanı yoktur. Bazı kaynaklar gestasyonun 24. haftasında (2), bazıları ise 33. haftasında (3,4) havalanmanın başladığını söylemektedir. Bu dönemlerde başlayan havalanma ergenlik yaşına ve apeks petrosa'nın son parçası havalanmaya kadar devam eder (3). Os temporale'nin processus mastoideus parçası yenidoğanda görülmez. Yaşamın ikinci yılında gelişmeye başlar ve ergenlikte gelişmesini tamamlar (5-9). Bu nedenle hava hücreleri radyolojik ve makroskopik olarak doğum sonrasına kadar görülmezler. İntrauterin 8. ayda cavum tympani'nin 2/3'ünden daha fazla kısmında bulunan embriyonik mezenşim giderek kaybolur. Doğumda cavum tympani hava ile dolar, fakat antrum mastoideum hala kısmen mezenşim ile doludur (2). CM'nin en

Yazışma adresi: Ahmet Kavaklı, Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Elazığ.

e-posta: kavaklia@yahoo.com

büyüğü olan antrum mastoideum, fetal yaşamın 22. haftasında görülebilmektedir (4). Erişkindeki büyüklüğüne ise bazı kaynaklara göre intrauterin 35. haftada (4), bazılarına göre de doğumdan sonraki 6 ay içinde ulaşır (1). CM'ların hepsi antrumla irtibatlıdır. Fakat doğrudan orta kulak boşluğuna açılanlar da görülebilir (1,10).

Mastoid havalanma intrauterin 33. haftada başlar ve 8-9 yaşına kadar gelişimini sürdürür (4). Processus mastoideus'un havalanması doğumda periantral hücrelerin gelişimi ile başlar ve mastoid uca doğru erken çocukluk süresince devam eder. Havalanma antrum'dan apeks pyramidalis ve labyrinth'e doğru yayılır (1,3,11). Bilgisayarlı tomografi (BT) kullanılarak temporal kemikteki hava hücrelerinin morfolojik dağılımı toplam 52 kulakta çalışılmış ve havalanmanın dört yönde (lateral, supralateral, anterolateral, supramedial) gelişme göstererek yayıldığı belirtilmiştir (12).

CM'ların gelişimi üç aşamada gerçekleşir:

1. Embriyonik mezenşim ile dolu olan spongiotik kemiğin yaygın osteoklastik aktivitesi sonucunda kemik trabekülasyonu ve lakunar rezorbsiyonu.
2. Primitif kemik iliğinin yer değiştirmesi ve yerine lakunar boşluklara fibröz doku invazyonu.
3. Fibröz dokunun kaybolması ve hava hücrelerinde epitelyumun içe doğru büyümesi.

Lakunar rezorbsiyondan sonra CM'lar kemikleşir ve tekrar aynı yolla yeni hücreler oluşmaya başlar. Bu süreç spongiotik ilik olduğu sürece devam eder. CM'lar subepitel bağ dokusu ile kemikten ayrılmışlardır. Epitel ve bağ dokusu, hava hücresinin muköz membranını oluşturur. Wittmaack'a göre bu subepitelyal tabakanın aktivitesi CM'ların oluşumundan en geniş şekilde sorumludur. CM'ların gelişimi kemik kavitelerin oluşumundan öncedir ve normal gelişim periostal aktiviteye bağlıdır. CM'lar ancak hava olduğunda görüntülenebilirler (2,3).

Erişkin havalanma oluşana kadar üç aşamadan geçilir:

1. İnfantil dönem (doğumdan iki yaşına kadar olan süreç)
2. Transizyonel dönem (iki ile beş yaş arası)
3. Adult (yetişkin) dönem (beş yaşından ergenlik yaşına kadar olan süreç)

İnfantil dönemde CM'lar görünmeye başlar ve iki yaşında ise görüntülenmeye başlanır. Transizyonel dönemde periferde doğru CM'ların göçü nedeniyle aşamalı olarak squamomastoide doğru genişleme olur ve sonrada yetişkin safhaya geçerek havalanma sona erer (2). Normal havalanma süreci için normal orta kulak mukozası gereklidir. İnfeksiyon gibi bazı orta kulak patolojileri bu seyri geciktirir veya engeller (1,3,4,13). Antrum ve CM cavum tympani'de devam eden ince mukoz membranla kaplıdır. Zayıf bir şekilde endosteuma bağlıdır ve serbest yüzeyi silyasız, düz bir epitelle döşelidir (11),

Anatomi

Os temporale kafa iskeletinin kısmen yan, kısmen de alt bölümünün yapısına katılır. Os temporale işitme ve denge organları ile bu organlara ait damar, sinir gibi yapıların geçtiği kanal ve deliklerin bulunması nedeniyle komplike bir kemiktir. Os temporale yeni doğmuş çocuklarda pars squamosa, pars petrosa, pars tympanica ve processus styloideus olmak üzere dört bölüm halindedir. Bu bölümler birbirine kıkırdak doku ile bağlıdırlar. Daha sonra kaynaşıp tek parça haline dönüşürler. Processus mastoideus intramembranöz kemikleşme gösterir ve 1-2 yaşlarına kadar bulunmaz. Daha sonra gelişir ve ergenlikte tam olarak teşekkül eder. Processus mastoideus'dan bir kesit incelendiğinde içinde birçok boşlukların olduğu görülür (1,5,6,14).

Mastoid hava hücre sistemi orta kulağın iltihabi hastalıklarının patofizyolojisinde önemli bir yer tutar (15). Bu nedenle mastoid hücrelerin hacimleri ölçülerek bunların orta kulak iltihabı ile ilişkisi üzerinde durulmuştur. Ancak geçirilmiş orta kulak enfeksiyonu havalanmayı etkilediği veya iyi havalanmamış temporal kemikte orta kulak enfeksiyonu oluşma riskinin arttığı konusu halen daha çalışmalarda tartışılmaktadır (16,17).

Bazı çalışmalarda eminentia articulare (18), atlanto-occipital havalanma ve apex partis petroza havalanması (19-21) gibi yaygın havalanma olgularına rastlanmış, bu tür havalanma durumlarının tanıda zorluklara yol açabileceği bildirilmiştir (22,23).

Yetişkinlerde os temporale havalanmasının sınıflandırılması konusunda araştırmacılar arasında fikir birliği oluşmamıştır. Bu nedenle değişik sınıflandırmalar yapılmıştır. Virapongse ve arkadaşlarının (2) çalışmalarında kullandıkları ve Allam tarafından yapılan sınıflandırmaya göre; orta kulak,

mastoid (squamastoid), peilabyrinthine, apeks partis petroza ve aksesuar olmak üzere 5 farklı bölgeye ayrılmıştır. Bunlardan mastoid bölgenin antrum ve periferik olmak üzere iki alt bölgesi tanımlanmıştır. Aksesuar bölgeler ise şunları içermektedir: Squamoz, zygomatik, occipital ve styloid bölgeler.

Tos'un yaptığı sınıflandırmaya göre os temporale hava hücre sistemi şu şekilde isimlendirilmiştir (3):

1. Mastoid hava hücre sistemi: Antrum'dan orijin alan mastoid havalanma sonucu oluşur.
2. Sublabyrinthine hücre sistemi: Tuba auditiva ve hypotympaniumdan orijin alır.
3. Precochlear veya inferior prelabyrinthine hücre sistemi: Antrum, tuba auditiva ve hypotympaniumdan orijin alır.
4. Pars petrosa hava hücre sistemi: Alt gruplara ayrılır.
 - a. Perilabyrinthine hücre sistemi: Antrumdan başlayan pars petrosa havalanması sonucu oluşur.
 - b. Apeks partis petrosa hücre sistemi: Antrum, hypotympanium ve tuba auditivadan orijin alır.

Portmann'a göre os temporaledeki hava hücreleri üç ayrı blok halinde bulunur (1). Mastoid blok, squamozygomatik blok ve petros blok. Mastoid blok; yüzeysel ve derin hücreler diye iki kısma ayrılır. Squamozygomatik blokdaki hücreler meatus acusticus externus'un arka ve üstünden processus zygomatikus köküne doğru ilerlerler. Petros bloktaki hücreler ise os petrosa içinde, perilabyrinthine, auris media ve peritubal hücreleri içerirler.

CM sistemi üst, orta ve alt grup hücreler şeklinde basitçe sınıflandırılabilir gibi (6), görünüşlerine göre de sınıflandırılabilirler. Buna göre üç tip olarak (Pnömatik, diploik ve miks) söylenebileceği (5) gibi kısmen benzer şekilde dört tip olarak da (Pnömatik, diploik, sklerotik ve miks) sınıflandırılabilir (8). Pnömatik tipte bir çok hava hücresi vardır. Sklerotik tipte bazen hava hücresi hiç bulunmaz bazen de birkaç tane görülebilir. Diploik tipte hava hücreleri yoktur ve yoğun diploik bir doku vardır. Miks tipte ise hem hava hücresi hem de kemik iliği bulunur.

Yetişkinlerde yapılan tanımlamalarda en geniş anlamda CM sistemi gruplara ve alt gruplara farklı yollarla ayrılabilir. Burada tanımlayacağımız sınıflandırma, daha

önce tanımlanmış olan ve günümüz araştırmacıları tarafından kısmen değiştirilmiş olandır. Bu sınıflandırmaya göre (3):

1. Periantral hücreler: Processus mastoideusun anteroposterior parçasında bulunur ve antrumun bütün etrafında yerleşmiştir.
2. Tegmental hücreler: Fossa cranii media'nın duramateri boyunca yayılmıştır ve üç alt gruba ayrılabilir: Mastoidal tegmental hücreler, antral tegmental hücreler ve tympanic tegmental hücreler.
3. Sinodural hücreler: Sinus sigmoideus ile duramater açısında yerleşmişlerdir. Sınırları üstte fossa cranii media'nın dural tabakası, altta sinus sigmoideus'un superior parçasının üzerindeki duramater tarafından oluşturulur.
4. Perisinusal hücreler: Sinus sigmoideus etrafında ve boyunca yerleşmişlerdir. Posterior, lateral ve medial perisinusal hücreler şeklinde alt gruplara ayrılırlar. Son çalışmalarda ise bu hücreler superior ve inferior retrosigmoid olarak alt gruplara ayrılmışlardır.
5. Central mastoid hücreler: Sentral bölgede yerleşmişlerdir. Genellikle büyük hücrelerdir. Antrumdan aşağıya mastoid uca doğru yayılırlar.
6. Mastoid uç (tepe) hücreleri veya apikal hücreler: Genellikle büyük hücrelerdir. Medial ve lateral apikal hücreler olarak alt gruplara ayrılırlar.
7. Perifacial hücreler: N. facialis'in vertikal segmentinin lateral yüzeyinde ve posterioruna yakın bulunurlar. Perifacial hücreler fossa incisus üzerindeki cavum tympanica ile ilişki içerisindedir.
8. Zygomatik hücreler: Bu hücreler arcus zygomatikus'da anteriora doğru yayılabilirler.
9. Antral hücreler: Epitympanium, Aditus ad antrum'un lateral ve superior duvarı etrafında bulunurlar.

Yaygın havalanmış kulaklarda hava hücreleri geniş, posterior perisinusal hücreler (retrosigmoid hücreler) os occipitale'nin posterioruna kadar, sinus sigmoideus etrafında posteriora doğru yayılmışlardır. Sınırlı havalanmış kulaklarda perisinusal hücreler mevcut değildir. Fakat antral, periantral ve tegmental hücreler genellikle bulunur.

Havalanma görünüşüne göre processus mastoideusu iki tipe ayırabiliriz (24):

I. Apnömatik mastoid

II. Pnömatik mastoid

I. Apnömatik mastoid: Sadece antrum vardır. Geri kalan kısımlarda hava hücreleri bulunmaz. Bazen birkaç tane periantral hücre görülebilir. İki alt gruba ayırabiliriz:

A. Spongio-Diploik Tip: Kemiğin gelişmesi sırasında görülen ilk şekildir. Kemik spongios bir yapıdadır. Diploik mastoid, spongios kemik kitlesinin oluşturduğu bir mastoid'dir. Bu tip'te yoğun bir kortikal ekstern, diploik bir doku içerisinde antrum bulunur.

B. Sklerotik Tip: Mastoid kemik dokusu yoğun ve serttir. Genellikle küçük bir antrum bulunur.

II. Pnömatik mastoid: İki alt gruba ayrılır:

Tam pnömatize mastoid : Dört alt gruba ayrılır:

1. Hücreler arası bölmelerin ince olduğu pnömatik mastoid: Hava hücreleri büyük ve sayı olarak çoktur. Havalanma interkortikal aralıkta kemiği tamamen kaplar.
2. Hücreler arası bölmelerin kalın olduğu pnömatik mastoid: Havalanmış hücre sayısı daha azdır. Kalın olan hücreler arası bölmelerin ortasında birkaç spongios doku bulunabilir.
3. Seyrek hücreli pnömatik mastoid: Bazıları küçük, bazıları büyük yer yer az sayıda hücreler görülür.
4. Pnömodiploik mastoid: Hücreler arası kortikal bölge kalındır ve içerisinde diploik doku bulunur.

B. Kısmi pnömatize mastoid: Havalanmış boşluklar mastoidin bütününde gelişmiş değildir. Bazı bölgelerinde daha çok lokalize olmuşlardır. İki alt gruba ayrılırlar.

1. Kısmi santral pnömatizasyon: Yalnız antrum etrafında havalanma görülür.
2. Kısmi periferik pnömatizasyon: Hava hücreleri antrumdan uzakta herhangi bir bölümde gruplar oluştururlar.

Hussl ve Muller ise mastoid kemiği havalanma derecelerine göre üç gruba ayırmışlardır (24).

1. Büyük mastoid: Havalanma yaygındır ve hücre sistemi düzenlidir.

2. Orta büyüklükte mastoid: Hava sistemi düzensizdir, hücreler antrum ve aditus ad antrum çevresinde bulunur.

3. Küçük mastoid: Mastoid kemik sklerotiktir, hücre yoktur.

Antrum mastoideum cavitas tympanica'nın arkasında yer alır. Aditus ad antrum (klinikte "Attik" denilmektedir) aracılığı ile recessus epitympanica'ya bağlanır. Antrum mastoideum yuvarlaktır ve ortalama çapı en çok 1 cm'dir. Ön duvarında cavitas tympanica ile komşu olan aditus ad antrum bulunur. Arka duvar antrumu sinus sigmoideus ve cerebellumdan ayırır. Dış yan duvarı 1,5 cm kalınlıkta ve foveola suprameatica'nın döşemesini yapar. İç yan duvarı canalis semisircularis posterior ile komşudur. Üst duvarını tegmen tympani yapar. Tegmen tympani fossa cranii media'daki meninges ve lobus temporalis ile komşudur. Alt duvarında CM ile bağlantıyı sağlayan delikler vardır. Processus mastoideus içindeki CM'lar yukarıda antrum ve cavitas tympanica ile devam eden birbirleri ile bağlantılı bir dizi küçük boşluklardır (3,5-7,11). Çeşitli metotlar kullanarak toplam mastoid hücre hacimleri ölçülmüş olup bunlardan bazıları şunlardır: 10.43 cm³ (25), 7.41 cm³ (9), 6.61 cm³ (26), 6.50 cm³ (27), 6.40 ml (28), 6 ml (29), 5.97 ml (30). Görüldüğü gibi yaklaşık 6-10 cm³ arası değişen hacim değerleri bulunmuştur. Bulunan bu sonuçlar çeşitli parametrelerle karşılaştırılarak mastoid hücre hacimlerinin nasıl etkilendiği üzerinde durulmuştur.

Sonuç

Os temporale ve özellikle pars mastoidea havalanması genetik veya çevresel faktörlerden etkilenir. Özellikle geçirilen enfeksiyonların bu süreci etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle radyolojik ve klinik açıdan havalanmanın değerlendirilmesi önemlidir. Os temporale havalanmasının sınıflandırılması çeşitli şekillerde yapılmış ve bu konuda henüz kesin bir fikir birliğine varılamamıştır. Sınıflandırma konusunda farklı ve sürekli güncellemelerin yapılması, bazen patolojik sayılabilecek aşırı havalanma olgularının bulunması bu anatomik bölgenin ne kadar güncel olduğunu (özellikle KBB ve radyoloji açısından) göstermektedir. Yeni yapılacak çalışmaların os temporale havalanma süreci ve sınıflandırması konusuna katkılar sağlayacağını düşünmekteyiz.

Kaynaklar

1. Akyıldız N. Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi. Cilt 1. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi; 1988. p.15-35.
2. Virapongse C, Sarwar M, Bhimani S. Computed tomography of temporal bone pneumatization: 1. Normal pattern and morphology. Am J Roentgenol 1985;145:473-81.
3. Tos M. Manuel of Middle Ear Surgery, Vol 2. Mastoid Surgery and Reconstructive Procedures. New York: Thieme Medical Publishers; 1995. p.54-56.
4. Bayramoğlu İ, Ardiç N, Kara O, Katırcıoğlu O. Sekretuar otitis media'da mastoid pnömatizasyonunun önemi. KBB ve Baş Boyun Cerrahisi Dergisi. 1996;4:197-200.
5. Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, Ferguson MWJ. Gray's Anatomy. 38th ed. Great Britain: Churchill Livingstone; 1995. p.547-1637.
6. Arıncı K, Elhan A. Anatomi 1. cilt. Ankara: Güneş Kitapevi; 1995.
7. Snell RS. Clinical Anatomy for Medical Students. 4th ed. Boston: Little, Brown; 1992.
8. Mc Vay, Anson L. Surgical Anatomy. 6th ed. Denver: WB Saunders; 1984.
9. Kavaklı A, Karakaş S, Uzun A. Mastoid hava hücrelerinin bilgisayarlı tomografi yöntemiyle morfometrik incelenmesi. Fırat Tıp Derg 2002;7:738-44.
10. Sadler TW. (Çeviri Editörü: Can Başaklar). Langman's Medikal Embriyoloji. 6. Baskı. Ankara: Palme Yayıncılık; 1993. p.282-92.
11. Aktan ZA, Kanoğlu T. Cavitas tympanica üst ve arka duvarının cerrahi anatomisi. Sendrom 1988;10:32-5.
12. Azuma H, Isono M, Murata K, Ito A, Kimura H. Morphological characterization and classification of air cells in temporal bone by digital processing of CT images. Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho 1997;100:13-9.
13. Çelik O, Yalçın Ş, Gök Ü, Karlıdağ T, Susaman N, Çetinkaya T. Miringoplastiler: 255 olgunun sonuçları. KBB Baş Boyun Cerrahisi Derg 1997;5:171-5.
14. Rao V, Flanders E. MRI and CT Atlas of Correlative Imaging in Otolaryngology. London: Martin Dunitz Ltd; 1992.
15. Sato K, Kawana M, Yamamoto Y, Fujioka O, Nakano Y. Evaluation of mastoid air cell system by three-dimensional reconstruction using sagittal tomography of the temporal bone. Auris Nasus Larynx. 1997;24:47-51.
16. Sade J, Fuchs C. Secretory otitis media in adults: II. The role of mastoid pneumatization as a prognostic factor. Ann Otol Rhinol Laryngol 1997;106:37-40.
17. Hug JE. A planimetric study of therapy-dependent development of temporal bone pneumatization in secretory otitis media. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2000;257:295-9.
18. Deluke DM. Pneumatization of the articular eminence of the temporal bone. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995;79:3-4.
19. Scialpi M, Boccuzzi F, Magli T, Scapati C. Atlanto-occipitalis pneumatization: Its demonstration by computed tomography. Radiol Med (Torino) 1994;8:880-2.
20. Martin ML, Bhargava R, Asforth RA, Russell DB. Mastoid pneumocele causing atlantooccipital pneumatization. Am J Neuroradiol 1998;19:1231-3.
21. Hentona H, Ohkubo J, Tsutsumi T, Tanaka H, Komatsuzaki A. Pneumatization of the petrous apex. Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho 1994;97:450-6.
22. Wong K, Munk PL. Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: diagnostik difficulty caused by extensive pneumatization of the mastoid air cell. Skeletal Radiol 1999;28: 577-80.
23. Hasnaini M, Ng SY. Extensive temporal bone pneumatization: Incidental finding in a patient with TMJ dysfunction. Dent Update 2000;27:187-9.
24. Aktürk T. Mastoid Pnömatizasyon ve Kronik Otitis Media İlişkisi. Ankara Otolaryngoloji Derneği 1.Uluslararası Simpozyomu Kitabı. Ankara. 8-11 Mayıs 1988. p.41-44.
25. Park MS, Yoo SH, Lee DH. Measurement of surface area in human mastoid air cell system. J Laryngol Otol 2000;114:93-6.
26. Luntz M, Malatskey S, Tan M, Bar-Meir E, Ruimi D. Volume of mastoid pneumatization: three-dimensional reconstruction with ultrahigh-resolution computed tomography. Ann Otol Rhinol Laryngol 2001;110:486-90.
27. Molvear OI, Vallersnes FM, Kringlebotn M. Acta Otolaryngol (Stockh) 1978;85:24-32.
28. Azuma H, Isono M, Murata K, Ito A, Kimura H. Morphological characterization and classification of air cells in temporal bone by digital processing of CT images. Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho 1997;100:13-9.
29. Isono M, Murata K, Azuma H, Ito A, Tanaka H, Kawamoto M. Assessment of the volume of the mastoid air cell system using digital image processing. Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho 1994;97:2103-12.
30. Itou A, Azuma H, Isono M, Murata K, Tanaka H, Kawamoto M. Comparison of measuring an area with a planimeter and gy rectangular dimensional methods. Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho 1996;99:926-33.