

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MULTİFREKANSİYEL TİMPANOMETRİ
ÖLÇÜMLERİNİN OTOSKLEROTİK VE
NORMAL ORTA KULAKLARDAKİ
KARŞILAŞTIRILMASI**

DR. FATİH ÖĞÜT

ODYOLOJİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİR-2006

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MULTİFREKANSİYEL TİMPANOMETRİ
ÖLÇÜMLERİNİN OTOSKLEROTİK VE
NORMAL ORTA KULAKLARDAKİ
KARŞILAŞTIRILMASI**

ODYOLOJİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DR. FATİH ÖĞÜT

Danışman Öğretim Üyesi: Doç. Dr. Bülent ŞERBETÇİOĞLU

GİRİŞ VE AMAC

Akustik immitansmetri timpan membran ve orta kulak yapılarının değerlendirilmesinde kullanılan, noninvaziv ve objektif bir yöntemdir. İmmitansmetri yöntemiyle, timpanometri ve akustik refleks parametrelerinin birlikte değerlendirilmesi gerçekleştirilir. Teknolojinin gelişmesi ile timpanometrinin orta kulak patolojilerindeki tanı değeri daha da artmıştır. Klasik timpanometri sıklıkla 226 Hz prob tonla uygulanmaktadır. Ancak değişik frekanslarda prob ton uygulanması, özellikle orta kulak patolojilerinin tanısında yarar sağlamaktadır. Multifrekans timpanometri, 226 Hz ile 2000 Hz arasında değişik prob tonlar ile elde edilen timpanogramların analizini sağlayan bir yöntemdir. Yüksek frekanslı prob tonlar orta kulak sisteminin sertlik etkisini artıran patolojilerde daha çok değer taşımaktadır. Bu anlamda otoskleroz, ossiküler zincirde parsiyel veya total ayrılma, orta kulak malformasyonları, primer kolesteatom, orta kulak tümörleri, osteogenesis imperfekta ve fibröz displazinin ayırıcı tanısında multifrekansiyel timpanogramın ayırıcı tanı değeri daha da önem kazanmaktadır. Bu çalışmada otosklerozlu kulaklarda multifrekansiyel timpanometri ölçüm sonuçlarının normal kulaklarda elde edilenler ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Böylece otoskleroz patolojisine özgü timpanometrik değişikliklerin ortaya çıkarılması hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleşmesi için odyoloji yüksek lisans programından yararlanmamı sağlayan tüm Dokuz Eylül Tıp Fakóltesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü Öğretim Üyelerine, eğitimimdeki ve tezin yürütülmesinde katkılarından ve odyoloji konusunda derin deneyimlerinden yararlanmamı sağlamasından dolayı Doç Dr Bülent Şerbetçioğlu'na, yüksek lisans programı süresince beni kendilerinden kabul eden ve her türlü yardımı esirgemeyen başta öğretim görevlisi Günay Kırkım olmak üzere tüm Odyoloji bölümü ve Sağlık Meslek Enstitüsü çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

GENEL BİLGİLER

Otoskleroz

Otoskleroz otik kapsülle sınırlı, etkilediği yere göre işitme ve denge fonksiyonlarını etkileyebilen idiopatik bir hastalıktır. Bazı hastalıklar labirentle birlikte diğer kemikleri de etkilemesine karşın, otosklerozda patoloji temporal kemikle sınırlıdır. Labirent kemik kapsülünün bazı yerlerinde odaklar halinde yeni kemik dokusu ortaya çıkar. Bu normal kemik dokusundan farklı, lameller biçiminde özellik arzeden, embriyonel karakterli bir kemik dokusudur.

Stapes fiksasyonu ilk defa 1715 yılında, Valsalva tarafından işitme kaybı olan bir hastanın otopsisinde tanımlanmıştır¹. 1868 yılında Toynbee, 1149 temporal kemik disseksiyonunun 136 tanesinde stapes tabanında fiksasyon saptadığını bildirmiştir². Politzer 1893 yılında otosklerozun mukoza hastalığı değil otik kapsülün primer hastalığı olduğunu bildirmiştir³. Siebenmann 1912 yılında yeni oluşan kemik labirent kapsülün normal kemikten farklı olduğunu ve bunun için otospongiosis teriminin kullanılmasını önermiştir⁴. Daha sonra Sourdille hastalık için Siebenmann ve Politzer'in otospongioskleroz tanımını önermiştir⁵.

Epidemiyoloji:

Otoskleroz histolojik olarak fetuste, çocuklarda ve erişkinlerde olmak üzere her yaş grubunda saptanmasına karşın, klinik olarak tanı konulabilen otoskleroz genellikle erişkinlerde görülür. Temporal kemiklerin postmortem incelemesinde beyaz ırkta erkeklerde %7,3, kadınlarda ise %10,3 oranında otoskleroza rastlandığı gösterilmiştir. Ancak bu kişilerin sadece %12,3'ünde klinik olarak otosklerozun mevcut olduğu anlaşılmıştır⁶. Sarı ırkta beyaz ırka göre otoskleroz oldukça nadir görülmektedir. Zenci temporal kemik incelemelerinde otoskleroz saptanma oranı yaklaşık %1 olup, kızıl derili ırkında hemen hemen hiç rastlanmamaktadır⁵.

Histopatolojik olarak kadın-erkek arasında belirli bir fark olmamasına karşın, klinik olarak otosklerozda erkek/kadın oranı 1/1,6 ile 1/2 arasındadır. Kadınlarda erkeklere göre daha sık görülmesinin nedeni hormonal faktörlerle açıklanmaya çalışılmaktadır⁵.

İşitme kaybı çoğu hastada iki taraflıdır³¹. Klinik yakınmalar genellikle 15-45 yaşları arasında başlar. Olguların %70'inde genetik temel bulunur. Aile öyküsü hastaların %50-60'ında saptanabilir. Kalıtsal olan olgularda geçiş otosomal dominant yolla gerçekleşmektedir. Etiopatogeneizde kızamık virüsünün rolünün bulunduğunu destekleyen yayınlar vardır⁷.

Histopatoloji:

Otosklerotik odak incelendiğinde, yeni kemik oluşumu izlenir. Odak genellikle kendi başına bir odak biçiminde bulunur ve geliştikçe sınırları büyür. Rezorpsiyon ile yeni kemik oluşumunun oranına göre odak, aktif veya inaktif olarak isim alır.

Otoskleroz odağı iki ayrı evre gösterir. Bunlar erken ve geç evredir. Erken evrede kemik yoğunluğunu yitirir ve normal kemik yerini süngerimsi bir kemik dokuya bırakır. Bu evrede damarsal yapılar boldur. Normal kemik yerini süngerimsi kemiğe bıraktığı için bu evreye spongioz evre denir. Kemik doku içinde bulunan damarsal yapılar giderek genişler ve kemik içinde yer yer kan gölcükleri oluşur. Daha sonra yeni oluşan bu kemik dokusu yerine sklerotik bir kemik dokusu gelişir. Bu şekilde belirli bir alanda damardan yoksun, konnektif dokudan zengin otosklerotik odak gelişimini tamamlamış olur. Bir odak içinde hem spongioz, hem de sklerotik odak birlikte bulunabilir ve bu birliktelik mozaik görüntüsünü verir⁸.

Otosklerotik odak çoğunlukla oval pencere ön kısmında ve fissula ante fenestram'da bulunur. Daha az sıklıkla yuvarlak pencerede, koklea ön ve altında stapes tabanında da bulunabilir⁸.

Klinik:

Otosklerozun en önemli semptomu işitme kaybı olmakla birlikte hastalarda sıklıkla tinnitus da yakınma olarak mevcut olabilir.

Otosklerozda işitme kaybı genellikle yavaş olarak ilerleyen niteliktedir. Hastaların büyük çoğunluğunda kayıp 20-30 yaş arasında başlar. Genellikle asimetrik tipte bir işitme kaybı ortaya çıkar. Otosklerotik odak, annüler ligamanı ve stapes tabanını tutuncaya kadar klinik olarak sessiz kalır. Fakat stapes tabanını veya annüler ligamanı tutmadan otik kapsülü tutarsa nörosensöriyel işitme kaybı oluşabilir⁵.

İşitme kaybının progresyonu hastalar arasında farklılık gösterir. Bazı hastalarda kayıp, yıllar boyu ilerlemeden kalabileceği gibi, bazı hastalarda başlangıçtan itibaren hızlı bir seyir gösterir. Hastalık ilerledikçe işitme kaybının natürü de değişir. Otosklerotik odaklar kokleayı tutmaya başladıkça iletim tipi işitme kaybı mikst tip işitme kaybına döner⁵.

Hastaların bir kısmında, ilk defa 1672 yılında Thomas Willis'in bildirdiği, gürültülü ortamda konuşmaları daha rahat duydukları anamnezi vardır. Bu yüzden hastalığın bu bulgusuna Willis parakuzisi adı verilir. Bunun sebebi gürültülü ortamlarda bulunan kişilerin genellikle konuşurken ses düzeylerini yükseltmesinden kaynaklanmaktadır⁹.

Otosklerozlu hastaların yaklaşık 2/3'ünde bir veya her iki kulakta subjektif tinnitus vardır. Genellikle bu tinnitus değişik şiddetlerde çınlama, motor veya su sesi gibi olabilmektedir⁶. Frekansı saptanabilen hastaların çoğunluğunda tinnitus frekansı 2000 Hz civarında yoğunlaşmaktadır¹⁰. Hastalık ilerledikçe genellikle tinnitusun şiddeti de artar¹⁰. Tinnitusun anormal damarlanmaya bağlı olduğu düşünülmektedir. Otosklerozlu hastaların %26'sında rekürren vertigo atakları, %22'sinde postural imbalans saptanmıştır. Vertigo, her iki vestibuler sistemin farklı derecelerde uyarılmasından dolayı ortaya çıkar⁹. Yine vertigonun otosklerotik odaktan salınan ve endolenf ve perilenf karışan toksik

madde veya enzimlere, otosklerotik odağın vestibuler siniri irrite etmesine veya endolenfatik kanalın otosklerotik odak tarafından tıkanmasına bağlı olabileceği belirtilmiştir⁹. Yakınmalar vertigodan daha çok dizziness ve dengesizlik biçimindedir. Gerçek vertigo atakları daha nadirdir. Cody ve Baker'a göre otosklerozlu hastaların %60'ında vestibuler testlerde bozukluk saptanmıştır⁵.

Tanı:

Otosklerozlu hastalarda tanı, öykü, fizik muayene ve odyolojik tetkiklerle konulmasına rağmen kesin tanı operasyonda orta kulağın eksplorasyonu sonucunda gerçekleşmektedir.

İletim tipi işitme kayıplı bir hastada fizik muayene bulgusunun elde edilmemesi durumunda otosklerozdan şüphelenilmelidir. Fizik muayenede genellikle normal bir timpan zar izlenir. Bazı vakalarda ise timpan zarın mavikırmızı refle verdiği görülür. Bu bulguya Schwartz belirtisi adı verilir ve aktif otosklerotik odak üzerindeki mukoperiostiumun konjesyonuna işaret eder. Schwartz belirtisi, otosklerotik kemik dokusu gelişip aktivasyon kayboldukça geriler¹¹.

Stapes tabanındaki fiksasyona bağlı olarak kemikçiklerdeki hareketlerin azalması sonucu odyometride iletim tipi işitme kaybı saptanır. Stapes tabanındaki fiksasyon erken evrede alçak frekansları etkileyeceği için, erken stapedial fiksasyonda 1000 Hz frekansın altındaki frekanslarda iletim tipi kayıp belirgindir. 1000 Hz frekansa doğru eğri giderek yükselir ve havayolu 2000 Hz'de en yüksek seviyeye ulaşır; bununla beraber 2000 Hz'de belirgin hale gelen bir kemik eşiklerinde düşme vardır. Erken dönemde hava yolu kaybı alçak frekanslarda maksimum 40 dB HL seviyesindedir. Stapes fiksasyonu ilerledikçe odyogramın şekli de değişir. Hava yolundaki kayıp artar ve hava yolu eşikleri 60 dB HL seviyesine kadar düşer. Kemik yolundaki kayıp 2000 Hz frekansına kadar giderek artar ve 2000 Hz frekansında kayıp maksimum olur. Buna Carhart çentiği adı verilir. İleri evrede hava yolunda tüm frekanslarda düşüş olmasının sebebi, kemikçik sisteminde esneklik azaldığı için

alçak frekanslarda, bunun yanında kitle arttığı için ise yüksek frekanslarda etkilenmenin olmasından kaynaklanır. Otoklerotik odak stapes tabanından sonra otik kapsülü de tutmaya başlayınca tiz seslerde nörosensöriyel bir işitme kaybı ortaya çıkar ve bu kemik yolunda tiz frekanslarda düşme ile kendini gösterir.

Otoklerozda tanımlanan on-off etkisi, stapes kasının kısmen fikse olmuş ossiküler zincirin elastik özelliği ile interaksiyone olması sonucu meydana gelir. On-off etkisi bifazik bir admittans artışıdır. Akustik stimülasyonun başlangıç ve sonunda görülür. Erken otoklerozun önemli bir bulgusu olarak kabul edilmektedir¹². Nedeni tam olarak açıklanmasa da bifazik refleks paterninin, henüz sadece stapes anteriorunda otoklerotik fiksasyon olduğu ve stapes posteriorunun henüz mobil olduğu durumda, stapedijs kasının kasılma ve gevşemesi sırasında posterior tabanın hareketi sonucu oluştuğu düşünülmektedir¹².

Akustik admittansmetri ve İmmittansmetri

Akustik admittans, akustik enerji akışına orta kulak sisteminin ne ölçüde izin verdiğinin hesaplanmasıdır. 1987 yılında ANSI (American National Standards Institute) tarafından kabul edilen tanıma göre timpanometri, dış kulak kanalı içindeki hava basıncının bir fonksiyonu olarak dış kulak kanalında akustik immitansın ölçülmesi işlemidir⁵.

Akustik immitans, admittans veya impedans yerine kullanılabilen melez bir terimdir. Akustik empedans ise akustik enerjinin orta kulak iletim sistemi içerisindeki akışına karşı gösterilen direncin ölçümüdür. Teknik olarak doğru olmasa da admittans yerine komplians da kullanılmaktadır. Günümüzdeki tüm ölçüm cihazları aslında admittansı ölçmektedir. Empedans (akustik ohm), akustik enerjinin akışına orta kulak sisteminin gösterdiği dirençtir. Admittans (akustik mmho) ise bunun tersi olarak orta kulak sisteminin kendi üzerinden enerji geçişine gösterdiği geçirgenliktir¹³.

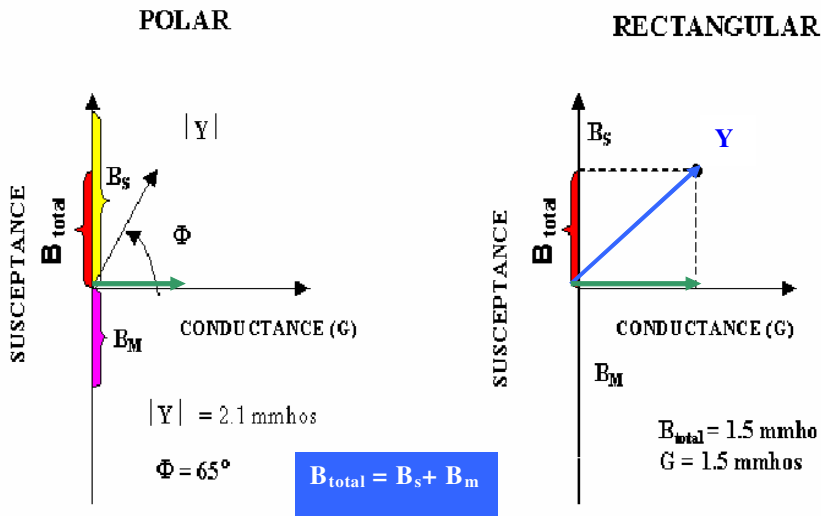
Akustik impedansı ölçen alete impedansmetre denir. İmpedansmetre, dış kulak yoluna yerleştirilmek üzere bir prob içerir. Probun 3 ana parçası vardır: bilinen bir frekansta sinüzoid sinyal veren bir hoparlör, timpan membrandan geri dönen sinyali toplayan bir mikrofon ve prob ile timpanik membran arasında kalan dış kulak yolu basıncını değiştirebilen bir manometre.

Dış kulak kanalı ve orta kulak ileti sistemi mekanik ve akustik elemanlar taşır. Üç tip eleman admitansın belirlenmesinde rol alır: Komplians, kitle ve sürtünme elemanları.

Komplians elemanları tarafından önerilen admitansa komplians Susseptansı- 'Bc' ve kitle elemanları tarafından önerilen admitansa kitle Susseptansı- 'Bm' denir. (Şekil 1) Komplians ve kitle Susseptansları tam olarak eşit olduğunda toplam Susseptans 0 akustik mmhos'a eşit olur ve orta kulak iletim sistemi rezonanstadır. Orta kulakta kütle ve komplians vektörlerinin birbirleri ile aynı büyüklükte oldukları frekansa rezonans frekansı denir¹³. (Şekil 2)

$$B_{total} = B_m + B_c \text{ (Admitans terminolojisi)}$$

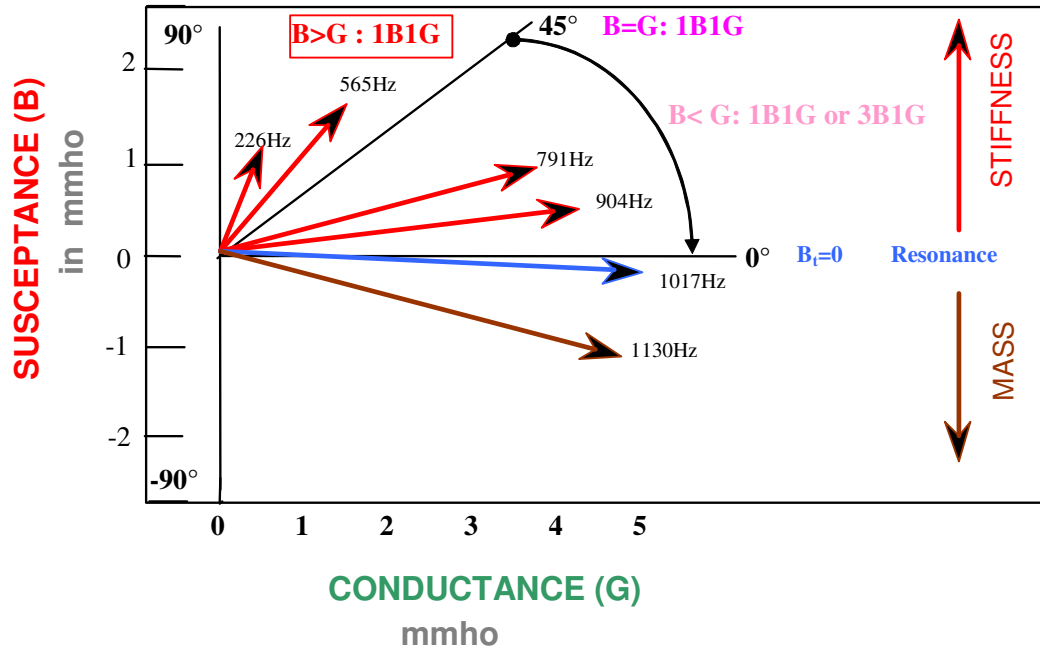
$$X_{total} = X_s + X_m \text{ (Empedans terminolojisi)}$$



Şekil 1: Susseptans ve konduktans vektörleri¹⁴

Klasik Timpanometri sıklıkla 226 Hz. prob tone ile uygulanmaktadır. Düşük frekanslı prob ton kullanılarak yapılan timpanometride orta kulak kompliansın etkisi altındadır. Kitle susseptansı frekans ile doğru orantılıdır. Ancak komplians susseptansı frekans ile ters orantılıdır. Rezonans frekansı kitle ve komplians susseptansının birbirine eşit olduğu yani toplam susseptansın 0 olduğu frekans değeri olarak tanımlanmaktadır¹⁴. Sürtünme komponenti frekansa bağımlı bir parametre değildir. Rezonans frekansında orta kulak admittansını belirleyen komponent sürtünme komponentidir.

Otosklerozun önemli bir etkisi orta kulak sertliğini ve rezonans frekansını artırmasıdır. Standart timpanometri birçok orta kulak hastalığının tanısında kullanılmakla birlikte, otosklerotik kulağı normal kulaktan ayırma konusunda yeterli değildir^{13,15,16,17,18}. Yüksek frekanslı prob ton kullanılarak uygulanan timpanometrinin veya 45 derece admitans faz açısı frekansında uygulanan timpanometrinin otosklerotik kulakları normal kulaklardan ayırmada daha başarılı olduğu bildirilmiştir^{13,19,20}.



Şekil 2: Kitle ve sertliğe göre susseptans ve konduktans eğrileri¹⁴

Timpanometrik ölçümler ve kavramlar

Timpanogramlar kullanılarak orta kulak ileti sisteminin bütünlüğü (kulak zarının durumu, kemikçikler sistemi), orta kulak basıncı, kulak kanalı veya orta kulak hacmi, östaki fonksiyonu ve stapes kası refleksi ile ilgili bilgiler elde edilebilir.

Orta Kulak Basıncı: Normal kulakta elde edilen timpanogramı incelediğimizde maksimum pozitif ve maksimum negatif basınçlarda admitansın minimuma düştüğü gözlenir. Bu basınçlarda membranın aşırı katı hale gelip akustik enerji akımına çok az izin vermesi söz konusudur. Kulak kanalındaki basınç atmosfer basıncına yaklaştığında orta kulağa akan akustik enerji gittikçe artarak pik yapar. Kulak zarının her iki tarafında basınç eşit olduğunda orta kulak admitansı maksimum olur. Östaki fonksiyonu normal kişide bu maksimum admitans 0 ± 50 daPa civarındadır.

Fiziksel Volüm Testi: DKY'daki basınç çok yüksek ya da alçak olduğunda orta kulak katılaşım admittansı 0 olur. Ölçülen admittans DKY hava hacmini verir. +200 daPa'da, zar intakt ise ortalama çocuklarda 0.7 ml, erkek erişkinlerde 1.1 ml dir²¹.

Statik Akustik Admittans: Net orta kulak admittansı prob ucundaki pik admittanstan dış kulak volümünün admitansı çıkarılarak elde edilir. Çocuklarda ortalama 0.5, erişkinlerde 0.8 mmhos olup 0.3 ile 1.4 mmhos arasında değişmektedir²¹.

Timpanometrik Genişlik: Statik admitansın yarı yüksekliğinden çekilen yatay çizginin, pik eğrinin kolları arasında kalan genişliktir. Normalde 50-150 daPa arasındadır²¹.

226-Hz Timpanogram Tipleri: İlk kez Linden ve Jerger tarafından belirlenen ve en çok kullanılan beş temel tip (A,As,Ad,B,C) eğri mevcuttur²¹.

Tip A : +50 ile -50 daPa arasındaki basınçta pik yapan, amplitüdünün normal sınırlarda (ortalama 0.6 ml) olduğu timpanogram eğrisidir. Sıklıkla normal kulaklarda elde edilen timpanogram tipidir.

Tip B: Pik oluşturmeyan timpanogram eğrisidir. Orta kulak efüzyonu, timpan zar perforasyonu, serümen ile probun tıkanması, dış kulak yolunu tıkayan serumen, tüpün ağzının dış kulak yoluna dayanması gibi probun yerleştirilmesinde yanlışlık olduğu durumlarda tip B timpanogram elde edilir.

Tip C: Normal amplitüdümlü pik yapan ancak pik basıncının -50 daPa'dan düşük değerlerde gerçekleştiği timpanogram eğrisidir. Orta kulakta negatif basınç varlığında elde edilmektedir.

Tip As: +50 ile -50 daPa basınçlar arasında pik yapan ancak amplitüdün 0.3 ml'den az olduğu timpanogram eğrisidir. Otoskleroz ve ossiküler fiksasyonda rastlanmaktadır.

Tip Ad: +50 ile -50 daPa basınçlar arasında pik yapan ancak amplitüdün çok yüksek seyrettiği timpanogram eğrisidir. Kemikçik zincir disartikülasyonu, monomerik membran, timpanosklerotik plak olduğu durumlarda Tip Ad timpanogram elde edilir.

Tip D: Keskin çentiklenme görülen timpanogramlardır.

Tip E: Keskin olmayan çentiklenme görülen timpanogramlardır.

Timpanometride karşılaşılan yanlışlar ve nedenleri

Timpanometrideki yanlışlar hastaya, cihaza veya uygulayana bağlı olabilir. Öncelikle hastanın yutkunması veya hareket etmesi yanlış sonuçlar verebilir. Cihaza bağlı voltaj veya kalibrasyon bozukluğu olmaması gerekmektedir. En önemlisi uygulayana bağlı olan hatalardır. Probun yanlış yerleştirilmesi, buşonun iyi temizlenmemesi, uygun protokolle yapılmaması ve test sırasındaki dikkatsiz kayıtlar (sağı/solu karıştırmak, refleksleri yanlış kaydetmek) sonuçları olumsuz etkilemektedir.

Son yıllarda, 10 frekanslı prob tone kullanabilen multifrekansiyel timpanometriler geliştirilmiştir.

Prob tonun değişik frekanslarda uygulanması özellikle orta kulak kemikçik zincirinde ayrılma olması sonucu ses iletiminin bozulması gibi düşük impedanslı patolojileri tanısında yarar sağlamaktadır

Akustik Stapes Refleksi

İlk akustik refleks ölçümleri Metz tarafından geliştirilmiştir. Sesli bir uyarana karşı m. stapediusun kasılmasıyla sonlanan bu refleks kokleayı yüksek şiddetteki sese karşı koruma amacını güder. Metz 1952 yılında koklear işitme kayıplarında refleks eşiğinin normale göre daha düşük seviyelerde meydana geldiğini bildirmiştir. Akustik refleks dış kulak yoluna 70-100 dB HL şiddetinde ses verilmesi ile meydana gelir. Metz pozitifliği bulgusu lezyonun koklear patoloji ile uyumlu olduğu şeklinde kabul edilebilir ve subjektif bir test olan SISI testine göre daha güvenilir bir metoddur. Buna karşılık stapes kası refleksi eşiği retrokolar işitme kayıplarında giderek yükselir. 90 dB HL ve üstünde ortaya çıkar. Bu olay retrokoklear işitme kayıplarıyla uyumlu olarak kabul edilmektedir^{22,23}.

Her ne kadar çok küçük bir kuvvet oluştursa da, musculus tensör timpani ve musculus stapediusun kasılmaları, osiküler zincirin akustik admitansını belirgin olarak değiştirmektedir.

Akustik Refleks Ölçümleri

Akustik refleks ölçümleri değişik şekillerde yapılabilir. Perfore zardan direkt gözlem veya kasın ya da tendonun elektromyografisi ölçülerek hesaplanabileceği gibi kontraksiyonla dış kulak kanalındaki basınç değişikliğinin hesaplanması veya akustik admitanstaki değişikliklerin hesaplanması ile de belirlenebilir.

Akustik refleks ölçümünde kullanılan prob frekansının 220 Hz olması idealdir. 70 dB HL şiddette ses verilir. Refleks alınana kadar 10 dB HL'lik arttırmalar yapılır. Ölçüm önce 500 Hz frekansta yapılmaya başlanır. Sonra sırasıyla kontralateralde 1000-2000-4000 Hz, ipsilateralde ise 500-1000-2000 ve 4000 Hz frekansta bakılır. Akustik admitans değişikliğine sebep olan en küçük stimulus düzeyine akustik stapes refleksi (ARE) eşiği denir.

Akustik Refleksin Klinik Uygulamaları:

Sol ipsilateral refleks için prob sol kulağa takılır, uyaran sol kulaktan verilir. Sol kontralateral refleks için ise prob sağ kulağa takılır, uyaran sol kulaktan verilir.

500 ile 4000 Hz frekansları arasında kontralateral akustik refleks eşiği 80-85 dB HL'dir. İpsilateral eşik biraz daha düşük olmakla birlikte hemen hemen aynı bulunmuştur²¹. Ciddi koklear işitme kayıplarında ise refleks eşiği daha düşük elde edilir.²¹

Stapes kontraksiyonunun kuvvetinin uzun süreli uyarılma sırasında azalmasına akustik refleks erimesi denmektedir. Normal işiten kişilerde adaptasyon frekansa bağlıdır. Yüksek frekanslarda adaptasyona daha sık, düşük frekanslarda adaptasyona daha seyrek rastlanır. Akustik refleks erimesi testi fizyolojik adaptasyonun oluşabileceği 2000 ve 4000 Hz frekanslarda yapılmaz.

Akustik refleks erimesi testinin gerçekleştirilmesi sırasında akustik refleks eşiğinin 10 dB üzerinde stimulus 10 sn süreyle verilir. İlk 5 sn'de refleks amplitüdü %50'lik düşüğe uğrarsa refleks erime testi pozitif olarak değerlendirilir. Testin pozitifliği retrokoklear patolojiyi düşündürür.

Multifrekansiyel Timpanometri

226 ya da 678 Hz.'lik prob tonlu timpanometreler ile kesin ayırıcı tanısı yapılamayan durumlarda multifrekans timpanometri yardımcı olmaktadır. Prob tonun değişik frekanslarda uygulanması özellikle orta kulak kemikçik zincirinde ayrılma olması sonucu ses iletiminin bozulması gibi düşük impedanslı patolojilerin tanısında yarar sağlamaktadır. Multifrekans timpanometrisi, 226 Hz ile 2000 Hz arasında değişik prob tonlar ile elde edilen timpanogramların analizini sağlayan bir yöntemdir. Düşük prob ton frekansları kullanıldığında timpanogram daha çok orta kulak ve timpan zarının katılığı hakkında bilgi vermektedir. Yüksek frekanslı prob tonlar ise orta kulak sisteminin kitlesel etkisini arttıran patolojilerde daha çok değer taşımaktadır.

Multifrekansiyel timpanogram otoskleroz, ossiküler zincirde parsiyel ve total devamsızlık, orta kulak malformasyonları, primer kolesteatom, orta kulak

tümörleri, osteogenesis imperfekta ve ossiküler zincirin fibröz displazisi gibi patolojilerin ayırıcı tanısında önemli tanı kriterlerini sunar.

Multifrekansiyel timpanometri ülkemizde yeni kullanıma girmiş bir tanı yöntemidir. Son zamanlardaki bu konuda yapılmış değişik uluslararası araştırmalar bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar özellikle orta kulak effüzyonu ve otoskleroz tanısı üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Multifrekansiyel Timpanometri'nin Çalışma Prensipleri:

Öncelikle 226 Hz'lik prob ton kullanılarak timpanogram ve statik admittans kaydedilir. Timpanogram kaydı, hava basıncı +200 ile -400 daPa arasında 200 daPa /saniye oranında değiştirilerek yapılır. Daha sonra orta kulağın rezonans frekansı, prob tonu 250 Hz ile 2000 Hz arasında 50 Hz lik basamaklar şeklinde taranarak ve kulak kanalına +200 daPa basınç uygulanılarak araştırılır. Bu ölçümler sırasında saptanan faz açısı ölçümleri hafızaya kaydedilir. İkinci bir prob ton ise timpanometrinin tepe değerindeki basınç kulak kanalına uygulanarak verilir. Her iki ölçüm arasındaki veri farkları frekansiyel fonksiyonlu bir grafikte değerlendirilir. Düşük frekanslarda timpanometride tek tepe noktası izlenmektedir. Ters bir şekilde, yüksek frekans prob tonlu timpanogramlar çok sayıda tepe noktaları içerir.

Normal orta kulakta sesin gazdan önce katıya, daha sonra sıvıya transferi akustik admittans kuralları ile ayarlanmaktadır^{24,25}. Akustik immitans (Y), akustik empedansın (Z) tersi olarak tanımlanmaktadır.

Akustik immitans aşağıdaki formül ile açıklanmaktadır.

$Y=1/[c+j(2Jf m-k/2Jf)]$. Bu formülde m: orta kulak kütlelerini, k: kemikçik ve timpanik membran ligamentlerinin sertliği, $2Jf m$: kütle susseptansı, $k/2Jf$: komplians veya sertlik susseptansı ve c: kondüktans. Açık ki sesin frekansı arttıkça sistem daha çok kütlelerden etkilenmektedir. Frekans azaldıkça sistem daha çok komplianstan etkilenmektedir.

$Y=1/c$ olana tek bir frekans vardır ve bu frekansta total suseptans 0 dır. Bu f değeri rezonans frekansı olarak tanımlanmaktadır. Sonuçta kondüktanstan bağımsız olarak yüksek rezonans frekansı olan sistemler yüksek sertliği olan sistemlerdir ve düşük

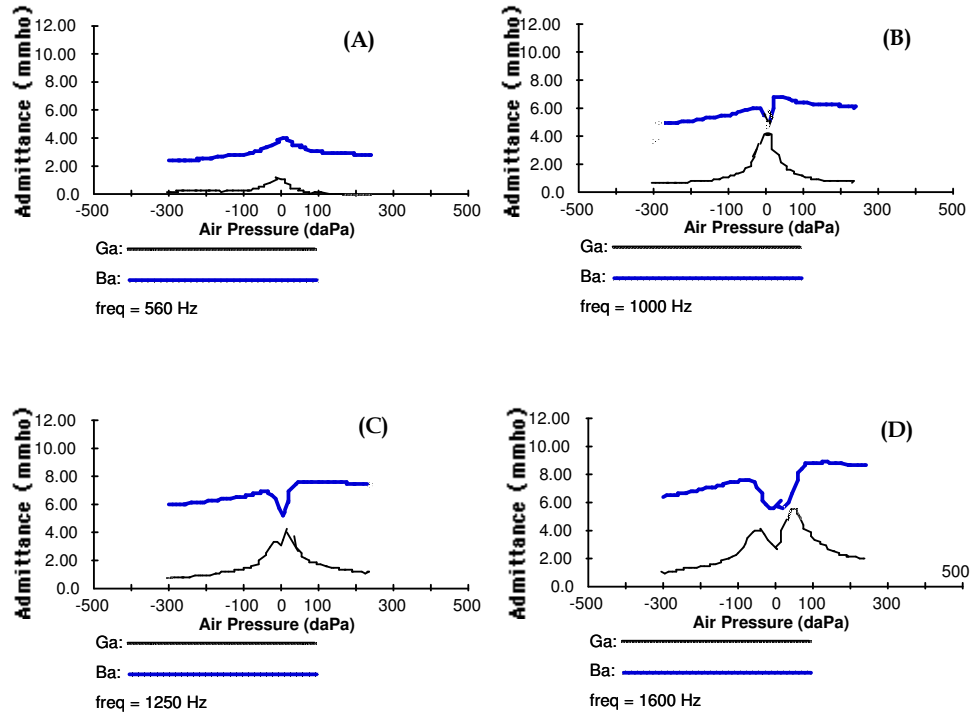
rezonans frekansı olan sistemler de yüksek kütleli sistemlerdir²⁶. Kütle etkisi altındaki orta kulaklara örnek kolesteatoma veya kemikçik zincir ayrılması ve sertlik etkisi altındaki kulaklara da otoskleroz ve timpanoskleroz örnek olarak verilebilir.

Vanhuyse, Creten ve Van Camp (1975) değişik frekanslarda timpanometrileri incelemiş ve Susseptans (B) ve kondüktans (G) timpanogramlarının değişik frekanslardaki modellerini belirlemişlerdir²⁷. 1B1G paterninde orta kulak kompliansının etkisi altındadır. Admittans faz açısı 45 ile 90 derece arasındadır. Standart düşük frekans timpanometri 1B1G paternindedir. 3B1G paternindeki susseptans eğrisi, 3 tepe noktası içerir. Faz açısı 0 ile 45 derece arasındadır. 3B3G paterninde faz açısı -45 ile 0 derece arasındadır ve hem susseptans, hem kondüktans timpanogramları 3 tepe noktası içerir. 5B3G paterninde faz açısı -90 ve -45 derecelar arasındadır ve susseptans eğrisi 5 tepe noktası içerir. Orta kulağı ilgilendiren patolojilerde Vanhuyse paternlerinin görüldüğü frekanslar değişmektedir. Örneğin otoskleroz gibi rezonans frekansını arttıran durumlarda Vanhuyse eğrileri daha yüksek frekanslarda görülecektir. Vanhuyse paternleri kullanılarak rezonans frekansı da hesaplanabilir. 3B3G modelinde B timpanogramdaki orta çentik pozitif veya negatif kuyruğa eşit olduğunda toplam susseptans değeri 0 dır ve orta kulak rezonans frekansındadır denir¹⁴. (Şekil 3)

Ortalama 630 Hz (500-700) frekansta admittans faz açısı 45 derecededir ve son zamanlarda otosklerotik kulakların normal kulaklardan ayırt edilmesinde tek başına en etkin parametre olduğunu destekleyen yayınlar mevcuttur¹⁴.

Otosklerozdaki sponjioz kemik oluşumu timpano-ossiküler sistemde sertliğin artmasına neden olmaktadır. Bu da susseptansın komplians parçasının artması anlamına gelmektedir¹³.

Shahnaz ve Polka, otosklerozun önceden beri bahsedildiği gibi sadece orta kulağın sertlik komponentini etkileyen bir patoloji değil de aynı zamanda sürtünme komponentini de etkileyen bir patoloji olduğunu göstermişlerdir¹³. Ancak bu konuda ileri çalışma gerekmektedir.



Şekil 3: Akustik admittans eğrileri¹⁴. **A:**1B1G, **B:**3B1G, **C:**3B3G, **D:**5B3G

GEREC VE YÖNTEMLER

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı'nın Odyoloji Yüksek Lisans tezi olarak gerçekleşmiştir. Bu çalışmada Ege Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalında odyolojik değerlendirme ve klinik verilere göre iletim tipi işitme kaybı saptanarak eksploratris timpanotomi operasyonu uygulanan ve ameliyat sonucunda otoskleroz saptanmış olan toplam 25 kulakta değerlendirilmiştir. Çalışma dahilindeki operasyonlar Ocak 2005 - Aralık 2005 tarihleri arasında yapılmıştır. Otoskleroz grubu ve kontrol grubu (50 hasta, 100 kulak) olarak 2 grup belirlenmiş ve bu gruplara belirli kriterlere göre hastalar dahil edilmiştir.

Otoskleroz grubunun çalışmaya alınma kriterleri şu şekildedir:

A: Tek ya da çift taraflı iletim tipi ya da mikst tip işitme kaybı olması ve mikrotoskopik bakışının normal olarak değerlendirilmesi

B: Elektroakustik immitansmetri sonucunda Tip A, Tip Ad veya Tip As timpanogram elde edilmiş ve ipsilateral ve kontralateral reflekslerinde

otosklerozla uyumlu olabilecek on-off etkisi, reflekslerde azalma veya kaybolma elde edilerek otoskleroz öntanısıyla orta kulak eksplorasyonuna karar verilmesi

C: Aynı deneyimli cerrah tarafından ameliyat sırasında sadece stapes tabanında fiksasyon saptanarak otoskleroz tanısının peroperatuar olarak kanıtlanması.

Bu kriterlere göre otoskleroz grubuna alınan vakaların 7 tanesi erkek, 18 tanesi kadındır. Yaş ortalaması 39,6 yıldır. Erkek vakaların yaş ortalaması 34,4 yıl ve yaş aralığı 24-45 yıl arasındadır. Kadın vakaların yaş ortalaması 41,6 yıl ve yaş aralığı ise 29-57 yıl arasındadır.

Kontrol grubunun çalışmaya alınma kriterleri:

A: Herhangi bir kulak burun boğaz, sistemik veya nörolojik patolojisinin bulunmaması, muayenelerinin normal olması.

B: Elektroakustik immitansmetri testinde tepe değeri +/- 50 daPa olan normal sınırlarda tip A timpanogram, 500-4000 Hz arasındaki frekanslarda ipsilateral ve kontralateral reflekslerin normal düzeyde elde edilmesi.

C: Konuşmayı ayırtetme skorunun %80-100 arasında olması.

D: Distortion product otoakustik emisyonlarının sinyal gürültü oranının en az 3 frekans bandında 6 dB den yüksek olması.

Bu kriterlere göre kontrol grubuna alınan vakaların 17 tanesi erkek, 33 tanesi kadındır. Kontrol grubu yaş ortalaması 36,12'dir. Yaş aralığı 26-56 yıl arasındadır.

Her iki gruba aşağıdaki odyometrik değerlendirmeler yapılmıştır:

A: Saf Ses İşitme Testleri

Havayolu işitme eşikleri 250-8000 Hz arasındaki frekanslarda, kemik yolu işitme eşikleri ise 500-4000 Hz arasında ölçülmüştür.

B: Konuşma Odyometrisi

Konuşmayı alma eşiği her vakaya göre belirlenmiştir. Konuşmayı alma eşiğinin 25-40 dB üzerinde en rahat dinleme seviyesinde tek heceli kelime listeleri kullanılarak konuşmayı anlama puanı belirlenmiştir.

C: Akustik İmmitansmetrik İnceleme

Akustik immitansmetri ile her iki kulağın timpanogramları yapılmış, 500,1000,2000 Hz de ipsilateral ve 500,1000,2000 ve 4000 Hz de kontralateral refleks eşikleri değerlendirilmiştir.

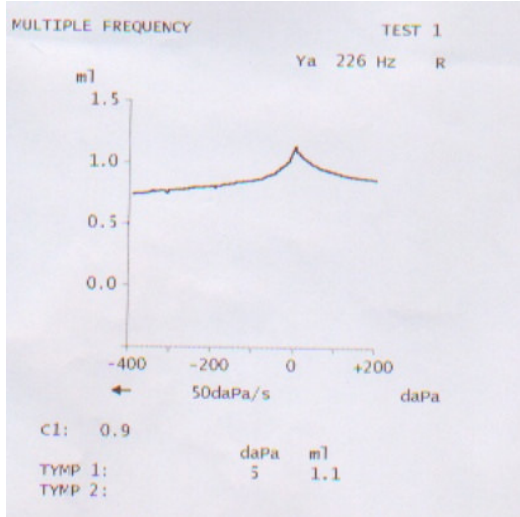
D: Distortion Product Otoakustik Emisyon

E: Multifrekansiyel timpanometri (rezonans frekansının saptanması, rezonans frekansda timpanogram elde edilmesi)

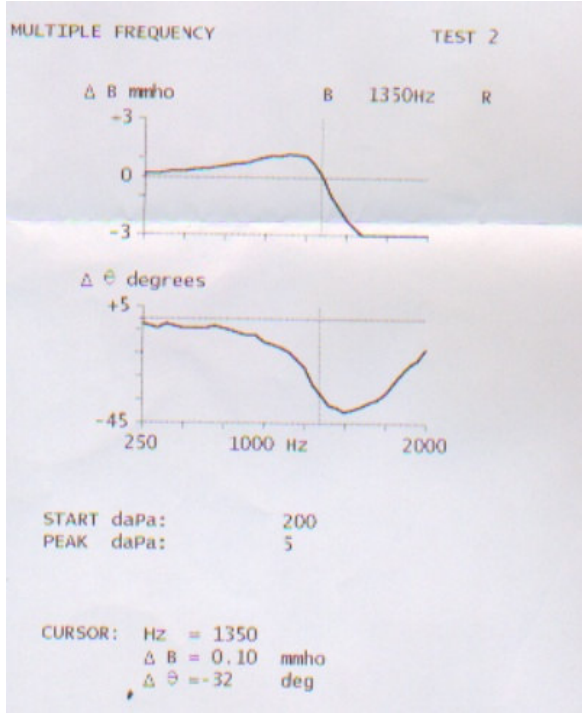
İmmitans değerlendirmeleri orta kulak analizatörü kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle 226 Hzlik prob ton kullanılarak timpanogram ve statik admitans kaydedilmiştir (Şekil 4). Timpanogram kaydı, hava basıncı +200 ile -400 daPa arasında 200 daPa /saniye oranında değiştirilerek kaydedilmiştir (Şekil 4). Daha sonra orta kulağın rezonan frekansı, prob tonu 250 Hz ile 2000 Hz arasında 50 Hz lik basamaklar şeklinde taranarak ve kulak kanalına +200 daPa basınç uygulanılarak araştırılmıştır. Bu ölçümler sırasında saptanan faz açısı ölçümleri hafızaya kaydedilmiştir. İkinci bir prob ton ise timpanometrinin tepe değerindeki basınç kulak kanalına uygulanarak verilmiştir. Her iki ölçüm arasındaki veri farkları frekansiyel fonksiyonlu bir grafikte değerlendirilmiştir (Şekil 5). Orta kulak rezonans frekansında prob tonu kullanılarak tekrar bir timpanogram kaydedilmiştir (Şekil 6). Bu ölçümler GSI tymptstar ver.2 marka ve model multifrekans timpanometri cihazında yapılmıştır. (Resim 1)



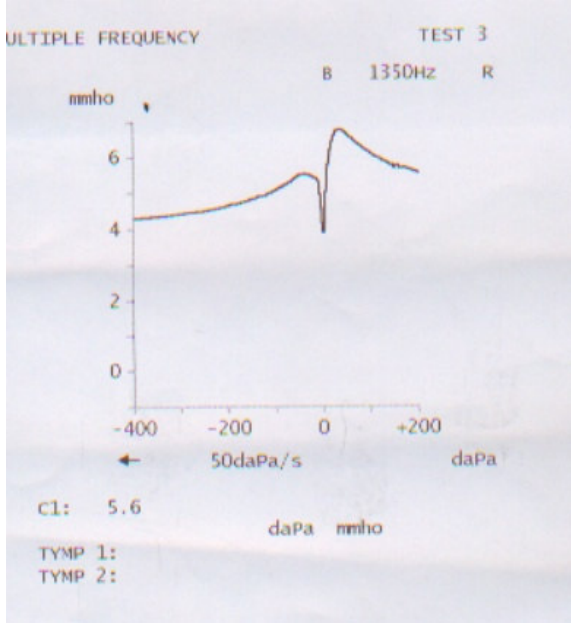
Resim 1: GSI tymptstar marka multifrekans timpanometri cihazı



Şekil 4: Multifrekans timpanometrinin aşamaları; 226 Hz'de timpanogram



Şekil 5: Multifrekans timpanometrinin aşamaları; rezonans frekansının saptanması



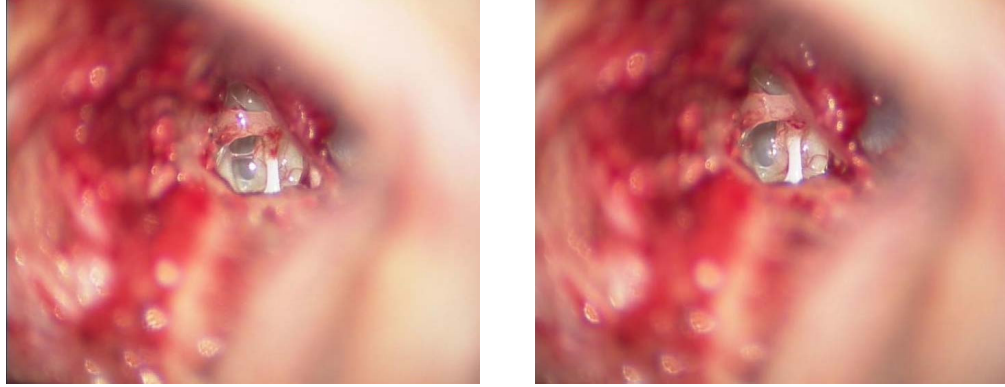
Şekil 6: Multifrekans timpanometrinin aşamaları; rezonans frekansında elde olunan timpanogram eğrisi

Tüm operasyonlar genel anestezi altında yapılmıştır. Operasyon sırasında otosklerotik taban tipleri belirlenmiştir. Tüm operasyonlarda bulguların daha sonra da değerlendirilmesine imkan vermek amacıyla görüntü kaydı alınmıştır.

Çalışmada elde edilen normal orta kulak ve otoskleroz tanısı ameliyatla kesinleşmiş orta kulak multifrekansiyel timpanogram değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Hastanın opere edilen kulağı ile karşı kulağı arasında elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Ayrıca ameliyat sırasında elde edilen bulgularla odyolojik olarak elde edilen veriler arasında bir korelasyon bulunup bulunmadığı değerlendirilmiştir. Elde edilen tüm veriler literatürde daha önce elde edilmiş sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

BULGULAR

25 iletim tipi işitme kaybı ön tanısıyla opere edilen kulakların tümünde cerrahi olarak otoskleroz tanısı konulmuştur (Resim 2)



Resim 2: Operasyon sırasında elde edilen otosklerotik stapes tabanı fotoğrafları

Opere edilen toplam 25 kulağın kemik yolu ortalaması 24,5 dB HL, hava yolu ortalaması 56,4 dB HL'dir. Opere edilen kulaktaki orta kulak rezonans frekansı ortalaması 1190 Hz dir. Vakalara ait hava yolu, kemik yolu ve orta kulak rezonans frekansları tablo 1'de gösterilmiştir. Frekansiyel değerler detaylı olarak ekte sunulmuştur (Appendix 1). Otosklerozlu kulakların beş tanesinde Carhart çentiği saptanmıştır.

Vaka no	Taraf	Havayolu dBHL	Kemikyolu dBHL	Rezonans Frekansı Hz
1	sağ	46,7	23,3	1250
2	sol	51,7	36,7	850
3	sol	38,3	8,3	550
4	sağ	46,7	11,7	1350
5	sağ	66,7	25	1350
6	sol	45	8,3	1300
7	sol	40	8,3	1050
8	sol	50	20	1300
9	sol	93,3	63,3	1800
10	sağ	50	25	650
11	sol	30	8,3	1550
12	sol	56,7	13,3	1500
13	sol	81,7	56,7	1000
14	sağ	76,7	26,7	1300
15	sol	63,3	26,7	1100
16	sol	51,7	25	1200
17	sağ	43,3	25	1250
18	sağ	95	38,3	1200
19	sol	53,3	25	1100
20	sol	63,3	20	1300
21	sağ	65	28,3	1000
22	sağ	58,3	25	1100
23	sol	48,3	20	1200
24	sağ	46,7	23,3	1350
25	sağ	48,3	21,7	1150

Tablo 1: Opere olan kulakların hava, kemik yolu ortalamaları ve rezonans frekansları

Opere kulaklardaki orta kulak kompliansların ortalama değeri 0,73 ml'dir. A tipi timpanogram eğrisi olan vakaların sayısı 13, A tipi timpanometri eğrisi olan vakaların kompliyans değeri ortalaması ise 0,74 ml'dir. Ad tipi timpanogramlı olgu sayısı 2, As tipi timpanogramlı olgu sayısı ise 10 dur. Ad tipi timpanogramlı olguların komplians ortalaması 3,2 ml'dir. As tipi timpanogramı olan vakaların komplians ortalaması 0,275 ml'dir.

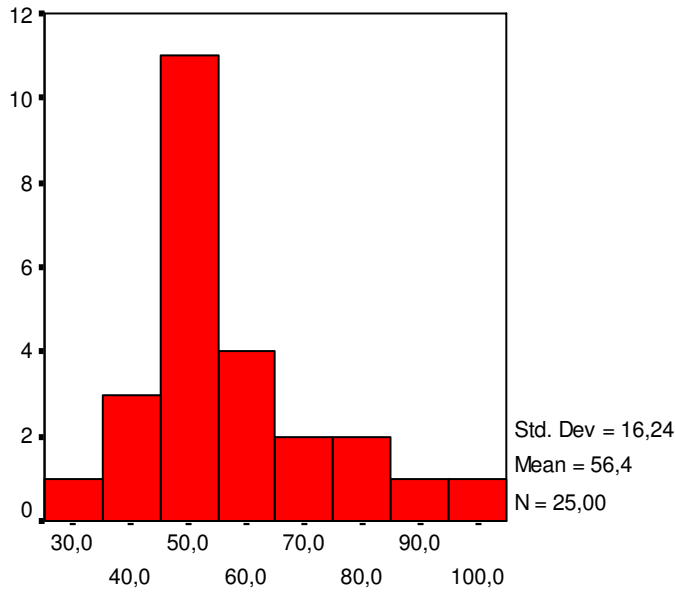
Opere olan vakaların orta kulak kompliansları, rezonans frekansları ve taban tipleri tablo 2'de özetlemiştir.

Vaka no	Komplians Ml	Rezonans Hz	Taban
1	0,5	1250	Tip 3
2	4	850	Tip 3
3	1	800	Tip 3
4	0,2	1350	Tip 3
5	0,4	1350	Tip 3
6	0,6	1300	Tip-3
7	1,2	1050	Tip 5
8	0,3	1300	Tip 3-4
9	0,2	1800	Tip 3
10	0,2	650	Tip 3
11	0,1	1550	Tip 3
12	0,3	1500	Tip 3
13	0,6	1000	Tip 3
14	0,2	1300	Tip 3
15	1	1100	Tip 3
16	0,2	1200	Tip 3
17	0,2	1250	Tip 3
18	0,3	1200	Tip 3-4

19	0,4	1100	Tip 3, Mobilizasyon
20	0,9	1300	Tip-3, Taban Ayrıldı
21	1,5	1000	Tip 2, Taban Ayrıldı
22	0,6	1100	Tip 3 Obliteratif
23	0,5	1200	Tip 3, Taban Ayrıldı
24	0,5	1350	Tip 3
25	2,4	1150	Tip 3

Tablo 2: Opere kulakların komplians, rezonans frekansları ve taban tipleri

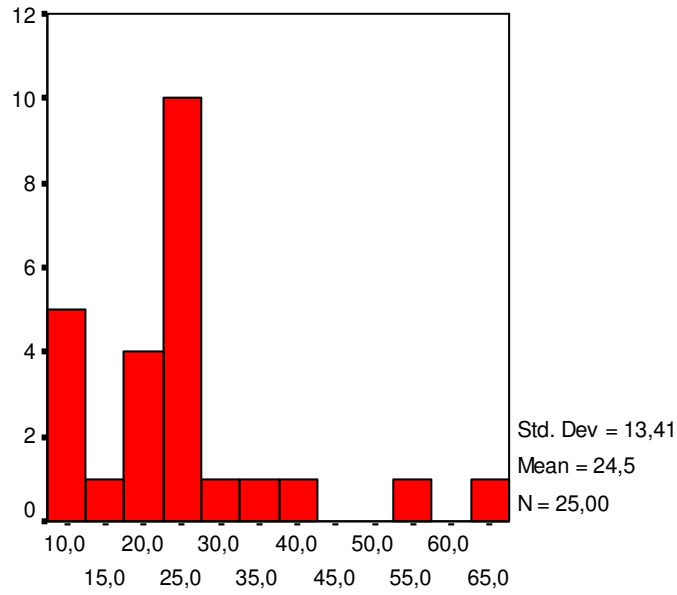
Otoskleroz grubunun hava yolu dagilimi



HAVAYOLU

Grafik 1: Otoskleroz grubunun hava yolu dağılımı

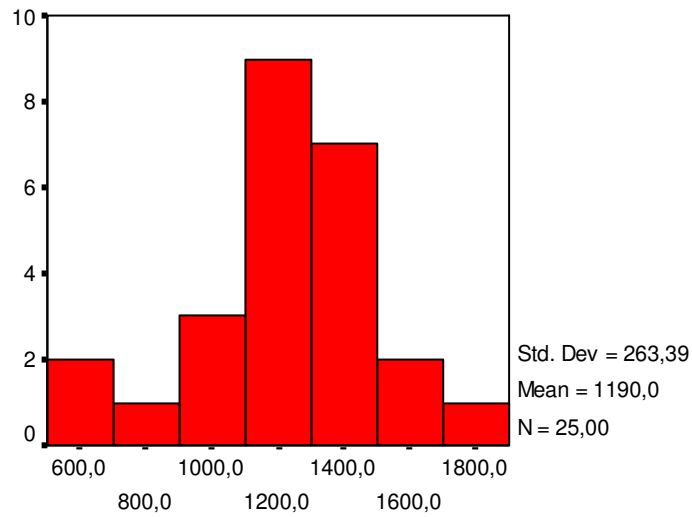
Otoskleroz grubunun kemik yolu dagilim



KEMIKYOL

Grafik 2: Otoskleroz grubunun kemik yolu dağılımı

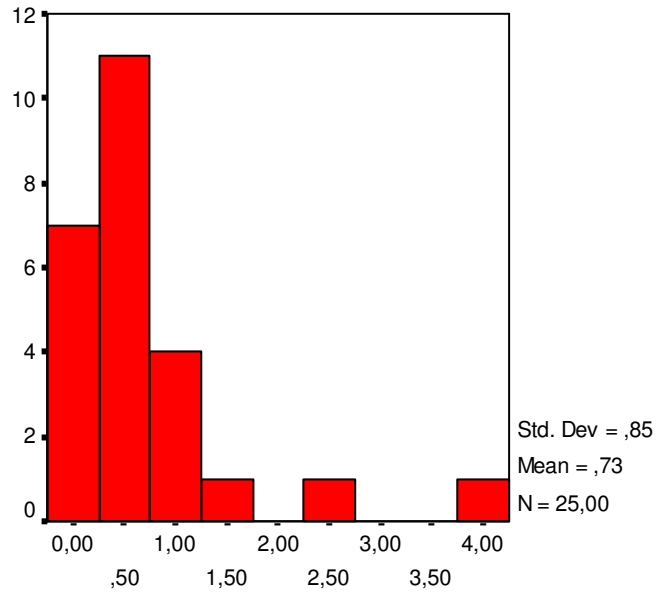
Otoskleroz grubunun rezonans frekans dagilimi



REZONANS

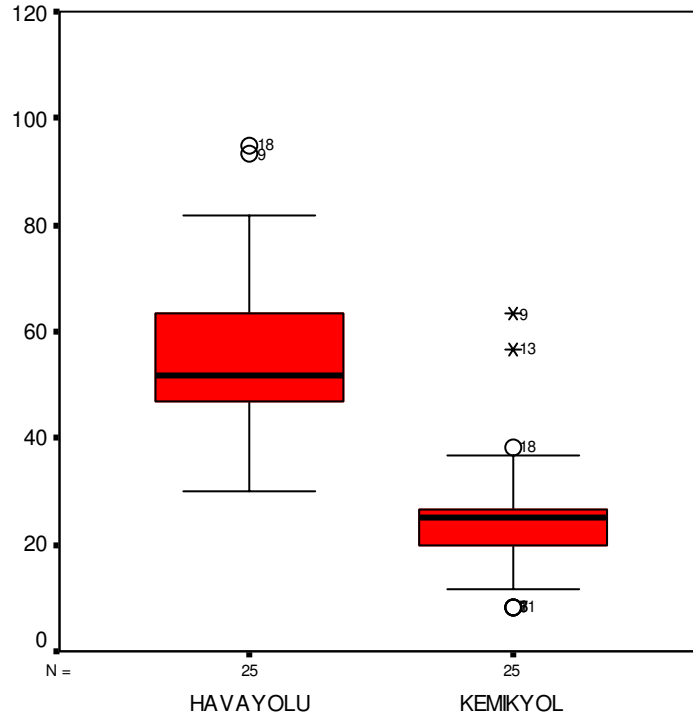
Grafik 3: Otoskleroz grubunun rezonans frekansı dağılımı

Otoskleroz grubunun kompians dagilimi

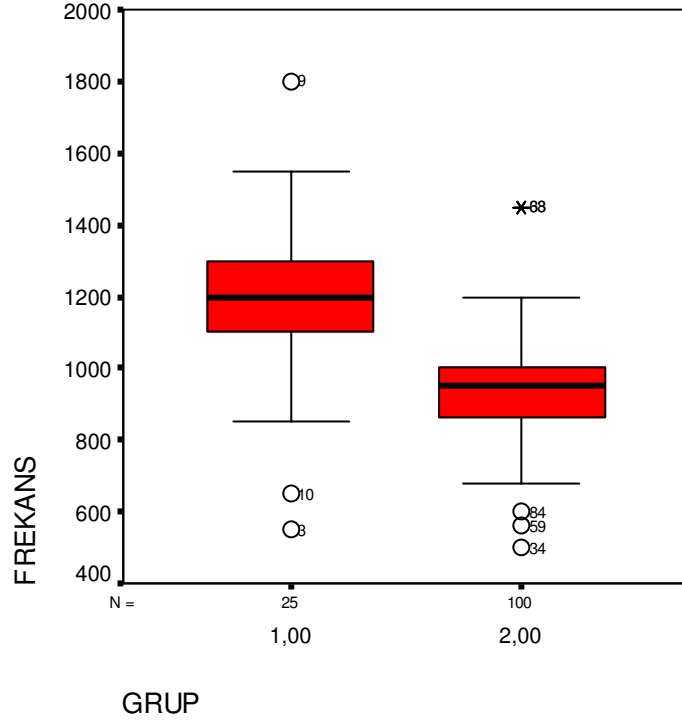


KOMPLI

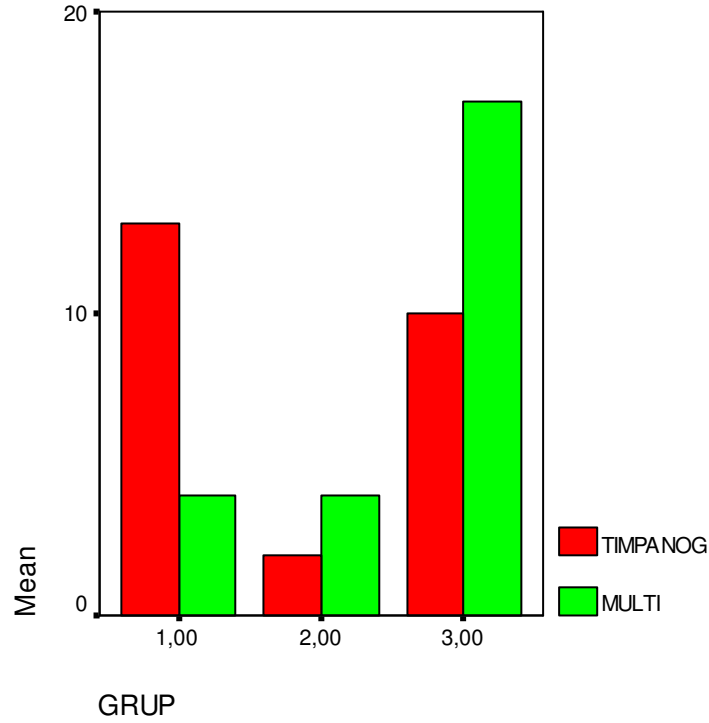
Grafik 4: Otoskleroz grubunun kompians değerlerinin dağılımı



Grafik 5: Otoskleroz grubunun hava ve kemik yolu değerleri



Grafik 6: Otosklerozlu ve normal kulakların kompians değerlerinin karşılaştırılması. (Grup 1: Otosklerozlu kulaklar, Grup 2: Normal kulaklar).



Grafik 7: Otosklerozlu kulakların değerlendirilmesi

- Kırmızı renk Timpanogram (Grup 1:Tip A, Grup 2: Tip Ad, Grup 3: Tip As).
- Yeşil renk Multifrekans timpanometri (Grup 1: Ters V, Grup 2: W, Grup 3: Sağ bacağı kısa şekilli W)

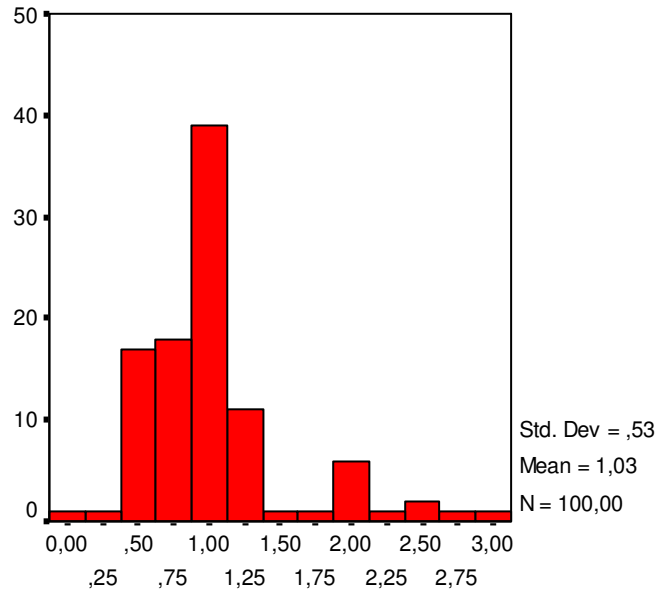
Kontrol grubu dahilindeki toplam 50 kişinin yaş ortalaması 36,1 dir. Sağ kulağa ait komplians değerlerinin ortalaması 1.03 ml, rezonans frekans ortalaması 956,4 Hz'dir. Sol kulağa ait komplians değerlerinin ortalaması 1.03 ml, rezonans frekans ortalaması 912,8 Hz'dir. Her iki kulak göz önüne alındığında komplians değerlerinin ortalaması 1.03 ml, rezonans frekans değerlerinin ortalaması 934,6 Hz'dir. Kontrol grubuna ait komplians değerleri ve rezonans frekansları tablo 3 'de gösterilmiştir.

Kontrol no	Komplians sağ	Rezonans sağ	Komplians sol	Rezonans sol
1	1,00	1000,00	,90	1100,00
2	,90	1000,00	1,00	900,00
3	1,00	700,00	,50	950,00
4	,60	900,00	,80	850,00
5	1,00	850,00	,60	950,00
6	1,00	850,00	3,00	800,00
7	,50	950,00	,50	900,00
8	1,00	900,00	1,00	900,00
9	2,00	500,00	1,00	600,00
10	2,00	1150,00	1,30	950,00
11	2,10	850,00	1,20	700,00
12	,80	1100,00	,90	1050,00
13	,90	1450,00	1,10	950,00
14	,70	1200,00	,80	1050,00
15	,20	900,00	,10	850,00
16	,40	900,00	,40	950,00
17	,80	950,00	,90	960,00
18	,50	950,00	,60	950,00
19	2,20	1000,00	2,50	800,00
20	,40	800,00	,50	750,00
21	1,00	940,00	,90	1000,00
22	1,00	900,00	1,10	950,00
23	1,10	1100,00	1,20	900,00
24	,90	1050,00	1,00	1000,00
25	,80	800,00	,80	800,00
26	1,20	1000,00	1,00	1100,00
27	,80	1000,00	1,00	940,00

28	1,20	760,00	,70	950,00
29	,80	900,00	,70	890,00
30	,80	890,00	,80	950,00
31	1,20	870,00	2,80	860,00
32	,50	950,00	,80	900,00
33	1,00	900,00	1,00	900,00
34	1,80	560,00	1,00	680,00
35	2,00	1150,00	1,30	950,00
36	2,10	850,00	1,20	760,00
37	1,40	1100,00	1,00	1050,00
38	,90	1450,00	1,30	950,00
39	,90	1200,00	1,00	1050,00
40	,50	1000,00	,40	890,00
41	,40	920,00	,60	950,00
42	,80	970,00	,90	970,00
43	,60	950,00	,80	980,00
44	2,00	1000,00	2,40	830,00
45	,70	840,00	,70	770,00
46	1,00	950,00	,90	1000,00
47	1,00	920,00	1,10	950,00
48	1,10	1100,00	1,20	950,00
49	,90	1080,00	1,00	1000,00
50	1,30	820,00	1,10	860,00

Tablo 3: Kontrol grubu orta kulak kompliansları ve rezonans frekansları. Grafikler aşağıda gösterilmiştir.

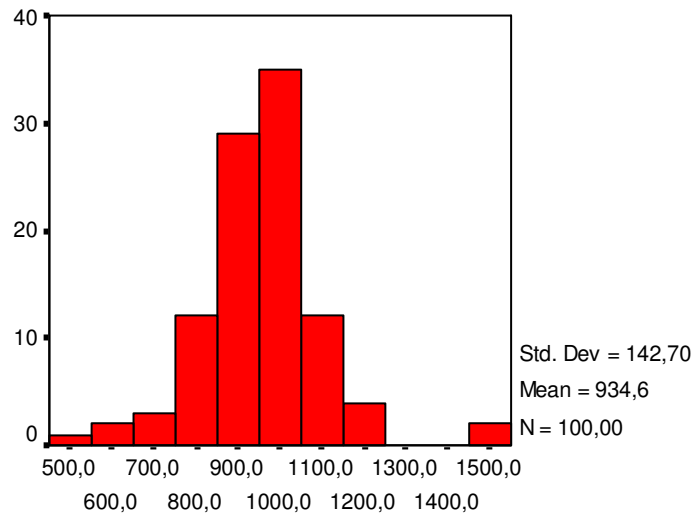
Kontrol grubunun komplians dagilimi



K_KOM

Grafik 8: Kontrol grubunun komplians değerlerinin dağılımı

Kontrol grubunun rezonans frekans dagilimi



K_REZ

Grafik 9: Kontrol grubunun rezonans frekanslarının dağılımı

Otoskleroz ve kontrol grubunun komplians ve rezonans frekanslarının minimum-maksimum değerleri, ortalaması ve standart sapmaları tablo 4'te gösterilmiştir.

OTOSKLEROZ GRUBU				
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Komplians fr.	0,1	4	0,732	0,85475
Rezonans fr.	650	1800	1190	241,95385
KONTROL GRUBU				
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Komplians fr.	0,1	3	0,970	0,528
Rezonans fr.	500	1450	934,6	142,69711

Tablo 4: Otoskleroz ve kontrol grubunun komplians ve rezonans frekanslarının minimum-maksimum değerleri, ortalaması ve standart sapmaları

%95 güvenilirlik aralığı ile toplamda alt sınır 950 Hz iken üst sınır 1021 Hz'dir. Sonuç olarak, 1021 Hz'nin altındaki kulaklar normal, üstündeki kulaklar ise otoskleroz olarak kabul edilmiştir. Bu eşik değerine göre 100 normal kulaktan 8 tanesi yanlış sınıflandırılmış (Spesifisite: %82) iken 25 otosklerozlu kulaktan ise 5 tanesi yanlış sınıflandırılmıştır (Sensitivite: %80).

	Kulak Sayısı	%95 Frekans Alt Sınırı	%95 Frekans Üst sınır	Minimum Frekans Değeri	Maksimum Frekans Değeri
Otoskleroz	25	1081	1298	550	1800
Normal	100	906	962	500	1450
Toplam	125	950	1021	500	1800

Tablo 5: Rezonans frekans spesifite ve sensitivite değerleri

ANOVA (Analysis of Variance)

Varyans Analizi (Varyans: Standart sapmanın karesi)

İstatiksel testleri kullanabilmek için veri kümesindeki örnek sayısının 15'den az olmaması gerekmektedir.

İstatiksel analiz yapmadan önce verilerin kategorik ya da sürekli olup olmadığına bakılmalıdır. Kategorik verilerde parametrik olmayan istatiksel kullanılırken, sürekli verilerde ise parametrik istatistikler kullanılır.

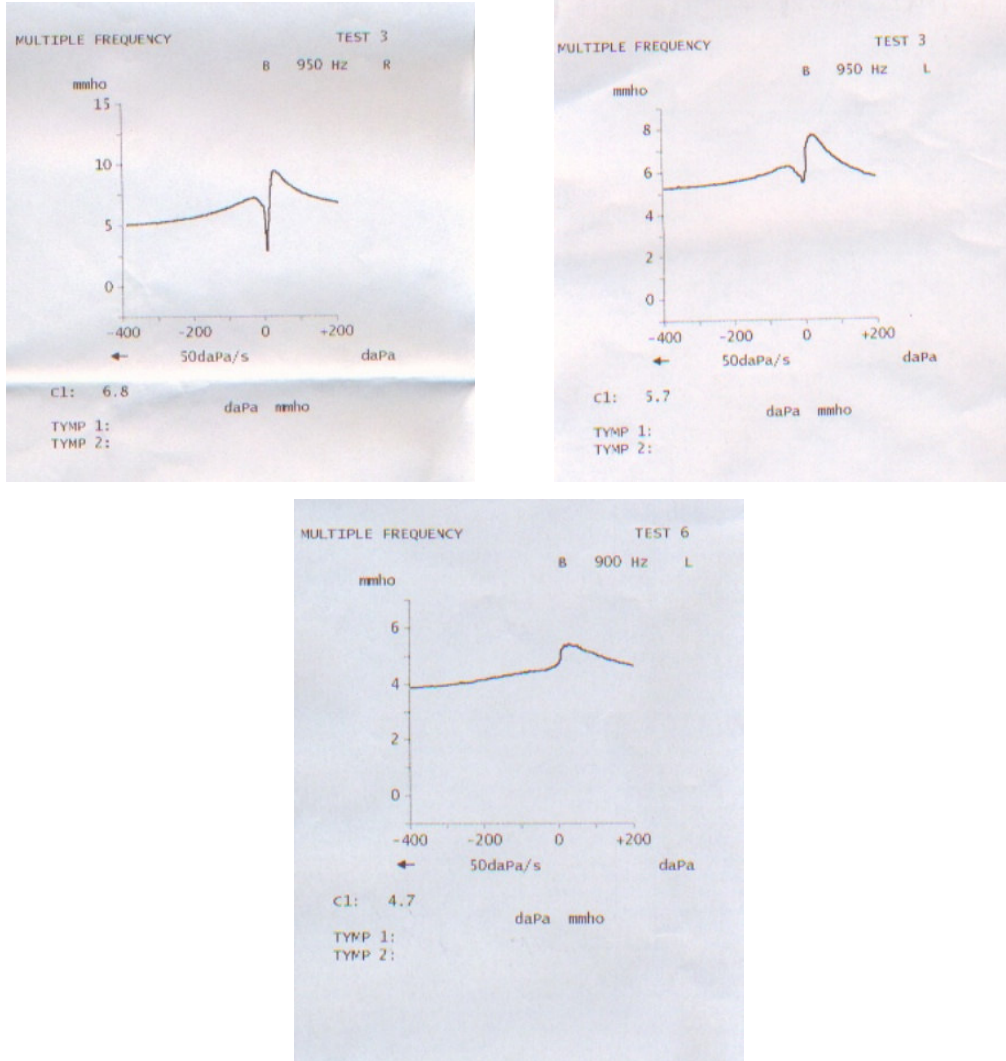
ANOVA testin uygulanabilmesi için ise her gruptaki deneklerin normal dağılım göstermesi, varyansların eşit olması ve varyansların ortalamadan bağımsız olması gerekmektedir. Gruplardaki denek sayısı fazla ve yaklaşık olarak eşit ise bu koşullar aranmayabilir.

t-testi gibi istatiksel testler ile grup ortalamalarının eşit olduğu hipotezinin doğruluğu test edilir. p değeri belirlenen hata miktarından (tipik örneği %5) büyük ise grupların ortalamaların eşit olduğu, küçük ise grupların ortalamalarının eşit olmadığı (istatiksel olarak anlamlı) anlamına gelmektedir.

Grup ortalamalarının karşılaştırıldığı bir testin adının neden varyans analiz olduğu, test istatistiğinin hesaplanmasında grup ortalamaları ile birlikte grup varyanslarının da çok önemli yer almasına bağlanabilir. Grup varyansları, grup ortalamalarına göre fazla büyükse, yani gruplardaki veriler geniş bir aralığa yayılan, küçükü büyüklü verilerse, ilk bakışta grup ortalamaları birbirinden çok farklı görünse bile, varyans analizi ile bunun tersi bir sonuç elde edilebilir.

Ayrıca, t-testi ile sadece 2 grup karşılaştırılmakta iken ANOVA ile birçok grubun aynı anda karşılaştırılması olanağı vardır. Post-hoc teknikleri ile de bu gruplar kendi içlerinde ikişerli olarak değerlendirilebilmektedir.

Tek yönlü (one-way) ANOVA ile kastedilen ise grupları birbirinden ayıran tek bir özelliğin olduğu, ya da grupların tek değişkenin değerleri ile ayrıldığı anlamına gelmektedir.



Şekil 7: Kontrol grubunda elde edilen değişik tipteki multifrekans timpanometri eğrileri

Sadece rezonans frekanslarının analizini yaptığımızda daha önce ANOVA testi ile $p < 0.001$ bulunmuştuk. Aynı işlemi komplians değerleri için yaptığımızda ANOVA testi ile $p = 0.03$ bulunuyor. Rezonans+kompliansı MANOVA ile test ettiğimizde ise $p < 0.001$ çıkıyor. MANOVA testi NCSS-PASS programının NCSS 2004 Data sürümünde yapıldı.

Opere edilen vakaların nonopere kulakları değerlendirildiğinde kemik yolu ortalaması 13,72 dBHL, hava yolu ortalaması 32,44 dBHL olarak saptanmıştır. Bu kulakların orta kulak rezonans frekans ortalaması 1090 Hz olarak saptanmıştır. Bu hastaların orta kulak komplianslarına bakıldığında 11 vakanın tipA, 9 vakanın tipAs, 5 vakanın tipAd olduğu saptanmıştır. Bu kulakların orta kulak komplians ortalaması 0,716 ml olarak bulunmuştur. Nonopere kulakların hava ve kemik yolu ortalaması, orta kulak rezonans frekansı ve orta kulak kompliansları tablo 4’te gösterilmiştir.

Otosklerotik kulaklardaki preop değerlendirilen kemik-hava yolu farkı ile orta kulak rezonans frekansı arasında korelasyon incelenmiş olup, Pearson korelasyon değeri 0,219 bulunmuş ve anlamlı korelasyon bulunmamıştır.

Carhart çentiği saptanan 5 otosklerotik kulağın komplians değerleri ve rezonans frekansı değerleri diğer otosklerotik 20 kulakla karşılaştırıldığında anlamlı istatistiksel fark saptanmamıştır.

Vaka no	Hava yolu dBHL	Kemik yolu dBHL	Rezonans fr. Hz	Komplians ml
1	46,7	30	1050	0,3
2	48,3	30	850	1,6
3	5	0	900	0,8
4	26,7	5	1600	0,2
5	48,3	28,3	1150	0,4
6	5	0	1200	0,8
7	23,3	5	850	1,8
8	40	21,7	1450	0,2
9	15	5	1600	0,2
10	43,3	23,3	700	0,2
11	21,7	3,3	1450	0,1
12	53,3	16,7	1150	0,5
13	71,7	36,7	1100	0,6

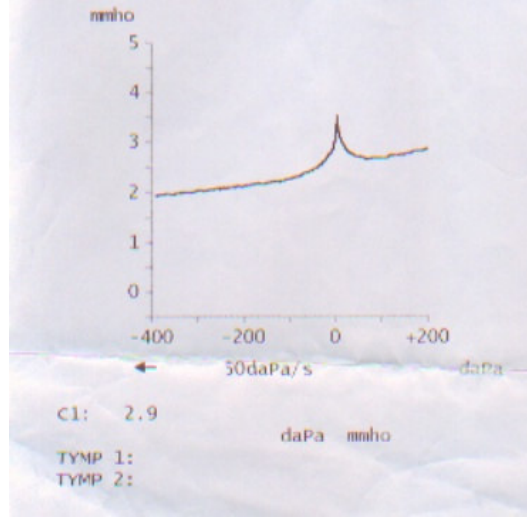
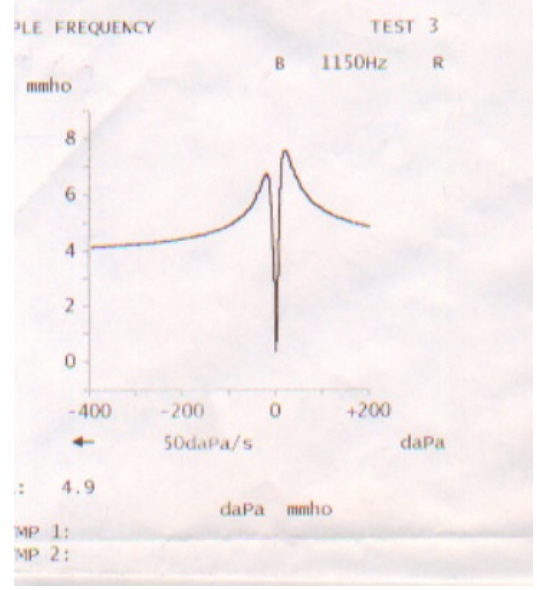
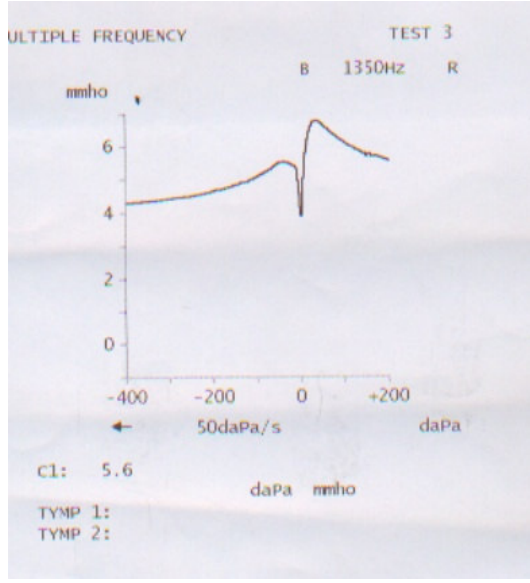
14	15	0	900	0,4
15	13,3	0	850	0,8
16	41,7	21,7	1150	0,1
17	43,3	21,7	950	1
18	55	33,3	550	0,4
19	16,7	5	950	2,3
20	25	6,7	850	1,6
21	38,3	6,7	850	1,9
22	45	18,3	1600	0,2
23	43,3	18,3	350	0,6
24	15	1,7	1050	0,7
25	11,7	5	900	0,2

Tablo 6: Nonopere kulakların hava, kemik yolu ortalaması ve rezonans frekansları

Opere edilen kulaklardaki konuşmayı ayırtetme skoru ortalaması %64,6, en rahat ses seviyesi ortalaması 99 dB HL, konuşmayı ayırtetme skoru ortalaması 92,8 dB HL olarak bulunmuştur.

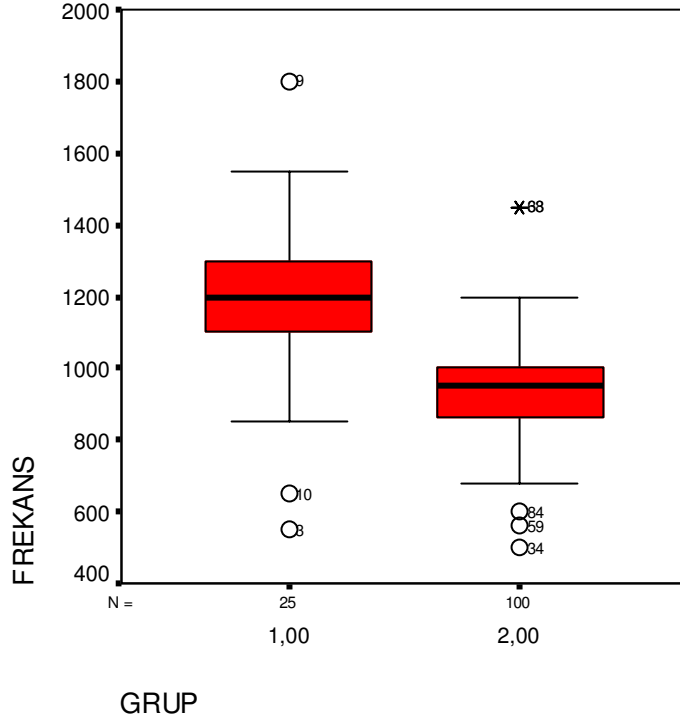
Yapılan otoakustik emisyon ölçümlerinde otosklerozlu kulakların hiçbirinde emisyon elde edilememiştir. Karşı kulaklarda yapılan incelemelerde 10 kulakta emisyon elde edilmiştir. Kontrol grubunun tümünde bilateral emisyon saptanmıştır.

Multifrekans timpanometri eğrileri değerlendirildiğinde 4 kulakta ters V, 4 kulakta W, 17 kulakta sağ bacağı kısa şekilli W şekli olduğu izlenmiştir. Ters V saptanmış 4 kulakta rezonan frekans ortalaması da diğer hastalara göre daha düşüktür. Kontrol grubunda 23 kulakta ters V, 19 kulakta W, 58 kulakta sağ bacağı kısa şekilli W şekli saptanmıştır. (Şekil 7, şekil 8)



Şekil 8: Otosklerotik kulaklardaki farklı tipte multifrekans timpanogram eğrileri

Odyolojik olarak elde ettiğimiz sonuçlar uygulanan otoskleroz cerrahisi sonucunda doğrulanmış ve ameliyat sırasında gözlenen stapes taban tipi cerrah tarafından belirlenmiştir. 24 vakada stapes fikse olarak izlenerek 22 vakada tip 3 taban bulunmuştur. 1 vakada tip 2, 1 vakada tip 5 taban bulunmuş, 1 vakada stapes mobilizasyonu yapılmıştır. Bu vakalarda elde edilen ortalama rezonans frekans değeri normal vakalarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olarak bulunmuştur. ($p < 0.001$) (Grafik 10)



Grafik 10: Otosklerozlu ve normal kulakların rezonan frekans karşılaştırılması. (Grup 1: Otosklerozlu 25 kulak, Grup 2: Normal 50 kulak).

TARTIŞMA

Otoskleroz tanısı kesin olarak ancak histopatolojik incelemelerle konmaktadır. Deneyimli bir cerrah operasyon sırasında orta kulağı eksplore ederken otoskleroz tanısını koyabilmektedir. Hastanın otoskleroz ön tanısı ile orta kulak eksplorasyonu endikasyonu iyi bir kulak muayenesi ve odyolojik inceleme ile konulmaktadır.

Otosklerozda tonal odyometri değerleri değişiklik göstermektedir. Öncelikle iletim tipi işitme kaybı oluşmakta, daha sonra mikst tip işitme kaybına dönüşmektedir. Ayırıcı tanı için iyi bir mikrootoskobik bakı önem taşımaktadır. Böylece iletim tipi işitme kaybı yapabilecek daha önce geçirilmiş olan orta kulak patolojilerine ait sekeller ayırt edilebilmektedir.

Çalışmamızda otosklerozlu kulaklarda ortalama konuşmayı ayırdetme skoru ortalaması %64,6, en rahat ses seviyesi değeri ortalaması 99 dBHL, konuşmayı ayırdetme skoru ortalama %92,8 olarak bulunmuştur.

Elektroakustik immitansmetre otoskleroz tanısında bize yardımcı olabilmektedir. Hastalarda genellikle tipA-Ad veya As tipi timpanogram elde edilmektedir. Bizim hastalarımızın 13'ünde tip A, 2'sinde Ad, 10'unda ise As tipi odyogram saptanmıştır.

Genel olarak otoskleroz için orta kulak eksplorasyonu endikasyonu ipsi ve kontrateral stapes reflekslerine bakılarak konmaktadır. Bu reflekslerde otosklerozla uyumlu olabilecek on-off etkisi reflekslerde azalma veya kaybolma endikasyon için bize yardımcı olmaktadır. Bizim vakalarımızın tümünde otoskleroz ile uyumlu refleks eğrileri elde edilmiştir. Vakaların 20'sinde ipsilateral ve kontrateral refleks elde edilmemiştir. 5 vakada ise azalmış ve on-off etkisi gösteren refleksler elde edilmiştir.

Elde edilen odyolojik bulgularla 25 vakaya otoskleroz öntanısı ile orta kulak eksplorasyon endikasyonu konmuştur. Bu vakaların karşı kulakları incelendiğinde ise odyolojik olarak 10 tanesi normal olarak değerlendirilmiş, diğer 15 tanesinde otoskleroz ile uyumlu olabilecek bulgular saptanmıştır.

Otoskleroz tanısında orta kulak immitansı araştırılması önem taşımaktadır. Erken 1960 lardan bu yana değişik kulak patolojilerinde orta kulak empedansı birçok defa çalışılmıştır. Düşük frekans standart timpanometri birçok orta kulak patolojisinde uzun yıllardır kullanılıyor olmasına rağmen otosklerotik kulakları normal kulakları ayırmakta yetersiz kalmaktadır. Orta kulak mekaniği giriş kısmında belirtilmiştir. Otosklerotik kulakları normal kulaklardan ayırmada özellikle yüksek frekanslarda yapılan timpanometrinin daha yararlı olabileceği düşünülmüştür.

Jerger ve arkadaşları 1974'te 60 otosklerotik kulağa timpanogram uygulamışlar ve otosklerotik kulakların %95'inin normal tip A timpanogramına sahip olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmayı standart düşük prob ton frekansa sahip olan timpanogramların normal ve otosklerotik kulakları ayırmada çok yetersiz olduğu şeklinde sonuçlandırmışlardır. Bu bulgu literatürde desteklenmektedir^{13,28}.

Burke ve Nilges 1970'te ve Jacobson ve Mahoney 1977'de yüksek frekanslı prob tonda uygulanan timpanometrinin otosklerozlu kulakların normal kulaklardan ayırt etmede yararlı olduğunu göstermişlerdir²⁹.

Liden ve ark. 1970'de yaptıkları çalışmalarında timpanogramı 220 Hz, 625 Hz, 800 Hz frekansındaki prob tonlarında 100 normal 29 otosklerotik ve 27 sensörinöral kayıplı kulakta uygulamışlardır. Bu çalışmada daha yüksek frekanslarda yapılan timpanogramların statik empedans, timpanometrik tepe basıncı ve timpanometrik genişlik değerlendirmesinde, düşük frekanslarda yapılanlardan istatistiksel olarak anlamlı fark saptamamışlardır^{13,30}.

Önceki çalışmaların otosklerotik kulakları normal kulaklardan ayırmada yetersiz kalmasının veya tanıda hiçbir yarar sağlayamamasının nedeni olarak standart düşük prob ton frekanslı timpanogramların kullanımı ve tek komponent timpanogramların kullanılması görünmektedir. Belirgin farklı sonuçlar elde eden çalışmaların nerdeyse tamamında çeşitli prob ton frekansları kullanan multikomponent timpanogramlar uygulanmıştır.

Liden ve arkadaşları da 1974 yılındaki yaptıkları çalışmada Shahnaz ve Polka, Morgolis ve Hunter'ın çalışmalarında admitans faz açısının 45 dereceye denk geldiği frekansta (630 Hz) veya daha yüksek frekanslarda rezonansfrekansına yakın değerlerde yapılan yüksek prob ton frekanslı timpanogramların otosklerozun aydınlatılmasında çok daha bilgi sağlayıcı oldukları gösterilmiştir^{13,30}.

Colletti 1975 yılında yaptığı çalışmada normal kişilerde 3 tip timpanogram elde etmiştir^{15,16}. Düşük frekanslarda V şeklinde timpanogram, orta frekanslarda, rezonans frekansına yakın yerlerde W şekilli timpanogram ve yüksek frekanslarda da ters V şekilli timpanogramlar elde etmiştir. Normal kişilerde W paterni 650-1400 Hz arasında bulunmaktadır, otosklerozlularda bu aralık 860-1650 olarak saptanmıştır. Kemik zincir ayrılması olanlarda ve stapedektomililerde 500-1000 Hz arasında bulunmaktadır. Miringoplasti yapılanlarda W paterninin bulunduğu frekans aralığı 1000-1400 Hz olarak bulunmaktadır. Kolesteatoma veya Seröz otitis media düşük frekanslarda düz çizen bir timpanogram oluşumuna neden olurlarken, kolesteatoma durumunda 500-900 Hz arasında W paterni elde edilmektedir. Sonuçta Collettinin bulguları göstermiştir ki timpanik

membranın normal görüldüğü durumlarda multiple frekans timpanometri ayırıcı tanıda faydalı olabilecek bir yöntemdir.

Funasaka (1984, 1988) rezonans frekansını belirleme konusunda yoğunlaşan ilk yazarlardan birisidir³¹. 220-2000 Hz arasında prob-ton kullanarak yaptığı çalışmasında birçok parametreyi incelemiş ve bu parametrelerden en çok fark yaratanın ses basınç seviyesi değişiminin 0 olduğu frekans değerleri olduğunu gösterdi ve otosklerozlularda rezonans frekansını 1880 den büyük olarak tanımladı.

Lutman 1984'te orta kulak admitans komponentleri mekanizmasını teorik olarak açıklamıştır. Bu çalışmada normal kulaklarda 67 kulakta baktığı ortalama rezonans frekansını 871 olarak bulmuştur²⁴.

Wada 1989'da normal kulaklarda rezonans frekansını ortalama 1000 Hz civarında bulmuştur¹³.

1990 lı yılların başına kadar yapılan çalışmalar genellikle rezonans frekansını belirleme ve orta kulak admitans komponentlerine yoğunlaşmışlardır. 1990'dan sonra çalışmalar daha çok patolojiler ve bireysel farklılıklar üzerinde ilerlemiştir.

Holte 1991'de 23 yenidoğanda orta kulak rezistans ve reaktans timpanogramlarını incelemiş ve yenidoğanlarda rezonans frekansının başlarda 450-710 arasında düşük bir değerde olduğunu saptamış ve 100 günden sonra normal bir erişkinin kulak karakteristiklerine ulaştıklarını bildirmişlerdir³².

Russolo 1991'de yaptığı çalışmasında 54 normal, 31 otosklerotik ve 10 stapedektomili kulağı incelemiştir. Rezonans frekansını +200 daPa ve denge arasında B'nin 0'a eşit olduğu frekans olarak tanımlamıştır. Bu çalışma sonucunda otosklerotik ve normal kulakları ayırmada tek anlamlı değişkenin rezonans frekansı olduğu ve normal kulaklarda 834 ± 153 , otosklerotik kulaklarda 1282 ± 188 olarak saptamışlardır³³.

Valvik ve arkadaşları 1994'te Russolo'nun çalışmasını geliştirmişler ve daha geniş bir hasta grubunda çalışmışlardır. Bu sonuçlara göre orta kulak rezonans frekansı normal kulaklarda 1049 ± 261 Hz, otosklerotik kulaklarda 1238 ± 209 Hz ve postoperatif stapedektomililerde 692 ± 127 H olarak saptamışlardır. Rezonans frekansının faz açısında, cinsiyette veya interaural farkta anlamlı bir farklılık saptamamışlardır³⁴.

1993'te Colletti ve arkadaşları 73 otosklerotik ve 50'si total stapedektomi olan 138 opere kulağı çalışmalarında incelemişlerdir. Ayrıca 70 normal kişide multifrekans timpanometre uygulamışlardır. RF'yi W şeklinin görüldüğü frekans olarak belirtmişler ve ortalama RF değerlerini normal kulaklarda 1000 Hz ve otosklerotik kulaklarda 1400 Hz civarında saptamışlardır. Opere kulaklarda ise rezonans frekansı 630 Hz olarak saptanmıştır³⁵.

Biasi ve arkadaşları yaptıkları Romatoid artritli hastalardaki çalışmada normal kulaklarda rezonans frekansını 800-1250 arasında bulmuşlardır. %21 hastada bu değerlerden sapma belirlenmiştir. Bunlardan %6'sında düşme, %15'inde yükselme saptanmıştır. Yazarlar normal rezonans frekansından sapmayı Romatoid arititin yaptığı tutuluma bağlı olarak yorumlamışlardır³⁶.

Holte 1996'da 136 erkek hastada yaptığı çalışmada admitans ve rezonans frekansı değerlerinde yaşa bağlı bir farklılık saptamamışlardır³⁷.

Bianchedi 1996 'da 15 Meniere Hastası ve 10 normal insanda yaptığı çalışmada %70 hastada rezonans frekansında artma saptamışlardır. Bu çalışma iç kulak admitansına yönelik ilk çalışmalardan birisidir³⁸.

1997'de Giannini 35 juvenil romatoid artritli hasta çocuk ile 30 normal çocuğu karşılaştırmışlar ve rezonans frekansının romatoid artritte artma eğiliminde olduğunu göstermişlerdir³⁹.

Yapılan tüm çalışmalar karşılaştırıldığında orta kulak patolojisinde yararlı olabilecek gerekli bilgileri elde etmek için uygulanacak timpanogramın orta kulak rezonan frekansında gerçekleştirilmesinin en uygun olduğu görülmüştür. Ancak tartışmada da belirtildiği gibi orta kulak rezonansının belirlenmesi için değişik yöntemler ileri sürülmüştür. Bunun yanında diğer bir sorun testi rutin olarak uygulayacak kişinin yeterli orta kulak fizyolojisi bilgilerine sahip olmayabileceğidir. Bundan dolayı iyi bir teknisyenin rahatça uygulayabileceği otomatik olarak orta kulak rezonansını saptayabilen ve daha sonra bu rezonan frekansta timpanometri gerçekleştirebilen programa sahip cihazlara ihtiyaç vardır. Biz de çalışmamızda bu amaçla orta kulak frekansını otomatik olarak çıkartıp bu frekansta timpanometri eğrilerini çizebilen GSI tymptstar 2 marka-

model cihazı kullandık. Orta kulak rezonans frekansında elde ettiğimiz timpanogramı nasıl elde ettiğimiz giriş ve materyal metod kısmında detaylı olarak anlatılmıştır.

Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz sonuçlara baktığımızda, son yıllarda literatürde otosklerozda artmış olarak bahsedilen rezonans frekansı değerleri bizim çalışmamızda da cerrahi olarak otoskleroz olduğu saptanan hastalarda benzer şekilde yüksek bulunmuştur. 10. vakada olduğu gibi bazı otoskleroz hastalarında düşük rezonans frekansına rastlanmaktadır. Ancak bu olguda diğer testler ve hastanın kliniği otosklerozu düşündürdüğünden dolayı çalışma grubuna alınmış ve sonuçta cerrahi ile otoskleroz tanısı kanıtlanmıştır. Multifrekans timpanometri tek başına tanı koydurucu ya da tanıyı ekarte ettirici bir yöntem değildir. Otosklerozlu 22 vakada normal orta kulak ortalamalarının üzerinde orta kulak rezonans değeri elde edilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak multifrekans timpanometri yönteminin otoskleroz tanısında değerli tamamlayıcı bir yöntem olduğu görülmektedir. Ancak dikkat edilmesi gereken bir nokta 50 normal kulaktan 6 tanesinde otosklerozda elde ettiğimiz değer üzerinde bir rezonans frekansı elde edilmiştir. Ancak 44 kulakta literatürle uyumlu rezonans frekansları elde edilmiştir.

İyi bir otoskobik bakı ve odyolojik tetkik yapıldığından dolayı vakalarımızın hemen hepsinde yüksek rezonans frekansında bu frekanslara özgü 3B3G paterni elde edilmiştir. Multifrekans ile cerrahi sonuçlarımızın yüksek korelasyonu da bunu desteklemektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

- 1- Tüm vakalarda otosklerozun tanısı aynı deneyimli cerrahi ekip tarafından peroperatuar olarak konmuştur.
- 2- Otosklerozlu kulaklarda elde edilen ortalama rezonans frekans değeri normal vakalarla One Way Anova istatistiksel analiz ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0.001$).
- 3- Vakaların 21 tanesinde beklenen 3B3G paterni elde edilmiştir.
- 4- Rezonans frekansında timpanogram bakılması otoskleroz tanısını desteklemede değerli bir yöntemdir.

KAYNAKLAR

1. Valsalva opera, hoc est, tractatus de aure humana. Venice, Pitteri, 1735.
2. Toynbee, J: Pthological and surgical observations on the diseases of the ear. Medico-Chir. Tr.,24:190, 1841.
3. Politzer, A.:Ueber primare erkrankung der knöchernen Labyrinthkapsel. Ztschr. Ohrenh.,25:309, 1893.
4. Siebenmann, F: Demonstration microscopischer und macroscopischerPreparate von Otospongiosis progressiva. Papers internat. Otol. Cong.9,207, 1912.
5. Özgirgin N, Çelik O: Otoskleroz: Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi. Turgut Yayıncılık İstanbul 1/12: 217, 2002.
6. Shanks JE, Wilson R, Cambron N. Multiple frequency tympanometry: effects of ear canal volume compensation on static acoustic admittance and estimates of middle ear resonance. J Speech Hear Res 1993;36:178–85.
7. Tamas Karosi and others: Two subgroups of stapes fixation: Otosclerosis and Pseudo-otosclerosis. Laryngoscope, 115:1968-1973,2005.
8. Wang PC, Merchant SN, McKenna MJ, et al. Does otosclerosis occur only in the temporal bone? *Am J Otol* 1999;20:162–165.
9. Glasscock, Shambaugh: Surgery Of The Ear. 371-387, 1990.
10. Ayache, Denis et al: Characteristics and postoperative course of tinnitus in otosclerosis, *Otol Neurotol* vol 24 (1), Jan 2003 pp48-51.
11. Sellari-Franceschini S et al: Progressive sensorineural hearing loss in cochlear otosclerosis. *Acta Oto Larygol Ital* 1998 Aug;18(4suppl 59):59-65.
12. Bel J, Causse J et. al. Mechanical explanation of the on-off effect in otospongiosis. *Audiology*, 15;128-140, 1986.
13. Shahnaz N, Polka L. Standard and multifrequency tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Ear Hear* 1997;18:326–41.
14. Shahnaz: Multifrequency-Tympanometry. 2003.
15. Colletti V. Methodological observations on tympanometry with regard to the probe tone frequency. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1975;80:54–60.

16. Colletti V. Tympanometry from 200 to 2000 Hz probe tone. *Audiology* 1976;15:106–19
17. Colletti V. Multifrequency tympanometry. *Audiology* 1977;16:178–87.
18. Lilly D. Measurements of acoustic impedance at the tympanic membrane. In: Jerger J, ed. *Modern developments in audiology*. New York: Academic Press, 1973;345–406.
19. Margolis R, Shanks JE. Tympanometry. In: Katz J, ed. *Handbook of clinical audiology*. 3rd edn. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985;438–75.
20. Margolis RH, Goycoolea HG. Multifrequency tympanometry in normal adults. *Ear Hear* 1993;14:408–13.
21. Akyıldız N: Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahi: İşitme denge organının anatomik ve fonksiyonel muayenesi. *Bilimsel Tıp yayınevi* 172;1998.
22. A. Necmettin Akyıldız. *Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi*. Bilimsel Tıp Yayınevi; 173.
23. K. A. Thomsen. The Origin of Impedance Audiometry. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1999; 119: 163–165.
24. Lutman ME. Phasor admittance measurements of the middle ear. I. Theoretical approach. *Scand Audiol* 1984;13:253–64.
25. Lutman ME, McKenzie H, Swan IRC. Phasor admittance measurements of the middle ear. II. Normal phasor tympanograms and acoustic reflexes. *Scand Audiol* 1984;13:265–74.
26. Nishihara S, Aritomo H, Goode RL. Effect of changes in mass on middle ear function. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1993;109:899–910.
27. Vanhuyse VJ, Creten WL, Van Camp KJ. On the Wnotching of tympanograms. *Scand Audiol* 1975;4:45–50.
28. Jerger J, Anthony L: Studies in impedance audiometry. 3. Middle ear disorders. *Arch Otolaryngol*. 1974 Mar;99(3):165-71
29. Burke KS, Nilge TC: Middle ear impedance measurements. *J Speech Hear Res*. 1970 Jun;13(2):317-25.
30. Margolis RH, Van Camp KJ, Wilson RH, Creten WL. Multifrequency tympanometry in normal ears. *Audiology* 1985;24:44–53.

31. Funasaka S, Funai H, Kumakawa K. Sweep-frequency tympanometry: its development and diagnostic value. *Audiology* 1984;23:366–79.
32. Holte L, Margolis RH, Cavanaugh RM Jr. Developmental changes in multifrequency tympanograms. *Audiology* 1991;30:1–24.
33. Russolo M, Bianchi M, Miani C. La timpanometria multifrequenziale nella diagnosi di otosclerosi fenestrata. *Audiol Ital* 1991;8:87–94.
34. Valvik B-R, Johnsen M, Laukli E. Multifrequency tympanometry. Preliminary experiences with a commercial available middle-ear analyser. *Audiology* 1994; 33:245–53.
35. Colletti V, Fiorino FG, Sittoni V, Policante Z. Mechanism of the middle ear in otosclerosis and stapedoplasty. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1993;113: 637–41.
36. Biasi D, Fiorino F, Carletto A, Caramaschi P, Zeminian S, Bambara LM. Middle ear function in rheumatoid arthritis: a multiple frequency tympanometric study. *Clin Exp Rheumatol* 1996;14:243–7.
37. Holte L. Aging effects in multifrequency tympanometry. *Ear Hear* 1996;17:12–8.
38. Bianchedi M, Croce A: [Multifrequency tympanometry in Meniere's disease: preliminary results]. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 1996 Feb;16(1):1-5. Italian.
39. Giannini P, Marciano E, Saulino C, Strano GG, Alessio M, Marcelli V, Auletta G. Middle ear involvement in children with chronic rheumatoid juvenile arthritis. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 1997;Suppl 1:30–3.

APPENDİKS

VAKA no	Taraf	HY-500hz	HY-1000hz	HY-2000hz	KY-500hz	KY-1000hz	KY-2000hz
1	sağ	50	50	40	15	25	30
2	sol	40	50	65	20	40	50
3	sol	30	45	40	0	15	10
4	sağ	50	45	45	10	5	20
5	sağ	85	55	60	30	15	30
6	sol	40	45	50	5	10	10
7	sol	45	45	30	5	10	10
8	sol	50	50	50	15	20	25
9	sol	85	100	95	50	60	80
10	sağ	55	55	40	20	20	35
11	sol	35	35	20	10	5	10
12	sol	60	55	55	5	15	20
13	sol	75	80	90	40	60	70
14	sağ	90	90	50	30	40	10
15	sol	65	65	60	25	30	25
16	sol	70	45	40	30	20	25
17	sağ	45	45	40	30	20	25
18	sağ	100	90	95	30	35	50
19	sol	55	55	50	15	25	35
20	sol	65	65	60	20	20	20
21	sağ	65	60	70	20	25	40
22	sağ	55	55	65	20	25	30
23	sol	50	50	45	15	20	25
24	sağ	60	45	35	30	25	15
25	sağ	50	50	45	20	15	30

Appendiks 1: Opere edilen kulaklardaki frekanslara göre hava yolu ve kemik yolu eşikleri