

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı

ORTA KULAK BASINÇ DÜZENLENMESİNİN
NÖRONAL KONTROL MEKANİZMALARI

UZMANLIK TEZİ

Dr. Murat SONGU

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Asım ASLAN

Manisa, 2007

*Fikir ona derler ki bir yol açsın,
Yol ona derler ki bir gerçeğe ulaşsın.*

Mevlânâ Celaleddin-i Rumi (1207-1273)

ÖNSÖZ

Kulak burun boğaz ameliyathanesine girdiğim ilk günden bu yana kalbimde hep ayrı bir yeri olan kulak cerrahisi konusunda kendimi yetiştirmemde bana yardımcı olan, birçok bilim adamının uzun yıllardır üzerinde çalıştığı bir konuda tez çalışması yapmam için beni cesaretlendiren, tıbbi etik ve deontoloji konusunda ödün vermeyen kişiliği ile kalbimde yer eden tez yöneticim Sayın Prof. Dr. Asım Aslan'a; uzmanlık sınavında başarılı olursak alacağımız yeterlilik belgemizde "Bir kulak burun boğaz kliniğini tek başına yürütebilecek yetenekte ve yeterli bilgi birikimine sahiptir" ibaresinin yer aldığını vurgulayarak asistanlık eğitimimizi bu yönde şekillendiren, bizi her zaman gözeterek, yüklediği sorumluluklarla hepimizi hayata hazırlayan, asistanı olmaktan ömür boyu gurur duyacağım Sayın Prof. Dr. Halis Ünlü'ye; bir tıp doktorunun hastasına karşı ne kadar sabırlı, bir cerrahın dokuya karşı ne kadar saygılı, bir akademisyenin araştırmaya karşı ne kadar hevesli olması gerektiğini bana yeniden öğreten Sayın Prof. Dr. Onur Çelik'e; cerrahinin, yaşantımızın amacı değil, ancak severek yapıldığında yaşantımızı zenginleştiren, bizi mutlu kılan, ömür boyu beraber yaşayacağımız kaprisli bir eş olduğunu fark etmemi sağlayan, insani ilişkilerinden bana ömür boyu yeteceğini düşündüğüm dersler çıkardığım Sayın Prof. Dr. Ali Vefa Yüçetürk'e; sadece dört yıl birlikte çalışma fırsatı bulabildiğim, her daim gülen yüzü ve mütevazı kişiliği ile Sayın Prof. Dr. Cemil Mutlu'ya; kendimi geliştirmemde bana benden daha fazla güvenen, cerrahi becerimin gelişmesine unutmayacağım katkıları olan, her konuda bana yol gösterip destek olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Kıvanç Günhan'a; birlikte çalıştığımız süre boyunca sırtımı yasladığım Dr. Haşim Aydın ve Dr. Belgin Küçükgünay başta olmak üzere, birlikte üzümlük birlikte sevindiğim, hepsinin en iyi yerlere gelmesini arzu ettiğim asistan arkadaşlarıma minnet ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Beni ben yapan, varlıklarını her zaman arkamda hissettiğim, kendilerine layık bir evlat olmak için ömür boyu çalışacağım canım annem ve canım babama; hayatımı daha neşeli ve daha huzurlu kılan, hayat arkadaşım, sevgili eşim Sezgi'ye ve henüz konuşamasa da gülen gözleri ile bana ışık olan canım kızım Ayşe'ye sevgilerimle,

Dr. Murat Songu

İÇİNDEKİLER

I. GİRİŞ	3
II. GENEL BİLGİLER	5
A. İNSAN KULAK EMBRİYOLOJİ VE ANATOMİSİ	5
1. Dış Kulak	6
2. Orta Kulak	8
3. İç Kulak	26
B. ORTA KULAK BASINÇ DÜZENLEME MEKANİZMALARI	28
1. Hidrops Ex – Vacuo Teorisi	28
2. Östaki Tüpü	30
3. Mastoid Kavite ve Timpanik Membran	36
4. Orta Kulak Mukozası ve Gaz Değişimi	38
5. Nöronal Kontrol	40
III. GEREÇ VE YÖNTEM	44
IV. BULGULAR	52
V. TARTIŞMA	62
VI. SONUÇLAR	69
VII. ÖZET	70
VIII. İNGİLİZCE ÖZET	72
IX. KAYNAKÇA	74
X. EKLER	84

I. GİRİŞ

M.Ö. 400 yılında Sparta'lı Almageon'un *keçilerin kulaklarından nefes almalarını sağlayan organ* olarak tarif ettiği ve ancak 1562'de İtalyan anatomist Bartolomeo Eustachi tarafından insandaki yerleşimi ve fonksiyonu doğru bir şekilde tanımlanan Östaki tüpü, Valsalva, Toynbee, Politzer ve daha birçok araştırmacı tarafından uzun yıllardır incelenmekte olsa da, halen çalışma prensiplerine ilişkin birçok nokta karanlıktadır.

Östaki tüpü ve orta kulak basıncının düzenlenmesindeki rolü, ilk kez 19. yüzyıl başlarında *hidrops ex vacuo* teorisi ile ortaya konmuştur. Yaklaşık yetmiş yıl boyunca geçerliliğini koruyan ve Östaki tüpünü tek yanlı çalışan bir hava pompası olarak algılayan bu görüş, ilerleyen yıllarda geçerliliğini yitirmiştir. Günümüzde orta kulak basıncının düzenlenmesinde iki yönlü çalışan Östaki tüpü, orta kulak ile kan dolaşımı arasındaki iki yönlü gaz değişimi, havalı mastoid kavite, esnek timpanik membran, timpanik kavite mukozasının hipertrofisi ve kavitenin efüzyonla dolması gibi birçok mekanizmanın bir arada çalıştığı bilinmektedir.

Orta kulak basıncı düzenlenmesinde, daha etkin bir şekilde rol aldığı düşünülen ve nöronal refleks yolla kontrol edilen iki mekanizma son yıllarda ön plana çıkmıştır. Bu mekanizmalar, orta kulak kavitesinde bulunan baroreptörler ile timpanik membran üzerinde bulunan mekanoreseptörlerin, orta kulak kavitesindeki basınç değişimlerini algılayarak, beyin sapı aracılığı ile Östaki tüpü fonksiyonunu kontrol ettikleri esasına dayanmaktadır.

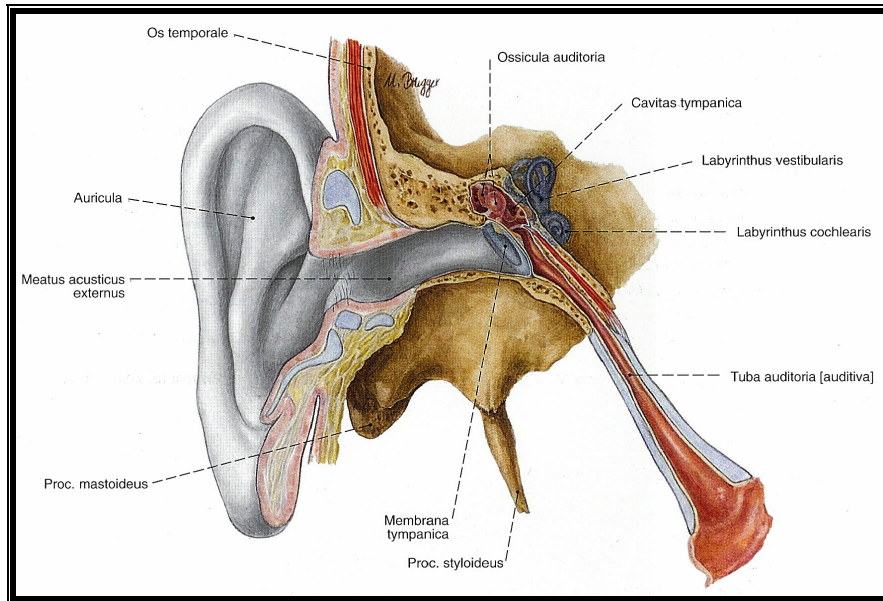
Bu çalışma, bahsedilen nöronal mekanizmaların rolünü açıklamaya yönelik olarak planlanmıştır. Bunlardan birincisi, birçok araştırmanın temelini oluşturan ve hayvanlar üzerinde yapılmış çalışmalar ile varlığı ispatlanmış olan, timpanik pleksustan tetiklenen nöronal refleks arktır. Bu refleks arkın

afferent ayağını timpanik pleksus, efferent ayağını ise Östaki tüpü kasları oluşturmaktadır. İkinçisi ise, insan timpanik membranında varlığı gösterilmiş olan mekanoreseptörler ile kontrol edilen nöronal refleks arttır ve efferent ayağını yine Östaki tüpü kasları oluşturmaktadır. Bu iki nöronal kontrol mekanizmasını test etmek için, refleks arkın afferent ayaklarını oluşturdukları düşünülen timpanik pleksus ve timpanik membrana, farklı hasta gruplarında, lidokain anestezisi uyguladık. Daha sonra, afferent ayağı bloke olan refleks arkın efferent ayağının da fonksiyon dışı kalacağı varsayımı ile Östaki tüpü fonksiyonlarını değerlendirdik.

II. GENEL BİLGİLER

A. İNSAN KULAK EMBRİYOLOJİ VE ANATOMİSİ

Orta kulak ve Östaki tüpü, intrauterin üçüncü haftadan başlayarak, birinci farengeal kesenin dışa doğru genişlemesinden meydana gelir. Başlangıçta birinci farengeal kesenin endodermi ile birinci farengeal yarığın ektodermi birbirlerine temas etmekte iken, dördüncü haftadan sonra aralarında mezenşimal doku gelişmeye başlar ve her iki yapıyı birbirinden ayırır. Üçüncü ay ile yedinci ay arasında orta kulaktaki jelatinöz mezenşim dokusu kademeli olarak absorbe olmaya başlar ve bu sırada, içi sıvı dolu bir kese halinde olan birinci endodermal cep dışa doğru gelişerek uzar ve daralır. Oluğun orta kısmı dar uzun bir tüp halini alıp Östaki tüpünü oluştururken, en dışta bulunan yuvarlak kısım ise orta kulağı meydana getirir. Levator veli palatini kası onuncu, tensor veli palatini kası onikinci haftada gelişmiş olarak izlenir. Tensor timpani kası ise ondördüncü haftadan sonra görülmeye başlar.



Şekil 1. Kulak anatomisi.

1. DIŞ KULAK

Dış kulak, aurikula, dış kulak yolu ve timpanik membranın lateral (epitelial) yüzeyinden meydana gelir.

a. Aurikula

Deri ve perikondrium ile çevrilmiŐ sarı renkli, elastik ve düzensiz Őekilli fibrokartilajinöz dokudan oluşmuştur. Lateral yüzü örten deri kıkırdak perikondriuma sıkıca yapıŐık iken medial yüzü örten deri epidermisin altında daha gevŐek bir areolar dokuya yapıŐmuŐtur. Lateral yüzde yerleŐen konkav alanların her biri, medial yüzde karŐılık gelen bir konveksiteye sahiptir. Heliksin krusu, en büyük konkav alan olan aurikuler konkayı üstte simba konka, altta kavum konka olmak üzere iki kısıma ayrılır. Kavum konka kısmı, dış kulak yolunun kıkırdak kısmı ile devamlılık gösterir ancak bu kıkırdak superiorda tam bir btnlŐe sahip deŐildir. Buraya aurikuler çentik veya insisura terminalis denir. Bu yapının aŐaŐısında belirgin bir çıkıntı olarak tragus, daha aŐaŐıda tragusun karŐısında ve altında yerleşmiş antitragus bulunur. Konkal kıkırdaŐın posterior-superior kenarının oluŐturduŐu ykseklıŐe antiheliks adı verilir ve bu da triangular fossayı oluşturan iki kabartı ile devam eder. Aurikulanın en dış kenarı heliks adını alır ve yukarıda heliks krusu, aŐaŐıda ise lobül ile devam eder. Aurikulanın kıkırdak içermeyen tek kısmı lobldr (Resim 1). Aurikula, timpanik kemiŐe fibrokartilajinöz kanala verdiŐi lifler sayesinde sıkıca yapıŐıktır. Anterior, superior ve posterior aurikuler ligamanlar ve az gelişmiş 6 adet intrinsek kas tarafından daha gevŐek olarak tespit edilir. Aurikulanın ayrıca anterior, superior ve posterior olmak üzere 3 adet ekstrinsek kası mevcuttur.^{1,2,3,4}

Aurikula ve dış kulak yolunun duysal inervasyonu 5. (mandibuler dalından çıkan aurikulotemporal sinir dalı ile), 7., 10. (aurikuler sinir dalı ile) kranial sinirler ve 3. servikal sinir (greater aurikuler sinir dalı ile) tarafından saŐlanır.^{1,2} Aurikula ve dış kulak yolunun arteriyel kanlanması eksternal karotid arter sisteminden gelen posterior aurikuler arter, oksipital arter ve superfisiyal temporal arterden saŐlanır. Aurikulanın venleri, arterlere eşlik

ederler ve juguler vane boşalırlar. Aurikulanın lenfatik drenajı ise parotid, retroauriküler ve yüzeyel servikal lenf nodlarına olmaktadır.



Resim 1. Aurikula anatomisi.

b. Dış Kulak Kanalı

Konkal kıkırdaktan timpanik membrana kadar uzanır. Posterior-superior duvarın uzunluğu yaklaşık 25 mm, anterior-inferior duvar uzunluğu ise yaklaşık 30 mm civarındadır. 5 mm'lik fark timpanik membranın oblik yerleşmesinin sonucunda ortaya çıkar.^{1,2,3,4} Dış kulak kanalı mediale doğru anterior-inferior yönde seyreder ve hafif "S" şeklindedir. Lateral 1/3 kısım kıkırdak, medial 2/3 kısım ise kemikten oluşur. Kıkırdak kısmın posterior-superiorda bütünlüğü tam değildir. Kıkırdak kısmın ön duvarında Santorini fissürleri denen iki yarık bulunur. Kemik kanalın anterior, inferior duvarları ve posterior duvarın alt kısımlarını timpanik kemik meydana getirir. Posterior duvarın üst parçası ile superior duvar ise temporal kemiğin skuamöz parçasından meydana gelir. Superior duvar timpanik kavitenin attik bölgesinden medialde ince bir kemik ile ayrılırken lateralde daha kalın bir kemik, dış kulak yolunu orta fossadan ayırır. Posterior duvar, mastoid hücreler ve fasiyal kanalın inen kısmı ile yakın ilişkiindedir. Inferior duvar daha

yoğun bir kemik yapıdan oluşmuştur. Anterior duvar glenoid fossanın posterior sınırını belirler ve mandibulanın kondiline komşudur.

Dış kulak yolunun arteriyel kanlanması internal maksiller arterin bir dalı olan derin aurikuler arter aracılığı ile olur. Bu arter, dış kulak yolu ile birlikte timpanik membranın lateral yüzünü besler. Dış kulak yolunun venöz drenajı superfisiyal temporal ven ve posterior aurikuler ven yolu ile olmaktadır. Lenfatik drenajı ise aurikulanın lenfatik drenajı gibidir.

2. ORTA KULAK

Orta kulak boşluğu sagittal planda yerleşmiştir ve 6 duvarı mevcuttur:

- 1) Lateralde timpanik membran, skuamöz kemik tarafından oluşturulan attik kemik duvarı ve timpanik kemik tarafından oluşturulan hipotimpanumun lateral duvarı,
- 2) Medialde promontoryum (koklea),
- 3) Superiorda tegmen timpani (orta fossa durası),
- 4) İnferiorda juguler bulbus,
- 5) Anteriorda internal karotid arter ve Östaki tüpü,
- 6) Posteriorada aditus ad antum ve mastoid hava hücreleri.

Orta kulak boşluğunun anterior-posterior mesafesi ile medial-lateral mesafesi birbirine eşit ve yaklaşık 15 mm'dir. Transvers planda orta kulak çapı epitimpanumda yaklaşık 6 mm, mezotimpanumda umbo seviyesinde yaklaşık 2 mm, hipotimpanumda ise yaklaşık 4 mm civarındadır.¹

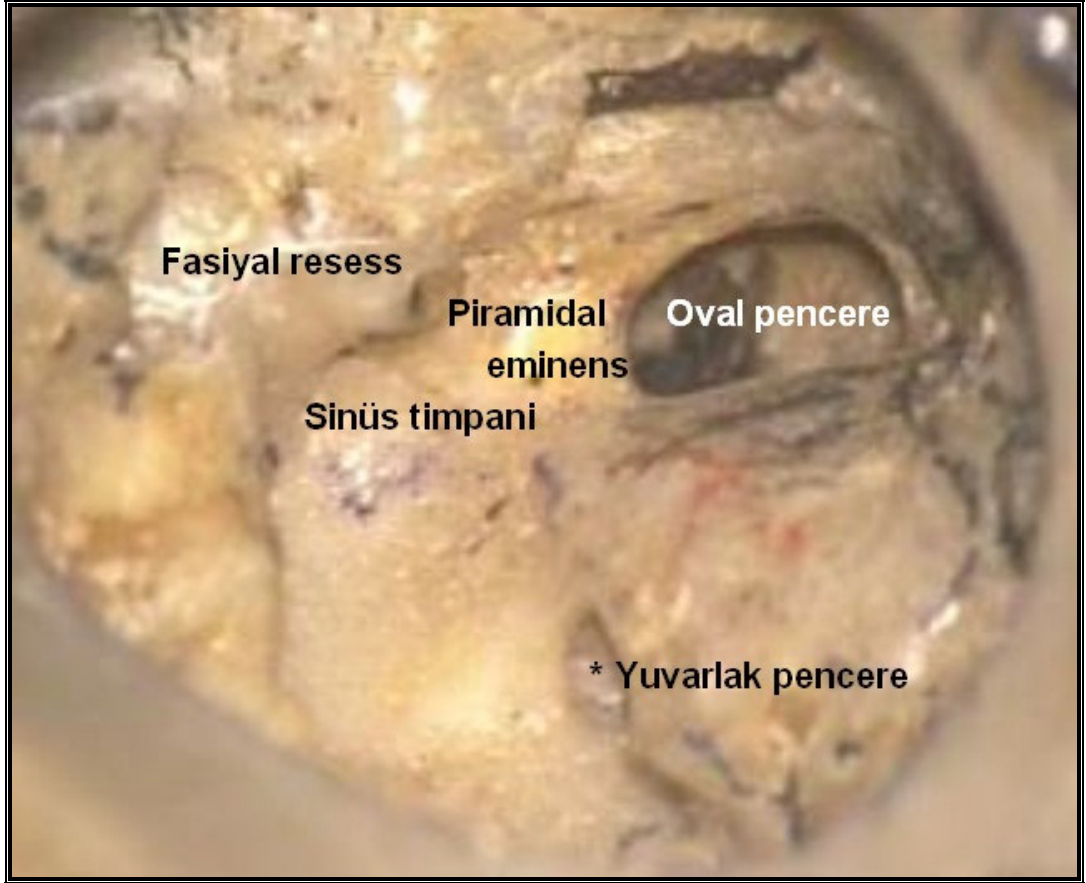
Orta kulak boşluğunu değişik kompartımanlara bölen birçok mukozal katlantı vardır: Bunlar; anterior malleolar katlantı (von Tröltsch katlantısı), superior malleolar katlantı, lateral malleolar katlantı, superior inkudal katlantı, lateral inkudal katlantı, medial inkudal katlantı, tensor timpani katlantısı ve interossiküler katlantıdır. Orta kulakta, anatomik yapıların arasında kalan ve havalanmaları özellik gösteren boşluklar mevcuttur: Bunlar; Prussak boşluğu, anterior ve posterior von Tröltsch cepleridir.

Orta kulak boşluğu, superiorda ve inferiorda timpanik membrana teğet geçen horizontal plandaki hayali iki hat ile 3 adet alt boşluğa ayrılır: epitimpanum (attik), mezotimpanum ve hipotimpanum. Epitimpanumun çatısı olan tegmen timpani, ince kemik tabaka ile orta kafa çukurundan ayrılır.

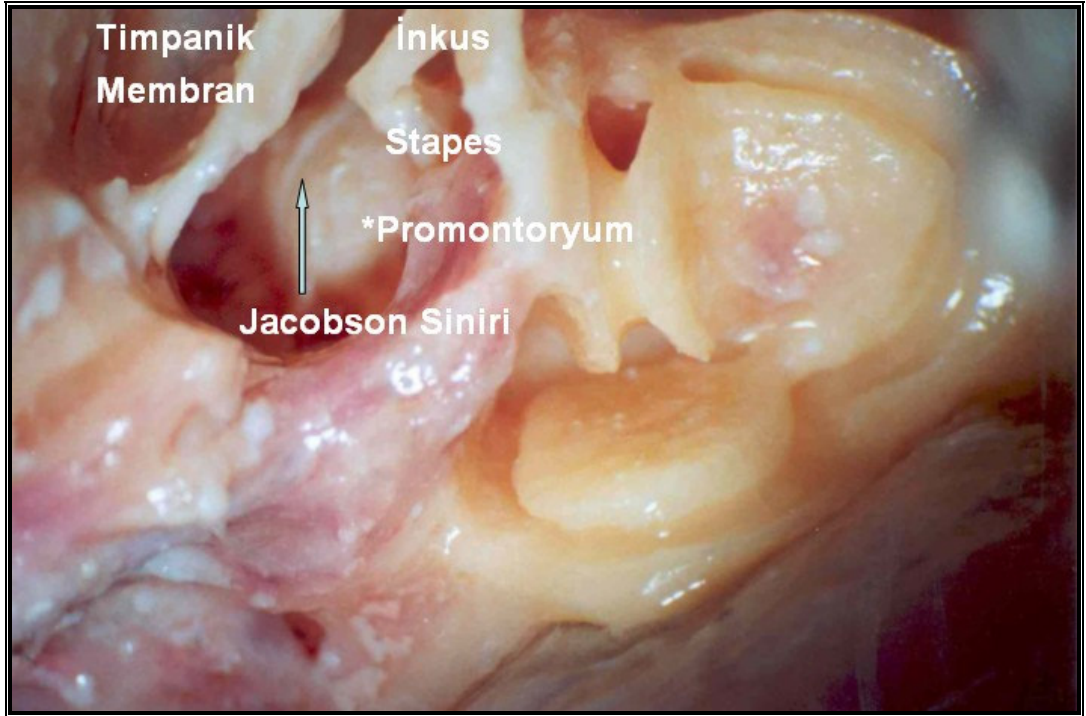
Hipotimpanumun tabanı, juguler bulbusun kubbesinden, karotis arterin çıkan parçasından ve değişken sayıdaki retrofasiyal ve hipotimpanik hava hücrelerinden hipotimpanumu ayırır. Önde üst mezotimpanumda, protimpanum denilen bölgeye Östaki tüpü açılır. Östaki tüpünün ağzının hemen medialinde karotis kanalının çıkan kısmı, timpanik duvarın bir parçasını oluşturur. Supratubal girinti (recess) Östaki ağzının superiorunda yer alır. Orta kulağın medial duvarında birçok önemli yapı bulunur. Mezotimpanum kısmının medialinde ise kokleanın bazal kıvrımı tarafından oluşturulan promontoryum yer alır. Malleusun umbo kısmı ile promontoryum arası yaklaşık 2 mm kadardır.^{1,3} Mezotimpanumda oval pencerenin inferiorunda yuvarlak pencere (fenestra koklea) bulunur. Yuvarlak pencere ince bir membran ile örtülür. Pencerenin orta kulağa bakan kısmı üzerinde kemik bir çıkıntı bulunur ve yuvarlak pencere nişi adını alır.⁴ Oval pencere nişinden posteriora doğru uzanan kemiksi bir çıkıntı izlenir (pontikulus). Yuvarlak pencere nişi ise inferiorunda ince bir kemik çıkıntı ile posteriora doğru devam eder (subikulum). Fasiyal sinir kanalının mastoid parçasının medialinde bulunan ve superiorunda pontikulus, inferiorunda subikulum arasında kalan cep şeklindeki boşluğa sinüs timpani adı verilir (Resim 2). Subikulumun hemen altında bulunan cep posterior sinüs olarak adlandırılır. Fasiyal kanalın mastoid parçasının lateralinde de bir girinti izlenir. İnkus kısa kolu, fasiyal sinir mastoid segmenti ve korda timpani ile sınırlanan bu bölge fasiyal reses adını alır.^{6,7}

Timpanik diyafram, orta kulağın hava içeren boşluğunu tubotimpanik boşluk (protimpanum, mezotimpanum, hipotimpanum) ve epitimpanoantral boşluk (epitimpanum, mastoid antrum ve hava hücreleri) olmak üzere ikiye ayırır. Bu diyafram, inkus gövdesi, malleus başı, lateral ve medial inkudal mukozal katlantılar, anterior ve lateral malleal katlantılar ve tensor timpani katlantısından meydana gelir.¹⁴ Timpanik diyaframın klinik önemi, epitimpanik kolesteatomaların mezotimpanuma ve ötesine yayılmasına karşı bir bariyer oluşturmasıdır. Proktor, timpanik diyafram üzerinde iki geçiş aralığı bulunduğunu ileri sürerek bunları istmus timpanikus postikus ve istmus timpanikus antikus olarak adlandırmıştır. Epitimpanoantral kısmın

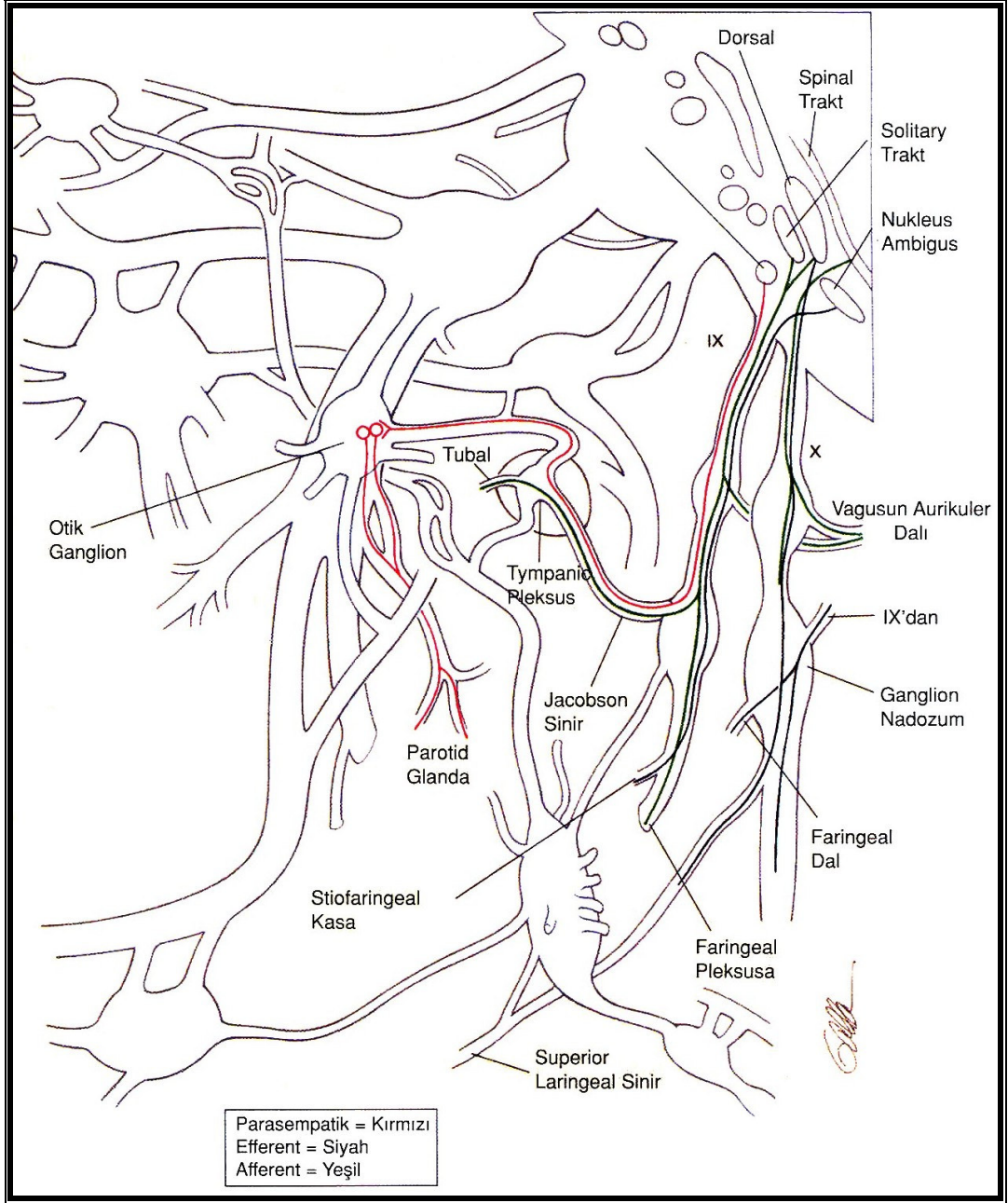
hacmi tubotimpanik kısmın hacminden daha fazladır. Bu hacim farklılığı da istmus timpanikus postikus ve istmus timpanikus antikus üzerinden epitimpanuma doğru olan hava hareketinden sorumlu faktörlerden biridir. İstmus timpanikus postikus ve antikusu birbirinden medial inkudal katlantı ayırmaktadır. Ishii ve ark., medial inkudal katlantının tüm mukozal katlantılar içinde en rudimenter katlantı olduğunu ve normal kulakların %5'inden daha az bir oranda görüldüğünü bildirmektedirler.¹⁵ Bu nedenle de timpanik istmusun tek bir boşluk olarak kabul edilmesi gerektiğini ileri sürmektedirler.¹⁵ Orta kulağın inervasyonu, hem parasempatik hem de sempatik dalları bulunan timpanik pleksus tarafından sağlanır.^{8,9} Orta kulak mukozasının otonomik inervasyonunun, lokal kan akımı, glandüler sekresyon ve mukosilier sistemin kontrolünde rol oynadığı düşünülmektedir. Timpanik pleksusa parasempatik ve duysal lifleri glossofarengeal sinirin timpanik dalı (Jacobson siniri) taşır (Resim 3, Şekil 2). Duysal afferentler nükleus solitariusta sonlanır iken, parasempatik lifler inferior salivator nükleus kökenlidir. Jacobson siniri, internal karotid arter ile internal juguler ven arasındaki timpanik kanaldan geçerek timpanik pleksusun yapısına katılır. Timpanik kanalın uzunluğu yaklaşık 10 mm'dir. Jacobson siniri, yukarı doğru ilerler ve genikulat ganglionu ulaşır. Bu nedenle genikulat ganglionu gösteren önemli bir landmark olarak kabul edilir. Kokleariform proses seviyesinde lesser petrozal siniri oluşturur ve anteriora doğru ilerleyerek otik ganglion vasıtası ile parotise giden motor sekretuar liflerin preganglionik dallarını (aurikulotemporal sinir) oluşturur. Sempatik lifler, ipsilateral superior servikal gangliondan kaynaklanır. Timpanik pleksusa sempatik lifleri internal karotid arterin çevresini saran sempatik pleksustan köken alan karotikotimpanik sinir taşır (Şekil 3). Karotikotimpanik sinir tabandaki tek ya da birden fazla perforasyondan giren karotikotimpanik arter aracılığı ile orta kulağa ulaşır.^{10,11,12,13}



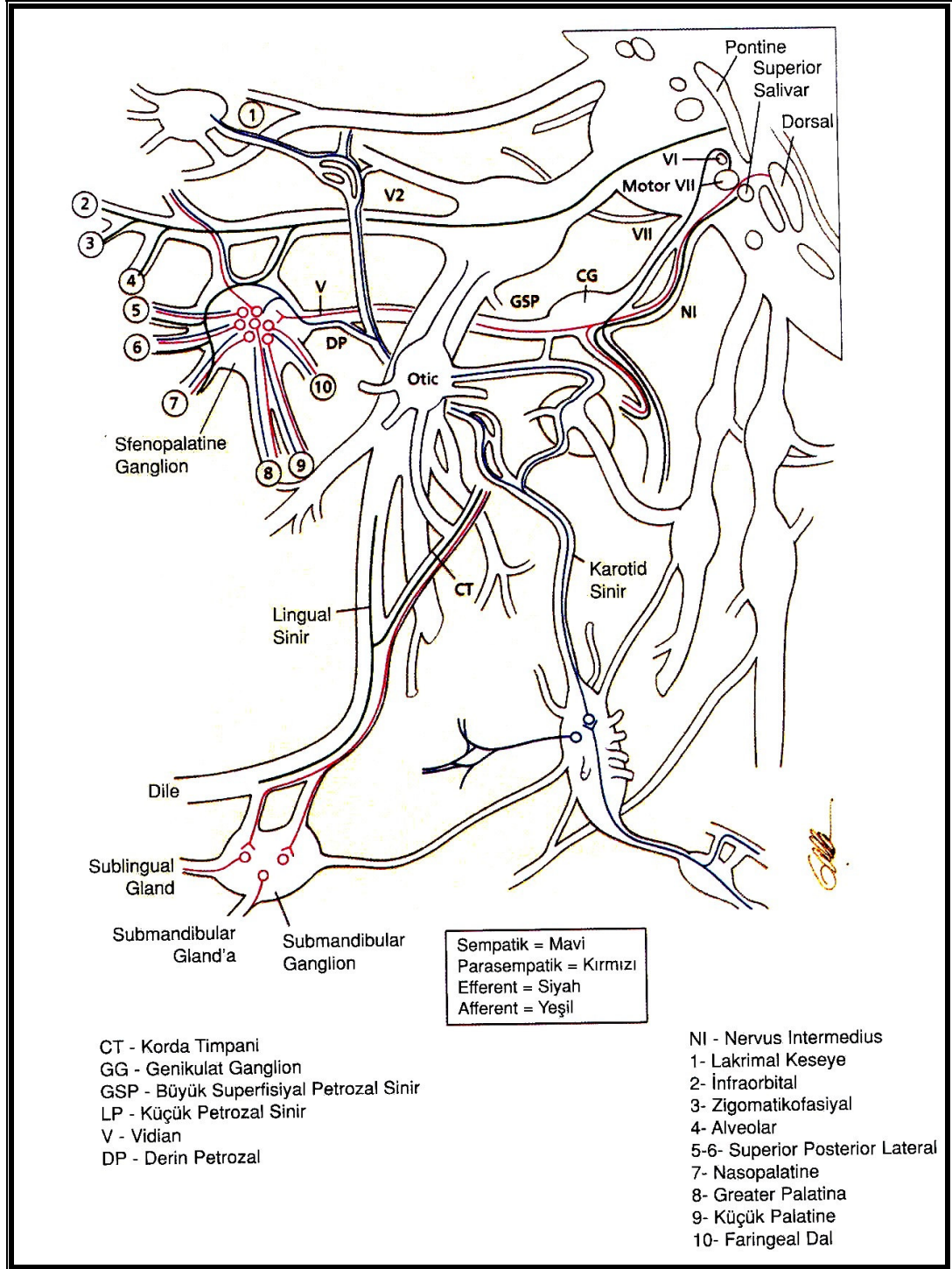
Resim 2. Jacobson sinirinin seyri.



Resim 3. Dış kulak kanalı ön duvarına açılan pencereden posterior mezotimpanumun görünümü.



Şekil 2. Timpanik pleksusun parasempatik ve duysal inervasyonu.



Şekil 3. Timpanik pleksusun sempatik inervasyonu.

Orta kulak boşluğunun arteriyel kanlanması internal maksiller arterin anterior timpanik dalı, posterior auriküler arterin stilomastoid dalı, orta meningeal arterin ramus petrozus ve ramus timpanikus superior dalları, internal karotid arterin karotikotimpanik dalları ile sağlanır. Venöz drenaj pterigoid venöz pleksusa ve superior petröz sinüse olur.

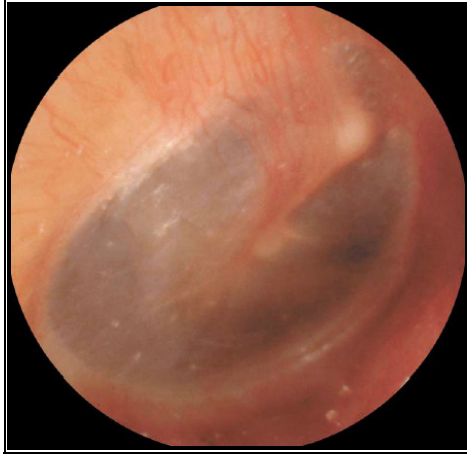
a. Timpanik Membran

Orta kulağı dış kulaktan ayıran şeffaf, çok katlı, oval biçimli bir yapıdır. Vertikal uzunluğu 9-11 mm, horizontal uzunluğu ise 8-9 mm'dir. Ancak bazı ırklarda horizontal uzunluğu daha fazla olduğu ileri sürülmektedir.¹⁶ Timpanik membran lateral yüzeyi, dış kulak yolu posterior duvarı ile geniş, anterior duvarı ile dar açı yapmaktadır. Timpanik membran, timpanik kemiğin timpanik sulkus (anuler sulkus) kısmı içerisinde yerleşir. Bu sulkus posterior-superiorde devamlılık göstermez. Burayı dolduran skuamöz kemik kısmına skutum adı verilir. Timpanik kemiğin açıkta kalan bu kısmına ise Rivinius çentiği denir. Timpanik membran sulkus içinde anulus fibrozus (Gerlach halkası) ile tespit edilmiştir. Skutumda ise bu kısım yoktur.^{1,2,3,4}

Timpanik membran, anterior ve posterior malleolar ligamanlar ile pars flaksida (Schrapnel membranı) ve pars tensa bölümlerine ayrılır (Resim 4).¹⁷ Timpanik membran yaklaşık olarak 0,1 mm kalınlığındadır.¹⁸ Pars tensa dış yüzde skuamöz tabaka (epidermal tabaka da denilir ve dış kulak kanalı cildinin devamıdır), ortada fibröz tabaka (lamina propria) ve iç yüzde ise mukozal tabaka (timpanik kavitenin mukozal tabakasını devamıdır) tarafından oluşturulur. Orta tabakada kollajenöz lifler boldur ve bu lifler lateralde malleus kolunun inferior kısmından kaynaklanıp timpanik sulkusa giren radyal lifler ile medialde sirkumferansiyel lifler olmak üzere iki katman halinde yerleşirler. Bu lifler, çoğunlukla tip 2 ve 3 kollajenden ve daha az miktarda da tip 1 kollajenden oluşmuştur. Pars tensa'nın kenarlarındaki lifler kalınlaşarak fibröz anulusu oluştururlar. Pars flaksida'da kollajen lifleri daha azdır ve seyrek dağılım gösterirler. Dolayısı ile pars flaksida'da pratikte fibröz tabakanın bulunmadığı söylenebilir ve bu tespit, pars flaksidada fibröz anulusun bulunmayışı ile doğrulanabilir.¹

Timpanik membranın dış yüzünün duysal inervasyonu, dış kulak yolunu inerve eden sinirlerle sağlanır. İç yüzünün duysal inervasyonunu ise glossofarengeal sinirin timpanik dalı (Jacobson siniri) sağlar. Timpanik membranın dış yüzünün arteriyel kanlanması internal maksiller arterin bir dalı

olan derin auriküler arter ile, iç yüzünün kanlanması ise posterior auriküler arter ve timpanik arter ile olur. Venleri, arterlere eşlik eder.^{1,13}



Resim 4. Timpanik membran

b. Kemikçikler

Malleus; yaklaşık 23 mg ağırlığında olup baş, boyun ve 3 çıkıntıdan (timpanik membranın yapıştığı manubrium mallei, anterior ve lateral prosesler) oluşur.¹ Malleus başı epitimpanumun büyük kısmını işgal eder ve 3 adet asıcı ligamanı bulunur: anterior, superior ve lateral malleolar ligamanlar.

İnkus; yaklaşık 27 mg ağırlığında olup gövde ile uzun ve kısa kollardan meydana gelir.¹ Gövdesi malleus başı ile eklem yapar. Kısa kolu epitimpanik resesin posterioruna uzanır ve burada posterior inkudal ligaman ile desteklenir. Uzun kol posterior yönde seyrederek stapesin başı ile eklem yapar. Eklem yaptığı kısmına lentiküler proses denir. Medial ve lateral inkudomalleolar ligamanlar inkus gövdesini malleus başına bağlar.

Stapes; yaklaşık 2,5 mg ağırlığında olup vücuttaki en küçük kemiktir.^{1,2,3,5} Vestibülün lateral duvarında bulunan oval (vestibüler) pencere üzerine oturmuştur. Baş, boyun, iki bacak ve tabandan oluşur. Baş, boyun ve bacaklar tabana tutunan bir ark meydana getirirler.

c. Orta Kulak Kasları

aa. Stapes kası

Stapes kası, timpanik kavitenin posterior duvarında, mastoid kemik içine uzanan, fallop kanalına komşu ve hemen medialinde yer alan kemik bir

kanal içinde bulunur. Stapesin başına veya boynuna tutunur. Fasiyal sinir tarafından inerve edilir. Kasıldığında stapes tabanının ön kenarı laterale doğru, arka kenarı ise mediale doğru hareket ettirerek yüksek şiddetteki akustik uyarıya karşı bir bariyer vazifesi görür.

bb. Tensor timpani kası

Tensor timpani kası, orta kulak ön-üst duvarında kendine ait, bir kemik kanal içinde seyrederek. Kokleariform proseten orta kulağa giren tensor timpani kası, malleusun boynuna, manubriumun medial ve anterior yüzlerine yapışır. Mandibuler sinirin dalı olan pterigoid sinir tarafından otik ganglion üzerinden inerve edilir. Bu kas, malleusun manubriumunu mediale çekerek timpanik membranın ve kemikçik zincirin kompliyansını azaltır.

d. Östaki Tüpü

Östaki tüpü ilk olarak M.Ö. 400 yılında Sparta'lı Almaceon tarafından tanımlanmıştır. Almaceon, bu yapının keçilerin kulaklarından nefes almalarını sağladığını bildirmiştir. Anatomik olarak yapılan ilk doğru tarif ise İtalyan anatomist Bartolomeo Eustachi tarafından 1562 yılında yapılmıştır.¹⁹ Tüpün fonksiyonları ile birlikte tıp çevrelerine ilk kez tanıtımı 1666-1723 yılları arasında yaşamış olan Bolonya'lı anatomist Antonio Maria Valsalva tarafından yapılmış ve bu anatomik yapıya *Östaki tüpü - Tuba Eustachii* adı verilmiştir.²⁰ Östaki tüpü, anatomik bir tüp değil, burun, nazofarenks, orta kulak ve mastoidden meydana gelen birleşik bir yapının önemli bir parçasıdır ve orta kulağın ön duvarının üst kısmından başlayıp nazofarenkste alt konkanın posterioruna, adenoid doku yatağının lateraline açılır.²¹

aa. Östaki Tüpü Embriyolojisi

Timpanik boşluk ile birlikte endodermden köken alır. Birinci farengal cebin tubotimpanik çukur adı verilen distal parçası genişleyerek primitif timpanik boşluğu oluştururken, proksimal parçası dar olarak kalır ve Östaki tüpünü oluşturur.^{22,23}

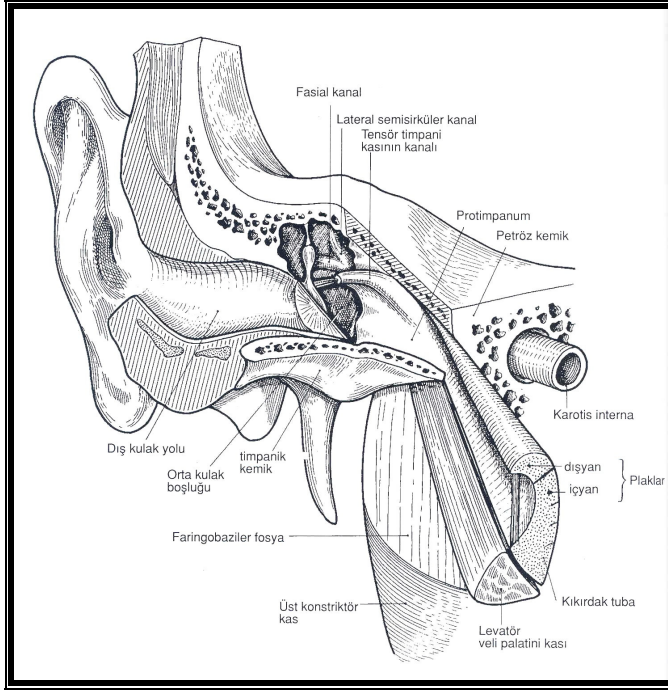
bb. Östaki Tüpü Histolojisi

Östaki tüpü nazofarenkse bakan ucunda silialı yalancı çok katlı silindirik epitel, timpanik kaviteye bakan ucunda ise silialı basit silindirik epitel ile döşelidir. Nazofarenkse komşu kısımlarda silialı hücreler ve goblet hücreleri

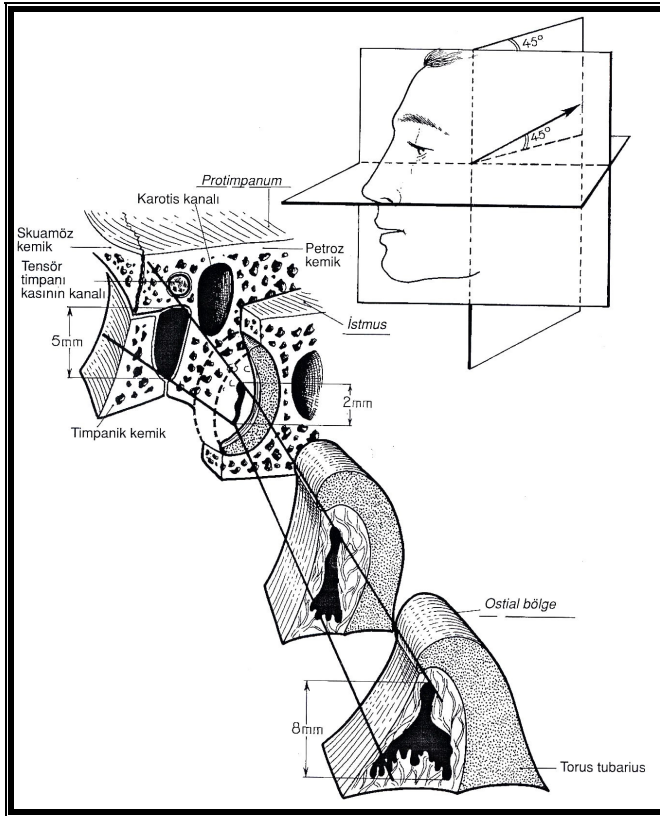
sayıca fazla miktardadır. Nazofarenksten orta kulağa yaklaştıkça her iki hücre grubu da özellikle tavan kısımda olmak üzere belirgin olarak azalırken döşeyici epitel de 2-3 katlı kübik epitele doğru değişim gösterir.^{6,24} Östaki tüpü mukozasındaki bez yapıları müköz, seröz ve miks olmak üzere üç kısımda incelenir ve bu bezlerin oranı 1 ay ile 7 yaş arasında sayıca birbirlerine eşittir. 7 yaşından sonra ise seröz bezlerin miktarı diğer bezlere oranla artmaya başlar. Seröz bezler, müköz hücrelerden salınan müsin tabakasının seyreltilip nazofarenkse akışının kolaylaşmasına yardımcı olurken aynı zamanda salgıladıkları lizozim ve laktoferrin ile antibakteriyel etki de gösterirler. Östaki tüpü mukozasındaki bezlerin yaşa bağlı bu dağılımı, çocuklardaki tekrarlayan otitis media sebeplerinden birisidir.²⁵

cc. Östaki Tüpü Anatomisi

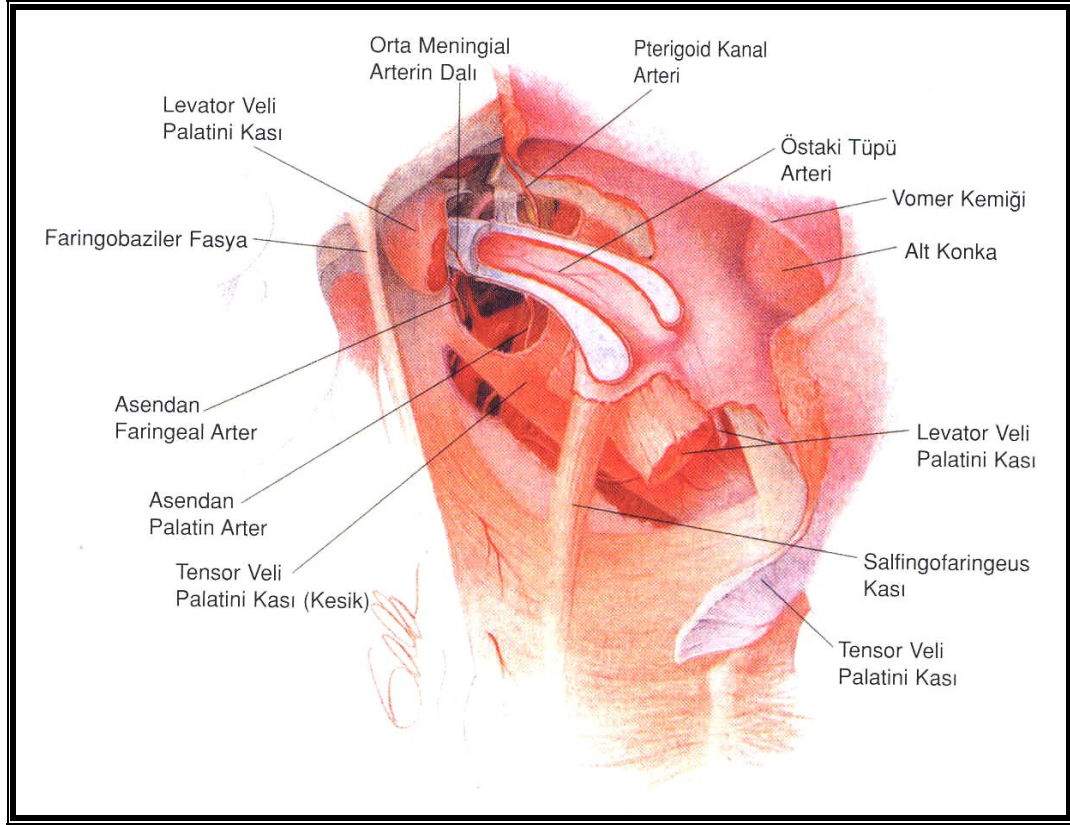
Östaki tüpü, kıkırdak ve kemik yapılardan oluşan, yumuşak doku ve kas ile çevrili, anterior, inferior ve medial doğrultuda seyreden bir yapıdır. Östaki tüpünün uzunluğu erişkinlerde 31-38 mm arasında değişir. Posterior 1/3'ü oluşturan kemik kısmın uzunluğu 11-14 mm, anterior 2/3'ü oluşturan kıkırdak kısmın uzunluğu ise 20-25 mm arasında değişmektedir.^{22,26,27,28,29,30} Östaki tüpü, koni şeklinde iki parçanın istmus denilen dar bir geçiş alanında birleşmesi ile meydana gelmiştir (Şekil 4). Kıkırdaktan oluşan konik parça kollabe olabilir bir yapıdadır ve çoğunlukla da kollabe durumdadır. Kemik yapıdaki konik parça ise orta kulağa giriş yerindedir. İstmus parçası 1-2 mm uzunluğunda ve 0.6-1.2 mm çapında yüzük şeklindeki kısımdır. Erişkinde Östaki tüpü, sagittal plan ile 45°, horizontal plan ile 30°-40° derecelik bir açı yaparken infantlar ve 7 yaşına dek çocuklarda horizontal plandaki açı 10° kadardır.³⁰ Östaki tüpünün kemik ve kıkırdak kısımları arasında ise yaklaşık 160°'lik bir açı bulunmaktadır.^{23,30} Östaki tüpünün lümen açıklığı, orta kulağa açıldığı kemik ucunda 2x5mm, istmusta 1x2mm ve nazofarenkse açılan kıkırdak uçta ise 2x8mm kadardır (Şekil 5).³¹ Östaki tüpü arteriyel kanlanması internal maksiller arterin derin auriküler dallarından, asendan farengeal arterden ve asendan palatin arterden kaynaklanır (Şekil 6). Venöz dolaşım, farengeal ve pterigoid pleksusa boşalırken lenfatiklerini retrofarengeal lenf nodları oluşturur.



Şekil 4. Östaki tüpü genel görünümü.



Şekil 5. Östaki tüpü kemik, istmus ve kıkırdak kısımları.



Şekil 6. Östaki tüpü arteriyel kanlanması.

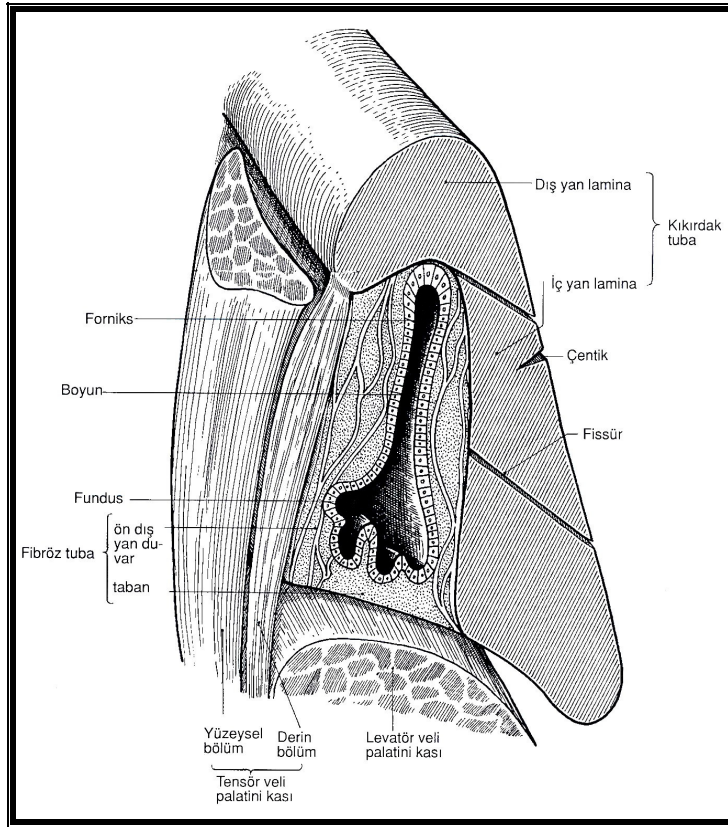
aaa. Kemik Kanal

Kemik kanal, protimpanum adıyla da anılır ve temporal kemik petröz parçasında yer alır.³² Yaklaşık 10 mm uzunluğundadır ve tepesi kesik üçgen prizma şeklindedir. İnce bir kemik lamina, kemik kanalı superiorda tensor timpani kasından, lateralde ise internal karotid arterden ayırır. Kemik kısım kıkırdak kanalın aksine devamlı açıktır ve orta kulakta timpanik kavitenin tabanından 4 mm yukarıya açılmaktadır.

bbb. Kıkırdak Kanal

Kıkırdak kanal yaklaşık 25 mm uzunluğundadır ve kafa tabanında sulkus tubarius (sfenoid sulkus) denilen bir oluk içinde yer almaktadır. Medial yerleşimli büyük bir kıkırdak lamel ile lateral yerleşimli küçük bir kıkırdak lamel ve inferiorda membranöz laminadan oluşturulur (Şekil 7). İki kıkırdak salpingofarengeal fasya ile birleştirilir. Kıkırdak kısmın nazofarenkse açıldığı yerde oluşturduğu 10-15 mm yüksekliğindeki çıkıntıya torus tubarius adı verilir ve kıkırdağı örten yumuşak doku nedeniyle ortaya çıkar. Kıkırdak kısım

dinlenme halinde kapalı iken yutkunma, hapşırma, esneme ile ya da Valsalva manevrası ile açılır ve bir valv mekanizmasını anımsatır. İstirahat halinde Östaki tüpünü kapalı tutan pasif mekanizmalar; tubal kıkırdığın elastikliği, çevre dokuların yaptığı basınç ve karşılıklı gelen müköz membranların kapiller çekimidir. Normal fizyolojik şartlarda kıkırdak parçanın lümeni iki şekilde açılır; pasif olarak pozitif orta kulak basıncı tarafından ve aktif olarak muskuler kasılma tarafından.



Şekil 7. Östaki tüpü kıkırdak kanalı kesitsel görünümü.

ccc. İstmus

Tüpün en dar yeri kemik-kıkırdak birleşim hattını belirleyen istmustur ve Sudo tarafından tanımlanmıştır.³³ Sudo'ya göre istmus, kıkırdak kısmın en uç parçasıdır ve kıkırdak yapıdan meydana gelir. Sudo ve arkadaşları kemik kıkırdak birleşim hattına ise junctional portion (birleşim bölgesi) adını vermişlerdir.³³

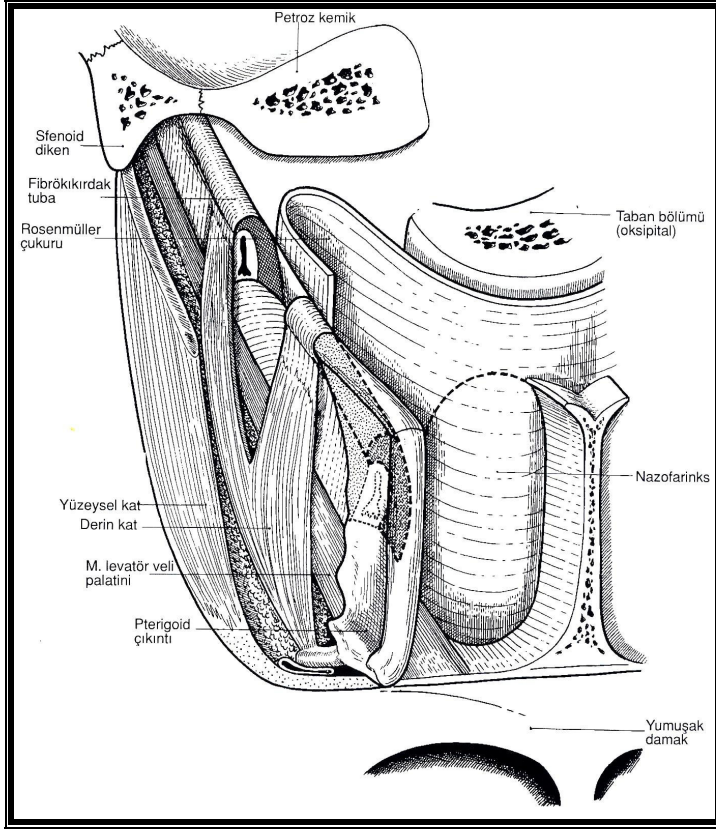
ddd. Östaki Tüpü Kasları

aaaa. Tensor Veli Palatini Kası

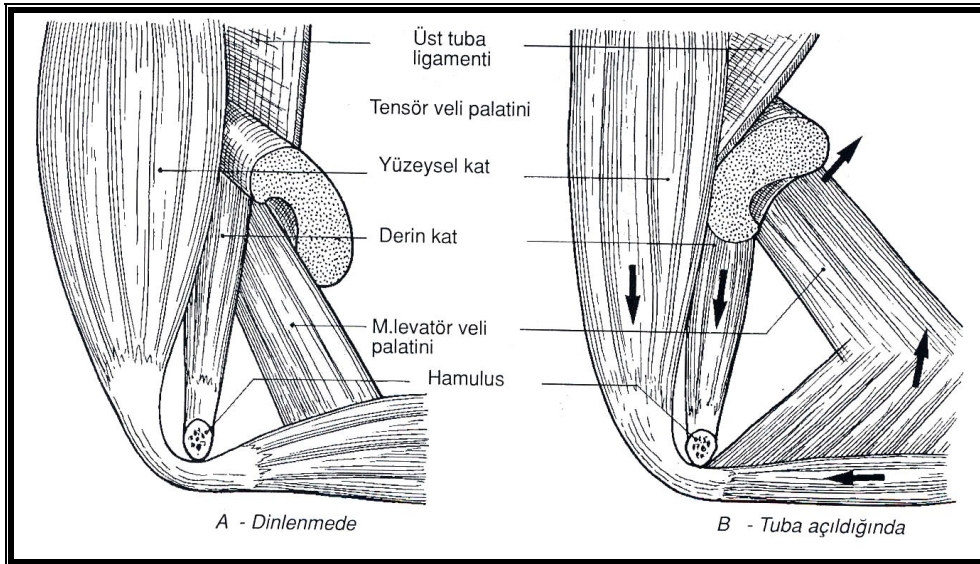
Östaki tüpünün açılmasında aktif olarak yer alan tek kastır.³⁴ İki parçalı bir kastır ve dış parça sfenoid kemiğin spini ile skafoid fossadan köken alırken iç parça tubal kıkırdağın lateral laminası ile lateral ve medial laminaları birleştiren salpingofarengial fasyadan köken alır (Şekil 8,10). Her iki parça birlikte lümeneye yaklaşık olarak paralel bir seyir izleyerek medial pterigoid laminanın hamulusu etrafından dolaşan bir tendon haline geldikten sonra yumuşak damağın aponevrozuna karışırlar ve sert damağın arka kenarına yapışırlar. İç parça bazı kaynaklarda m. dilatator tubae adıyla da anılmaktadır ve kas kasıldığında tubal kıkırdağın lateral lamelini inferiora doğru çekerek Östaki tüpünü açar (Şekil 9).³⁰ Tensor veli palatini kası, trigeminal sinirin mandibuler dalı ile uyarılır. Tensor veli palatini kası yutkunma, esneme hareketleri ve mandibuler hareketler ile aktive edilir.

bbbb. Levator Veli Palatini Kası

Temporal kemik petröz parçasının alt yüzünden ve Östaki tüpünün medial kıkırdak laminasından köken alıp Östaki tüpüne paralel olarak inferiora doğru ilerler ve yumuşak damak aponevrozunda sonlanır (Şekil 8 ve 10).³⁰ Kasıldığında tüpün nazofarenkse açılan ağzı ile kıkırdak parçasının bir bölümünü genişletip tüpü yukarı doğru kaldırır. Böylece tensor veli palatini kasının Östaki tüpünü etkin biçimde açmasına yardımcı olur (Şekil 9). Bu kas, vagal sinirin farengial pleksusu yolu ile inerve olur.



Şekil 8. Tensor veli palatini ve levator veli palatini kasları genel görünümü.



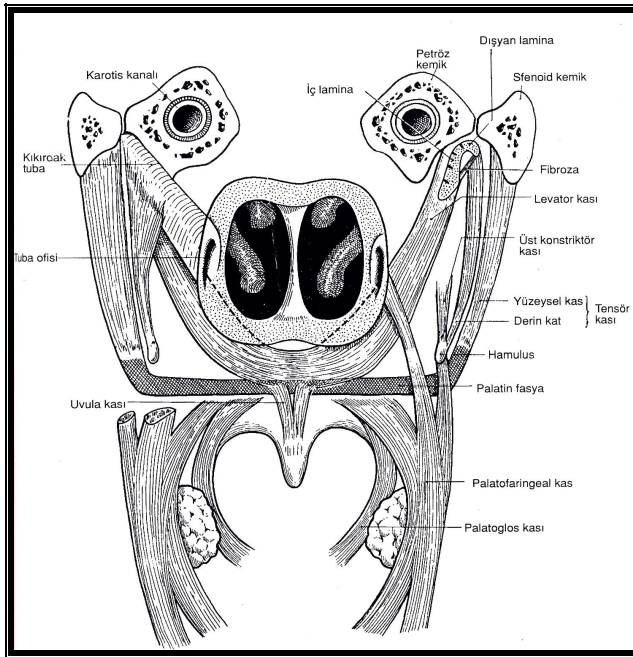
Şekil 9. Tensor veli palatini ve levator veli palatini kaslarının Östaki tüpü açılma fonksiyonu üzerine etkileri.

cccc. Tensor Timpani Kası

Tensor timpani kası, Östaki tüpü üzerinde kemik bir kanalda yer alır ve bu kasın tendonu orta kulağı geçerek malleus boynuna yapışır.^{3,30} Yapısında tensor veli palatini kasının iç parçasına ait bazı lifler içeren bu kas da trigeminal sinirin mandibuler dalı ile uyarılır. Tensor timpani kası ile ilgili halen ispatlanamamış birkaç teori mevcuttur. Bu teorilerden birine göre; eğer tensor timpani kası stretch (gerim) reseptörleri içeriyorsa, orta kulak havalanma bozukluğunun ilk belirtisi olan timpanik membran retraksiyonları, membranın mediale yer değiştirmesi nedeniyle bu reseptörler tarafından algılanarak tensor veli palatini kasının tonusunu etkileyen değişikliklere yol açabilir ve bu da Östaki tüpünün açılarak orta kulak basıncının eşitlenmesine neden olur.³⁵ Bir diğer teoriye göre de tensor timpani kası, intratimpanik havayı Östaki tüpüne doğru itmek suretiyle tüpün timpanik orifisinin açılmasına yardım etmektedir.

dddd. Salfingofaringeus Kası

Östaki tüpünün medial kıkırdak lamelinin inferiorundan köken alarak farenks arka duvarı ile tiroid kıkırdak superior kornusuna bağlanır. İnsanlarda genelde fonksiyon görmeyen bir kastır ve nadiren tam olarak gelişir.³⁶



Şekil 10. Östaki tüpü kasları – arkadan görünüm.

dd. Östaki Tüpü Fonksiyonları

aaa. Ventilasyon (Basınç Eşitleme)

Orta kulak boşluğunun havalanmasının kontrolünde Östaki tüpü çok önemli bir role sahiptir ancak Östaki tüpü aracılığı ile nazofarenksten gaz transferini kontrol eden kalitatif ve kantitatif fizyolojik parametreler hakkında çok az şey bilinmektedir.³⁷ Östaki tüpünün bu fonksiyonuna ayrıntılı olarak ileriki bölümlerde değinilecektir (Bkz. orta kulak basınç düzenleme mekanizmaları).

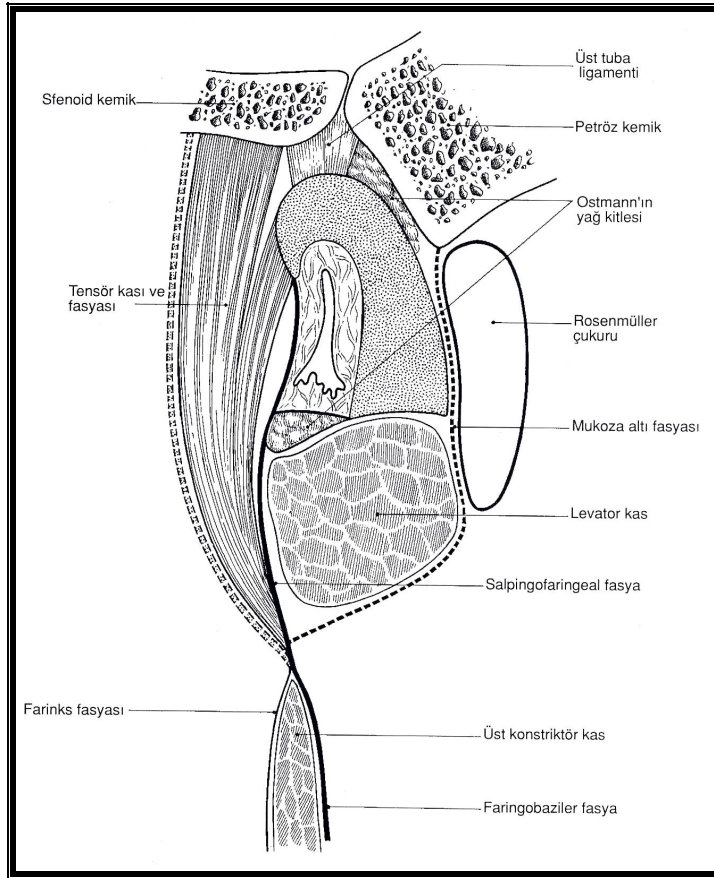
bbb. Drenaj

Östaki tüpü yalancı çok katlı silindirik epitel ile (solunum epiteli) döşelidir ve içerdiği titreşimli tüylü hücreler muköz bezlerden salınan mukus tabakasıyla örtülüdür. Mukus tabakasının altında tüylerin serbestçe hareket edebildiği seröz bir tabaka vardır. Titreşimli tüyler, üzerindeki mukus tabakasını sürekli olarak nazofarenkse iterek bu tabaka üzerinde bulunan debrisleri, ölü hücreleri ve patolojik sekresyonları da orta kulaktan uzaklaştırırlar. Mukosilier sistem temizleme görevini dakikada 0.7-1.1 mm hızla yerine getirir.³⁸ Östaki tüpü tabanında izlenen mukozal katlantılar, tabanın drenaj fonksiyonunda önem taşıdığını, mukus tabakasının üst kısmını tanımlayan tavan kısmı ise daha çok ventilasyon fonksiyonunda yer aldığını düşündürmektedir.³⁹

ccc. Koruma

Östaki tüpünün, orta kulağı nazofarenkstekteki sekresyonlardan koruma fonksiyonunu tanımlamaktadır. Koruma fonksiyonu temel olarak kıkırdak kısmın kapalı kalması sayesinde yerine getirilir. Östaki tüpünün uzunluğu ve kompliyansı fonksiyonda önem taşımaktadır. 5-6 yaşından küçük çocuklarda erişkinlere oranla tüp daha kısa ve geniştir. Yarık damağın izlendiği çocuklarda, Down Sendromu ve diğer kraniofasyal sendromu olan çocuklarda Östaki tüpü belirgin olarak kısadır ve sekresyonların orta kulağa geçişi daha da kolaylaşır.²¹ Çocuklarda kıkırdağın gelişimini tamamlamamış olması kıkırdağın kompliyansını arttırmakta ve tüpün gerginliğinin azalmasına neden olmaktadır.³¹ Kıkırdak kanalın dinlenme halinde kapalı kalması, orta kulağı nazofarenkstekteki sekresyonlardan olduğu kadar, konuşma ve solunum

sırasında ortaya çıkan güçlü seslerden ve basınç değişimlerinden de korumaktadır. Östaki tüpü, kasların kasılması yolu ile aktif olarak açıldığında, Ostmann'ın yağ kitlesi adı verilen yağlı gözeli doku, tüpün açılmasını sınırlayarak, ventilasyonun devamı esnasında koruma fonksiyonunun devam etmesini sağlar (Şekil 11).⁶¹ İstirahat halinde Östaki tüpünü kapalı tutan pasif mekanizmalar; tubal kıkırdağın elastikliği, çevre dokuların yaptığı basınç, ve karşılıklı gelen muköz membranların kapiller çekimidir.



Şekil 11. Ostmann'ın yağ kitlesi.

e. Mastoid

Havalanmış bir kemik çıkıntı olan mastoid, temporal kemiğin posterior ve inferior bölgesinde yerleşir. Mastoid kemiğin lateral yüzeyinde suprameatal spin (Henle spini) yer alır. Henle spini ve posteriorundaki area kribrosa, aurikula ve dış kulak kanalının kıkırdak yapılarının tutunmasını sağlayan bantların yapıştığı yerlerdir.^{1,3} Mastoid çıkıntı, anteriorda timpanik

kemiğin posterior parçası ile eklem yaparak timpanomastid sütünü oluşturur. Mastoid kemiğin inferior kısmı mastoid apeks olarak adlandırılır. Bu bölgenin en alt kısmında ise dışarıdan bakıldığında bir oluk şeklinde izlenen, digastrik kasın tutunma yeri bulunmaktadır. Mastoidektomi sonrasında bu oluk, içeriden bakıldığında bir balkon şeklinde izlenir ve digastrik ridge adını alır. Digastrik ridge öne doğru takip edilerek stilomastoid foramen hizasında fasiyal sinir bulunabilir. Mastoid kemik içerisinde bulunan bir başka önemli yapı da fasiyal sinir kanalının (Fallop kanalı) vertikal parçasıdır.¹

Mastoid kemik ile orta kulağı birbirine bağlayan geçiş alanı aditus ad antrum adını alır. Mastoid antrum, en geniş ve en sabit hava hücrelidir ve aditus ad antrumun posterolateralinde yerleşir. Mastoidin boyutu gelişim döneminde meydana gelen pnömotizasyonun yaygınlığı ile ilişkilidir. Doğuma kadar, Östaki borusu, timpanik kavite ve antrum içerisinde mezenşimal artıklar ve amnion sıvısı mevcuttur. Doğumdan sonra, mezenşim tamamen kaybolur ve pnömotizasyon devam eder. Pnömotizasyon, yaklaşık olarak kız çocuklarında on, erkek çocuklarında onbeş yaşında tamamlanmış olur. Hava hücreleri genellikle mastoid antrumdan mastoidin ucuna kadar yayılır; retrofasiyal alanı ve perilabirentin bölgeyi kaplar. Pnömotizasyon bazen petröz apekse ve skuamöz kemiğe de yayılır. Mastoid hava hücreleri tek katlı kübik epitel ile kaplıdır, incedir ve kapillerden zengindir. Bu kapillerin endotel hücrelerindeki fenestrasyonlar, mastoid hava hücreleri ile kapiller arasında yakın temas sağlar. Mastoid hava hücreleri, orta kulak basınç düzenlenmesinde tamponlayıcı görevlerinin yanı sıra iç kulak yapılarını dış ortamın sıcaklık değişikliklerinden koruma görevini de yürütürler.⁴⁰

3. İÇ KULAK

İç kulak, kemik ve membranöz labirent olarak incelenir.

a. Kemik Labirent

Kemik labirent vücudun en sert kemiğidir ve vestibül, koklea, yarım daire kanalları olmak üzere üç kısımdan meydana gelir. Kemik labirent içerisinde perilenf denilen sıvı vardır. Membranöz labirent bu sıvı içerisine yerleşmiştir.

aa. Vestibül

Vestibül, kemik labirentin merkezinde yerleşmiştir. Eliptik reses adı verilen, utrikulusu barındıran ve sferik reses adı verilen, sakkulusu barındıran 2 adet çukurluk içeren vestibül, lateral duvarında fenestra ovale (fenestra vestibüli, oval pencere) denilen açıklık ile orta kulakla ilişkidir. Vestibülün medial duvarının posterior kısmında yer alan vestibüler akuadukt, endolenfatik kanalı içerir.

bb. Kemik koklea

Vestibülün anteriorunda yerleşir. Modiolus denilen, spongiöz kemikten oluşan, santral bir eksen etrafında 2,5 dönüşlük bir sarmal yapan spiral bir kanaldır. Tabanına basis koklea, tepesine kupula koklea adı verilir. Koklea içindeki spiral kanal içerisinde lamina spiralis ossea denen yarım bir kemik bölme vardır. Modiolusu çevreleyerek koklear kanalı önde vestibüler kanal, arkada timpanik kanal olmak üzere ikiye ayırır.⁴¹ Yuvarlak pencerenin membranı yakınında, kokleanın bazal kıvrımındaki timpanik kanaldan koklear akuadukt başlar ve bu kanal, petröz piramidin inferior yüzünde huni şeklinde bir delik olarak sonlanır. Koklear akuaduktusun içinde perilenfatik duktus yer alır ve subaraknoid mesafe ile skala timpaniye birleştirir.

cc. Kemik semisirküler kanallar

Üç tanedir ve aralarında yaklaşık 100° açılma vardır.⁴² Semisirküler kanalların şişkin olan uçlarına ampulla, düz olan uçlarına ise krus simpleks denir. Superior ve posterior kanalların düz uçları birleşir ve krus kommunis adını alır.

b. Membranöz Labirent

Perilenfatik sıvı ile çevrilidir ve endolenfatik sıvı içerir. Kemik labirenti taklit eder ancak yalnızca 1/3'ünü doldurabilir.

aa. Utrikulus ve Sakkulus

Utrikulusun bir duvarında makula utrikuli denilen horizontal planda denge duyusunu alan spesifik hücreler bulunur. Sakkulus, utrikulusa benzer şekilde makula sakkuli denilen, ancak vertikal planda denge duyusunu alan spesifik hücreler bulunur. Endolenfatik kanal, vestibüler akuaduktusun içinde bulunur. Utriküler ve sakküler kanallar ile utrikulus ve sakkulusa bağlanan bu kanal, serebellumun üzerini örten dura içerisinde bir kese şeklinde

genişleyerek endolenfatik keseyi oluşturur. Endolenfatik kese, endolenfin emilmesi ve endolenf ile BOS arasındaki basınç farkının düzenlenmesinde görev alır.

Otolitik organlardaki sensöriyel epitele makula adı verilir. Utrikulusta makula yatay düzlemde yerleşmiş iken sakkulusta düşey düzlemde yer almaktadır.

bb. Membranöz Semisirküler Kanallar

Membranöz semisirküler kanallar da kemik labirentteki sinonimleri ile aynı adlarla anılırlar. Vestibüler titreşim tüylü hücreler, semisirküler kanallarda krista ampullariste, otolitik organlarda ise makulada yerleşir. Ampullada bulunan sensöriyel epitel iki parçadan oluşur: krista ve kupula.

c. İç Kulak Kanalı

Posterior kafa çukuru ve petröz kemik arasında bulunan bir kemik kanalıdır. Fasiyal sinir, koklear sinir, vestibüler sinir ile labirentin arter ve veni içerir.

B. ORTA KULAK BASINÇ DÜZENLEME MEKANİZMALARI

1. Hidrops Ex – Vacuo Teorisi

19 yüzyıl başından 1980'li yıllara dek orta kulak havalanması için geçerli olduğu düşünülen bu teori, orta kulağın havalanmasının tek yolunun Östaki tüpü olduğu ve orta kulaktaki gaz içeriğinin devamlı ve tek yönlü olarak orta kulak mukozası tarafından absorbe edildiğini kabul etmektedir. Bu teoriye göre, Östaki tüpünün fonksiyonunun bozulduğu patolojik durumlarda çeşitli orta kulak hastalıkları (kronik timpanik membran retraksiyonu, efüzyonlu otitis media, atelektazi, adeziv otit, kolesteatom gelişimi vb.) ortaya çıkmaktadır. Bu görüşü destekleyen en önemli veriler orta kulak ve mastoid hücreler içindeki havanın orta kulak mukozasından sürekli olarak absorbe edildiğini gösteren çalışmalardan gelmektedir.^{43,44} Yapılan bu çalışmalara göre, yirmidört saat içerisinde orta kulak boşluğundan dolaşıma absorbe olan hava miktarı yaklaşık olarak 1 ml'dir ve bu absorpsiyon orta kulak basıncının devamlı olarak azalmasına neden olur.⁴³ Östaki tüpünün primer görevi ise orta kulağın havalanmasını sağlamaktır ancak tüp patolojik bir olay sonucu

açılmayacak olursa hava absorpsiyonu ve orta kulak basıncının azalması devam eder. Negatif basıncın belli bir seviyeye gelmesi orta kulağa sıvı transudasyonuna neden olur ve bu mekanizma ile basıncın daha da düşmesini önlenir.⁴⁵ Bu nedenle bu teori “*Hidrops ex vacuo teoris*” olarak da adlandırılmaktadır.

1970’li yıllardan itibaren yapılan çalışmalar bu klasik teoriye ciddi eleştiriler getirmiştir. Eleştirilerin en önemli kaynağı ise çeşitli kulak hastalıklarında Östaki tüpünde bir daralma olmadığını gösteren çalışmalar ile orta kulaktan gaz absorpsiyonu yanında gaz salınımının da olduğunu gösteren çalışmalardır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Bluestone ve ark. temporal kemiklerde yaptıkları çalışmalarda, hastalıklı kulaklarda Östaki tüpünün anatomik obstrüksiyonunun çok nadir olduğunu göstermişlerdir.⁴⁶
- Buckingham ve Ferrer, 1980 yılında ilk kez orta kulaktan gaz absorpsiyonu yanında gaz salınımının da olduğunu ortaya koymuşlardır.⁴⁷
- Buckingham ve ark., köpeklerde hipoventilasyonla veya CO₂ içeren gaz karışımları ile ventilasyon yapıldığında orta kulakta pozitif hava basıncı geliştiğini tespit etmişlerdir.⁴⁸ Hergils, Luntz ve Tideholm’un yaptıkları çalışmalarda hipoventilasyonun orta kulak basıncı üzerine olan etkisi, sabah uyanıldığında orta kulak basıncının ölçülmesiyle de gösterilmiş ve sabah ölçülen orta kulak basıncı pozitif olarak bulunmuştur.^{49,50,51} Bu bulgular klasik teoriye ters düşmektedir, çünkü uyku esnasında solunum daha yavaştır ve yutkunma azalmıştır. Bu durumda klasik teoriye göre, uyku esnasında Östaki tüpü daha uzun süreli kapalı olacağından sürekli gaz absorpsiyonu nedeniyle, orta kulakta negatif basınç tespit edilmesi gerekirdi ancak tam aksi sonuçlar elde edilmiştir.
- Sadé ve ark., orta kulak mukozası aracılı gaz difüzyonunun, gazların difüzyon katsayıları ile orantılı olarak belli bir hızda gerçekleştiğini ve orta kulaktaki gaz bileşiminin venöz kandaki gaz bileşimine benzediğini ortaya koymuşlardır.^{52,53} Sadé ve ark. akut otitis media, sekretuar otitis media ve kronik otitis media olan kulakların temporal kemikleri üzerinde çeşitli yıllarda

yaptıkları çalışmalarda, daha önce Bluestone'un da belirtmiş olduğu gibi, Östaki tüpü çapında sağlam kulaklar ile karşılaştırıldığında bir fark bulamamışlardır.^{54,55,56} 1990 yılında Sadé ve ark., cerrahi sırasında inceledikleri 45 kulakta timpanik membranın arkasında ve Östaki tüpü çevresinde bir miktar hava bulunduğunu gözlemişlerdir.⁵⁷ Bu bulgunun da Östaki tüpünde obstrüksiyon olmadığını gösterdiğini savunmaktadırlar. 2004 yılında ise Sade ve ark. in vivo bir modelde, sadece Östaki tüpünün daralmış olmasının, yutkunma ile orta kulağa geçen gaz miktarında azalmaya neden olmasına rağmen, orta kulak basıncının etkilenmediği sonucuna varmışlardır.⁵⁸

Bütün bu bulgular orta kulak havalanmasının kontrolü konusunda yeni görüşlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

2. Östaki Tüpü

Östaki tüpü aracılığı ile orta kulak basıncının atmosfer basıncına eşitlenmesi, *orta kulak ventilasyonu* ya da *orta kulak inhalasyonu* adını alır. Bu en önemli fonksiyonu nedeniyle de Östaki tüpüne, orta kulağın basınç eşitleyicisi adı verilir. Östaki tüpünün geometrisi öyle bir şekildedir ki Östaki tüpünün temizleme ve ventilasyon fonksiyonları birbirini engellemez. Mukus, siliyalı hücrelerle döşenmiş taban kısmından akarken hava, esas olarak daha üst seviyeden akar. Genel prensip olarak gazlar bir bölgeden diğerine, bölgelerdeki basınç farklarına uygun olarak hareket ederler. Östaki tüpünden geçerken gaz akışı esas olarak büyük bir engelle (istmus) kısıtlanır. Gaz transferi açısından fizyolojik olarak Östaki tüpü, basit bir tüp olmaktan ziyade ucunda küçük bir halkanın bulunduğu bir körük gibidir. Gaz, istmusu geçer geçmez orta kulağa ulaşır. İstmustan geçen gaz miktarı nazofarenks ile orta kulak arasındaki basınç farklılığına, her iki taraftaki basınç farklılığına maruz kalma süresine ve istmusun uzunluk ve çapına bağlıdır.

Östaki tüpünün kollabe olabilen kısmı yutkunma, esneme veya mandibulanın hareketleri sırasında tensor veli palatini kası tarafından aktif olarak açılır. Bu kısım her 1-2 dakikada bir 0.2 sn süre ile açık kalır ve bu sürede 1-2 µl gaz geçişine izin verir ki bu da tüpün 24 saat boyunca sadece 3-4 dakika açık kaldığı anlamına gelir.⁶⁰ Fizyolojik ve normal şartlar altında

24 saat içinde nazofarenksten orta kulağa geçen gaz miktarı 1-2 ml olarak bulunmuştur ve bu miktar, bir günde mukoza aracılığı ile orta kulaktan venöz dolaşıma difüzyonla geçen gaz miktarına yaklaşık olarak eşittir.⁴³ Tensor veli palatini kası Östaki tüpünü açmak amacı ile lateral kıkırdak laminayı inferolaterale çekerken Ostmann'ın yağ dokusu özellikle tüpün taban kısmında bu açılmayı sınırlar ve ventilasyon fonksiyonu yerine getirilirken koruma fonksiyonunun da aktif bir şekilde devam etmesini sağlar.⁶¹

Burada dikkat edilmesi gereken bir konu da Östaki tüpünün her yutkunma ile açılmadığı ve her yutkunma hareketi esnasında orta kulağa efektif bir gaz geçişinin olmadığına bilinmesidir. Östaki tüpü aracılığı ile orta kulağa nazofarenksten geçen gaz ile kompanze edilen negatif basınç gradiyenti, *orta kulak boşluğunun büyüklüğüne* ki bu da sonuçta mastoidin büyüklüğüne bağlıdır. Hacmin 12 cm³ olduğu normal bir mastoidde meydana gelen negatif basınç farklılığı yaklaşık 1-2 mmH₂O dur. Bu basınç farklılığı o kadar küçüktür ki 0.2 sn içinde 1-2 mm lik istmusa gazın yaklaşık 1 mm pasif olarak geçmesi şüphelidir. İstmusu oluşturan halkanın hacmi yaklaşık 1-3 µl'dir. Bu da her yutma ile orta kulağa geçen gaz miktarı ile aynıdır. Bu durumda *aktif bir mekanizmanın* bu gaz geçişinde rol oynayabileceği düşünülmektedir. Yutkunma veya esneme esnasında kollabe olmuş körük kısım açılır. Böylece nazofarenks veya orta kulakta bulunandan daha düşük basınçlı yeni bir hacim oluşturur. Bundan sonra hava bu yeni oluşan hacme doğru muhtemelen de nazofarenksten orta kulağa doğru akar. İkinci aşama, havanın körükten istmus aracılığı ile geçişidir. Bu geçiş, körük kısmın muhtemelen levatör veli palatinin kasılmasının yardımı ile normal kollabe haline geri dönüşü aracılığı ile olabilir. Levator veli palatini, Östaki tüpünün altında yer alan tensor palatinin kasıldığına 2 katı daha uzun kasılabilen bir kastır ve tam fonksiyonu henüz bilinmemektedir.

Kulakları sağlıklı çocukların sadece %65'i yutkunmakla orta kulak basıncını dengeleyebilirken, bu oran yetişkinlerde %95'e yaklaşmaktadır.⁶²

Kişinin postürü, dolaşımda yarattığı özellikler nedeniyle Östaki tüpünün fonksiyonunu etkiler. Kritik açı 20°'dir ve bu açının altında, yatar pozisyonda

oluşan venöz dolgunluk nedeniyle, tüpten geçen hava 1/3 oranında azalır. Tam yatar pozisyonda bu hava, vertikal pozisyondakinin 2/3'ü kadar azalır.⁶³

Östaki Tüpü Fonksiyon Testleri

Östaki tüpünün orta kulak için öneminin anlaşılmasından sonra bu anatomik yapının fonksiyonlarını değerlendirmeye yönelik testler ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu testlerin bir kısmı sadece Östaki tüpünün açık ya da kapalı olması ile ilgili fikir veren kantitatif testler (Valsalva manevrası, Toynbee manevrası, sonotubometri, endoskopi) iken, bir kısmı da Östaki tüpü fonksiyonlarını değerlendirmeye yönelik olarak geliştirilen kalitatif testlerdir (inflasyon-deflasyon basınç eşitleme testi, inflasyon-deflasyon açılma testi).

Östaki tüpü fonksiyonları hakkında hekime ipucu veren ilk bulgu otoskopik muayenede timpanik membranın görüntüsüdür. Timpanik membrandaki matlaşma, retraksiyon ya da hava-sıvı seviyesi Östaki tüpü disfonksiyonunu akla getirebilir. Bu bulgulara hastanın kulak dolgunluğu, ağrı, kulak çınlaması, seslerin derinden gelmesi, hastanın kendi sesinin kafasının içinde yankılanması gibi yakınmaları da eşlik edebilir. Direkt veya indirekt olarak yapılan nazofarenks muayenesi ile, Östaki tüpü ağzını tıkayabilecek adenoid hipertrofisi, mukozal ödem ya da tümöral kitle tespit edilebilir. Östaki tüp lümenini direkt olarak incelemek amaçlı endoskopik tetkiklerden yararlanılabilir. Lümenin en dar kısmı olan istmustan geçebilecek 0.4-1.0 mm'lik fiberoptik endoskoplara pratikte kullanılmaktadır ancak bu optiklerin rezolüsyonu sınırlıdır. Östaki tüpü fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılan testler bazı araştırmacılar tarafından güvenilir bulunmasa da, birçokları bu testlerin hekime fikir verici nitelikte olduğunu düşünmektedirler.⁶⁴

a. Östaki Tüpü Fonksiyonunun Kantitatif Yöntemler ile Değerlendirilmesi

Valsalva Manevrası: Antonio Maria Valsalva tarafından tanımlanmıştır. Ağız ve burun delikleri kapalı iken havanın dışarı verilmeye çalışılması ile test uygulanmaktadır. Bu manevra ile nazofarenkste oluşan pozitif basınç, Östaki tüpü açılınca timpanik kaviteye hava geçişine ve timpanik membranın

laterale doğru hareket etmesine neden olur. Bu manevra esnasında eğer timpanik membran perfore ise hava sesi duyulur. Bu testin başarısızlığı tüpün patolojik anlamda obstrükte olduğunun kanıtı değildir. Valsalva manevrasının dezavantajları, nazal ve nazofarengeal enfeksiyonun timpanik kaviteye geçme riski ve manevranın uzun sürdürülmesi halinde ortaya çıkan venöz dolgunluk ile kalbe venöz dönüş azalmasına bağlı hipotansiyon gelişme riskidir.

Toynbee Testi: Joseph Toynbee tarafından tanımlanmıştır. Ağız ve burun delikleri kapalı iken yutkunma hareketi yapılması ile test uygulanmaktadır. Bu manevra ile nazofarenkste oluşan negatif basınç, Östaki tüpü açılınca timpanik kaviteden nazofarenkse hava geçişine ve timpanik membranın mediale doğru hareket etmesine neden olur. Bu test de Valsalva manevrasına benzer şekilde, Östaki tüpünün fonksiyonel durumunu ve dolayısıyla timpanik membranın hareketliliğini kontrol etmek için kullanılır. Burun açık iken hasta tekrar yutkündürülür ise timpanik membran eski durumuna döner.

Politzer Testi: Bu test sırasında hekim hastanın bir burun deliğine Politzer balonunu sıkıca yerleştirdikten sonra diğer burun deliğini parmağı ile kapatır. Hastanın, yutkündürularak ya da içinde “k” harfi bulunan kelimeler söylenilerek, damağını yukarı kaldırması ve nazofarenkste kapalı bir hava sütunu oluşturması sağlanır. Daha sonra Politzer balonu sıkılarak bu hava sütununun basıncı artırılır ve Östaki tüpünün açılıp timpanik kaviteye hava geçmesi sağlanır. Bu geçiş otoskop ile ya da havanın çıkardığı gürültünün oskültasyon ile tesbit edilir.⁶⁵

Östaki Tüp Kateterizasyonu: Lokal anestezi altında transnazal olarak nazofarenkse sokulan Politzer balonunun ucuna takılı gümüş sonda, Östaki tüpü ağızına yerleştirilir. Balon aracılığı ile verilen havanın orta kulağa geçerken oluşturduğu ses oskulte edilir. Oskültasyon, bir ucu hastanın diğer ucu ise hekimin kulağında olan tüp yardımı ile yapılır. Normal solunum sesi bir açık Östaki tüpünü, ıslık sesi kısmen kapalı Östaki tüpünü, fokurdama, kaynama sesi orta kulakta sıvı toplandığını, hiçbir sesin duyulmaması ise Östaki tüpünün tamamen tıkalı olduğunu gösterir. Bu test sonucunda travma,

orta kulağa enfeksiyon nakli, atrofik kulak zarının perforasyonu gibi komplikasyonlar ortaya çıkabilir.

b. Östaki Tüpü Fonksiyonunun Kalitatif Yöntemler ile Değerlendirilmesi

Timpanogram: Timpanogram ile orta kulak basıncının ölçülmesi Östaki tüpü fonksiyonlarını değerlendirmede çok önemlidir. Yüksek negatif basınç saptanması (>-100 daPa) Östaki tüpünün ventilasyon fonksiyonunun yetersiz olduğunu düşündürür. Ağır atelektazi ya da adezyon varlığında timpanogramın faydası sınırlıdır.

Sonotubometri: İlk olarak Perlman tarafından tanımlanmıştır. Burun deliğinden verilen ses dalgasının dış kulak kanalından ölçülmesi esasına dayanır. Hem intakt hem perfore timpanik membranlarda kullanılabilen bir testtir.

İnflasyon-deflasyon açılma testi (Forced Responce Test): Zöllner 1942 yılında, yutkunma sırasında Östaki tüpünü açmak için gerekli olan nazofarenks basıncını ölçerek Östaki tüpü fonksiyonunu değerlendiren bir test tarif etmiş ve bu test daha sonra modifiye edilerek "inflasyon-deflasyon açılma testi" adını almıştır. Bu test dinlenme sırasında Östaki tüpünü kapalı tutan mekanizmaların değerlendirilmesini sağlar. Perfore ya da miringotomili kulaklara uygulanabilen bir testtir. Östaki tüpü spontan olarak açılana dek dış kulak kanalı ve orta kulak basıncı artırılır ve bu sırada da hastaya yutkunmaması söylenir. Östaki tüpü açılınca basınç eğrisi bir anda düşmeye başlar (P_0) ve bir süre sonra da Östaki tüpü kapanacağı için basınç sabitlenir (P_c).

İnflasyon-Deflasyon Basınç Eşitleme Testi: İlk olarak Flisberg ve ark. tarafından 1963 yılında tarif edilmiş, yıllar içerisinde birçok araştırmacı tarafından daha da geliştirilmiştir.⁶⁶ Sadece perfore ya da miringotomili kulaklara uygulanabilir. Uygulanan pozitif ya da negatif basınçları Östaki tüpünün normal değerlere getirebilme yeteneğini değerlendiren bir testtir. Hem pasif hem de aktif açılma fonksiyonunun değerlendirilmesini sağlar. Teste başlamadan önce bazal bir timpanogram çekilir. Yüksek pozitif (+200) (inflation) veya negatif (-200) (deflation) hava basıncı dış kulak kanalına uygulanır ve her 5 saniyede bir hastanın bir yudum su içmesi istenir. Bu

esnada devamlı olarak dış kulak kanalı ve orta kulak basınçları alınır. Östaki tüpü açılınca basınç düşmeye başlar, kapanınca da sabitlenir. Test ardışık 5 yutkunma boyunca basınç düşmesi gözlenmeyene dek sürdürülür.

ETF₁ Testi (Otomatik Williams Testi): Sağlam kulak zarı olan hastalarda Östaki tüpünün pasif açılma kapasitesini göstermek için kullanılan bir testtir. Bu testte öncelikle bazal bir timpanogram çekilir ve orta kulak basıncı kayıt edilir (P1). Daha sonra ağız ve burun kapalı iken hasta yutkündürulup (Toynbee Manevrası) orta kulak basıncı ölçülür (P2). Son olarak da ağız ve burun kapalı iken hastanın dışarı hava vermeye çalışması istenir (Valsalva manevrası) ve yeniden orta kulak basıncı ölçülür (P3). Her üç durum için alınan kayıtlar, dalgaların tepe noktaları için belirtilen basınçlar (P1,P2,P3) ile birlikte kaydedilerek Östaki tüpü fonksiyonları hakkında bilgi edinilir. Östaki tüpü fonksiyonunun sağlam timpanik membranlarda timpanometri eşliğinde uygulanan valsalva ve toynbee manevraları ile değerlendirilmesi eski ancak halen geçerliliğini koruyan bir metottur.⁹⁶

ETF₂ Testi (Otomatik Toynbee Testi): Perfore kulaklarda pasif açılma kapasitesini ölçen inflasyon-deflasyon açılma testi ile aktif açılma kapasitesini ölçen inflasyon-deflasyon basınç eşitleme testlerinin bir modifikasyonudur. Dış kulak kanalı bir prob ile tamamen kapatıldıktan sonra +/- 300 daPa basınç uygulanır. Hastaya yutkunmaması söylenir. Östaki tüpü açılınca basınç eğrisi bir anda düşmeye başlar (P₀) ve bir süre sonra da Östaki tüpü kapanacağı için basınç sabitlenir (P_c). Daha sonra hastadan 3-5 sn aralıklarla ağızını, burnunu kapayarak 5 kere yutkunması istenir (Toynbee Manevrası). Her yutkunma sonrası basınç normale dönme eğilimindedir ve birkaç yutkunma sonrası basınç eşitlenir. Yutkunma sırasında Östaki tüpünün açılması ile basıncın düşmeye başladığı nokta açılma basıncı (O), basıncın tekrar sabitlendiği nokta ise kapanma basıncını (C) gösterir. Açılma (O₁, O₂, O₃) ve kapanma (C₁,C₂,C₃) basınçları otomatik olarak kaydedilir. Açılma ve kapanma basınçları ve periyodları değerlendirilerek Östaki tüpü fonksiyonları hakkında bilgi edinilir.

Östaki fonksiyonlarını objektif olarak değerlendirmek için kullanılan testler ayrı bir sınıflamada iki grup halinde incelenebilir.⁶⁷

Pasif açılma kapasitesini ölçen testler: Orta kulak veya nazofarenks basıncı arttığında Östaki tüpünün pasif olarak açılıp açılmadığını gösterirler. Bunlar, inflasyon-deflasyon açılma testi (artmış orta kulak basıncına Östaki tüpü yanıtını ölçer), Valsalva manevrası ve tubotimpanoerodinamik grafi (artmış nazofarenks basıncına Östaki tüpü yanıtını ölçer) olarak üç grupta incelenebilir.

Aktif açılma kapasitesini ölçen testler: Östaki tüpünün yutkunmakla aktif olarak açılıp açılmadığını gösterirler. İnflasyon-deflasyon basınç eşitleme testi ve sonotubometri bu gupta incelenir.

3. Mastoid Kavite ve Timpanik Membran

Birçok araştırmacıya göre, Östaki tüpünün basınç eşitleme fonksiyonunu yerine getiremediği durumlarda havalı mastoid kavite ve esnek timpanik membranın orta kulak hacmini değiştirme yeteneği alternatif basınç tamponlayıcıları olarak devreye girer.

Normal timpanik membran, timpanik kemiğe komşu anulusa bağlı rijid bir membrandır. Membranın hareketi esas olarak anuler katlantı seviyesindedir ve membran, mekanik bir menteşe gibi görev yapar. Timpanik membranın içeri doğru yer değiştirmesi (retraksiyonu) orta kulak hacmini belli bir dereceye kadar azaltarak basıncın yükseltilmesine neden olur ve bunun sonucu olarak da orta kulak basıncını arttırabilir. Retraksiyon arttıkça orta kulaktaki gazların sıkışması daha fazla olur ve bu da gaz basınçlarında artışa neden olur. Sade ve ark tarafından yapılan bir çalışmada timpanik membran maksimum olarak tam retrakte olduğunda pars tensanın 0.2-0.3 ml yer değiştirdiği gösterilmiştir.⁶⁰ Dirckx ve Decraemer tarafından yapılan bir başka çalışmada ise timpanik membranın pars flaksida kısmının basınç tamponlama görevi yaptığı ancak bu görevini asıl olarak, gün içerisinde çok sık meydana gelen düşük miktardaki (20 daPa ve daha küçük düzeydekiler) basınç değişikliklerini dengeleyerek yerine getirdiği sonucuna varılmıştır.⁶⁸ Hellström ise pars flaksidanın tam olarak retrakte olduğunda bile orta kulak toplam hacminin ancak %0,5'i kadar bir hacim değişikliği oluşturabildiğini bu nedenle de pars flaksidanın basınç dengeleme fonksiyonunun ihmal edilebileceğini bildirmiştir.⁶⁹

Orta kulak ve mastoid aynı basıncı paylaşan tek bir gaz boşluğunu oluşturmaktadır. İdeal gazlarla ilgili kabul edilen bazı kurallar vardır. Basınç (P), mol sayısını (n) ve mutlak sıcaklık (T) ile doğru orantılı, hacim (V) ile ters orantılıdır. Hacim (V), mol sayısı (n) ile doğru orantılı iken; sıcaklık (T), mol sayısı (n) ile ters orantılıdır.

$PV = n \cdot R \cdot T$ (P: Gaz basıncı (atmosfer). V: Gaz hacmi (litre). R: Gaz sabiti. n: Mol sayısı (mol). T: Mutlak sıcaklık (Kelvin))

Bu nedenle, havalı mastoid kavite hacmi büyüdükçe, orta kulak gaz içeriğindeki artma ya da azalma, orta kulakta daha küçük miktarda basınç değişikliğine neden olacaktır. Mastoid gaz rezervuarının tamponlama etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, nitroz oksit anestezisi alan hastalar üzerinde çalışılmış ve bu hastalar içerisinde mastoid kavitesi küçük olanların orta kulak basıncındaki artışın, mastoid kavitesi büyük olanlara göre daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır.⁹⁰ Ancak mastoid kavitenin havalı ve büyük olmasının dezavantaj yarattığı durumlar da mevcuttur. Örneğin şiddetli burun çekme ya da inen yolcu uçağında bulunma gibi orta kulakta belirgin bir negatif basınç oluşturan durumlarda, büyük bir mastoid kavite varlığı, Östaki tüpü ile basıncı dengelenmesi gereken büyük bir hacme neden olacaktır. Mastoid gaz rezervuarının ve timpanik membranın tamponlama etkisinin araştırıldığı deneysel bir çalışmada, her iki mekanizmanın da orta kulak basıncını değişik düzeylerde tamponladığı ortaya konulmuştur. Buna ek olarak, küçük mastoid kaviteye sahip olan kulaklarda timpanik membranın tamponlama etkisindeki payının daha büyük olduğu, mastoid kavitenin boyutu arttıkça timpanik membranın rolünün azaldığı gözlenmiştir.⁷⁰

Mastoidedektomi uygulanmış kulaklarda mastoid kemiğin havalanması ne kadar iyi ise cerrahi sonrasında gaz değişim fonksiyonu da o kadar iyi olmaktadır.⁷²

Havalı mastoid kavite ve esnek timpanik membranın orta kulak hacmini değiştirme yeteneği dışında daha az etkili olan ancak orta kulak kavitesinin hacminin değiştirilerek orta kulak basıncını düzenlemesini sağlayan iki mekanizmadan daha bahsetmekte fayda vardır. Bunlar, timpanik kavite mukozasının hipertrofisi ve kavitenin efüzyonla dolmasıdır. Orta kulak mukozasının hipertrofisi, orta kulaktaki kan damarlarının genişlemesidir ki

böyle vakalarda mukoza tüm orta kulak lümeninin önemli bir kısmını işgal edebilir. Sonuçta orta kulak hacmi azalır ve basınç artar. Orta kulağın efüzyon ile dolması ise akut otitis media, efüzyonlu otitis media hastalarında görülebildiği gibi atelektatik timpanik membranı olanların %20'sinde de görülebilir. Bu durumda tüm orta kulak boşluğu daha fazla negatif basınç gelişimine müsaade etmeyecek ve gaz boşluğu bırakmayacak şekilde efüzyonla dolu olabilir.⁴⁰

4. Orta Kulak Mukozası ve Gaz Değişimi

Orta kulak boşluğunun havalanmasının kontrolünde Östaki tüpü önemli olmakla birlikte en az onun kadar önemli olan bir başka konu da orta kulak ile kan dolaşımı arasındaki gaz değişimidir. Orta kulak mukozasından gaz absorpsiyonu yanında gaz salınımının da olduğunun gösterilmesi orta kulak havalanmasının açıklanmasına ilişkin önemli değişikliklerin oluşmasına sebep olmuştur.⁵⁹

Orta kulak boşluğu kan dolaşımından orta kulak mukozası, kan damarlarının duvarı ve her ikisi arasında bir miktar bağ dokusu ile ayrılır. Gazlar kan damarlarından orta kulağa veya ters yönde, her bir gazın kısmi basınç farklılıklarına göre, pasif olarak geçer. Gaz partikülleri denge haline gelinceye kadar yüksek basıncın olduğu ortamdan düşük basıncın bulunduğu ortama doğru geçmeye meyillidirler. Bu durum her bir gazın kendisi için ortamdaki diğer gazların basınçlarından bağımsız olarak geçerlilik gösterir. Gaz geçişi sıvı, doku, kan damarı duvarları veya epitel örtüden de farklı özel oranlarda olmak üzere gerçekleşebilir.

Tablo 1. Deniz seviyesinde hava, kan ve orta kulak boşluğunda gazların kısmi ve total basınçları (mmHg).

	Doymuş hava (37 °C)	Alveoler hava	Arteriyel kan	Venöz kan	Orta kulak
PO ₂	150	102	93	38	40
PCO ₂	0	39	39	44	50
PH ₂ O	47	47	47	47	47
PN ₂	563	572	575	575	623
Pb	760	760	754	704	760

Östaki tüpü fonksiyon gördüğü sürece orta kulak basıncı atmosfer basıncına eşit olmakta ve bu da 760 mm Hg'ya denk gelmektedir. Normal fizyolojik şartlar altında gaz kısmi basınçları orta kulak venöz dolaşımı ile orta kulak boşluğu arasında dengelenmeye meyillidir. Venöz kanın 704 mmHg'lık basıncı göz önüne alınır ve gaz partiküllerinin yüksek basınçlı ortamlardan düşük basınçlı ortama geçmeye eğilim gösterdikleri düşünülür ise orta kulaktan dolaşıma gaz geçişi daha iyi anlaşılır.^{60,71}

Orta kulağı drene eden venöz kanın mikst venöz kandakine benzer bir gaz bileşimine sahip olduğu düşünülürse orta kulaktaki denge halinde toplam gaz basıncı, atmosfer basıncından yaklaşık 56 mmHg (760-704 mmHg) daha düşük olarak ortaya çıkacaktır (Tablo 1). Bu teorik durum timpanik membran üzerine yüksek bir atmosfer basıncı uygulanmasına neden olacaktır. Bu nedenle orta kulağın atmosfer basıncına yakın bir basınca erişmesi için bir kompanzasyona ihtiyacı vardır. Orta kulak ve venöz damarlar arasında oksijen, karbondioksit ve su buharı basınçları yaklaşık olarak eşit olduğundan ve bunların difüzyonu çok hızlı olduğundan orta kulağın basıncını dengede tutmak temel olarak azot gazının (N₂) görevidir. Bu, Östaki tüpü aracılığı ile nazofarenksten gaz geçişi ile sağlanır. Orta kulağa geçen H₂O ve CO₂ ile dolaşıma geçen O₂ oldukça hızlı bir şekilde dengeye gelir, ve yaklaşık 55-56 mmHg'lık fark N₂ ile tamamlanır. Azot gazı orta kulak boşluğunda venöz dolaşıma göre daha yüksek kısmi basınca sahiptir. Bununla birlikte, diğer gazlara kıyasla düşük dokuya geçişi ve kanda çözünürlüğü nedeniyle orta kulakta daha uzun süre kalır. Azot gazının karbondioksitten yaklaşık olarak 34 kat daha yavaş olan difüzyonu sayesinde orta kulak basıncı aniden venöz basınca eşitlenmemiş olur. Böylece orta kulak basıncı venöz basınç olan 704 mmHg'ya düşmesi önlenir ve atmosferin 760 mmHg'lık basıncının zara dışarıdan yaklaşık 56mmHg basınç uygulanmasının önüne geçilir.

Orta kulağa Östaki tüpü ile her hava geçişinde geçen gaz miktarı orta kulağın bütün gaz içeriği düşünülüğünde oldukça azdır. Bu geçen hava o kadar azdır ki orta kulak venöz kanındaki denge halini ciddi bir şekilde değiştiremez. Yani yutkunma orta kulağın H₂O, CO₂ ve O₂ gaz bileşimini

değiştirmez. Yutkunma esnasında nazofarenksten Östaki tüpüne giren gaz normal havanın bileşimine sahip değildir, çünkü ekspiryumdaki gaz bileşiminden etkilenmektedir. Nazofarenksten Östaki tüpüne giren gaz bileşimi 99 mmHg O₂, 36 mmHg CO₂, 578 mmHg N₂ ve 47 mmHg H₂O tarafından oluşturulur. Bu nedenle inhalasyon sırasında Östaki tüpü aracılığı ile orta kulağa esas giren gaz, dolaşıma diğer gazlardan daha yavaş geçen (CO₂'ten 34 kez daha yavaş) azot gazıdır. Sonuç olarak kan dolaşımı ile orta kulak boşluğu arasında denge halinde bir azot gazı basınç farklılığı oluşur. Bununla birlikte bu farklılık, azot moleküllerini kan dolaşımına doğru çeker ve bu da toplam orta kulak basıncında azalmaya yol açar. Bu durum Östaki tüpünden orta kulak boşluğuna yeni bir miktar gaz girinceye kadar devam eder. Normalde bu işlem azot gazının orta kulaktan kana doğru difüzyon hızına bağlı olarak tekrarlamaktadır. N₂'un difüzyonunu etkileyen birçok etken mevcuttur. Bunlar; orta kulak boşluğu ve kan arasındaki azotun kısmi basınç farklılığı, sağlıklı mastoid kavite miktarı, sağlam orta kulak mukozası miktarı ve kalınlığı, kan damarlarının geçirgenliğinde ya da kan akımının hızındaki değişkenliğinin bir sonucu olarak azot gazının difüzyon direncindeki değişim miktarıdır.⁷²

Alper ve ark.'nın yaptığı çalışmada, orta kulak mukozal kan akımı ve vasküler geçirgenliğinin orta kulak basınç düzeyinden etkilendiği ancak CO₂'nin parsiyel basıncından etkilenmediği sonucu ortaya konmuştur.⁷³

Orta kulak gaz durumunu etkileyebilen diğer faktörler ise diüurnal değişkenlikler, egzersizler veya rakım değişikliği gibi kandaki kısmi gaz basınç değişiklikleridir.

5. Nöronal Kontrol

Orta kulak basıncının düzenlenmesinde, nörojenik olarak kontrol edilen ilave bazı mekanizmaların varlığı ileri sürülmektedir. Bu mekanizmaların ortaya konmasına ilişkin bazı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen halen birçok nokta açıklığa kavuşmamıştır.

Timpanik membranın pars flaksida kısmının içerdiği elastin lifler aracılığı ile, ki bu lifler sinüs karotikusta bulunan arteriyel baroreseptörlerin yapısına benzemektedir, atmosferik basınç değişikliklerini ve timpanik

membranın retraksiyonunu algılamaya duyarlı olduğu düşünülmektedir. Baroreseptörler aracılığı ile basınç düzenlenmesine ilişkin bu düşünce yaklaşık 150 yıl önce ilk kez Schrapnell tarafından ortaya konmuş ve yakın zamanda yapılan çalışmalarla literatürde kendine yer bulmuştur.^{17,74,75,76}

Timpanik membranın pars flaksida kısmı ile ilgili bir başka çalışmada, membranın bu kısmında, pars tensada bulunmayan katekolaminlerin, enkefalinlerin, substans P ve vazoaaktif intestinal polipeptid (VIP) içeren fibrillerin varlığı ortaya konmuştur.⁷⁷ Ödem oluşumu mekanizmasında yer alan ve mast hücrelerinden histamin salınımına neden olan bu peptidlerin orta kulakta efüzyon birikiminden sorumlu olabileceği düşünülmektedir.⁷⁷

1989 yılında Nagai ve Tono tarafından, timpanik membranın orta kulak basınç düzenlenmesine olan katkısını ortaya koymaya yönelik en önemli çalışma yayınlanmıştır.⁹¹ Araştırmacılar, bu çalışmada, insan timpanik membranının subepidermal bağ dokusu katmanı içerisinde ve lamina propria katmanında, etrafı kapsülle çevrili serbest sinir uçlarının varlığını göstermişler ve bu sinir uçlarının, timpanik membranın şekil ve gerginliğine duyarlı mekanoreseptörler olduğunu, bu reseptörlerin orta kulak basınç değişimi nedeni ile timpanik membranda ortaya çıkan şekil değişikliklerini algılama işlevi gösterdikleri görüşünü ortaya atmışlardır. Nagai ve ark., aynı yıl bir başka çalışmada, timpanik membran üzerinde varlığını ortaya koydukları bu reseptörleri, timpanik membran üzerine iyontoporezis yöntemi ile uyguladıkları lidokain aracılığı ile devre dışı bırakmışlardır.^{92,93} Bu işlem öncesinde valsalva manevrası ile Östaki tüpünün aktif olarak işlev gördüğünü ortaya koymuş olan araştırmacılar, timpanik membrandaki reseptörlerin lidokain ile devre dışı bırakılması sonrasında, Östaki tüpünün basınç eşitleme fonksiyonunun bozulduğunu göstermişler ve buna dayanarak da bu reseptörler ile Östaki tüpü kasları arasında nöral bir bağlantı olabileceği hipotezini ortaya atmışlardır.

Orta kulak mukozasında noradrenalin, asetilkolinesteraz ve nöropeptidleri içeren bazı sinir uçlarının varlığı gösterilmiştir ve orta kulak mukozasının otonomik sinir uçlarıncı uyarılmasının, orta kulak kan akımını

azaltarak negatif basıncın dengelenmesini, en azından daha yavaş bir şekilde düşmesini sağladığı düşünülmektedir.^{78,79,80}

1987 yılında Eden ve Gannon tarafından maymunlar üzerinde yapılan bir çalışma ile orta kulak basınç düzenlenmesine ilişkin birçok yeni bilgi ortaya konmuş; ancak her yeni bilgi gibi bu da, daha çok soruyu beraberinde getirmiştir. Maymunlarda yapılan bu çalışmada iki önemli sonuca ulaşılmıştır. Birincisi, timpanik pleksustan çıkan afferent uyarılar, medulla'da (bulbus) yer alan nükleus solitariusun subnükleusu'nda sonlanmaktadır. İkincisi, levator veli palatini kasına gelen efferent motor lifler ipsilateral nükleus ambiguustan kaynaklanırken, tensor veli palatini kasına gelen efferent motor lifler ise ipsilateral trigeminal motor nükleustan kaynaklanır.⁸¹ Bu çalışmadan 3 yıl sonra Eden ve ark.'nın yaptığı başka bir çalışmada araştırmacılar timpanik sinirin tek taraflı uyarılması ile her iki taraftaki tuba Östaki kaslarından elektromiyografik cevaplar elde etmişlerdir. Bu cevap için ölçülen latans süresi 9-28 msn arasında değişmektedir, ki bu da insan vücudundaki diğer multisinaptik, çift taraflı beyinsapı refleksleri için tespit edilen latans süreleri ile uyumludur. Yine aynı çalışmada timpanik sinirin, stimulyonda kullanılan elektrodların proksimalinden kesilmesi, tubal kaslardan elde edilen cevapların tamamen kaybolmasına neden olmuştur.⁸²

Ceylan ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, guinea piglerde timpanik pleksusu oluşturan Jacopson sinirinin kesilmesinin, 60 gün sonra otoskopik olarak tespit edilen timpanik membran retraksiyonu ve efüzyonu gelişimine neden olduğu; histopatolojik olarak da inflamasyon ve goblet hücreleri artışı gözlemlendiği bildirilmiştir.⁸³

Bütün bulgulara dayanarak orta kulak havalanmasının kontrolünde nöronal mekanizmaların rolü şöyle açıklanabilir: Orta kulakta bulunan reseptörler (glomus timpanikum hücreleri, pasinian korpuskul cisimcikleri, gangliyon hücreleri, timpanik membran ve yuvarlak pencere membranındaki serbest sinir uçları) gaz basıncı ve içeriğini kontrol etmektedir.^{9,82,84,85,86,87,88,89} Bu duysal bilgi 9. ve 10. kranial sinirlerin timpanik pleksus dalları tarafından soliter traktusun respiratuar subnükleusuna iletilir. Soliter traktusta bulunan ara nöronlar tüm santral respiratuar motornöronların aktivitesini bu arada

tuba Östaki kaslarının aktivitesini de koordine eder. Dolayısı ile orta kulak havalanmasının derecesi otonomik bir mekanizma ile düzenlenmektedir.

III. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma T.C. Sağlık Bakanlığı İlaç ve Eczacılık Genel Müdürlüğü ve Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi İlaç Etik Kurulu tarafından 17.08.2007 tarihinde B.10.0.İEG.0.11.00.01 no ile kabul edildi. Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı bünyesinde faaliyet gösteren odyoloji tanı laboratuvarında gerçekleştirilen çalışmada Interacoustics (Assens, Denmark) marka, Impedance Audiometer AZ 26 cihazı kullanıldı. Tüm gönüllülere yapılacak olan işlem ayrıntılı bir şekilde anlatıldı ve tüm gönüllülerden yazılı izin alındı. Gönüllülere işlemin anlatılması sırasında en az bir kurum çalışanının şahitliği gözetildi ve şahitliğini belgeleyen imza alındı.



Resim 5. Interacoustics, Impedance Audiometer AZ 26 cihazı.

Grup 1: Celal Bayar Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı polikliniğine başvuran, rutin kulak burun boğaz ve baş boyun muayenesinin ardından, burun tıkanıklığı ya da Östaki tüpü disfonksiyonuna neden olabilecek başka bir patolojisi bulunmayan, endoskopik muayenesinde nazofarenksi doğal sınırlarda izlenen, üst solunum yolu enfeksiyonu tespit edilmeyen hastalar arasından seçilen, otoskopik muayenesinde timpanik membranda santral perforasyonun izlendiği, son altı aydır kulak akıntısı olmayan (kronik otit sekeli), orta kulakta promontoryum üzerini kapatan patoloji izlenmeyen, daha önce orta kulağa yönelik cerrahi girişim uygulanmamış erişkin gönüllülere ETF2 testi yapıldı. Test sonuçlarına göre Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen gönüllülerin promontoryumları üzerine lidokain emdirilmiş pamuk mikroskopik görüş altında (Möller-Wedel Spectra 500, Rosengarten, Germany) topikal olarak uygulandı ve uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda ETF2 testi tekrarlandı.

Grup 2: Tinnitus yakınması nedeni ile Celal Bayar Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı polikliniğinde izlenmekte olan hastalar arasından, rutin kulak burun boğaz ve baş boyun muayenesinin ardından, burun tıkanıklığı ya da Östaki tüpü disfonksiyonuna neden olabilecek başka bir patolojisi bulunmayan, endoskopik muayenesinde nazofarenksi doğal sınırlarda izlenen, üst solunum yolu enfeksiyonu tespit edilmeyen hastalar arasından seçilen, son altı aydır tinnitus yakınmasına yönelik medikal tedavi almayan, otoskopik muayenesi doğal, daha önce orta kulağa yönelik cerrahi girişim uygulanmamış erişkin gönüllülere timpanometri ile ETF1 testi yapıldı. Test sonuçlarına göre Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen gönüllülere mikroskopik görüş altında (Möller-Wedel Spectra 500, Rosengarten, Germany) intratimpanik yolla lidokain tedavisi uygulandı ve uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda timpanometri ile ETF1 testi tekrarlandı.

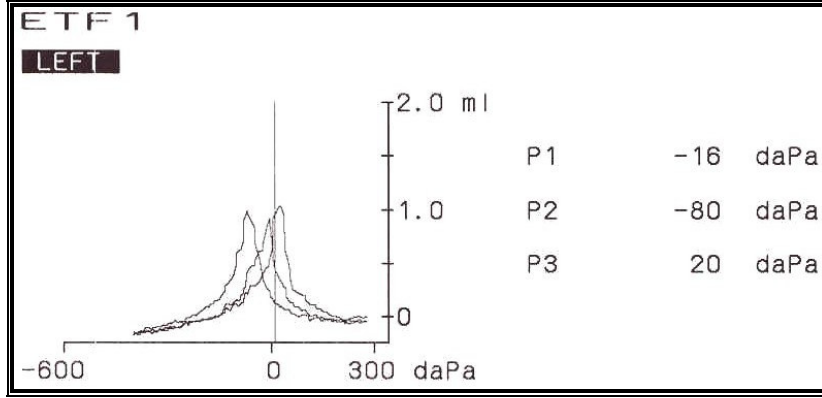
Grup 3: Rutin kulak burun boğaz ve baş boyun muayenesinin ardından, burun tıkanıklığı ya da Östaki tüpü disfonksiyonuna neden olabilecek başka bir patolojisi bulunmayan, endoskopik muayenesinde nazofarenksi doğal sınırlarda izlenen, üst solunum yolu enfeksiyonu tespit edilmeyen hastalar

arasından seçilen, otoskopik muayenesi doğal, daha önce orta kulağa yönelik cerrahi girişim uygulanmamış sağlıklı, erişkin gönüllülere timpanometri ile ETF1 testi yapıldı. Test sonuçlarına göre Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen gönüllülerin timpanik membranları üzerine, mikroskopik görüş altında (Möller-Wedel Spectra 500, Rosengarten, Germany) membranın dört kadranını da kapatacak şekilde, lidokain emdirilmiş pamuk topikal olarak uygulandı ve uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda timpanometri ile ETF1 testi tekrarlandı.

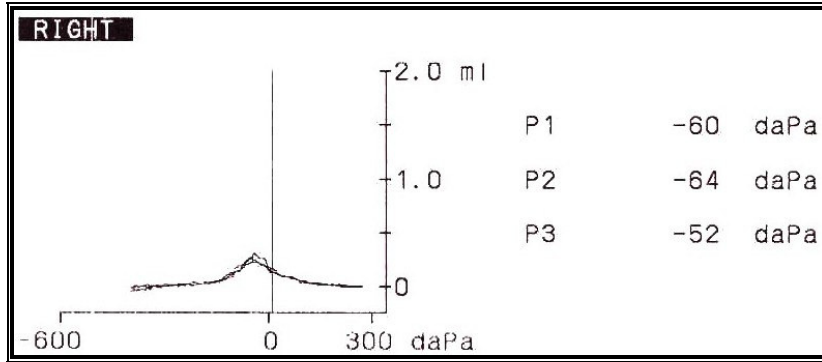
Tablo 2. Gönüllülerin dağılımı.

	Toplam kulak	Sol kulak	Sağ kulak	Erkek	Kadın
Grup 1	60	30	30	25	25
Grup 2	15	9	6	6	6
Grup 3	90	45	45	20	25

ETF₁ Testi (Otomatik Williams Testi): Hasta, testin yapılacağı üniteye, rahat bir şekilde sandalyeye oturtuldu ve kendisine aksi belirtilene dek yutkunmaması konusunda uyarıldı. Dış kulak kanalı, timpanometri cihazının probu ile hava geçirmeyecek şekilde kapatıldı. Öncelikle bazal bir timpanogram çekildi ve orta kulak basıncı kaydedildi (P1). Daha sonra ağız ve burun kapalı iken hasta yutkündürulup (Toynbee Manevrası) orta kulak basıncı ölçüldü (P2). Son olarak da ağız ve burun kapalı iken hastanın dışarı hava vermeye çalışması istendi (Valsalva manevrası) ve yeniden orta kulak basıncı ölçüldü (P3). Her üç durum için alınan kayıtlar, dalgaların tepe noktaları için belirtilen basınçlar (P1,P2,P3) ile birlikte kaydedildi. P1-P2 basınç farkı, P2-P3 basınç farkı, en yüksek basınç ile en düşük basınç arasındaki fark (Pmax-Pmin) belirlendi. P1-P2 basınç farkı 10 daPa ve P2-P3 basınç farkı 10 daPa olması ya da Pmax-Pmin basınç farkı 15 daPa'dan daha fazla olması normal olarak değerlendirildi.⁹⁵



Şekil 12. Normal sınırlarda ETF1 testi.



Şekil 13. Östaki disfonksiyonunun gözleendiği ETF1 testi.

ETF₂ Testi (Otomatik Toynbee Testi): Hasta, testin yapılacağı üniteye, rahat bir şekilde sandalyeye oturtuldu ve kendisine aksi belirtilene dek yutkunmaması konusunda uyarıldı. Dış kulak kanalı, timpanometri cihazının probu ile hava geçirmeyecek şekilde kapatıldıktan sonra +300 daPa basınç uygulandı ve 80 saniye boyunca kayıt alındı. Tüm test süresince dış kulak kanalı ve orta kulaktaki basıncın düzeyi devamlı olarak kaydedildi. Östaki tüpünün pasif olarak açılıp basınç-zaman eğrisinin düşmeye başladığı basınç şiddeti (P_{O1}) ve bir süre sonra Östaki tüpünün kapanıp basınç-zaman eğrisinin horizontal düzlemde sabitlendiği basınç şiddeti (P_{c1}) kaydedildi. P_{c1} değeri, aynı zamanda Östaki tüpünün pasif kapanması sonrasında orta kulakta kalan rezidüel basınç miktarını göstermektedir. Yaklaşık 10 saniye beklendikten sonra hastadan 10 saniye aralıklarla ağzını, burnunu kapayarak 5 defa birer yudum su içmesi istendi (Islak Toynbee Manevrası). Yutkunma

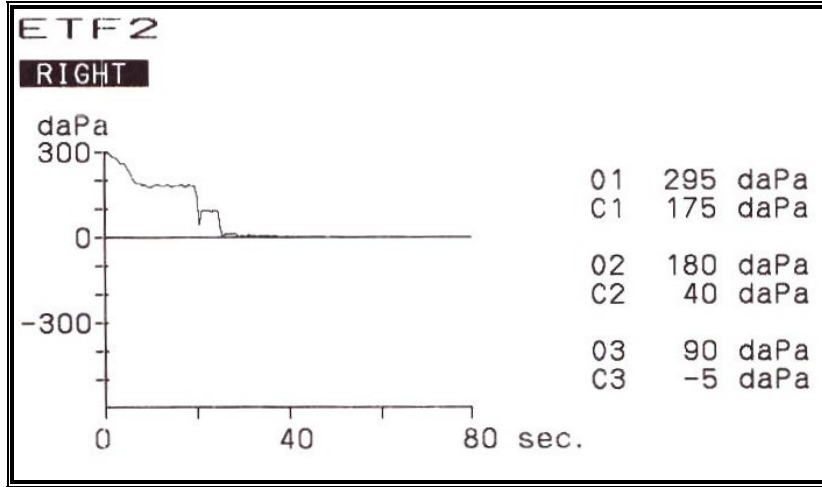
sırasında Östaki tüpünün aktif olarak açılması ile basıncın düşmeye başladığı nokta açılma basıncı ($P_{O_{2,3,4}}$), basıncın tekrar sabitlendiği nokta ise kapanma basıncı ($P_{C_{2,3,4}}$) olarak not edildi. Açılma (O_1, O_2, O_3) ve kapanma (C_1, C_2, C_3) basınçları otomatik olarak kaydedildi. Test orta kulak basıncı atmosfer basıncına eşitlenene ya da 5 adet Toynbee manevrası sonrasında rezidüel basınç (P_r) sabitlenene kadar devam ettirildi.

İnflasyon-deflasyon basınç eşitleme testi, Östaki tüpü kaslarının orta kulak basıncını eşitleme fonksiyonunu değerlendirmek için kullanıldı. Bizim çalışmamızda inflasyon-deflasyon basınç eşitleme testi, inflasyon-deflasyon açılma testinin (forced response test) devamı niteliğinde uygulandı ve her iki test arasında ara verilmedi. Bu iki testin ardışık olarak uygulanmasının amacı, dış kulak kanalına uygulanan yüksek basınçlı hava nedeniyle Östaki tüpünün spontan olarak fonksiyon göstermesini (pasif açılma ve pasif kapanma) çalışma dışı bırakıp sadece Östaki tüpü kaslarının orta kulak basıncının düzenlenmesi üzerine olan etkilerini araştırmaktır. Östaki tüpünün pasif kapanma basıncının (P_C) bize gösterdiği basınç değerini, yani orta kulakta kalan rezidüel havanın basıncını, Östaki tüpü kaslarının orta kulak basıncını kompanse etme yeteneğini ölçmek için kullandık.^{97,98}

Açılma basıncının (P_O) Östaki tüpünün üzerinde etkili olan kapayıcı kuvvetlerin toplamını (lümen içi ve lümen dışı kuvvetler) yansıttığı düşünülmektedir. Kapanma basıncı (P_C) ise, lümen dışı kuvvetlerin (kıkırdak ve çevre dokunun basıncı) bir yansımasıdır. Buna göre, $P_O - P_C$ lümen içi kuvvetlerin (mukozal faktörler, yüzey gerilimi, sekresyonun akışkanlığı) bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır.^{101,102,103}

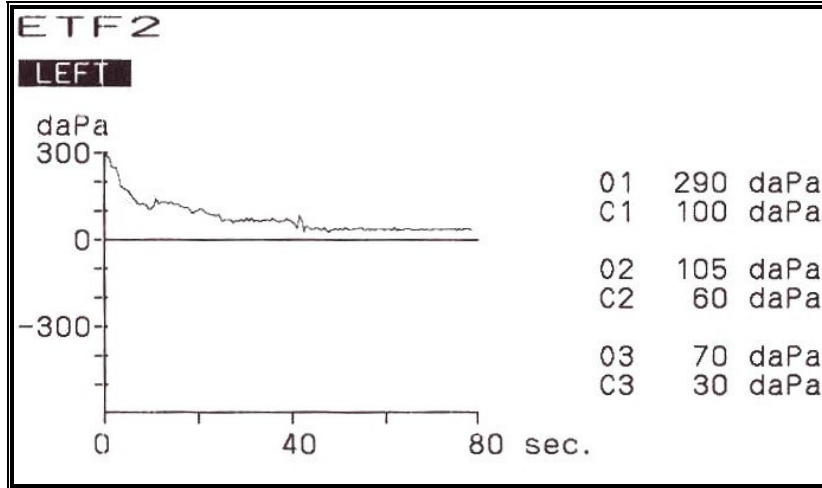
Elde edilen verilerin değerlendirilmesi, Elner'in 1971 yılında tanımladığı ve Van Heerbeek tarafından rutin kullanıma sokulan bir derecelendirme sisteminin modifiye edilmiş şekli ile yapıldı.^{99,100}

Grade 1: Östaki tüpünün, orta kulak basıncını atmosfer basıncına aktif olarak eşitleyebilmesi ve rezidüel basıncı (P_r) +10 daPa ve altına indirebilmesidir. Bernstein, 1992 yılında, 10 dapa ve altındaki rezidüel basınç değerlerini Östaki tüpünün fonksiyonunu tam olarak yerine getirdiğinin göstergesi olduğunu belirtmiştir.⁹⁵



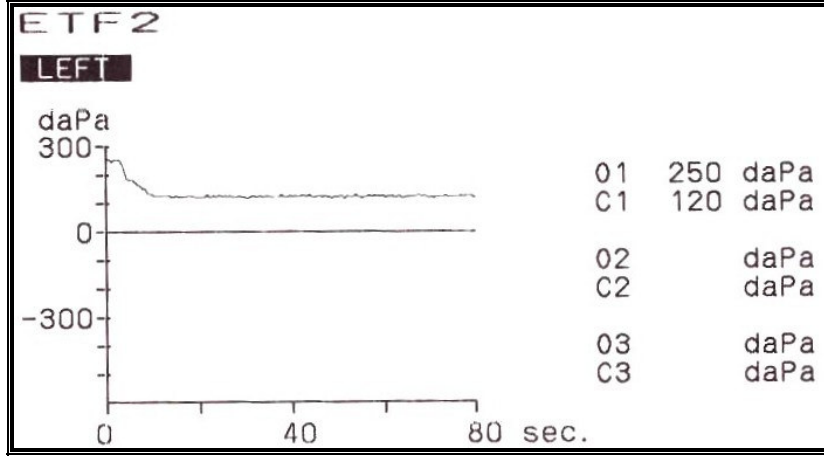
Şekil 14. Normal sınırlarda ETF2 testi (Grade 1).

Grade 2: Östaki tüpünün, aktif olarak çalıştığı ve orta kulak basıncını atmosfer basıncına yaklaştırması ancak rezidüel basınç değerinin (P_r) +10 daPa'nın üzerinde kalmasıdır.



Şekil 15. Kısmi Östaki disfonksiyonunun gözlemlendiği ETF2 testi (Grade 2).

Grade 3: Östaki tüpünün, pasif olarak çalışmasına rağmen aktif olarak çalışmaması ve orta kulak basıncını atmosfer basıncına eşitleyememesidir.



Şekil 16. Östaki disfonksiyonunun gözleendiği ETF2 testi (Grade 3).

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizleri için “SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 15.0” programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken, ilaç uygulaması sonrası Östaki disfonksiyonunun değerlendirilmesinde ve grupların cinsiyete göre değerlendirilmesinde Pearson Chi-kare testi, grup yaş ortalamaları analizinde tek yönlü varyans analizi ve Bonferroni testi kullanıldı. Ayrıca lojistik regresyon analizi uygulanarak disfonksiyon sıklıklarına ilişkin Odds oranları ve %95’lik güven aralıkları hesaplandı.



Resim 6. Islak Toynbee Manevrası.



Resim 7. Valsalva Manevrası.

IV. BULGULAR

Çalışma 20.08.2007 - 08.10.2007 tarihleri arasında Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Kliniği'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 107 gönüllünün (56 kadın, 51 erkek) 165 kulağı (84 sol, 81 sağ) dahil edilmiştir.

Tablo 3. Grupların, cinsiyete göre dağılımı.

	Cinsiyet		Toplam
	Erkek	Kadın	
Grup 1	25(%50.0)	25 (%50.0)	50
Grup 2	6 (%50.0)	6 (%50.0)	12
Grup 3	20 (%44.4)	25 (%55.6)	45
Toplam	51 (%47.7)	56 (%52,3)	107

Gruplar arasında cinsiyet açısından Pearson Chi-kare testi ile hesaplanan farklılık anlamsız bulundu ($p=0.728$).

Tablo 4. Grupların, yaş ortalamalarına göre dağılımı.

	N	Yaş Ortalaması	± Std Sapma
Grup 1	50	25.94	10.426
Grup 2	12	47.50	11.642
Grup 3	45	32.20	10.099
Toplam	107	30.99	12.254

Gruplar arasında yaş ortalamaları açısından farklılık, tek yönlü varyans analizi ile değerlendirildiğinde anlamlı bulundu ($p<0.001$). Yaş ortalaması açısından bulunan bu farklılığa, hangi grubun neden olduğunu belirlemek için yapılan Post-Hoc analizde, gruplar ikişerli olarak Bonferroni testi (çoklu karşılaştırma testi) ile değerlendirildi ve tüm ikili gruplar arasındaki farklılıklar anlamlı bulundu ($p<0.01$).

Çalışmaya katılma kriteri olarak belirlenen normal Östaki tüpü fonksiyonunun varlığını ortaya koymak için, otoskopik muayenesi doğal olan tüm hasta ve gönüllüler (Grup 2 ve Grup 3) ETF1 testi ile birlikte timpanogram ile de değerlendirildi. Timpanogramda "A tipi" eğri izlenen kulaklar normal olarak kabul edildi ve çalışmaya dahil edildi.⁹⁴

50 adet genç erişkin gönüllünün 60 kulağı (30 sol kulak, 30 sağ kulak), grup 1 olarak sınıflandırıldı ve çalışmaya dahil edildi. Genel yaş ortalaması 25.9 olan hastaların 25 tanesi erkek, 25 tanesi kadın idi. Başvuru sırasında yapılan ETF2 testi sonuçlarına göre Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen gönüllülerin perfore kulaklarının (54 adet grade 1, 6 adet grade 2 kulak) promontoryumları üzerine lidokain emdirilmiş pamuk topikal olarak uygulandı ve uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda ETF2 testi tekrarlandı.

Tablo 5. Grup 1: Promontoryuma lidokain uygulanması öncesinde, uygulama sonrası 5., 10. dakikalarda Östaki tüpü fonksiyonunun değerlendirilmesi.

	UYGULAMA ÖNCESİ				5. DAKİKA				10. DAKİKA			
	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Grade	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Grade	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Grade
1	110	75	5	1	70	15	-5	1	60	15	5	1
2	275	50	5	1	285	-5	5	1	275	95	0	1
3	100	55	5	1	85	15	-5	1	75	15	-5	1
4	175	15	-5	1	110	15	-10	1	80	15	5	1
5	285	30	0	1	290	95	-5	1	290	-10	0	1
6	50	-10	0	1	45	-5	0	1	35	-5	10	1
7	160	25	0	1	150	-5	5	1	110	5	5	1
8	305	95	-10	1	290	110	85	2	305	125	45	2
9	245	20	5	1	290	90	20	2	250	170	60	2
10	290	50	0	1	280	185	130	2	300	125	125	2
11	290	-5	5	1	225	125	35	2	255	50	30	2
12	265	125	0	1	250	145	140	2	245	165	140	2
13	285	15	0	1	265	90	105	2	285	45	30	2
14	275	95	0	1	295	145	60	2	295	85	50	2
15	295	175	0	1	255	90	85	2	290	125	55	2
16	295	130	0	1	295	105	100	2	290	165	165	2
17	290	85	5	1	280	70	55	2	290	270	20	2
18	280	165	0	1	305	80	70	2	285	95	45	2
19	290	60	0	1	280	165	115	2	230	85	50	2
20	255	40	0	1	285	165	80	2	230	120	120	2
21	290	30	10	1	295	105	85	2	290	30	20	2
22	295	25	0	1	295	240	235	2	290	90	20	2
23	265	90	0	1	265	60	25	2	285	30	15	2
24	295	155	0	1	295	55	15	2	195	25	15	2

Tablo 6. Grup 1: Promontoryuma lidokain uygulanması öncesinde, uygulama sonrası 5., 10. dakikalarda Östaki tüpü fonksiyonunun değerlendirilmesi (devam).

	UYGULAMA ÖNCESİ				5. DAKİKA				10. DAKİKA			
	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Grade	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Grade	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Grade
25	280	50	10	1	290	100	40	2	290	100	30	2
26	250	5	-5	1	245	90	55	2	290	20	20	3
27	235	35	-5	1	245	230	220	2	245	50	50	3
28	295	35	0	1	295	115	115	2	295	45	45	3
29	295	55	10	1	300	170	170	3	295	110	65	2
30	285	55	5	1	245	125	125	3	240	190	75	2
31	270	40	-5	1	285	120	120	3	300	165	60	2
32	150	15	5	1	165	100	100	3	185	120	95	2
33	300	75	0	1	285	65	65	3	295	160	50	2
34	290	90	-5	1	280	55	55	3	250	120	100	2
35	250	0	-40	1	285	55	55	3	250	185	95	2
36	305	105	-10	1	220	55	55	3	185	90	90	2
37	295	165	5	1	300	50	50	3	295	50	15	2
38	75	25	-5	1	140	35	35	3	280	45	20	2
39	250	80	-5	1	295	30	30	3	255	40	30	2
40	245	100	10	1	245	15	15	3	245	95	25	2
41	295	45	-5	1	290	190	190	3	230	130	130	3
42	220	-20	0	1	245	135	135	3	235	190	190	3
43	250	115	10	1	225	125	125	3	90	60	60	3
44	255	-5	0	1	285	60	60	3	220	45	45	3
45	245	10	0	1	240	45	45	3	250	70	70	3
46	185	35	5	1	115	45	45	3	115	15	15	3
47	260	20	0	1	80	40	40	3	190	55	55	3
48	240	25	0	1	240	40	40	3	295	65	65	3
49	170	80	0	1	140	15	15	3	125	15	15	3
50	270	165	55	2	225	195	160	2	290	155	145	2
51	290	125	85	2	285	145	135	2	245	130	125	2
52	290	130	90	2	265	115	100	2	285	255	245	2
53	295	80	60	2	300	120	100	2	220	115	105	2
54	245	35	30	2	240	110	110	3	290	95	70	2
55	290	100	60	2	250	85	85	3	245	120	95	2
56	240	50	25	2	240	180	180	3	250	120	120	3
57	240	105	55	2	245	65	65	3	245	50	50	3
58	260	150	90	2	290	35	35	3	280	45	45	3
59	290	135	20	2	285	30	30	3	285	50	50	3
60	245	140	105	2	250	15	15	3	240	40	40	3

60 kulağın, 7 tanesinde lidokain anestezisi sonrasında Östaki tüpü fonksiyon bozukluğu oluşmazken, 53 tanesinde ilk 10 dakika içerisinde Östaki tüpünde fonksiyon bozukluğu gözlemlendi. Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta da, perfore kulak grubu olan grup 1’te ilaç uygulaması öncesinde grade 2 olarak tespit edilen altı adet kulağın da çalışmaya dahil edilmesidir. Bu kulaklarda, promontoryum üzerine topikal lidokain uygulanması öncesinde orta kulak basıncını atmosfer basıncına tam olarak eşitleyemediği halde Östaki tüpü her toynbee manevrası ile devreye girip orta kulak basıncını düşürmekte; ancak 5 toynbee sonrasında rezidüel basınç (Pr) +10 dapanın üzerinde kalmaktadır. Topikal lidokain uygulaması sonrasında altı kulağın 5. dakikada yapılan değerlendirmesinde dört tanesi Grade 2, iki tanesi Grade 3 olarak tespit edilirken 10. dakika değerlendirmesinde tüm kulaklar Grade 2 olarak tespit edilmiştir. Bu hastalar, Grade’leri temel alınarak değerlendirildiğinde Östaki tüpü fonksiyonu hakkında net bir bilgiye ulaşılamamakta iken, rezidüel basınçlar değerlendirildiğinde, timpanik kavitedeki rezidüel basıncın hem 5. dakika hem de 10. dk ölçümünde uygulama öncesine göre daha yüksek değerlerde olduğu, dolayısıyla Östaki tüpü fonksiyonunun belirgin olarak bozulmuş olduğu göze çarpmaktadır (Tablo 7).

Tablo 7. Promontoryuma lidokain uygulanması öncesinde, uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda timpanik kavitedeki rezidüel basıncın değerlendirilmesi

	P_{rezidüel} (dapa) Uygulama Öncesi	P_{rezidüel} (dapa) 5. dakika	P_{rezidüel} (dapa) 10. dakika
1	55 – G2	160 – G2	145 – G2
2	85 – G2	135 – G2	125 – G2
3	90 – G2	100 – G2	245 – G2
4	60 – G2	100 – G2	105 – G2
5	30 – G2	110 – G3	70 – G2
6	60 – G2	85 – G3	95 – G2

12 adet erişkin gönüllünün 15 kulağı (9 sol kulak, 6 sağ kulak), grup 2 olarak sınıflandırıldı ve çalışmaya dahil edildi. Genel yaş ortalaması 47.50 olan hastaların 6 tanesi erkek, 6 tanesi kadın idi. Başvuru sırasında yapılan timpanometri ile ETF1 testi sonuçlarına göre Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen gönüllülere intratimpanik yolla lidokain uygulandı ve uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda timpanometri ile ETF1 testi tekrarlandı.

Tablo 8. Grup 2: İntratimpanik lidokain uygulanması öncesinde, uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda Östaki tüpü fonksiyonunun değerlendirilmesi.

	UYGULAMA ÖNCESİ				5. DAKİKA				10. DAKİKA			
	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)
1	-8	-28	-20	20	20	-8	180	188	60	-8	220	228
2	0	-44	-44	44	-28	-144	-4	140	-8	-48	-36	40
3	-44	-120	-104	60	-112	-108	-108	4	-84	-56	-64	28
4	-16	-124	-44	108	-48	-48	-40	8	104	-96	-100	204
5	-44	-136	-120	92	-132	-132	-118	14	-20	-148	-112	128
6	-16	-44	-36	20	-12	-16	12	28	16	8	12	8
7	80	180	172	100	-16	-36	24	60	-24	-36	-32	12
8	-40	-84	-76	44	176	116	180	64	-16	-28	-28	12
9	-56	104	92	160	108	108	112	4	100	96	106	10
10	-56	-76	-48	28	192	192	192	0	-68	-64	-56	12
11	-16	-120	-116	104	36	36	40	4	40	40	40	0
12	-24	-104	-72	80	-40	-32	-44	12	-40	-36	-44	8
13	12	-6	-8	20	-20	-16	-24	8	-12	-8	-8	4
14	84	12	28	72	-28	-28	-20	8	-44	-48	-36	12
15	-16	-80	-80	64	-36	-36	-28	8	-72	-68	-64	8

15 kulağın, 2 tanesinde lidokain anestezisi sonrasında Östaki tüpü fonksiyon bozukluğu oluşmazken, 13 tanesinde ilk 10 dakika içerisinde Östaki tüpünde fonksiyon bozukluğu gözlemlendi.

45 adet sağlıklı, erişkin gönüllünün 90 kulağı (45 sağ kulak, 45 sol kulak), grup 3 olarak sınıflandırıldı ve çalışmaya dahil edildi. Genel yaş ortalaması 32.20 olan 45 hastanın 20 tanesi erkek 25 tanesi kadın idi. Başvuru sırasında yapılan timpanometri ile ETF1 testi sonuçlarına göre Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen gönüllülerin timpanik membranları üzerine, dört kadranı kapatacak şekilde lidokain emdirilmiş pamuk uygulandı ve uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda timpanometri ile ETF1 testi tekrarlandı.

Tablo 9. Grup 3: Topikal lidokain uygulanması öncesinde, uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda Östaki tüpü fonksiyonunun değerlendirilmesi.

	UYGULAMA ÖNCESİ				5. DAKİKA				10. DAKİKA			
	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)
1	-16	-68	-68	52	-20	-64	-60	44	-16	-84	60	144
2	-24	-52	-48	28	-8	-68	-16	60	-16	-104	-4	100
3	-16	-32	-4	28	-12	-40	0	40	-20	-36	-12	24
4	16	-40	-32	56	12	-56	96	152	28	0	-60	88
5	-8	-72	-68	64	-8	-96	-88	88	-24	-12	-2	22
6	-28	-72	-64	36	0	-28	-28	28	-24	-32	-6	26
7	-28	-136	-136	108	-36	-148	-144	112	-88	-172	-8	164
8	-116	-136	12	148	-156	-216	-204	60	-16	-172	-164	156
9	-24	-240	148	388	-32	-192	-48	160	32	-160	-24	192
10	-24	-108	-20	88	-52	-172	-8	164	-20	-60	-40	40
11	-40	-205	-176	165	-212	-212	-200	12	-20	-192	-120	172
12	-28	-140	-28	112	-20	-24	-28	8	-24	-144	-12	132
13	-8	-132	20	152	-44	-140	-44	96	-36	-124	12	136
14	-40	-52	44	96	-32	-160	-32	128	-36	-60	-36	24
15	-36	0	-44	44	100	-24	-8	124	-16	-36	-4	32
16	-32	-8	-40	32	84	-16	-4	100	-32	-36	8	44
17	-4	-52	-52	48	-4	-24	-24	20	-76	-84	-60	24
18	-36	-108	-100	72	8	-64	-64	72	-56	-76	20	96
19	76	4	4	72	-24	-80	244	324	-24	-52	76	128
20	-44	-108	-108	64	104	-44	60	148	96	-16	72	112
21	-16	-132	-132	116	-24	-120	-120	96	-24	-116	-120	96
22	-36	-112	-32	80	-60	-120	-112	60	-56	-112	-112	56
23	-20	-104	-88	84	-12	-36	-32	24	-24	-28	-4	22
24	-24	-108	-108	84	-4	-40	-28	36	24	-84	-76	108
25	-24	-28	92	120	-32	-104	-92	72	-92	-80	12	104
26	-52	-52	56	108	-8	-60	-72	64	-40	-112	80	192
27	-12	-136	-116	124	32	-56	-52	88	0	-140	-132	140
28	-40	-148	-128	108	-16	-136	-112	120	-148	-128	-128	20

Tablo 10. Grup 3: Topikal lidokain uygulanması öncesinde, uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda Östaki tüpü fonksiyonunun değerlendirilmesi (devam).

	UYGULAMA ÖNCESİ				5. DAKİKA				10. DAKİKA			
	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)
29	-44	-48	-8	40	-8	-192	-184	184	-28	-180	-172	152
30	-20	-212	-200	192	-40	36	-40	76	-28	-192	-188	164
31	-20	-80	-76	60	-12	-60	-60	72	-28	-48	-48	20
32	-20	-4	4	24	-28	-116	28	144	-20	-8	-12	12
33	-48	-36	68	116	4	-100	40	140	28	-88	44	116
34	-24	-56	-4	52	-4	-56	-8	52	-20	-56	4	60
35	-16	-120	-120	104	-24	-92	-36	68	-4	-4	-24	20
36	-92	-180	-172	88	104	-136	-20	240	-36	-120	28	148
37	-40	-28	8	48	-28	-88	16	104	-20	-112	-4	108
38	-8	-28	-4	24	-32	-104	0	104	-20	-104	16	120
39	-16	-184	-168	168	-16	-104	8	112	-84	-152	-144	68
40	-152	-80	-88	72	-32	-92	-96	64	-128	-184	-180	56
41	-16	-60	120	180	-104	-112	-94	18	-24	-48	-44	24
42	-36	-96	-68	60	-20	-44	-16	28	-40	-88	-64	48
43	-36	-60	-148	112	-56	-204	-192	148	-120	-64	-56	64
44	-60	-200	-172	140	-52	-228	-200	176	-4	-152	-128	148
45	16	-164	64	224	-28	-124	-60	96	-12	-172	96	268
46	-88	-80	64	152	-64	-124	56	180	-36	-144	56	210
47	-12	-52	-52	40	-28	8	4	36	-12	-28	-24	16
48	212	-80	124	292	124	-84	56	208	164	-52	80	214
49	-36	-84	-68	48	-12	-84	-80	72	-44	-68	-60	24
50	-36	-80	-80	44	-84	-94	-74	20	-60	-68	-44	24
51	-24	-88	-80	64	-24	16	24	48	-4	-40	-36	36
52	-92	-144	-116	52	16	-24	-4	40	-36	-68	-72	36
53	-20	-152	-160	140	-40	-144	-148	108	-28	-168	-152	140
54	-36	-136	-164	128	-140	-148	108	256	-160	-148	-132	28
55	-40	-224	-220	184	-32	-244	-228	212	-136	-248	-240	112
56	-36	-60	-60	24	-40	-48	-56	16	-80	-72	-72	8
57	-28	-172	56	228	-40	-156	116	272	-12	-140	-4	136
58	-184	-168	-160	24	-20	-148	-140	128	-24	-136	8	144
59	-24	-64	40	104	48	-56	12	104	-40	-176	-36	140
60	-16	40	24	56	-12	-96	64	160	-12	32	-24	56
61	-120	-180	-172	60	-80	-60	-40	40	-44	-100	-84	56
62	-44	-116	-104	72	-60	-100	-76	40	-84	-100	-88	16
63	-16	-128	112	240	144	-144	136	288	-36	-136	136	272
64	-32	-152	-148	120	-32	-140	-140	108	-140	-148	-140	8
65	-132	-100	-104	32	-32	-148	-148	116	-148	-176	-172	28
66	-28	-112	-100	84	-28	-144	-136	116	-32	-188	-188	156

Tablo 11. Grup 3: Topikal lidokain uygulanması öncesinde, uygulama sonrası 5. ve 10. dakikalarda Östaki tüpü fonksiyonunun değerlendirilmesi (devam).

	UYGULAMA ÖNCESİ				5. DAKİKA				10. DAKİKA			
	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)	P1 (daPa)	P2 (daPa)	P3 (daPa)	Pmax- Pmin (daPa)
67	-84	-64	56	140	-8	-24	-16	16	0	-28	-24	28
68	-24	-136	-20	116	-16	-72	-72	56	-8	-60	-24	52
69	-24	-32	4	36	-16	-84	16	100	4	-24	12	36
70	-32	-64	52	116	-24	-32	-20	12	40	-28	-12	68
71	-40	-108	-32	76	-52	-132	-124	80	-56	-112	-104	56
72	-20	-92	-84	72	-28	-112	-52	84	-104	-112	-108	8
73	-16	-80	32	112	-16	-20	120	140	112	-80	36	192
74	-36	-152	-48	116	-28	-84	-60	56	8	-104	32	136
75	-16	-80	20	100	48	-64	92	156	88	-56	20	144
76	116	52	88	64	4	-20	0	24	-28	-112	-92	84
77	-4	-148	0	148	-20	-56	0	56	-20	-84	28	112
78	-28	-168	-152	140	-16	-56	-44	50	-48	-128	112	240
79	-28	-64	-36	36	-16	-56	8	64	-24	-40	-24	16
80	-8	-56	4	60	-44	-52	-56	12	-12	-56	-48	44
81	-8	-60	-8	52	-8	-68	-56	60	-8	-60	-8	52
82	-12	-56	-48	44	-64	-68	-40	28	-36	-44	-20	24
83	-104	-280	-280	176	-188	-264	-252	76	-244	-292	-56	236
84	-24	-136	-136	112	-16	-184	-184	168	-240	-204	-200	40
85	-16	-20	0	20	-24	-28	36	64	-12	-24	24	48
86	4	-176	16	192	44	-136	-20	180	36	-144	0	180
87	-40	-80	-68	40	-60	-112	-112	52	-36	-108	-96	72
88	-48	-60	-40	20	-20	-52	-36	32	-68	-76	-44	32
89	-24	-36	4	40	-28	-44	-40	16	-32	-80	-72	48
90	-16	-16	20	36	-12	-80	-72	68	40	-24	-24	64

Grup 3 içerisinde değerlendirilen 90 sağlıklı kulağın, topikal lidokain uygulamasını takiben ilk 10 dakika içerisinde, 82 tanesinde Östaki tüpü fonksiyon bozukluğu oluşmaz iken, 8 tanesinde Östaki tüpünde fonksiyon bozukluğu gözlemlendi.

Tablo 12. Grupların, lidokain uygulaması sonrası Östaki disfonksiyonu açısından dağılımı

	Östaki Disfonksiyonu		Toplam
	Yok	Var	
Grup 1	7 (%11.7)	53 (%88.3)	60
Grup 2	2 (%13.3)	13 (%86.7)	15
Grup 3	82 (%91.1)	8 (%8.9)	90

Gruplar arasında ilaç uygulaması sonrasında Östaki disfonksiyonunun varlığı açısından Pearson Chi-kare testi ile hesaplanan farklılık anlamlı bulundu ($p<0.001$).

Referans grup olarak grup 3 alındığında diğer iki grupta disfonksiyon görülme sıklığına ilişkin odds oranları ve %95'lik güvenlik aralıkları lojistik regresyon analizi ile hesaplandı. Grup 3'e göre Grup 1'de gözlenen odds oranı 77.607 (26.578-226.613), ($p<0.001$); Grup 3'e göre Grup 2'de gözlenen odds oranı 66.625 (12.715-349.100), ($p<0.001$) olarak bulundu. Yani uygulamanın bu şekilde yapılmasının model uyumu açısından incelenmesinde; model, çalışmaya uygun bulundu.

V. TARTIŞMA

Orta kulak basıncının düzenlenmesi hakkındaki ilk teorinin (hidrops ex vacuo) ortaya konduğu 19. yüzyılın ilk yıllarından bugüne dek, bu konuyu inceleyen çok sayıda çalışma literatürdeki yerini almıştır. Yüz yılı aşkın bir süredir yapılmakta olan çalışmalar, orta kulak basıncının düzenlenmesi ile ilgili olarak birçok yeni teorinin ortaya konmasını sağlamıştır. Bu araştırmaları benzerlerinden ayıran en önemli fark ise, yüz yıldır ortaya konan birçok teorinin halen geçerliliğini koruyor olmasıdır. Her yeni teori, eskisinin yerini alması ve soruna çözüm getirmesi beklenirken; eski teorilerin üzerine eklenmekte ve birçok yeni soru işaretini de beraberinde getirmektedir. İnsan vücudunun, kolay ulaşılan, sık ameliyat edilen, birçok önemli işlevi olan bir duyu organının bir bölümünün, içerisindeki havayı nasıl olup da dengede tuttuğunu anlamak için harcanan yüz yılın sonunda elimizde, harcanan emeklerin karşılığı olan bir sonuç maalesef yoktur.

Orta kulak basınç düzenlenmesi denilen büyük resmin, nöronal kontrol adı verilen küçük parçasını incelerken, resmin tamamını hiçbir zaman gözden kaçırmamamız ve aslında bir mekanizmayı incelemek amacıyla oluşturduğumuz modelin diğer mekanizmalardan da etkilenebileceğini, yani hesaba katmadığımız birçok değişken parametrenin de kontrolümüz dışında devreye girebileceğini unutmamalıyız.

Bir asır önce ortaya konmuş olan hidrops ex vacuo teorisi, orta kulağın havalanmasının tek yolunun Östaki tüpü olduğu ve orta kulaktaki gaz içeriğinin devamlı ve tek yönlü olarak orta kulak mukozası tarafından absorbe edildiğini kabul etmektedir. 1970'li yıllardan itibaren çeşitli kulak hastalıklarında Östaki tüpünde bir daralma olmadığını ve orta kulaktan gaz

absorbsiyonu ile birlikte gaz salınımının da olduğunu gösteren çalışmalar, orta kulak havalanmasının düzenlenmesi konusunda yeni görüşlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.^{46,47} Östaki tüpünde çift yönlü gaz alışverişinin varlığı ortaya konduktan sonra; Östaki tüpü aracılı orta kulak basıncı düzenlenmesi, gazların bir bölgeden diğerine bölgeler arasındaki toplam basınç farkına uygun olarak hareket etmesi genel prensibine dayandırılmıştır. Teorik olarak, Östaki tüpü fonksiyon gördüğü sürece orta kulak basıncı atmosfer basıncına eşittir (760 mm Hg). Venöz kanın basıncı ise 704 mmHg'dır ve bu fark orta kulaktan venöz dolaşıma devamlı gaz partikülü geçişine neden olur.^{60,71} Östaki tüpü aracılığı ile nazofarenksten orta kulağa geçen N₂, diğer gazlara kıyasla düşük difüzyonu nedeniyle orta kulakta daha uzun süre kalır. Böylece orta kulak basıncının, venöz kan basıncı olan 704 mmHg'ya aniden düşmesi önlenir ve atmosferin 760 mmHg'lık basıncının zara dışarıdan yaklaşık 56mmHg basınç uygulanmasının önüne geçilir. Birçok araştırmacıya göre, Östaki tüpünün basınç eşitleme fonksiyonunu yerine getiremediği durumlarda havalı mastoid kavitenin ve esnek timpanik membranın orta kulak hacmini değiştirme özellikleri alternatif basınç tamponlayıcıları olarak devreye girer. Timpanik membranın retraksiyonu orta kulak hacmini belli bir dereceye kadar azaltarak basıncın yükseltilmesine neden olur ve bunun sonucu olarak da orta kulak basıncını arttırabilir. Havalı mastoid kavite hacmi büyüdükçe, orta kulak gaz içeriğindeki artma ya da azalma, orta kulakta daha küçük miktarda basınç değişikliğine neden olacaktır. Orta kulak kavitesinin hacmini azaltarak negatif orta kulak basıncını arttırmayı sağlayan iki mekanizma, timpanik kavite mukozasının hipertrofisi ve kavitenin efüzyonla dolmasıdır.⁴⁰

Orta kulak basıncının düzenlenmesinde, sayılan mekanizmaların dışında, nörojenik olarak kontrol edilen ilave bazı mekanizmaların varlığı da ileri sürülmektedir. Timpanik membranın pars flaksida kısmının içerdiği elastin lifler aracılığı ile, basınç değişikliklerini ve timpanik membranın retraksiyonunu algılamaya duyarlı olduğu düşünülmektedir.^{17,74,75,76} Nagai ve Tono, insan timpanik membranının subepidermal bağ dokusu katmanı içerisinde ve lamina propria katmanında, etrafı kapsülle çevrili serbest sinir

uçlarının varlığını göstermişler ve bu sinir uçlarının, timpanik membranın şekil ve gerginliğine duyarlı mekanoreseptörler olduğunu, bu reseptörlerin timpanik membranın retraksiyonunu algılama işlevi gösterdikleri görüşünü ortaya atmışlardır.⁹¹ Nagai ve ark. bir başka çalışmada, timpanik membranda varlığını ortaya koydukları bu reseptörleri, iyontoporezis yöntemi ile uyguladıkları lidokain aracılığı ile devre dışı bırakmışlar ve sonrasında Östaki tüpünün basınç eşitleme fonksiyonunun bozulduğunu göstererek, bu reseptörler ile Östaki tüpü kasları arasında nöral bir bağlantı olabileceği hipotezini ortaya atmışlardır.^{92,93}

Eden ve Gannon, 1987 yılında, maymunlar üzerinde yaptıkları çalışmada, orta kulak mukozasında yer alan timpanik pleksustan çıkan afferent uyarıların santral sinir sisteminde ulaştığı merkezi ve Östaki tüpü fonksiyonunda görev alan kaslara gelen efferent uyarıların kaynaklandığı merkezleri ortaya koymaya çalışmışlardır.⁸¹ Sonuçta timpanik pleksustan çıkan afferent uyarıların, 9. ve 10. kranial sinirlerin timpanik pleksus dalları aracılığı ile medullada (bulbus) yer alan nükleus solitariusun subnükleusuna ulaştığını bildirmişler; tensor veli palatini kasına gelen efferent motor liflerin ipsilateral trigeminal motor nükleustan, levator veli palatini kasına gelen efferent motor liflerin ise ipsilateral nükleus ambiguustan kaynaklandığını ortaya koymuşlardır.⁸¹ Eden, bu çalışmadan 3 yıl sonra, önceki çalışmasını tamamlayıcı nitelikte kurguladığı bir başka çalışma ile literatürde kendine yer bulmuştur. Bu çalışmada Eden, timpanik sinirin tek taraflı uyarılması ile her iki taraftaki tuba Östaki kaslarından elektromiyografik cevaplar elde edilebileceğini; timpanik sinirin kesilmesi ile de tubal kaslardan elde edilen elektromiyografik cevapların kaybolacağını ve Östaki tüpü fonksiyonunun bozulacağını göstermiştir.⁸² Ceylan ve ark. guinea piglerde timpanik sinirin kesilmesinin, orta kulak havalanmasını bozarak, 60 gün sonra otoskopik olarak tespit edilen timpanik membran retraksiyonu ve efüzyon gelişimine neden olduğunu; histopatolojik olarak da inflamasyon ve goblet hücresi artışı gözlemlendiğini bildirmişlerdir.⁸³

Bizim çalışmamız, Östaki tüpünün aktif olarak fonksiyon göstermesi ve orta kulak basıncının düzenlenmesinde görev alan iki nöronal kontrol

mekanizmasının rolünü açıklamaya yönelik olarak planlanmıştır. Bunlardan birincisi, birçok araştırmmanın temelini oluşturan ve hayvanlar üzerinde yapılmış çalışmalar ile varlığı ispatlanmış olan, timpanik pleksustan tetiklenen nöronal refleks arktır. Bu refleks arkın afferent ayağını timpanik pleksus, efferent ayağını ise Östaki tüpü kasları oluşturmaktadır.^{81,82,83} İkincisi ise, insan timpanik membranında varlığı gösterilmiş olan mekanoreseptörler ile kontrol edilen nöronal refleks arktır.^{91,92,93}

Biz bu çalışmada, bahsedilen iki nörolojik kontrol mekanizmasını araştırmak amacı ile 3 hasta grubundan oluşan bir model planladık.

50 adet erişkin gönüllünün altmış kulağı, grup 1 olarak sınıflandırıldı ve çalışmaya dahil edildi. Oluşturulan grubun demografik açıdan dengeli, kulak patolojisi açısından benzer olmasına gayret edilerek homojen bir grup oluşturulmaya çalışıldı. Grubun cinsiyet açısından dengeli olması için gruba 25 (%50) erkek, 25 (%50) kadın dahil edildi. Grubun yaş dağılımı açısından da dengeli olması planlandı ve en genç hastanın 18, en yaşlısının 51 yaşında olduğu, yaş ortalaması 25.94 olan genç erişkinlerden oluşan bir grup oluşturuldu. Genç hastalarda nöral maturasyonun tamamlanmamış olması, yaş ilerledikçe nöral dejenerasyonun artması nedeniyle test sonuçlarımızın etkilenebileceğini düşünerek yaş dağılımına özen göstermeye çalıştık. Nöral maturasyonun çocukluk çağında yetersiz olmasına bağlı olarak, bu yaş grubunda Östaki tüpü disfonksiyonu oluşabileceğini ilk kez Eden ortaya koymuş ve çocuklarda 10 yaşına dek Östaki tüpünde fonksiyonel bir yetersizlik izlendiğine değinmiştir.¹⁰⁴ van Heerbeek 2002 yılında, Östaki disfonksiyonu açısından taraf üstünlüğünü değerlendirdiği 148 çocuğun 296 kulağında, sol ve sağ taraflar arasında anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varmıştır. Buna rağmen biz çalışmamızda kulaklar arasında taraf üstünlüğü olmamasına özen göstererek 1. gruba 30 (%50) sol kulak, 30 (%50) sağ kulak dahil edildi.¹⁰⁵ Grup 1 içerisinde değerlendirilen 60 kulağın 7 tanesinde promontoryuma uygulanan lidokain anestezisi sonrasında Östaki tüpü fonksiyon bozukluğu oluşmazken, 53 tanesinde ilk 10 dakika içerisinde Östaki tüpünde fonksiyon bozukluğu gözlemlendi. Östaki disfonksiyonunun varlığı açısından hesaplanan bu farklılık anlamlı bulundu ($p<0.001$). Bu

sonuç, Eden ve Gannon tarafından ortaya konan timpanik pleksus merkezli olan ve Östaki tüpü fonksiyonunu kontrol eden refleks ark hipotezini doğrulamakta; Ceylan ve ark. tarafından bu hipotez temel alınarak yapılan çalışmayı desteklemektedir.^{82,83} Her ne kadar, bahsedilen çalışmalar ile aynı sonuca ulaşmış olsak da bizim çalışmamız, orta kulak havalanmasının, östaki tüpü aracılığı ile nöronal bir kontrol mekanizması üzerinden insanlarda da kontrol edilebileceğini desteklemektedir.

12 adet erişkin gönüllünün 15 kulağı, grup 2 olarak sınıflandırıldı ve çalışmaya dahil edildi. Oluşturulan grubun homojen olmasına gayret edildi. Grubun cinsiyet açısından dengeli olması için gruba 6 (%50) erkek , 6 (%50) kadın dahil edildi. Grubun yaş dağılımı açısından da dengeli olması planlandı ve en genç hastanın 28, en yaşlısının 58 yaşında olduğu, yaş ortalaması 47.50 olan erişkinlerden oluşan bir grup oluşturuldu. Gruba 9 (%60) sol kulak, 6 (%40) sağ kulak dahil edildi. Grup 2 içerisinde değerlendirilen 15 kulağın, 2 tanesinde intratimpanik lidokain uygulaması sonrasında Östaki tüpü fonksiyon bozukluğu oluşmazken, 13 tanesinde ilk 10 dakika içerisinde Östaki tüpünde fonksiyon bozukluğu gözlemlendi. Östaki disfonksiyonunun varlığı açısından hesaplanan bu farklılık anlamlı bulundu ($p<0.001$). Tinnitus tedavisinde intratimpanik lidokain uygulaması, uzun yıllardır tercih edilen, güvenilir, etkinliğini ispatlamış bir yöntemdir ve günümüzde halen yaygın olarak kullanılmaktadır.^{106,107,108} Bu gruptan elde edilen sonuçlar, 1. gruptan elde edilen sonuçlar ile aynı doğrultuda olmasına rağmen bu grupta tartışılması gereken bazı farklılıklar mevcuttur. 2. grupta timpanik membran intakttır. Timpanik membranın orta kulak basınç eşitlemesine olan katkısına ilişkin literatürde çok sayıda yayın mevcuttur.^{17,74,75,76,91,92,93} Bu grupta intratimpanik olarak uygulanan lidokain, timpanik pleksus ile birlikte timpanik membranın medial yüzünü de etkilemektedir. Timpanik membranın medial yüzünde, basınç eşitlemesine katkısı olan reseptörlerin varlığına dair literatür bilgisi henüz mevcut değildir. Bu grupta lidokain, medial yüz ile birlikte timpanik pleksusu da etkilemektedir ancak perfore kulakları içeren 1. grupta uygulanan lidokain sadece timpanik pleksus üzerine etkilidir. Eğer tinnitus yakınması olan hastaları içeren 2. grupta uygulama sonrası Östaki

disfonksiyonu mevcut iken, perfore kulak grubunda uygulama sonrası Östaki disfonksiyonu oluşmasaydı, bu bize timpanik membranın medial yüzünde orta kulak basınç düzenlenmesine etkisi olan bazı sinir uçlarının varlığı hakkında fikir verebilirdi. Timpanik pleksusu etkilemeksizin timpanik membranın medial yüzüne uygulanacak olan topikal anestezi ile oluşturulacak olan deneysel bir model, günümüz şartlarında henüz pratik ve uygulanabilir gözükme de, üzerinde düşünülmesi gereken ve birçok karanlık noktayı aydınlatacak bir çalışma olabilir.

45 adet sağlıklı, erişkin gönüllünün 90 kulağı, grup 3 olarak sınıflandırıldı ve çalışmaya dahil edildi. Oluşturulan grubun demografik açıdan dengeli, kulak patolojisi açısından benzer olmasına gayret edilerek homojen bir grup oluşturulmaya çalışıldı. Grubun cinsiyet açısından dengeli olması için gruba 20 (%44.4) erkek , 25 (%55.6) kadın dahil edildi. Grubun yaş dağılımı açısından da dengeli olması planlandı ve en genç hastanın 22, en yaşlısının 57 yaşında olduğu, yaş ortalaması 32.20 olan genç erişkinlerden oluşan bir grup oluşturuldu. Kulaklar arasında taraf üstünlüğü olmamasına özen göstererek 3. gruba 45 (%50) sol kulak, 45 (%50) sağ kulak dahil edildi. Grup 3 içerisinde değerlendirilen 90 sağlıklı kulağın, topikal lidokain uygulamasını takiben ilk 10 dakika içerisinde, 82 tanesinde Östaki tüpü fonksiyon bozukluğu oluşmaz iken, 8 tanesinde Östaki tüpünde fonksiyon bozukluğu gözlemlendi. Östaki disfonksiyonunun varlığı açısından hesaplanan bu farklılık anlamlı bulundu ($p < 0.001$). Wilson, 1911 yılında, insan timpanik membranındaki sinir uçlarının dağılımını incelemiş ve intraepidermal, subepidermal ve submukozal katmanlarda serbest sinir uçlarının varlığını bildirmiştir.¹⁰⁹ Nagai, timpanik membran üzerinde varlığını gösterdiği serbest sinir uçlarının orta kulak basıncının düzenlenmesinde etkili olduğunu bildirmiş ve bu hipotezini desteklediği çalışmasında, timpanik membrana iyontoporezis yolu ile uygulanan lidokain anestezisinin, 40 kulağın 17 tanesinde Östaki tüpü disfonksiyonuna neden olduğunu ortaya koymuştur.^{91,92,93} Elde ettiğimiz sonuçlar, Nagai'nin ileri sürdüğü hipotezi ile uyumlu değildir. Nagai'nin çalışmasını az sayıda gönüllü ile gerçekleştirmiş olması, grubun homojenitesinin daha az olması ve sadece iki kez yaptırdığı

Toynbee manevrası ile Östaki tüpünün aktif basınç eşitleme fonksiyonu hakkında fikir edinmesi bu çalışmanın zayıf yönlerini oluşturmaktadır. Nagai, çalışmasında timpanik membranın tüm katmanlarına etkili olduğu düşünülen bir yöntem kullanırken; biz, çalışmamızda lidokaini timpanik membran üzerine topikal olarak uyguladık. İyontoporezis yönteminden daha düşük etkinliğe sahip olduğu bilinen topikal uygulama, timpanik membran derin katmanlarını daha az etkileyerek mekanoreseptörlerin yetersiz düzeyde bloke olmasına neden olmuş olabilir.^{110,111,112,113,114} Literatürde yer alan bu çalışmanın sonuçlarının bizim sonuçlarımız ile örtüşmüyor olması, bu konuda daha çok araştırma yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, grup 1 ve grup 2 beraberce değerlendirildiğinde, esas olarak timpanik pleksusu etkileyecek şekilde orta kulak kavitesine uygulanan lidokainin, orta kulak basıncının düzenlenmesinde Östaki tüpünün üzerine düşen fonksiyonu bloke ettiği gözlenmektedir. Grup 3 değerlendirildiğinde ise Nagai ve Tono'nun ortaya koyduğu timpanik membran lateral yüzünde yer alan mekanoreseptörlerin, topikal olarak uygulanan lidokain anestezisine yanıt vermedikleri ya da mevcut reseptörlerin Nagai ve Tona'nın öne sürdüğü biçimde orta kulak basıncı düzenlenmesinde etkin olarak rol oynamadıkları sonucu çıkartılabilir.

VI. SONUÇLAR

Orta kulak basıncının düzenlenmesi üzerinde etkili olan ve nöronal olarak kontrol edilen mekanizmaların incelendiği bu çalışmanın sonucunda:

1. Östaki tüpünün fonksiyonu nöronal olarak kontrol edilmektedir.
2. Östaki tüpünün fonksiyonu üzerinde etkili olan bu nöronal kontrol mekanizmasında, timpanik pleksus ve orta kulak mukozasına yerleşmiş olan baroreseptörlerin etkin bir rol oynadığı düşünülmektedir.
3. Östaki tüpü fonksiyonunun nöronal kontrolünde, timpanik membran üzerinde yer alan baroreseptörlerin etkinliğinin daha az olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada timpanik membranın tüm katmanlarının anesteziyi sağlayacak bir yöntem kullanılmadığından bu konuda net bir fikir sahibi olunamamıştır.

VII. ÖZET

Orta kulak basıncı düzenlenmesinde etkin bir şekilde rol aldığı düşünülen ve nöronal refleks yolla kontrol edilen iki mekanizma son yıllarda ön plana çıkmıştır. Bu mekanizmalar, orta kulak kavitesinde bulunan baroreptörler ile timpanik membran üzerinde bulunan mekanoreseptörlerin, orta kulak kavitesindeki basınç değişimlerini algılayarak, beyin sapı aracılığı ile Östaki tüpü fonksiyonunu kontrol ettikleri esasına dayanmaktadır.

Bu çalışma, bahsedilen nöronal mekanizmaların rolünü açıklamaya yönelik olarak planlanmıştır. Bu amaçla, refleks arkın afferent ayaklarını oluşturdukları düşünülen timpanik pleksus ve timpanik membrana, farklı hasta gruplarında, lidokain uyguladık. Daha sonra, afferent ayağı bloke olan refleks arkın, efferent ayağını oluşturan Östaki tüpünün fonksiyonlarını değerlendirdik. Bu amaçla üç grup oluşturuldu: Otoskopik muayenesinde timpanik membran perforasyonun izlenen, Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen gönüllüler Grup 1 olarak sınıflandırıldı. Hastaların promontoryumları üzerine lidokain uygulandı ve sonrasında östaki tüpü fonksiyonları tekrar değerlendirildi. Tinnitus yakınması nedeni ile izlenmekte olan, otoskopik muayenesi doğal, Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen erişkin gönüllüler Grup 2 olarak sınıflandırıldı. Gönüllülere intratimpanik lidokain uygulandı ve uygulama sonrasında östaki tüpü fonksiyonları tekrar değerlendirildi. Otoskopik muayenesi doğal, Östaki tüpü disfonksiyonu izlenmeyen sağlıklı, erişkin gönüllüler Grup 3 olarak sınıflandırıldı. Gönüllülerin timpanik membranları üzerine, lidokain topikal olarak uygulandı ve uygulama sonrasında östaki tüpü fonksiyonları tekrar değerlendirildi.

Bu çalışmanın sonucunda şu sonuçlara ulaşılmıştır: 1. Östaki tüpünün fonksiyonu nöronal olarak kontrol edilmektedir. 2. Bu nöronal kontrol mekanizmasında, timpanik pleksus ve orta kulak mukozasına yerleşmiş olan

baroreseptörlerin etkin bir rol oynadığı düşünülmektedir. 3. Östaki tüpü fonksiyonunun nöronal kontrolünde, timpanik membran üzerinde yer alan baroreseptörlerin etkinliğinin çok az olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada timpanik membranın tüm katmanlarının anesteziyi sağlayacak bir yöntem kullanılmadığından bu konuda net bir fikir sahibi olunamamıştır.

VIII. İNGİLİZCE ÖZET

In recent years, two mechanisms have been brought to the fore which have been thought to play an effective role in regulating the middle ear pressure and controlled through neuronal reflex. These mechanisms are based on the principle that the baroreceptors located on the middle ear cavity and the mechanoreceptors on the tympanic membrane perceive the pressure changes in the middle ear cavity and control the Eustachian tube function through the brain stem.

This study aims to define the role of the neuronal mechanisms mentioned above. With this objective, lidocaine has been administered to tympanic plexus and tympanic membrane, which are thought to form the afferent plexus of the reflex arc, in various patient groups. Then, the Eustachian tube functions forming the efferent plexus of the reflex arc with the blocked afferent plexus were evaluated. Three groups were created for this purpose: volunteers that had their tympanic membrane perforation observed during the autoscopic examination, and Eustachian tube dysfunctions were not observed, were classified as Group 1. Lidocaine was applied on the patients' promontorium and afterwards the Eustachian tube functions were re-evaluated. Adult volunteers that were observed for tinnitus complaints with natural autoscopic examinations and Eustachian tube dysfunctions were not observed were classified as Group 2. Intratympanic lidocaine was applied on the volunteers and after the administration the Eustachian tube functions were reassessed. Group 3 consisted of healthy, adult volunteers that had a natural autoscopic examination and an Eustachian tube dysfunction was not observed. A topical administration of

lidocaine was applied on the volunteers' tympanic membranes and after the application the Eustachian tube functions were re-evaluated.

The results of this study have shown that: 1. The Eustachian tube function is controlled neuronally. 2. In this neuronal control mechanism, it is highly possible that the baroreceptors established in the tympanic plexus and middle ear mucosa have an effective role. 3. In the neuronal control of the Eustachian tube function, the efficacy of the baroreceptors on the tympanic membrane seems to be minor. Since a method that would incorporate the anaesthesia of all tympanic membrane segments has not been employed in this research, definite results remain unattained.

IX. KAYNAKÇA

1. Aslan A. Kulak anatomisi. Koç C, ed; Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi, Ankara: Güneş Kitabevi, 2004: 45-61.
2. Gulya AJ. Anatomy of the ear and temporal bone. In: Glasscock ME III, Gulya AJ, eds. Surgery of the Ear, 5th ed. Hamilton, Ontario: B. C. Decker, 2003: 35-57.
3. Cummings CW, Flint PW, Haughey BH, Thomas JR, Harker LA, Robbins KT, Schuller DE, Richardson M, ed. Otolaryngology: Head and Neck Surgery. Philadelphia, PA: Elsevier Inc.
4. Netter FH. Atlas of human anatomy. 2nd edition. Summit, NJ: Ciba-Geigy; 1989.
5. Wajnberg J. The true shape of the tympanic membrane. J Laryngol Otol 1987, 101: 538-541.
6. Akyıldız AN. Temporal kemik ve işitme organının anatomisi. Akyıldız AN, ed; Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi (içinde). Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 1998: 22-61.
7. Young YS, Nadol JB Jr. Dimensions of the extended facial recess. Ann Otol Rhinol Laryngol 1989, 98: 336-338
8. Ito J, Oyagi S, Honjo I. Autonomic innervations in the middle ear and pharynx. Acta Otolaryngol Suppl 1993;506:90-93.
9. Ishii T, Kaga K. Autonomic nervous system of the cat middle ear mucosa. Ann Otol Rhinol Laryngol 1976, 85: 51-57.
10. Janfaza P, Nadol JB, Galla R, Fabian R, Montgomery WW. Surgical Anatomy of the Head and Neck. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2001.

11. Tekdemir I, Aslan A, Tuccar E, et al. An anatomical study of the tympanic branch of the glossopharyngeal nerve (nerve of Jacobson). *Ann Anat* 1998;180:349-52.
12. Ozveren MF, Ture U, Ozek MM, Pamir MN. Anatomic landmarks of the glossopharyngeal nerve: a microsurgical anatomic study. *Neurosurgery* 2003, 52: 1400-1410.
13. Tekdemir I, Aslan A, Tuccar E, et al. An anatomical study of the tympanic branch of the glossopharyngeal nerve (nerve of Jacobson). *Ann Anat* 1998, 180: 349-352.
14. Bhide A. Etiology of the retraction pocket in the posterosuperior quadrant of the eardrum. *Arch Otolaryngol* 1997, 103: 707-711.
15. Ishii M, Igarashi M, Jenkins HA. Volumetric analysis of the tympanic isthmus in human temporal bones. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1987 Apr;113(4):401-404.
16. Wajnberg J. The true shape of the tympanic membrane. *J Laryngol Otol* 1987, 101: 538-541.
17. Schrapnel HJ (1832) On the form and structure of the membrane tympanii. *Lond Med Gaz* 10:120–124
18. Lim DJ. Human tympanic membrane. An ultrastructural observation. *Acta Otolaryngol* 1970, 70: 176-186.
19. Shampo MA, Kyle RA. Bartolomeo eustachi. *JAMA* 1981, 246(22): 2596.
20. Antonio Maria Valsalva (1666-1723), Valsalva maneuver. *JAMA* 1970, 211(4): 655.
21. Licameli GR. The eustachian tube, update on anatomy, development and function. *Otolaryngol Clin N Am* 2002, 35: 803-809.
22. Bluestone CD, Doyle WJ. Anatomy and physiology of eustachian tube and middle ear related to otitis media. *J Allergy Clin Immunol* 1988, 81: 997-1003.
23. Koppersmith RB. Eustachian tube function and dysfunction. July,11,1996. Bobby R. Alford Department of Otorhinolaryngology and Communicative Sciences.

24. Seibert JW, Danner CJ. Eustachian tube function and the middle ear. *Otolaryngol Clin North Am.* 2006, 39(6): 1221-1235.
25. Orita Y, Sando I, Hirsch BA, Miura M, Hasebe S, Balaban CD. Postnatal development of the eustachian tube glands. *Laryngoscope* 2002, 112: 1647-1652.
26. Proctor B. Embryology and anatomy of the eustachian tube. *Arch Otolaryngol.* 1967, 86(5): 503-514.
27. Anson BJ, Donaldson JA. *Surgical Anatomy of the Temporal Bone and Ear.* Philadelphia: WB Saunders, 1967.
28. Doyle WJ. A functiono-anatomic description of eustachian tube vector relations in four ethnic populations: An osteologic study (Dissertation). Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1977.
29. Graves GO, Edwards LF. The eustachian tube: a review of descriptive microscopic, topographic and clinical anatomy. *Arch otolaryngol* 1944, 39: 359-379.
30. Prades JM, Dumollard JM, Calloc'h F, et al. Descriptive anatomy of the human auditory tube. *Surg Radiol Anat* 1998, 20(5): 335-340.
31. Miller AJ, Gianoli GJ. Eustachian Tube Dysfunction. *J La State Med Soc,* 1996, 148: 329-333
32. Fulmer RP. Anatomy and physiology of eustachian tube, 29.04.1992. Dept of Otolaryngology, University of Texas
33. Sando I, Miura M, Balaban CD, Takasaki K, Haginomori S. Estimated locations of the narrowest portion of the eustachian lumen during closed and open states. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002, 111: 255-260.
34. Ishijima K, Sando I, Balaban CD, Miura M, Takasaki K. Functional anatomy of levator veli palatini muscle and tensor veli palatini muscle in association with eustachian tube cartilage. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002, 111: 530-536.
35. Honjo I, Ushiro K, Haji T, et al. Role of the tensor tympani muscle in eustachian tube function. *Acta Otolaryngol.* 1983, 95(3-4): 329-332.
36. Rosen LM. The morphology of the salpingopharyngeus muscle (Thesis). Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1970.

37. Sadé J, Ar A. Middle ear and auditory tube: Middle ear clearance, gas exchange, and pressure regulation. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997, 116: 499-524.
38. Nuutinent J, Karja J, Karjalainen P. Measurement of mucociliary function of the eustachian tube. *Arch Otolaryngol* 1983, 109: 669-672.
39. Sando I, Takahashi H, Aoki H, Matsune S. Mucosal folds in human eustachian tube: a hypothesis regarding functional lokalization in the tube. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1993;102:47
40. Magnuson B. Functions of the mastoid cell system: auto-regulation of temperature and gas pressure. *J Laryngol Otol* 2003, 117(2): 99-103.
41. Stjernholm C, Muren C. Dimensions of the cochlear nerve canal: a radioanatomic investigation. *Acta Otolaryngol* 2002, 122: 43-48.
42. Takadi A, Sando I, Takahashi H. Computer-aided three-dimensional reconstruction and measurement of semicircular canals and their cristae in man. *Acta Otolaryngol* 1989, 107: 362-365.
43. Elnér A: Quantitative studies of gas absorbtion from the normal middle ear. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1977, 88: 25-28.
44. Melville JG: Pressure changes in the middle ear after altering the composition of the contained gas. *Acta Otolaryngol.(Stockh.)* 1961, 53: 1-111.
45. Bluestone CD: Concepts on the pathogenesis of middle ear effusions. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1976, 85(Suppl 25): 182-186.
46. Bluestone CD: Eustachian tube obstruction in the infant with cleft palate. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1971, 80(Suppl 2): 2-30.
47. Buckingham RA, Ferrer J: Observations of middle ear pressures. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1980, 89(Suppl 68): 56-61.
48. Buckingham RA, Stuart DR, Gieck HA: Experimental evidence against middle ear oxygen absorbtion. *Laryngoscope* 1984, 95: 437-442.
49. Hergils L, Magnuson B: Morning pressure in the middle ear. *Arch Otolaryngol* 1985, 111: 86-89.
50. Luntz M, Sadé J: Daily fluctations of middle ear pressure in atelectatic ears. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1990, 99: 201-204.

51. Tideholm B, Brattmo M, Carlborg B. Middle ear pressure: effect of body position and sleep. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1999, 119: 880-885.
52. Sadé J, Luntz M: Gaseous pathways in atelectatic ears. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1980, 89(Suppl 68): 56-61.
53. Sadé J, Luntz M, Levy D: Middle ear gas composition and middle ear aeration. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995, 104: 369-373.
54. Sadé J, Luntz M, Berger G: The Infant's post-isthmus region of the eustachian tube in health and disease. *Am J Otol* 1986, 7(5): 350-353.
55. Sadé J, Luntz M, Yaniv E, Yurovitzki E: The eustachian tube lumen in chronic otitis media. *Am J Otol* 1986, 7(6): 439-442.
56. Sadé J, Luntz M: Eustachian tube lumen: Comparison between normal and inflamed specimens. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1989, 98: 630-634.
57. Sadé J, Luntz M: Middle ear as a gas pocket. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1990, 99: 529-534.
58. Sade J, Cinamon U, Ar A, et al. Gas flow into and within the middle ear. *Otol Neurotol* 2004, 25(5): 649-652.
59. Magnuson B, Falk B: Physiology of the eustachian tube and middle ear pressure regulation. A.F Jahn and J.Santos-Sacchi(Eds): *Physiology of the ear*, Raven Press, New York, 1988, s(p) 81-100.
60. Sade J, Amos AR. Middle ear and auditory tube; Middle ear clearance, gas exchange and pressure regulation. *Otolaryngology Head&Neck Surgery* 1997, 116: 499-524.
61. Takasaki K, Sando I, Balaban CD, Miura M. Functional anatomy of the tensor veli palatini muscle and Ostmann's fatty tissue. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002, 111: 1045-1049.
62. Bylander A. Comparison of eustachian tube function in children and adults with normal ears. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1980, 89(suppl 68): 20-24.
63. Çelik O. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş Boyun Cerrahisi. 2002, 122-124.

64. Tadami Kumazawa, Tadashi Iwano. Eustachian tube function tests and their diagnostic potential in normal and diseased ears. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1993; Suppl. 500: 10-13.
65. Politzer A. *Textbook of the diseases of the ear*. Philadelphia: Henry C Leas; 1983.
66. Flisberg K. Clinical assessment of tubal function. *Acta otolaryngol* 1963, 188 (suppl): 29-35.
67. Yuceturk AV, Unlu HH, Okumus M, et al. The evaluation of eustachian tube function in patients with chronic otitis media. *Clin Otolaryngol* 1997, 22: 449-452.
68. Didyk LA, Bogdanov VB, Lysenko VA, et al. The effects of slight pressure oscillations in the far infrasound frequency range on the pars flaccida in gerbil and rabbit ears. *Int J Biometeorol* 2007, 51(3): 221-231. Epub 2006 Sep 21.
69. Hellstrom S (2004) Pars flaccida a pressure regulating structure in middle ear cavity or mainly other functions? In: *International symposium on Middle Ear Pressure Regulation*, Antwerp, Belgium, pp 14–15
70. Cinamon U, Sadé J. Mastoid and tympanic membrane as pressure buffers: A quantitative study in a middle ear cleft model. *Otol Neurotol* 2003, 24: 839-842.
71. Takahashi H. *The Middle Ear, The role of ventilation in disease and surgery*. Tokyo: Springer-Verlag, 2001.
72. Takahashi H, Honjo I, Naito Y, Miura M, Tanabe M, Hasebe S, Toda H. Gas exchange function through the mastoid mucosa in ears after surgery. *Laryngoscope* 1997, 107: 1117-1121.
73. Alper CM, Ardic FN, Doyle WJ. The effects of changing middle ear pressure and gas partial pressure on mucosal blood flow and vascular permeability in the chinchilla. *Auris Nasus Larynx* 2000, 27(2): 105-111.
74. Rockley TJ, Hawke WM. The middle ear as a baroreceptor. *Acta Otolaryngol* 1992, 112: 816-823.
75. Didyk LA, Dirckx JJJ, Bogdanov VB, Lysenko VA, Gorgo YP. The mechanical reaction of the pars flaccida of the eardrum to rapid air pressure

oscillations modelling different levels of atmospheric disturbances. *Hear Res* 2007;223:20-28.

76. Hellström S, Stenfors L-E. The pressure equilibrating function of the pars faccida in middle ear mechanics. *Acta Physiol Scand* 1983, 118: 337-341.

77. Widemar L., Hellström S., Schultzberg M, et al. Autonomic innervation of the tympanic membrane. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1985, 100: 58-65.

78. Molvaer OI, Vallersnes FM, Kringlebotn M. The size of the middle ear and the mastoid air cell. *Acta Otolaryngol* 1978, 85(1-2): 24-32.

79. Huttenbrink KB. The mechanics of the middle-ear at static air pressures: the role of the ossicular joints, the function of the middle-ear muscles and the behaviour of stapedial prostheses. *Acta Otolaryngol Suppl.* 1988, 451: 1-35.

80. Nagaraj BS, Linthicum FH. Autonomic innervation of the human middle ear: An immunohistochemical study. *Am J Otolaryngol* 1998, 19(2): 75-82.

81. Eden AR, Gannon PJ: Neural control of middle ear aeration. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1987, 113: 133-137.

82. Eden AR, Laitman JT, Gannon PJ: Mechanisms of middle ear aeration: Anatomic and physiologic evidence in primates. *Laryngoscope* 1990, 100: 67-75.

83. Ceylan A, Goksu N, Kemaloglu YK, Ugur B, Akyurek N, Bayazit YA. Impact of Jacobson's (Tympanic) nerve sectioning on middle ear functions. *Otol Neurotol* 2007, 28(3): 341-344.

84. Goycoolea MV, Paparella MM, Carpenter AM, Juhn SK. Ganglia and ganglion cells in the middle ear of the cat: preliminary report. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1980, 106: 269-271.

85. Lim D, Jackson D, Bennett J. Human middle ear corpuscles: a light and electron microscopic study. *Laryngoscope* 1975, 85: 1725-1737.

86. Schachern PA, Paparella MM, Duval AJ, Choo YB. The human round window membrane. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1984, 110: 15-21.

87. Goycoolea MV, Paparella MM, Carpenter AM. Ganglia and ganglion cells in the middle ear. Their presence in the human and the cat. *Arch Otolaryngol* 1982, 108: 276-278.

88. Mahon RG, Igarashi M. Comparative histological study of the tympanic ganglion. *Laryngoscope* 1968, 78: 334-342.
89. Guild SR. The glomus jugulare, a non-chromaffin paraganglion in man. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1953, 62: 1045-1071.
90. Elam M, Harell M, Luntz M, et al. Middle ear pressure variations during 50% N₂O anesthesia as a function of mastoid pneumatization. *Am J Otol* 1998, 19(6): 709-711.
91. Nagai T, Tono T. Encapsulated nerve corpuscles in the human tympanic membrane. *Arch Otorhinolaryngol* 1989, 246(3): 169-172.
92. Nagai T, Nagai M, Nagata Y, et al. The effects of anesthesia of the tympanic membrane on eustachian tube function. *Arch Otorhinolaryngol* 1989, 246(4): 210-212.
93. Nagai T. Innervation of the tympanic membrane. *Acta Otorhinolaryngol Belg.* 1995, 49(2): 117-120.
94. Gates GA (1993) Acute otitis media and otitis media with effusion. In (Cummings CW, Fredrickson JM, Harker LA, Krause CJ & Schuller DE eds) *Otolaryngology Head and Neck Surgery*, 2nd edn, Vol 4, pp.2808-2822. Mosby Year Book, St Louis.
95. Bernstein J.M. (1992) The role of IgE-mediated hypersensitivity in the development of otitis media with effusion. *Otolaryngol Clin North Am* 25, 197-211.
96. Bylander A, Tjernstrom O, Ivarsson A. Pressure opening and closing functions of the Eustachian tube by inflation and deflation in children and adults with normal ears. *Acta Otolaryngol* 1983, 96(3-4): 255-268.
97. Arlinger S (1989) *Manual of practical audiometry*. Vol. 1, pp. 177-181. Taylor&Francis, London.
98. Gersdorff MC (1977) An exploration method of the Eustachian tube for intact and perforated drums: tubal-impedance-manometry. *Arch. Oto-Rhino-Laryngol.* 217, 391-407.
99. Elner A, Ingelstedt S, Ivarsson A. The normal function of the eustachian tube. A study of 102 cases. *Acta Otolaryngol* 1971, 72(5): 320-328.

100. van Heerbeek N, Ingels KJ, Snik AF, et al. Reliability of manometric eustachian tube function tests in children. *Otol Neurotol*. 2001, 22(2): 183-187.
101. Cantekin EI, Bluestone CD, Parkin LP. Eustachian tube ventilatory function in children. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1976 Mar-Apr;85(2 Suppl 25 Pt 2):171-7.
102. Cantekin EI, Saez CA, Bluestone CD, et al. Airflow through the eustachian tube. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1979, 88: 603-612.
103. Ingelstedt S. Physiology and pathophysiology of the middle ear-Eustachian tube system. In: Beagley HA, editor. *Audiology and Audiological Medicine*. Oxford: Oxford University Press Oxford, 1981: 723-751.
104. Eden AR. Neural connections between the middle ear, eustachian tube and brain. Implications for the reflex control of middle ear aeration. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1981, 90: 566-569.
105. van Heerbeek N, Akkerman AE, Ingels KJAO, ET A. Left-right differences in Eustachian tube function in children with ventilation tubes. van Heerbeek N; Eustachian tube function, some pathophysiological aspects and effects of intervention 2002, 37-47.
106. Podoshin L, Fradis M, David YB. Treatment of tinnitus by intratympanic instillation of lignocaine (lidocaine) 2 per cent through ventilation tubes. *J Laryngol Otol* 1992, 106(7): 603-606.
107. Dodson KM, Sismanis A. Intratympanic perfusion for the treatment of tinnitus. *Otolaryngol Clin North Am* 2004, 37(5): 991-1000.
108. Smith PF, Darlington CL. Drug treatments for subjective tinnitus: serendipitous discovery versus rational drug design. *Curr Opin Investig Drugs* 2005, 6(7): 712-716.
109. Wilson JD (1911) The nerves and nerve endings in the membrana tympani of man. *Am J Anat* 11 : 101-112
110. Echols DF, Norris CH, Tabb HG. Anesthesia of the ear by iontophoresis of lidocaine. *Arch Otolaryngol* 1975, 101(7): 418-421.

111. Ramsden RT, Gibson WP, Moffat DA. Anaesthesia of the tympanic membrane using iontophoresis. *J Laryngol Otol* 1977, 91(9): 779-785.
112. Hasegawa M, Saito Y, Watanabe I. Iontophoretic anaesthesia of the tympanic membrane. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1978, 3(1): 63-66.
113. Comeau M, Brummett R. Anesthesia of the human tympanic membrane by iontophoresis of a local anesthetic. *Laryngoscope* 1978, 88(2 Pt 1): 277-285.
114. László I, Pupp L. Anaesthesia of tympanic membrane with lidocaine. *Ther Hung* 1981, 29(4): 176-179.

X. EKLER

- 2, 3 ve 6 numaralı şekiller, P. Janfaza, J.B. Nadol Jr, R.J. Galla, R.L. Fabian, W.W. Montgomery: Surgical Anatomy of the Head and Neck, Lippincott Williams & Wilkins, 2002 (Çev. H. Cansız, S. Yüksel: Baş ve Boyunun Cerrahi Anatomisi, Nobel Tıp Kitabevleri) kitabından alınmıştır.
- 4, 5, 7, 8, 9, 10 ve 11 numaralı şekiller, M. Ömür, B. Dadaş: Klinik Baş Boyun Anatomisi, Ulusal Tıp Kitabevi, 1996 kitabından alınmıştır.
- 6 ve 7 numaralı resimlerde görülen hastadan, fotoğrafının kullanılabilmesi için yazılı izin belgesi alınmıştır.