

T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ

138631

**MASTOİD CERRAHİSİ SONRASI  
KARŞI SAĞLAM KULAKTA TUR GÜRÜLTÜSÜNE  
BAĞLI MEYDANA GELEN  
İŞİTME KAYIPLARI**

T.C. İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ

UZMANLIK TEZİ

138631

**Dr.Erkan KARATAŞ  
KULAK BURUN BOĞAZ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI  
Yard.Doç.Dr.Tamer ERDEM**

## İÇİNDEKİLER

<b>Giriş ve Amaç.....</b>	<b>2</b>
<b>Genel Bilgiler.....</b>	<b>4</b>
<b>Gereç-Yöntem.....</b>	<b>32</b>
<b>Bulgular.....</b>	<b>36</b>
<b>Tartışma.....</b>	<b>44</b>
<b>Sonuç.....</b>	<b>51</b>
<b>Özet.....</b>	<b>53</b>
<b>Summary.....</b>	<b>55</b>
<b>Kaynaklar.....</b>	<b>57</b>

## ŞEKİLLER VE FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Şekil-1: Kulak anatomisi.....	4
Şekil-2 : Semisirküler kanallar, vestibül ve koklea.....	6
Şekil-3:Koklear kanal kesiti .....	7
Şekil-4 : Kokleada iç-dış tüylü hücrelerin ilişkisi .....	9
Şekil-5 : TEOAE için gerekli ekipman.....	18
Şekil-6:Elde edilen TEOAE yanıtları .....	19
Şekil-7 : F1 ve f2 stimulusların geometrik ortalaması olur.....	21
Şekil-8 : Yeni başlayan gürültüye bağlı işitme kayıplarında örnek odyometri..	26
Şekil-9:Yıllara bağlı gelişen gürültüye bağlı işitme kayıpları.....	27
Şekil-10: Gürültüye maruz kalma sonucu gelişen işitme kaybı farkı.....	28
Şekil-11 : Gürültüye bağlı kalıcı eşik değişiklikleri.....	31
Şekil -12:Stapes refleks değişiklikleri.....	36
Şekil-13: Elde edilen SOAE'lar.....	37
Şekil-14:TEOAE yanıtları.....	38
Şekil-15 :DPOAE'de yanıtlar.....	39
Şekil-16: 3284Hz'de I/O fonksiyonlarında amplitüd değişiklikleri.....	40
Şekil-17: 4102Hz'de I/O fonksiyonlarında amplitüd değişiklikleri.....	40
Şekil-18: DPOAE I/O amplitüd eşik seviyeleri.....	41
Fotoğraf-1:Otoakustik emisyon cihazı.....	35
Fotoğraf-2:Timpanogram cihazı.....	35

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Tablo-1:</b> Çalışma kapsamına aldığımız olgular.....	42
<b>Tablo-2:</b> Kullanılan tur uçları ve turlama süreleri.....	43



## KISALTMALAR DİZİNİ

**ABR:** Auditory Brain System Response (Beyin sapı odyometrisi)

**ASR:** Akustik stapes refleksi

**dB:** Desibel

**dB HL:** Hearing level dB (İşitme düzeyi cinsinde dB)

**dB SPL:** Sound pressure level dB (Ses basıncı düzeyinde dB)

**DKY:** Dış kulak yolu

**DPOAE:** Distortion product otoacoustic emissions (Distorsiyon ürünü otoakustik emisyonlar)

**DTH:** Dış tüylü hücreler

**GBİK:** Gürültüye bağlı işitme kayıpları

**GF:** Growth Factors (Büyüme faktörleri Otoakustik emisyonları)

**I/O functions:** Input-Output fonksiyonları (DPOAE I/O)

**İTH:** İç tüylü hücreler

**OAE:** Otoacoustic emissions (Otoakustik emisyonlar)

**PTS:** Permanent threshold shifts (Kalıcı eşik kaymaları)

**SFOAE:** Stimulus frequency otoacoustic emissions (Stimulus frekansı otoakustik emisyonlar)

**SOAE:** Spontan otoakustik emisyonlar

**TTS:** Temporary threshold shifts (Geçici eşik kaymaları)

**TEOAE:** Transient evoked otoacoustic emissions (Geçici uyarılmış otoakustik emisyonlar)

## GİRİŞ VE AMAÇ

Yüksek seviyede gürültüye maruz kalmak kulak için zararlıdır. Kısa veya uzun süre devam eden yüksek bir gürültüye maruz kalmak, kokleada geçici veya kalıcı hasarlara bağlı geçici veya kalıcı işitme kayıpları oluşturabilir.

Orta kulak cerrahisi sensörinöral işitme kaybı oluşturması açısından potansiyel bir risk taşır. Orta kulak cerrahisi sırasında sensörinöral işitme kaybı başlıca üç yolla meydana gelir. Turlama esnasında semisirküler kanala girilerek membranöz labirente hasar verilebilir, genellikle inkusun kısa kolu olmak üzere, kemikçikler ile turun teması sonucunda iç kulak yüksek titreşimden zarar görebilir ve turun oluşturduğu gürültü kemik yolu ile opere olan kulağı ve karşı kulağı etkileyebilir (36,44,47).

Hastalarda orta kulak cerrahisi sonrası %1.2 ile %4.5 arasında sensörinöral işitme kaybının ortaya çıktığı tespit edilmiştir (36,44,47). Kylene ve Arlinger insan kadavralarından izole edilmiş temporal kemiklerde ve intakt kafatasında turun oluşturduğu gürültü seviyelerini ölçmüşlerdir (27). Turlama esnasında opere edilen taraf kokleasının ortalama 100 dB, karşı taraf kokleasının ise 5-10 dB daha az gürültüye maruz kaldıklarını bulmuşlardır, başka çalışmalarda da mastoid cerrahisinin sensörinöral işitme kaybı yapabileceği belirtilmiştir (10,21,27,28,29). Kylene ve Arlinger'in (29) yaptığı bir başka çalışmada kadavralarda kullanılan tur uçlarının çaplarının da, turdan kaynaklanan gürültü seviyelerini etkilediklerini bulmuşlardır (29). Büyük çaplı kesici tur uçlarının küçük çaplılara göre, kesici tur uçlarının elmaslara göre daha fazla gürültü oluşturduklarını saptamışlardır. Ayrıca turlama ile ortaya çıkan gürültünün, kokleada oluşturabileceği hasarı azaltmada en etkili yolun, turlama süresinin kısa tutulması olduğunun sonucuna varmışlardır (29).

Bu çalışmada, karşı kulağı sağlam olan ve hasta kulakta mastoid cerrahisi yapılması gereken hastalarda, operasyon sırasında kullanılan tur cihazından çıkan gürültünün, karşı sağlam kulakta oluşturabileceği işitme kaybının ortaya konulması amaçlanmıştır. Hastalara ilk olarak operasyondan önce sağlam kulağının pür ton odyogramı, akustik stapes refleksi ve otoakustik emisyonlar ile odyolojik tetkikleri yapılmıştır. Daha sonra akustik stapes refleksi ve otoakustik emisyon ölçümleri, operasyondan hemen sonra postoperatif 0. günden başlanarak, işitme seviyeleri preoperatif dönemdeki değere ulaşıncaya kadar günlük olarak tekrarlanarak takip edilmiştir.



## GENEL BİLGİLER

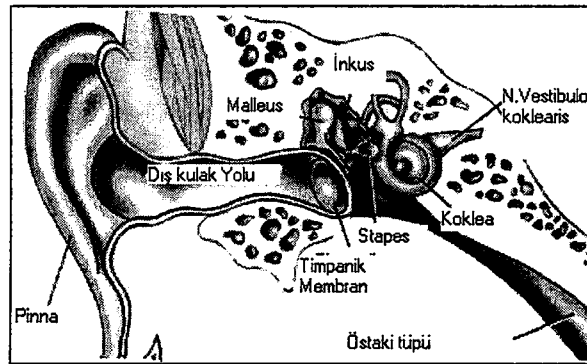
### Kulak anatomisi

Anatomik ve fonksiyonel olarak kulak 3 kısıma ayrılır; dış, orta, iç kulak (

### Dış kulak

Timpanik membranın lateralinde kalan kısımdır, ve dış kulak yolu ve aurikuladan oluşur (Şekil-1). Dış kulak, ses dalgalarını toplar, sesin lokalize edilmesinde rol oynar ve timpanik membranı dışarıdan gelecek zararlardan korur. Aurikulanın elastik kıkırdağı sıkıca deri ile örtülüdür. Konfigürasyonu oldukça karışıktır ve benzerini oluşturmak zordur.

- Dış kulak yolu lateral kısmı kartilaj yapısındadır ve yağ bezlerini, serumen bezlerini içeren gevşek ve kalın bir deri ile örtülüdür.
- Dış kulak yolu medial kısmı üzeri ince bir deri ile örtülüdür ve kemikten oluşur. Deri eklerini barındırmaz. Adolesanlarda öne ve mediale doğru eğimlidir. Bu durum, anterior timpanik membranın görülmesini engeller. Bu kısım çocuk ve infantlarda daha az olmak üzere erişkinlerde tüm dış kulak yolunun 2/3'lük kısmını oluşturur.



Şekil-1: Kulak anatomisi

### Orta kulak

Orta kulak havalı bir bölge olup, tuba östaki aracılığı ile nazofarenksle ilişkilidir (1). Lateralde timpanik membranla örtülüdür (Şekil-1). Ses dalgalarını timpanik membrandan iç kulağa iletir ve amplifiye eder. Hava ortamından aldığı



ses dalgalarını membranöz labirentin sıvı ortamına transfer etmek için, stapes tabanına doğru arttırarak iletir.

- **Timpanik membran** ovoid yapıda olup, lateralde squamöz epitel tabakası, medialde küboidal epitel ve arada fibröz tabaka olmak üzere toplam 3 katmandan oluşur. Fibröz tabaka laterale doğru kalınlaşır ve anulusu oluşturur. Anulus tamamlanmamış bir halka olarak zarın kemiğe tutunmasını sağlar. Malleusun kısa kolundan öne ve arkaya doğru uzanan malleolar plikaların üstünde kalan bölgede annulusun eksik olduğu alana pars flaccida denir. Malleolar Plikaların altında ve zarın büyük kısmını oluşturan alan ise pars tensa denir.
- **Kemikçikler:** Ses iletiminin düzenlenmesinden sorumlu olan 3 küçük kemikcik bulunur. Lateralde mediale doğru bunlar; malleus, inkus, stapes olarak adlandırılır. Malleusun kısa kolu ve manibriumu timpanik membran ile ilişkilidir ve fizik muayenede kolayca görülebilir. İnkusun uzun kolu, bazen timpanik membranın arkasında posterior superior kadranda görülür. Stapes tabanı, iç kulak sıvısı ile direkt ilişkidir.
- **Bölgeler:** Orta kulak boşluğu, timpanik membrandan daha geniş bir alanı kapsar ve bölgelere ayrılır;

**\*Epitimpanum:** Timpanik membranın süperiorunda kalan bölgedir. İnkusun gövdesini ve malleusun başını içerir. Aditus aracılığı ile mastoid hücrelerle ilişkidir.

**\*Mezotimpanum:** Timpanik membranın pars tensa bölümü ile aynı seviyede olan orta kulak boşluğudur. İç kulak ile ilişkili olan oval ve yuvarlak pencereler medial duvarda posterior yerleşimlidir. Fasiyal sinir genelde bir kemik kanal ile örtülü olarak posterior superior kadrandan geçer, daha sonra aşağıya doğru mastoid hücrelerin arasında devam eder.

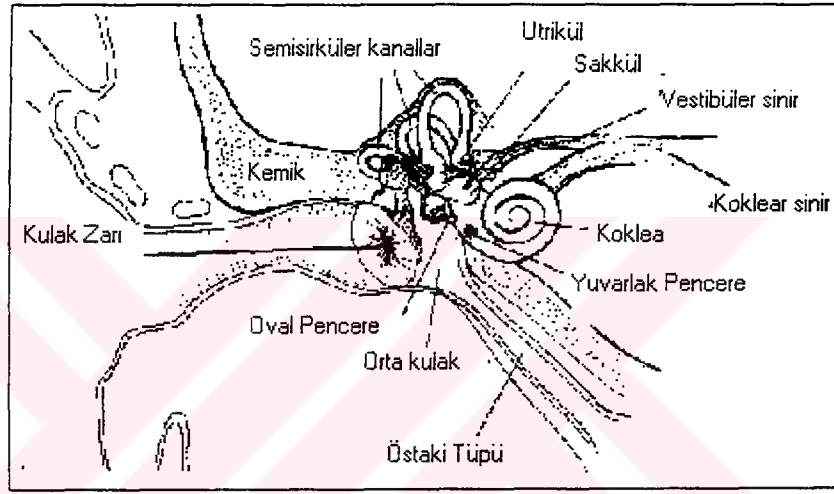
**\*Protimpanum:** Orta kulağın anterior kısmında yer alır ve nazofarenks ile ilişkiyi sağlayan östaki tüpü buradan çıkar. Bu tüp internal karotis arterine lateralde komşu olarak devam eder.

**\*Hipotimpanum:** Hipotimpanumda juguler bulbus bulunur. Genelde üzeri kemik ile örtülüdür, ama bazen de açıklık vardır ve orta kulak boşluğuna kadar uzanır.

## İç Kulak

İç kulak temporal kemiğin petröz bölümünde yerleşmiştir. İşitme ve denge organlarını içerir. Yuvarlak ve oval pencereler yolu ile orta kulak ile, koklear ve vestibuler aquaduktuslar yolu ile de kafa içi ile bağlantılıdır. Kemik ve zar labirent olmak üzere iki kısımdan oluşur (1).

**Kemik labirent:** Kemik kısmın çevresinde otik kapsül bulunur. Kemik labirent üç parçadan oluşur: 1-Koklea (Ön labirent) 2-Vestibül 3-Semisirküler kanallar (Arka labirent),(Şekil-2).

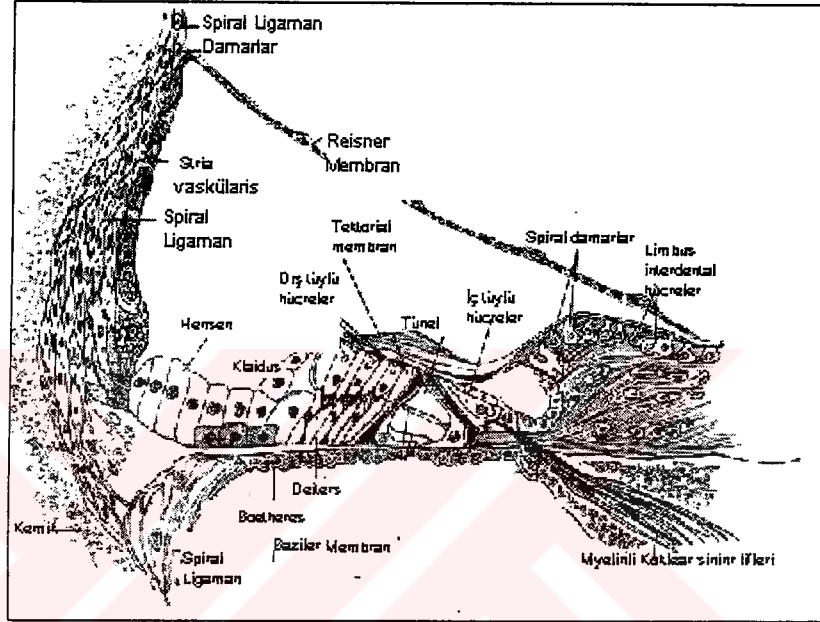


Şekil-2 : Semisirküler kanallar, vestibül ve koklea

**Membranöz (Zar) labirent:** Membranöz labirent kemik labirentin içine gömülü, onu aynen taklit eden, ancak içini tamamen doldurmayan bir oluşumdur. Ancak 1/3 kısmını işgal eder. Zar ve kemik labirentler arasında sodyum iyonlarından zengin perilemf ve membranöz labirentin içinde ise potasyum iyonlarından zengin endolenf bulunur. Membranöz labirent de; koklea, vestibülde yer alan otolit organlar olan utrikulus ve sakkulus ve arka labirentteki üç semisirküler kanal bulunmaktadır (Şekil-2).

**Koklea:** Duktus koklearis denilen bir boşluktur. Duktus reuniens ile sakkulus ile birleşir. Duktus koklearis üçgen biçimindedir (Şekil-3). Bu nedenle her duvar ayrı ayrı incelenir: Reissner membranı, lateral duvar ve baziller membran ile kemik spiral lamina. Reissner membranı skala media ile skala vestibüliyi birbirinden ayırır. Lateral duvarda spiral ligament, stria vaskülaris, spiral

prominens ve dış sulkus bulunur. Baziller membran ise skala media ile skala timpaniyi birbirinden ayırır. Baziller membranda, Cladius, Boettcher hücreleri, Hensen, Deiters, Pillar hücreleri, iç sınır hücreleri, dış tüylü hücreler, iç tüylü hücreler, iç sulkus, spiral limbustaki interdental hücreler ve tektorial membran vardır. Ayrıca kemik spiral laminanın iç tarafında modiulus ile bağlantılı spiral ganglionun içinde yer aldığı, Rosenthal kanalı vardır.



Şekil-3:Koklear kanal kesiti

Kokleada yaklaşık 3500 iç tüylü hücre (İTH) ve 12500 dış tüylü hücre (DTH) bulunur (11). DTH'ler daha fazla stereosilyaya sahiptir. Tüylü hücrelerin üzerinde kütiküler tabakada titrete tüyler (stereosilya) bulunmaktadır. Stereosilyalar transdüksiyon sürecinde önemli bir yer tutarlar. Bunlar gerçek silyalar değildirler ancak hücrenin apikalinde bulunan kütiküler tabakadan gelişmiş kalın mikrovillilerdir. Stereosilyaların koklea bazisinden apekse doğru uzunluklarında artma gözlenir. (DTH)'lerin stereosilyaları tektoriyal membrana temas eder, ancak (İTH)'lerinki temas etmez. Tüylü hücrelerinin üst uçları baziller liflerin tabanlarına sıkıca bağlanmış üçgen şeklindeki corti çubukları ile desteklenerek retiküler lamina adı verilen yassı bir plakadan oluşan sert bir yapıya sıkıca tespit edilmiştir. Dolayısıyla ile baziller lifler corti çubukları ve

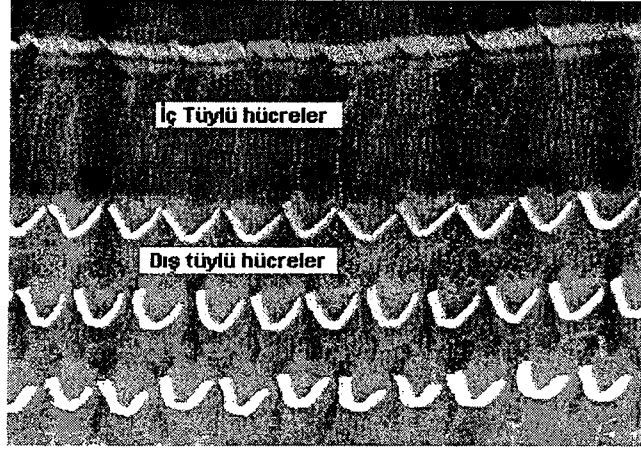
retiküler lamina hep beraber sert bir birim halinde hareket etmektedir. Baziller liflerin yukarı doğru hareketi, retiküler laminayı yukarı ve modiolusa doğru içe sallamaktadır. Daha sonra baziller membran aşağı doğru hareket ettiğinde retiküler lamina aşağı ve dışa doğru sallanır. Bu içe ve dışa yönelik hareketler tüylü hücrelerin tektoriyal membran üzerinde arkaya ve öne doğru sürtünmesine neden olur. Yani baziller membranın titreşmesiyle tüylü hücreler uyarılır (11).

DTH'lerin innervasyonu ağırlıklı olarak efferent yolla olurken, ITH'leri ise afferenttir. ITH'lerin afferent lifleri, tip-1 sinir liflerinden, efferent lifleri ise lateral süperior oliver kompleksten gelir. DTH'lerin afferent lifleri, tip-2 sinir liflerinden, efferent lifleri ise medial süperior oliver kompleksten gelir (11).

*Dış tüylü hücreler:* Bu hücreler silindirik ya da testi biçiminde olabilirler. Corti organı içinde, apikal ya da bazal uçlarından Deiters hücrelerine ve bunların parmaklı çıkıntılarına bağlıdırlar. DTH'ler retiküler lamina içinde bulunurlar ve içten dışa doğru 3 sıra halinde dizilmişlerdir. Boyları apeksine doğru artar. Ondört mikrondan 55 mikrona ulaşır. İç plazma membranı boyunca, kütiküler tabakadan çekirdeğe doğru uzanan birkaç tabaka halinde yüzeyaltı sisternalar vardır. Kütiküler tabaka altındaki bu sisternalarda Hensen cisimcikleri vardır. Yüzeyaltı sisternaların arasında boşluklar vardır ve sisterna ile hücre membranı arasında uzunluğu 30-50 nm arasında değişen bir lif ağı bulunur. Bu sisternaların görevleri henüz tam olarak bilinmemektedir. Ancak, dış tüylü hücrelerin hareketleri ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. DTH'lerin hücre iskeletinde aktif olarak frekans selektivitesini sağlayan kontraktıl proteinler vardır (24).

Bu yüzeyaltı sisternaların yakınında çok sayıda organel ve mitokondri içeren hücre bulunur; Çekirdekleri yuvarlak olup hücrenin tabanının büyük kısmını kaplar. Mitokondriler çekirdek ile hücre gövdesi arasında yerleşmişlerdir ve boyutları hücreden uzaklaştıkça küçülür. Deiters hücreleri uzantıları DTH'lerinden ve yan taraflarına bağlanır. DTH'lerin tabanları geniş veziküller içeren sinir lifleri ile işgal edilir. Efferent sinir ucuna komşu

sitoplazma, tek bir kat yüzeyaltı sisterna şeklinde izlenir.



Şekil-4 : Kokleada elektron mikroskobu ile kaydedilmiş iç-dış tüylü hücrelerin ilişkisi

*İç tüylü hücreler:* Bu hücreler vestibüler hücrelere benzerler ve bazı özellikleri DTH'lerden ayrılırlar (Şekil-4). Tek katlı hücre dizileri biçiminde yerleşmişlerdir ve destek hücreleri ile çevrilidirler (11). Çekirdekleri hücrenin ortasında ve yuvarlaktır. Organelleri sitoplazma içinde dağılmışlardır. Bu hücrelerin taban kısmında birçok sinaptik sinir sonlanması görülür. Her afferent uca komşu sitoplazma içinde, bir presinaptik kalıp vardır. Efferent uçlar daha geniştir ve veziküller içerir ve daha çok afferent uçlarla sinaps yapar. Az miktarda tüylü hücre ile de sinaps yapabilir.

### **Akustik Stapes Refleksi**

Orta kulaktaki musculus stapedius akustik stimülasyonlara yanıt verir (1). Bu nedenle ses uyarını verilerek musculus stapedius refleksi araştırılır. Genellikle normal kişilerde işitme eşiğinin 70-90 dB üstünde verilen ses uyarını ile refleks olarak musculus stapedius kasılır. Genellikle bu değer 75 dB civarındadır. Bu kasılma stapese etki yaparak orta kulaktaki kemikçikler sisteminin impedansını artırır ve sesin iç kulağa geçişi engellenir. Bu impedans artması odyometrik olarak saptanabilir. Musculus stapediusun belirli bir şiddetteki ses uyarını sonucu refleks olarak kasılması iki taraflı olarak meydana çıkar. Yani ses uyarını hangi kulaktan verilirse verilsin her iki kas birden kasılır. Ancak, bunun için refleks arkının sağlam olması gereklidir.

Ses uyarını koklear sinir lifleri ile ventral koklear nükleusa ve oradan trapezoid cisme ve medial superior olivar komplekse ve buradan da fasiyal sinirin motor nükleusunun medial bölümüne gelir. Fasiyal sinir ile musculus stapediusa iletilir. Bu refleks yolu ile VIII. kraniyal sinir, beyin sapı alt merkezleri ve VII. kraniyal sinir incelenmiş olur.

Refleksin ölçülmesi için impedans odyometresindeki ekipman kullanılır. Bu refleks araştırması bütün frekanslar için yapılır. Hastanın sakin olması gereklidir. Bu yüzden yerinde durmayan ve ağlayan çocuklarda uygulanamaz ya da sonuçlara güvenilemez. Stimulasyon hem ipsilateral ve hem de kontralateral olarak yapılmalıdır. Bu şekilde dört uyarılma gereklidir. Ipsilateral uyarılma çaprazlaşmayan aynı yöndeki refleks yollarının sağlamlığını kanıtlamak için yapılır. Kontralateral uyarılda ise çaprazlaşan yollar incelenir. Refleks eşiği, akustik impedansta değişiklik meydana getiren en düşük ses seviyesidir. Bu refleks, eşiği normal kişilerde 500-2000 frekansı arasında olmalıdır. Dörtbin frekanstaki seslerde alınan yanıtlar güvenilir değildir. Orta şiddetteki iletim tipi işitme kayıplarında akustik stapes refleksleri ipsilateral kulakda mevcut olmayabilir.

Buna karşılık sensorinöral işitme kayıplarında ise normal seviyelerde refleks mevcuttur. Yüksek seviyedeki koklear kayıplarda ise mevcut olmayabilir. Yetmişbeş dB'in üstündeki koklear işitme kayıplarında refleks %90 mevcut değildir. Bu yüzden refleks organik olmayan işitme kayıplarında, işitmenin var olup olmadığını saptamak içinde kullanılabilir. Bazı stimulasyon vakalarında refleks araştırması bu konuda fikir verebilir. İşitmediğini iddia eden bir hastada refleksin elde edilmesi işitmenin varlığını ortaya koyabilir (1).

### **İşitme Fizyolojisi ve Otoakustik Emisyonlar**

Ses; maddeden oluşan bir ortamda yayılan mekanik bir titreşim dalgasıdır (11). Akustik enerjinin, dış ve orta kulakta iletdikten sonra, iç kulakta değişikliğe uğratılarak, aksiyon potansiyelleri halini alıp, işitme yolları vasıtasıyla beyine gönderilip burada ses halinde algılanması olayına ise işitme denir (11). Yani normal işitme için,

*1-İleti Sistemi:* Ses titreşimlerinin dış ve orta kulak aracılığıyla, iç kulak sıvılarına iletilmesi,

*2-Periferik Analiz ve Enerji Dönüşümü:* İç kulakta frekansların periferik analizinin yapılması ve corti organına ulaşan akustik enerjinin tüylü hücrelerce elektrik potansiyeline dönüşümü,

*3-Elektriksel Enerjinin Taşınması:* Oluşan elektrik potansiyellerinin yukarı merkezlere sinir lifleri boyunca iletilmesi ve

*4-Kortikal Analiz:* Koklear çekirdeklerden temporal lobtaki işitme merkezine gelen uyarıların birleştirilip, analiz edilmesi gerekmektedir.

Otoakustik emisyonlar, kokleer mekaniğin bir ürünüdür. Kokleanın mekanik davranışı ile ilgili elimizdeki bilgilerin büyük kısmı von Bekesy'nin 1960 yılında yayınladığı çalışmalarına dayanmaktadır (11). Deneylerinde; kobay ve kadavra kulaklarında, Reissner membranı üzerine refle veren partiküller yerleştirerek, stroboskopik illuminasyon yardımıyla sese ipsilateral kokleada oluşan vibrasyonları incelemiştir. Von Bekesy bu deneylerinde 130-140 dB şiddetinde ses kullanmıştır. Ortaya çıkan vibrasyon şekli, koklea bazalinden apeksine doğru hareket eden bir dalga gibi görünmektedir (ilerleyen dalga). İç kulağın ses ile uyarılması sonucu kokleer membranöz labirentte ilerleyen bir dalga oluştuğunu gözlemiştir. İlerleyen dalganın koklea boyunca hareket ederken vibrasyon amplitüdü değişmektedir. Von Bekesy, çalışmalarında yüksek frekanslı seslerin uyarımı ile oluşan ilerleyen dalganın zirvesini koklea tabanı civarında, düşük frekanslı seslerin uyarımı ile oluşan ilerleyen dalganın zirvesini ise koklea apeksinde yaptığını göstermiştir (22). Dalga amplitüdü dereceli olarak bir pik yapmakta ve daha sonra da apekse doğru ilerlerken hızla azalmaktadır. Bazalde dalga hızla iletilmekte, ancak apikale doğru ilerlerken hızı azalmaktadır. Buna bağlı olarak apekte zirve yapan dalgaların uyarımı daha geç olmaktadır. Buna bağlı olarak geçici uyarılmış otoakustik emisyon ölçümlerinde (Transient Evoked Otoacoustic Emissions =TEOAE) kokleer yanıtlardan stimulustan hemen sonra görülen emisyonlar tiz seslere, daha sonra ortaya çıkan emisyonlar ise pes seslere bağlı olarak ortaya çıkan emisyonlardır (24). Yanıt amplitüdü her

frekans için özel bir pik göstermektedir. Buradaki frekans seçicilik baziler membranın katılık (stiffness) gradientine bağlıdır (25).

Ayrıca kokleaya bir noktada pencere açılarak, değişik frekanslı seslerin bu noktadaki amplitüd değişiklikleri de bu çalışmalar sırasında ölçülmüştür. Bu noktanın tüm düşük frekanslar için sabit bir amplitüd göstermesinin yanında, belli bir frekansın üzerinde ise amplitüdün hızla düştüğü görülmüştür. Böylece von Bekesy'nin çalışmalarına göre, koklea sadece düşük tonları geçirebilen ve kötü bir filtre özelliği gösteren bir yapı olarak fonksiyon görmektedir (22).

Ancak kokleanın fonksiyonları hakkındaki görüşler son 25 yılda oldukça değişiklik göstermiştir. Pekçok morfolojik, fizyolojik, psikoakustik ve model çalışmaları bu olguda rol almışlardır. Son 25 yılda yapılan araştırmalar sonunda ortaya konan konulardan biri de kokleanın sadece sesi alan bir organ olmadığı, aynı zamanda akustik enerji ürettiği gerçeğidir. Bu tür ses enerjisinden ilk bahseden 1948 yılında Gold olmuştur (16). Fakat bu mekanizma ancak 30 yıl sonra Kemp tarafından kanıtlanmıştır (23). Günümüzde bu seslere otoakustik emisyonlar demektedir ki bunlar dış kulak yolundan özel şekillerde elde edilebilmektedir.

Otoakustik emisyonların bulunması beraberinde pekçok sonuçlar getirmiştir. O zamana kadar sadece pasif alıcı bir organ olarak düşünülen kokleanın, ayrıca sesleri aktif bir şekilde işlediği, istenen sesleri aktif olarak "amplifiye ettiği" ortaya konmuştur. Otoakustik emisyonlar ile kokleanın mekanik özellikleri, non-invaziv ve objektif olarak ortaya konabilmektedir, Otoakustik emisyonlar sinirsel aksiyon potansiyellerinden bağımsızdır ve kokleanın mekanik fonksiyonunun bir ürünüdür (11). Otoakustik emisyonlar koklea tarafından üretilen düşük şiddetteki seslerdir. Bunlar kokleadan geriye doğru orta kulak ve timpanik membranı geçer ve dış kulak yoluna konan bir mikrofona saptanabilir. "Kokleer amplifikasyon sistemi" ve DTH'ler ile ilişkilidir. DTH'lerin hücre iskeletinde aktif olarak frekans selektivitesini sağlayan kontraktıl proteinler vardır (24). Muhtemelen DTH'lerin kas benzeri boy değişiklikleri,



onun elektrik polarizasyon derecesini değiştirmektedir. DTH'lerin motil aktivitesi baziler membran vibrasyonunu amplifiye edebilir (5,6). Buna ek olarak DTH'ler koklea bazalinde kalın ve kısa iken, apikalinde ince ve uzundur ki, bu da frekans selektivitesi için önemli intrinsek bir faktördür. Baziller membran 20.000-30.000 kadar baziller lif içerir. Bu liflerin uçları, kokleanın merkezi kemik çatısı içine sıkıca tespit edilmiştir. Fakat distal uçları serbest olup, bu gevşek baziller membran içine gömülü haldedir. Lifler sert ve bir uçları serbest olduğundan titreşim yapabilirler. Baziller liflerin uzunlukları kokleanın tabanından tepesine doğru gidildikçe artar ve bu 12 katlık bir artış gösterir. Bununla beraber baziller liflerin çapları helikotremaya gidildikçe azalmakta olduğundan, bunların genel sertliği 100 katdan fazla azalır. Sonuçta kokleanın oval penceresine yakın sert ve kısa lifler yüksek frekanslarda en iyi titreşim gösterirken, kokleanın tepesine yakın uzun ve esnek lifler düşük frekanslarda en iyi şekilde titreşir (11).

İlerleyen dalganın tepe noktasına yaklaştıkça, baziler membran dalgaya enerji eklemektedir. Böylece dalganın amplitüdü birden keskin olarak artmaktadır. Fakat bu noktadan hemen sonrada sönerek başka frekansiyel uyarıma neden olmamaktadır. Böylece ilerleyen dalganın yapısında iki komponent bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi geniş olarak ayarlanmış ancak rölatif olarak küçük bir yer tutan, kokleer sıvılar ile baziler membranın pasif mekanik özelliğini gösteren kısmıdır. Diğeri ise, frekans selektivitesi ve keskin ayarlanma özelliğini sağlayan ve dalganın büyük kısmını oluşturan büyük amplitüdü aktif kısmıdır. Bu ikinci komponent kokleadan biolojik enerji girişi ile oluşmaktadır. Bu sistem düşük şiddetteki uyarılara karşı çok belirgindir. Yüksek şiddetli uyarılarla ortaya çıkmaz ve kokleer patolojiler ile duyarlılığını kaybeder. Baziller membranda mekanik vibrasyonları arttıran biolojik enerjiyi kullanan aktif mekanik bir amplifikatör bulunmaktadır. Membran vibrasyonu hesaplanır ve stapes vibrasyonu ile karşılaştırılırsa, ilerleyen dalganın 40 dB kadar amplifiye edildiği görülür (25). Her dalga ilk belirlediğinde göreceli zayıf iken söz konusu dalga, baziller membranın

dalgaının frekansına eşit doğal rezonans frekansa sahip bölgesine ulaştığında, daha güçlü bir hal alır. Sonuç olarak dalga bu noktada ortadan kalkar ve baziller membranın geri kalan kısmında ilerleyemez. Yani yüksek frekanslı bir ses rezonans noktasına ulaşip ortadan kalkıncaya kadar baziller membran üzerinde sadece kısa bir mesafe katederken, orta frekanslı bir ses dalgası yolun yansına kadar ulaşip sönecek ve son olarak çok düşük frekanslı bir ses dalgası, bütün membranı boylu boyunca katedecektir (11). Aynı zamanda DTH'lerin üzerindeki stereosilyalar da baziller membran boyunca değişiklik gösterir. Uyarının frekansı dışında amplitüdüne bağlı olarak kokleer. biyomekanikteki değişiklikleri inceleyen bir diğer araştırmacı Rhode olmuştur (42). Rhode 1978 yılında yaptığı çalışmalarda baziler membran vibrasyonlarının başlangıçta stimulus şiddetine paralel olarak arttığını, ancak daha sonra aynı paralellikte artmadığını bulmuştur (42). Bu kokleanın diğer bir önemli özelliği olan nonlinear özelliğidir. Grandori ve Stevens da bu olayın otoakustik emisyonlara yansiyişini gözlemlemişler (4). Buna göre orta veya yüksek şiddette olan uyarıların otoakustik emisyon amplitüplerinde çok kısıtlı miktarda (nonlinear tarzda) artışa yol açtıklarını belirtmişlerdir.

Daha sonra Patuzzi ve Johnstone'nun çalışmaları da Rhode'u desteklemiş ve onlar da kokleanın iki özelliğinden bahsetmişlerdir (22).

*1- Hassas frekansiyel seçicilik ve ilerleyen dalgaının hareketinin aktif olarak amplifiye edilmesi:* Karakteristik frekansın, yani uyarılması gereken nörofibrilin her iki yanında cevap oluşturabilmek için şiddetin birden yükselmesidir. Fonksiyon eğiminin bu kadar dik olması sistemin çok keskin olarak ayarlandığını veya başka bir deyişle kokleanın frekans seçiciliğinin çok duyarlı olduğunu göstermektedir. Duyarlılık ve frekansiyel seçicilik, normal olarak çalışan işitme sisteminin en önemli özellikleridir (22).

*2- Non-linear cevap özelliği;* Uyarı şiddetlerindeki artışlar sonucu baziller membranda oluşan hareket artışları paralel olmamaktadır. Yüksek şiddetlere karşı oluşan cevap non-linear olmaktadır. Yani uyarı şiddetinin 10 kat artırılması baziller membran hareketini 10 kat artırmamaktadır.

Cevabın keskin olarak ayarlanmış ayar eğrisinin ucu kokleanın non-lineeritesinden en fazla etkilendiğinden, yüksek şiddetlerde ayar hassasiyeti bozulmaktadır (22).

Böylece baziller membran tarafında frekans analizi yapılan akustik enerji, corti organı tarafında bioelektrik enerjiye çevrilir. Corti organı baziller membrandaki titreşimlere yanıt olarak sinir uyarıları üreten reseptör organdır; tüylü hücreler ses dalgalarının mekanik enerjisini bioelektrik enerjiye çevirir. Kokleada meydana gelen bu elektrofizyolojik değişiklikler için stria vaskularis, endolenf, perilenf ve transformasyon işleminin gerçekleştiği tüylü hücreler adeta bir batarya vazifesi görür (11).

Farklı ses frekansının belirlenmesi için, sinir sistemi tarafından kullanılan ana yöntem baziller membran üzerinde en fazla uyarılan konumların saptanmasıdır. Bu olaya ses frekansının saptanması için kullanılan yer ilkesi adı verilir. Ses alıcıları ile sinyali analiz eden nöronların arasında noktası noktasına gerçekleşen ilişkiye tonotopi denilir. Her koklear nöronun tercih ettiği bir frekans vardır. Yani kendine özgü frekansdaki akustik uyarıya cevap verir (11).

Sensöriyel hücrelerin herbirinin alt yüzünden sinir fibrilleri çıkar. Bu sinir lifleri kümeler oluşturarak habenula perforata yolu ile kemik spiral laminaya giderler ve modiolusta bulunan işitme ganglionunda sonlanırlar (1.nöron). Spiral gangliondan çıkan sinir lifleri nervus koklearisi oluştururlar. Bu iç kulak yolunda nervus vestibularis ile birlikte 8.kafa çiftini oluşturur ve pontobulber olukta beyin sapına girerek, koklear nükleuslarda sonlanır (11).

Nervus koklearis yaklaşık 30.000 fibrilden oluşmaktadır. Bunların çoğu afferent lifler çok az kısmı efferent liflerdir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda fibrililerin "%90-95'inin İTH'leri innerve ettiği" görülmüş ve bunlara tip-1 veya radial fibriller denmiştir. Kalan %5-10'luk kısımda DTH'leri innerve etmektedir, bunlara tip-2 veya dış spiral fibriller denmiştir. Tek tek sinir fibrilleri üzerinde yapılan çalışmalarda, sinir fibrillerinin yapılan ayar eğrilerinde (tuning curves) her bir fibrilin karakteristik bir frekansa sahip olduğu ortaya konmuştur. Böylece düşük

frekansa sahip lifler koklea apikal bölgesinde yüksek olanlar bazalde tüylü hücreleri innerve eder. İşitsel sinir liflerinin ayar eğrileri özellikle çarpıcı olarak aynı amplütüdeki bazal membranın mekanik ayar eğrileri ile benzerlik gösterir (11).

İşitme yolları; tüm yollar boyunca tonotopik organizasyon gösterir, sadece iletimle değil analizle de görevlidirler, bir kulağa gelen uyarı kontralateral yol baskın olmakla beraber, her iki tarafta da iletelebilmektedir. Yapılan pekçok çalışmada gösterilmiştir ki; Otoakustik emisyonların (OAE) üretilmesi normal kokleer fonksiyon gerektirmektedir. OAE'ların kokleadaki keskin frekans selektivitesi, yüksek sensitivite fonksiyonlarının bir yansımasıdır (11).

OAE'ların oluşum mekanizmaları hala kesinleşmemiştir. Ancak oluşumunda dış tüylü hücrelerin önemli rolleri olduğuna dair önemli kanıtlar mevcuttur. Kokleer sinirdeki afferent nöronların çoğuyla, İTH'lerin ilişkili olduğu ortaya konmuştur. DTH'ler ise bunun tersine kokleaya gelen efferent sistemin büyük kısmı ile ilişki içindedir. Bu da işitme sistemindeki hassas eşik sensitivitesi, keskin frekans rezolusyonu ve ayar eğrilerinden sorumludur, Efferent sistem, tüylü hücrelerden işitsel kortekse kadar olan afferent yola paralel, işitsel korteksi tüylü hücelere bağlayan işitsel nöron zincirine verilen addır. İşitsel korteksten gelen efferent son yol temel olarak süperior oliver çekirdekten tüylü hücelere gitmektedir. Beyin sapının her iki tarafındaki hücreler her iki kulağın tüylü hücreleri ile sinaps yaparlar, böylece her iki kulak her iki taraftan lif alır (5).

DTH'lerin, kokleadaki ilerleyen dalga hareketine katkıda bulunarak amplifikatör görevi yaptığı bilinmektedir. Böylece, DTH'ler kokleanın frekans seçiciliğinde aktif rol oynarlar. Amplifikasyonun miktarı lineer değildir ve gelen sinyalin düzeyine bağlıdır. DTH'ler kontraktıl fonksiyonları olan aktin ve myosin filamentleri içerirler. Ek olarak DTH'lerin akustik stimülasyona karşı oluşan yanıtın uzunluğunu değiştirebilirler. DTH'lerin motil yanıtlarının, frekansların dar bandların ayarladığı saptanmıştır. Aktin ve myosin tarafından sağlanan hücre motilitesi corti organının aktif mekanik

yanıtını oluşturur. DTH'lerin aktif mekanik hareketlerinin kaybı, eşik sensitivitesi ve frekans selektivitesindeki düşme ile sonuçlanır. DTH'ler tahrip edilirse; tuning curve eğrisi değişir, koklea spesifik yerde spesifik frekans özelliğini kaybeder, eşikte 40 dB kadar bir artış olur. 30 dB'i geçmeyen kokleer işitme kayıplarında da OAE'lar elde edilebilmektedir (11).

### **Otoakustik Emisyonların Sınıflandırılması:**

Koklea kaynaklı herhangi bir sesin dış kulak yolunda kaydedilmesi ile otoakustik emisyonlar tespit edilirler. Burada esas olan sesin orijininin koklea olmasıdır.

**A-Spontan OAE'lar (SOAE):** Eksternal akustik stimülasyon yokluğunda saptanan emisyonlardır. Bu sesler düşük şiddette dar-band sinyallerdir. Talmadge ve arkadaşları, SOAE'ların sağlıklı kulakların %72'sinde var olduğunu belirtmişlerdir (46). Penner ve Zhang, SOAE'ların prevalansını erkeklerde %62 , bayanlarda %83 olarak tespit etmişlerdir (37). Ototoksik ilaçlardan ve gürültüden etkilenir. Aynı zamanda yaş ilerledikçe görülme sıklığı ve amplitüdü düşer. Normal toplumda belirli bir oranda saptanabildiği için kokleer fonksiyonun göstergesi olamamaktadır (34). Ancak SOAE'un varlığı, emisyonun görüldüğü frekans bölgesinde işitmenin normal sınırlarda olduğunu destekler. SOAE dış kulak yoluna konulan bir mikrofon ile elde edilir. Kanaldaki ses ortalaması alınır. Kişinin bir veya her iki kulağında saptanabilir. Heriki kulakta saptanırsa aynı frekansta olması şart değildir. Nedeni bilinmemekle birlikte SOAE'lar sağ kulakta daha sık saptanmaktadır. Ayrıca kadınlarda görülme sıklığı erkeklerin iki katıdır (38).

SOAE'lar diüurnal bir ritim gösterir. Bu diüurnal ritim vücuttaki ısısının sabah en düşük olması ve akşama doğru 1 derece artması ve vücüddaki hormonal değişikliklere bağlanabilir. Menstrual ritimdede farklılık gösterirler. Menstruasyondan önce en az iken, ovulasyondan sonra en fazla hale gelirler. BOS basıncının yüksek olduğu yatar pozisyonda, SOAE frekansının dik oturur pozisyondakine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. BOS basıncı

koklear aquadukt yolu ile kokleadaki perilenfatik basıncı etkiler. Bu basınç değişikliği SOAE'ların frekansını etkileyen önemli bir faktördür (35).

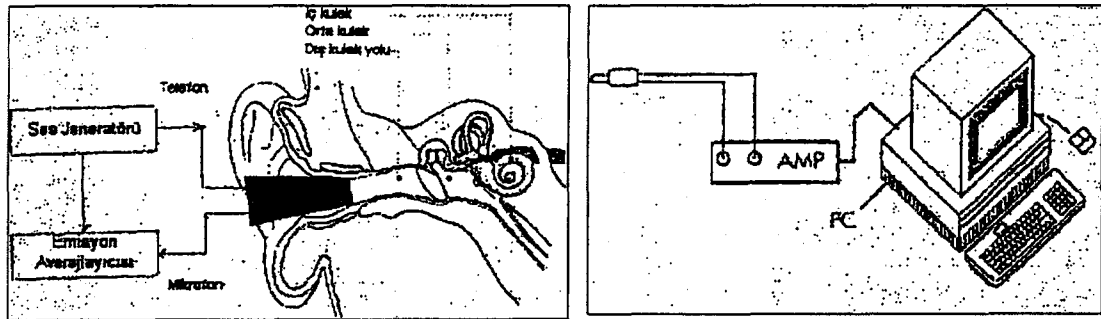
**B-Uyarılmış OAE'lar:** Burada emisyonun ulaşabilmesi için değişik şekillerde akustik stimuluslar verilmektedir. Günümüzde üç tipte tipte olduğu kabul edilmektedir (11).

- Geçici Uyarılmış Otoakustik Emisyon (TEOAE)
- Stimulus Frekansı Otoakustik Emisyon (SFOAE)
- Distorsiyon Ürünleri Otoakustik Emisyon (DPOAE)

#### TEOAE:

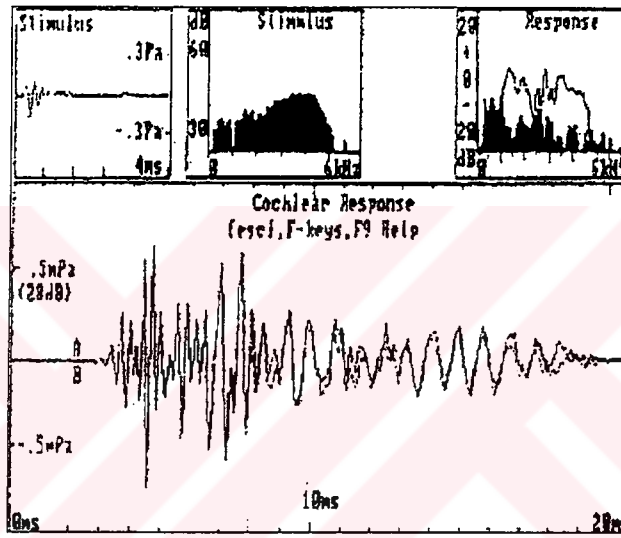
İlk olarak 1978 yılında Kemp tarafından ortaya konmuştur (23). İlk olarak "uyarılmış akustik emisyonlar" ismini vermiştir. Bu emisyonlar klik şeklindeki kısa akustik uyarılar sonrası, zaman averajlama yöntemi ile edilmektedir. Uyarının özelliği ise geçici olmasıdır. Diğer OAE'larda olduğu gibi uyarandan belirli bir latans süresi sonrasında ortaya çıkmaktadır. TEOAE'lar zayıftır (30 dB altında) ve stimulus şiddetindeki artışla nonlineer olarak gelişirler.

TEOAE'ları saptamak için kullanılan prosedür ABR'dekine benzer. ABR'de ölçülen sinyal elektrikseldir, TEOAE'da ise akustiktir. TEOAE ölçmek için; minyatür hoparlör, minyatür mikrofön, amplifikatör, stimulus jeneratörü ve tekrarlayan dalga formlarının averajlamasını ve hızlı Fourier transformunu sağlayan mikrokompüter gerekmektedir (11). (Şekil- 5 ).



Şekil - 5 : TEOAE için gerekli ekipman

İşitmesi bazı frekanslarda normal bazı frekanslarda kayıp olan vakalara yapılan TEOAE ölçümlerinde; emisyonlar normal ve normale yakın frekanslarda saptanmaktadır. TEOAE'lar normal işiten vakaların %98'inde vardır. İşitme kaybı 25-30 dB'i geçerse saptanamaz. Ayrıca işitmesi normal yenidoğan ve çocuklarda da daha yüksek amplitüdde ölçülebilirler. Ancak amplitüd ve frekans dağılım farkları vardır. Spesifik olarak infant TEOAE'lerinde amplitüdüler daha büyüktür. İnfantlarda elde edilen emisyonlar erişkinlerdekenden ortalama 10 dB daha şiddetlidir (11). (Şekil-6 )



Şekil-6:Elde edilen TEOAE yanıtları

TEOAE'lar geniş band klik stimuluslarla yapıldığında, kulaktan stabil ve 500 ile 5000 Hz arasında yayılan spektral enerji ortaya çıkar. Ancak sıklıkla 5000 Hz'de yanıt alınamaması söz konusu olmaktadır. Bu da 5000 Hz'de stimulusun yeterince güçlü olamamasına bağlanmaktadır (11).

TEOAE'de latans direkt olarak stimulus frekansı ile ilgilidir. Yüksek frekanslarda sesin katettiği yol kısa olduğu için, latanslar pes frekanslara göre daha kısadır. TEOAE latansları 5000 Hz'de 4 msn, 500 Hz'de ise 20 msn civarındadır (11).

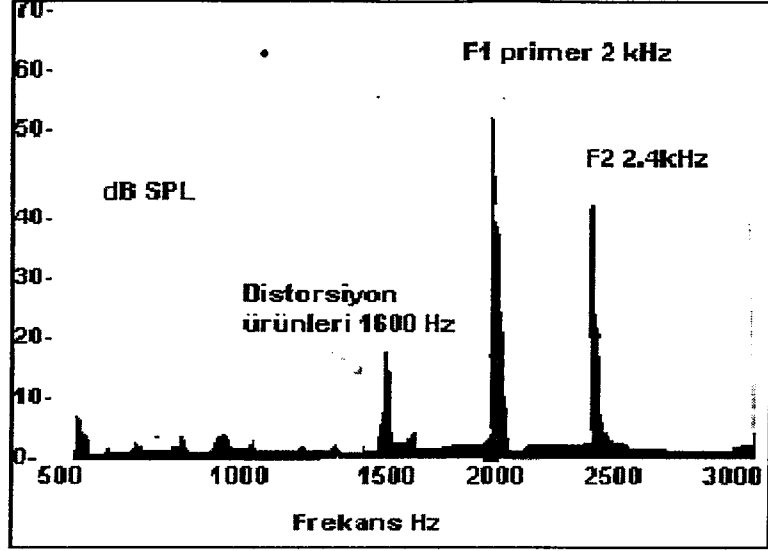
### **SFOAE:**

Kokleada, düşük seviyedeki sabit tonlarla kontinü akustik stimülasyon (kontinü tonal stimulus) ile uyaran frekansında elde edilen akustik enerjileri tanımlar. Cevaplar stimulus şiddeti ile non-lineer olarak artmaktadır. Bu ismi Kemp ve Churn 1980 yılında ortaya koymuşlardır. Scloth ve Zwicker ise 1982 ve 1984 yıllarında "senkronize uyarılmış OAE" terimini kullandılar (35). Ancak DPOAE'de senkronize olarak uyarıldıkları için SFOAE terimi daha uygundur. SFOAE, TEOAE ile ortak kokleer orjini taşırlar. Bu nedenle ve teknik zorluklardan dolayı klinik kullanımı kısıtlıdır. TEOAE kullanımı daha sıktır.

### **DPOAE:**

Aralarında belirli bir oranda frekans farkı olan ve  $f_1$  ve  $f_2$  frekanslarında ve L1 ve L2 şiddetinde olan iki stimulus, kokleaya aynı anda sunulduğunda bir veya daha fazla frekanslarda akustik enerji yayılımı meydana gelir. Bu akustik enerji yayılımına DPOAE denir (35). Distorsiyon ürünlerinin varlığı aslında von Helmholtz ve von Bekesy gibi eski araştırmacılar tarafından da bilinmekteydi. Ancak onlar bu emisyonların orta kulak kaynaklı olduğunu düşünmekteydiler. Goldstein 1967 yılında bu emisyonların non-lineer özelliklerinden dolayı kokleer kaynaklı olduğunu ortaya koymuştur (35). DPOAE'lar iki ayrı frekanstaki pür ton seslerin simültane olarak verilmesiyle elde edilir. (Şekil-7)





Şekil-7 : f1 ve f2 stimulusların geometrik ortalaması olan  $f1 \sqrt{f2}$  frekansında meydana gelen distorsiyon en güçlü olarak  $2xf1-f2$  frekansında emisyonu neden olur

Sağlıklı koklea tarafından gerçekleştirilen non-lineer proses, input frekanslarından ayrı olarak ek frekansların ortaya çıkmasıyla sonuçlanır. Bu cevaplar tonaldır ve matematiksel olarak orijinal input frekansları ile ilişkilidir. Bitonal stimülasyonlar "İntermodülasyon ürünleri" denen pek çok farklı distorsiyon ürünlerine yolaçar. Bu emisyonlar pek çok frekansta ortaya çıkmakla beraber en belirgin emisyon  $2f1-f_2$  frekansında ortaya çıkmaktadır (şekil-7). Oluşan DPOAE'nin amplitüdü stimülasyonda kullanılan tonlar ve şiddetleri ile yakın ilişki gösterir. DPOAE'nin enstrumantasyonu ve teknik prosedürleri TEOAE'den çok daha kompleksdir. Kulak yoluna iki ayrı frekansta ses vermek için iki minyatür hoparlör ve bir minyatür mikrofon konması gerekir. DPOAE'ların 55-60 dB olan stimulus tonlarından çok daha az şiddette olması ölçümlerde zorluklar ortaya çıkarmaktadır, ikinci zorluk ise test değişkenlerinin kompleksitesidir (31). Örneğin uyaranların frekans ve şiddet oranları ölçümlerin sonuçlarını etkilemektedir. Tüm bu zorluklara rağmen DPOAE'lar periferik işitme sistemi ile ilgili çok ayrıntılı bilgiler verebilir. Pek çok çalışma, 1 kHz üzerindeki frekanslarda; pürton odyogramla, DPOAE arasında frekans spesifik bir ilişki olduğunu göstermiştir. Yapılan DP-gram ölçümleri dışında growth function (input/output fonksiyonu) ölçümleri de yapılabilir.

Burada stimulatör tonların şiddetleri düşürülerek DPOAE amplitüdündeki değişiklikler kaydedilir. Input/output foksionu bize cevapların nonlineer olduğunu yani kokleadan kaynaklandığını, enstrumantasyon artefaktı olmadığını onaylar (11).

Sağlıklı erişkinlerde yapılan DPOAE taramalarında 1500 ve 5500 Hz'de amplitüd piklerinin olduğu; buna karşılık 2000-4000 Hz'de ise amplitüdüden daha düşük gözleendiği belirtilmektedir. Ancak bu durumun nedeni henüz açıklanamamıştır(31,43).

### **Gürültü**

Gürültünün tanımı sosyal ve fiziksel olarak ayrı ayrı yapılmıştır. Örneğin maçlarda yüksek sesle bağırarak, davul, kaynana zırlıtısı, borazan) gibi ve çeşitli ses çıkaran araçlarla maçta taraftarı olduğu takımı desteklemek hiçbir sorun yaratmazken, bir konserde veya konferansta fısıltı ile konuşmak tepki çeker. Bu nedenle gürültü istenmeyen sestir diye sosyal bir tanım yapabiliriz. Gürültülü ortamın sesleri, saf ton sesler olmayıp, pek çok frekans içeren seslerdir (3).

Fiziksel olarak gürültü çeşitli frekanslarda, genellikle alçak frekanslardaki seslerin karışımı die tanımlanabilir. Bugün gürültüyü, belirli bir şiddetin üstüne çıkan ve işitmeye zarar verebilecek potansiyeldeki sesler diye tanımlayabiliriz

### **Gürültü Çeşitleri:**

Gürültü özelliklerine göre bazı gruplara ayrılır.

**1-Sürekli gürültü:** Belirli bir şiddette, fazla azalma ve çoğalma olmadan kesilmeden devam eden seslere verilen isimdir.

**2-Dalgalı (Fluktuan) gürültü:** Şiddeti zaman zaman azalan veya çoğalan seslere verilen isimdir.

**4-Aralıklı (Intermittan) gürültü:** Ses zaman zaman kesilir ve yeniden başlar.

**5-Basınçlı (İmpulsiv) gürültü:** Sesten başka basınç da yapabilen hava kompresörleri, kapalı ortamlarda tüfek atışları gibi seslerdir.

**6-Çarpın (İmpakt) sesler:** Bunlar genellikle metallerin birbirine çarpmasından meydana gelen seslerdir. Kaportacılar, bakırcılarda ve diğer bazı meslek gruplarında rastlanır. Bunların karakteristiği sesin meydana geldikten sonra ilgili sese ilaveten yankı yapmasıdır. Kısa süreli çok şiddetli ve yankı yapan seslerdir (2).

### **Gürültünün Ölçülmesi:**

Gürültünün ölçülmesi için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Birincisi "sound pressure level meter"dır (SPLM). SPLM çeşitli skalalardaki gürültüleri dB cinsinden belirler. Gürültünün ağırlıklı olduğu frekanslar vardır. Örneğin 1-5 kHz'ler arasındaki gürültüler işitme organı için daha zararlıdır. Bu tip gürültüler A skala diye adlandırılır. Bundan başka orta ve yüksek frekansları içeren gürültüler B ve C skala diye adlandırılır (3). Bunlar işitme organı için daha az zararlı gürültülerdir. Eğer gürültü hiç değişmeden süreklilik gösterirse bu zaman da lineer skala söz konusu olur. Gürültünün zararlı etkisi 85 dB'den başlayarak söz konusu olur. Gürültünün ağırlıklı frekansı da önemlidir. A skala bir gürültü, B ve C skala gürültülerden daha zararlıdır. Uluslararası olarak zararlı gürültü seviyesi 85 dB olarak saptanmıştır. Bunun üzerindeki şiddetlerde gürültüler işitme kaybı bakımından risk taşır. Gürültü eğer bu seviyenin üstünde ise iş yerinde işitmeyi koruyucu tedbirler alınmalıdır (2).

Gürültüyü ölçmek için kullanılan bir diğer odyometre ise dozimetre adını alır. Bunun gürültüyü ölçmek için kullandığı parametre daha değişiktir. Kulak için zararlı olabilecek gürültüyü (günde 8 saat 90 dB'lik) baz alarak varolan gürültüyü, gerek maruz kalma süresi ve gerekse şiddet bakımından oranlar ve süre ve şiddet bakımından bu oranları ayrı ayrı veya integre ederek verir. Yani iş yerindeki gürültünün zararlı olma oranlarını yüzde olarak belirler. Ancak bu aletler basınçlı gürültüler için geçerli değildir. Ancak sürekli dalgalı ve aralıklı gürültü için geçerli ölçüler yapabilirler, basınçlı ve çarpan gürültülü ortamlardaki ölçümler için "impulse meter"ler geliştirilmiştir. Ancak bunlar henüz yaygın değildir (2,3).

### **Klinik Ölçüler:**

Klinikte gürültüye bağlı işitme kayıpları pür ton odyometrik ölçülerle değerlendirilir. Gürültünün zararlı etkisinden korunmak amacı ile kokleer frajilitenin araştırılması için saf ton sesler verilerek yapılan Peyser Testi ve çeşitli gürültüler ile yapılan testler bulunmaktadır. Bekesy odyometrisi ve OAE ile gürültüye bağlı kokleer frajilite saptanmıştır (4). Gürültülü yerlerde çalışacak kişilerde frajilite araştırılmasında OAE incelemeleriyle, özellikle pes frekanslardaki etkileşim objektif olarak ortaya konulabilmektedir. Bekesy odyometrisi ile tiz frekansdaki etkileşimlerin daha net olarak ortaya konabilmektedir (4).

Kronik gürültü ve yaşlanma ileri yaşlarda ortaya çıkan iç kulak tipi kalıcı işitme kayıplarının nedenleridir ve tedavileri yoktur. Ancak gençlerde de ortaya

çıkarm, akut tipinde gürültü ile ilişkili akustik temelleri vardır. Uzun süreli gürültülü bir ortamda çalışmak zorunda kalan kişilerde görülen işitme kayıpları eğer gerekli önlemler alınırsa hafifletilebilir. Gürültü ile ortaya çıkan işitme kayıpları belirli bir şiddetin üstündeki ses uyarınları ile meydana gelir ve eşik yükselmesi ile kendini belli eder. Bundan başka tinnitusa ve konuşmayı algılama eşliğinde azalmalara neden olur. Aşırı gürültü ve buna bağılı olarak meydana gelen işitme kayıpları iki gruba ayrılarak incelenir (2):

### **1-Akustik travma:**

Tek bir kez, yüksek şiddette ve kısa süreli sese maruz kalmakla ortaya çıkan çoğu kez ağırlı işitme kayıplarıdır. Kayıp geri dönmeyebilir ve genellikle sensörinöral tipindedir. Bununla birlikte orta kulakta meydana gelebilen lezyonlar nedeni ile iletim komponenti de bulunabilir. Bu lezyonlar Corti organını tahrip edebilir, hücreler yırtılır ve endolenf ile perilenf birbirine karışabilir.

Basınçla beraber olan gürültülerde meydana gelen işitme kayıpları da bir çeşit akustik travma gibi kabul edilebilir. Bunlar da kısa sürelidir, genellikle gaz patlamaları ve yakıcı buharların etkileri söz konusudur. Bu tip patlamalarda travma süresi 0.2 sn ve gürültü piki 2-3 kHz'de bulunur. Küçük ateşli silah travmaları da bu gruba sokulur. Genellikle ses 140 dB civarına ulaşınca zararlı etki bariz olarak ortaya çıkar.

Çarpan gürültülerin meydana getirdiği travmalar da akustik travma arasındadır. Burada çeşitli metallerin birbirine çarpması ve sürtünmesi söz konusudur. Bu sesler kısa sürelidir ve en önemli özellikleri yankı yapmalarıdır. Bunlar basınçlı gürültülere göre şiddet bakımından yüksek seviyelere erişemezler. Eğer erişirlerse önemli iç kulak hasarlarına neden olurlar.

Gürültüye bağılı işitme kayıpları üstüne yasal limitler konulmuş olmasına karşın akustik travma pek de iyi bir şekilde tanımlanmamıştır. Ancak ABD'de işçi sendikaları günde bir dakika süre ile 130 dBA'lık bir sese maruz kalmaya izin vermektedir. Bunun üstündeki süreler ve şiddetler işitme kaybı bakımından risklidir.

Gürültüye bağılı işitme kayıpları kendisini meydana getiren sesin karakteristikleri ile yakından ilgilidir. Bunlar gürültünün frekansı, sesin şiddeti ve sese maruz kalma süresidir. Bir defa çok yüksek şiddette, kısa süreli bir sese maruz kalmak sonucunda ortaya çıkar. Nedeni orta ve iç kulak yapılarında mekanik hasarlar sonucunda ortaya çıkan işitme kayıplarıdır. Bu tip işitme kayıpları trav-

mayla ortaya çıkar, çoğu zaman ağrılıdır. Örneğin bomba patlaması, tüp patlaması gibi. Bu tip işitme kayıplarında orta kulak ve iç kulakta travmaya bağlı olarak yırtılmalar, zedelenmeler görülebilir. Timpanik membranda perforasyon, kemikçik sisteminde kopma ve yuvarlak ve oval pencere fistülleri ve iç kulak yapılarında hasarlar oluşabilir.

## **2-Gürültüye bağlı sensörinöral işitme kayıpları (GBSNİK):**

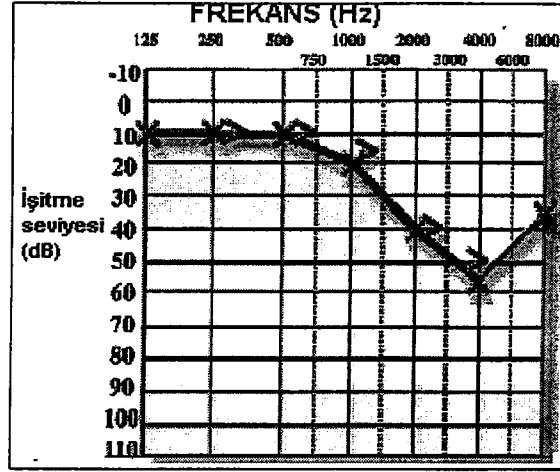
Gürültünün meydana getirdiği işitme kayıpları zamana bağlı olarak artar ve kayıplar birbiri üstüne biner. Klinik olarak gürültünün meydana getirdiği kayıplar iki grupta değerlendirilir.

-Geçici eşik kayması (*Temporary Threshold Shift*): TTS

-Sürekli eşik kayması (*Permenant Threshold Shift*): PTS

**Geçici eşik kayması:**TTS=Temporary Threshold Shift:

Bir kişi kısa ya da uzun süreli ve yüksek şiddette sese maruz kalırsa sensörinöral tipte bir işitme kaybı ortaya çıkar. Ancak bu işitme kaybı 24 saat istirahatten sonra geriler ve normal işitme yeniden döner. Meydana gelen işitme kaybı kendisini meydana getiren sesin karakteristikleri ile yakından ilgilidir. Ses ne kadar şiddetli ise kayıp o oranda artar. Ayrıca işitme kaybının meydana geldiği frekanslar kendisini meydana getiren gürültü frekansının hafifçe üstünde bulunur. Yıllardan beri yapılan hayvan deneylerinden ve klinik araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre işitme kayıpları en iyi işitilen frekanslarda ortaya çıkar. Bunlar 3-6 kHz'lerdir. Dış kulak yolu(DKY) rezonatör etkisiyle yetişkin bir insanda 3800 frekansta sesi kulak zarına 15 dB şiddetlendirerek verir. Bu yüzden 3-6 kHz'lerde işitme kaybı öncelikle ortaya çıkar ve klinikte 4000 çukuru dediğimiz odyometrik işitme kaybı elde edilir. (Şekil 8 )



Şekil-8 : Yeni başlayan gürültüye bağlı işitme kayıplarında örnek odyometri

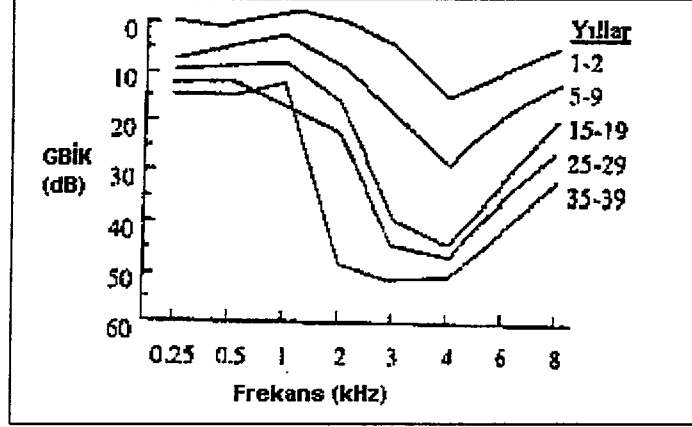
Bu açıklamadan da anlaşılacağı gibi bazı gürültüler iç kulak için daha zararlıdır. Bunlar 1-5 kHz'de odaklanmış yani bir frekans ağırlıklı sesleri içeren gürültülerdir. Bu tip gürültüler daha öncedende belirtildiği gibi A skala diye adlandırılır ve iç kulak için en zararlı gürültü çeşitleridir. Orta ve yüksek frekanstaki seslerden oluşan gürültüler ise B skala ve C skala diye sınıflandırılır. Bu grupta toplanan seslerin yaptığı zarar daha azdır.

TTS'nin meydana gelmesi için ne kadar süre ile sese maruz kalınması gerektiği hususunda fikirbirliği yoktur. Ancak sürekli olarak sese maruz kalmak zararlı bir etkiye sahiptir. Ayrıca sesin sürekli ya da fluktuan ve kesik kesik olması zararlı etki bakımından önemlidir. Kesik kesik sesler sürekli seslere göre daha az zararlıdır. TTS'nin nasıl sürekli kayıplara dönüştüğü üzerinde de herkesin kabul ettiği bir açıklama yoktur. Ancak kabul edilen bir özellik de TTS meydana getirmeyen bir gürültünün kalıcı eşik değişiklikleri PTS (Permanent threshold shift) meydana getiremeyeceğidir. Yani geçici işitme kayıplarına neden olmayan gürültülerin sürekli işitme kayıpları meydana getirmesi beklenemez (3).

**Sürekli eşik kayması:** PTS=Permenant Threshold Shift:

Belirli bir yükseklikte sese maruz kalmak öncelikle geçici eşik değişikliklerine neden olur ve istirahatle işitme normale döner. Ancak kişi bu zararlı sese maruz kalmaya devam ederse bir süre sonra kaybolan işitme istirahatle de normale dönmez. Buna sürekli işitme kaybı adı verilir. Pür ton odyometre ile saptanabilir. Bu kayıp additifdir yani sese maruz kalmak ne kadar uzarsa işitme kaybı da o kadar artar.

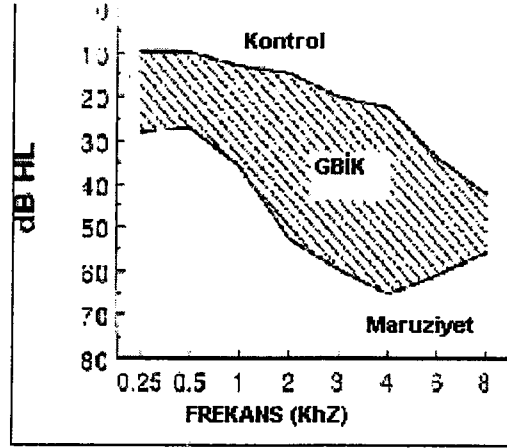
Şekil-9 bizlere bu konuda bir fikir verecektir. İşitme kaybının zararlı etki yaptığı frekanslar ve işçilerin bu zararlı etkiye maruz kalma süresinin bu kaybı nasıl etkilediği görülmektedir. Sese maruz kalma süresi uzadıkça işitme kaybı artar ve işitme kaybının etkilediği frekans aralığı genişler. Ancak hiçbir zaman 1 kHz'in altına inmez.



Şekil-9: Yıllara bağlı gelişen gürültüye bağlı işitme kayıpları (GBİK)

Şekilden de görülebileceği gibi gürültüye bağlı işitme kayıpları "GBİK" gürültüye maruz kalma süresi uzadıkça artar. Bu yüzden bu tip işitme kayıpları uzun bir süreden beri gürültülü bir ortamda çalışanlarda görülür. Bu kişiler orta veya ileri yaşlardadır. Yaşlılıkta görülen işitme kayıpları da bu işitme kaybına eklenmiştir. Bunun için odyometrede saptanan işitme kayıpları salt gürültüye bağlı işitme kaybı değildir, yaşlılıkta görülen işitme kayıpları da buna eklenmiştir. Bu nedenle yaşlılık işitme kaybının bu kayıptan düşülmesi ile gürültüye bağlı işitme kaybının gerçek değeri ortaya çıkar. Şekil-10 bizlere bu konuda bir fikir verebilir. Hiç gürültüye maruz kalmamış yani zararlı etki yapabilecek şiddette bir gürültüye maruz kalmamış aynı yaştaki kişilerin işitmesi düşüldüğünde taralı alan gerçek gürültüye bağlı işitme kaybını göstermektedir (3).

Şekil-10: Taralı alan gürültüye maruz kalma sonucu gelişen işitme kaybı farkını göstermektedir



İşitme kaybının meydana gelmesinde DKY'nin özelliklerinden söz ettik. Bu arada diğer bir özellikte orta kulak kaslarının refleksleridir. Akustik refleksler yüksek frekanstaki seslerin iç kulağa geçmesini önleyici bir etki yapar ve işitme kaybı meydana getirebilecek şiddetteki sesler spontan olarak kasılmalarına neden olur. Ancak bu koruyucu etki 2000 frekansa kadar olan sesler için geçerlidir. Bunun üstündeki frekanslarda koruyucu etkileri yoktur. Bu özellik hayvan deneyleri ile gösterilmiştir. Stapes kası tendonu kesilmiş deney hayvanlarında akustik travma normal hayvanlara göre önemli derecede artma göstermiştir (2). Gürültüye bağlı işitme kayıplarının meydana geldiği frekansların açıklanması için daha önce söz konusu ettiğimiz DKY rezonatör etkisi ve akustik reflekslerin yanında diğer bir neden olarak da iç kulağın bazal turunun akustik travmaya daha kolay maruz kalabilmesi gösterilmektedir. Orta kulağın alçak frekanslarda lineer bir özellik gösterdiği yüksek frekanslarda lineer özelliğin kaybolduğu da diğer bir açıklama biçimidir. Bütün bu özelliklere efferent sinir sisteminin yüksek seslere karşı koruyucu etki yapabileceği olasılığı da düşünülmüştür.

#### **Patogenez:**

Belirli bir sese maruz kalmanın iç kulakta meydana getirdiği histopatolojik değişiklikler hayvan deneyleri ile araştırılmıştır. Bunlar büyük bir sayıya



ulaşmaktadır ve uzun yıllara yayılmıştır.

Yüksek şiddette ve sürekli olarak sese maruz kalmak iç kulakta özellikle corti organında bir takım değişikliklere yol açar. Tüylü hücreler bundan etkilenir. En fazla etkilenen hücrelerin DTH'lerin olduğu saptanmıştır. Sese maruz kalmakla başlangıçta tüylü hücrelerin sertliği bozulur ve bunlarda eğilme ve sıraların bozulması ortaya çıkar. Ancak istirahatle bu düzen yeniden sağlanır ve geçici işitme kayıplarının mekanizmasının böyle olduğuna inanılmaktadır. Ancak sese maruz kalma devam ederse o zaman titreşim tüyleri birbirleri ile karışır ve stereosiliolar kaybolmaya başlar. İlk patoloji stereosilioları hücreye bağlayan köklerde görülür. Bundan sonra stereosiliolar kaybolur. Bu olaya paralel olarak hücreler de ölmeye başlar ve kalıcı iç kulak tipi işitme kayıplarının patogenezi böyle açıklanır. Daha ileri evrelerde ganglion hücreleri de buna katılır. Sürekli ses uyarısından yoksun kalan beyin sapındaki çekirdeklerde de değişiklikler ortaya çıkar. İşitme kaybının görüldüğü frekanstan da saptayabileceğimiz gibi iç kulaktaki hasar daha çok bazal turda görülür. Burada Bohne ve arkadaşlarının saptadıkları hayvan deneyinden söz açmak gerekir: Alçak frekans içeren gürültü verilirse önce apikal turda histopatolojik değişiklikler ortaya çıkar, fakat gürültü sürerse bu zaman çabucak bazal turda da lezyonlar görülür (2). Eğer gürültü intermitan karakterli ise apikal lezyonlar çok az görülmesine karşılık bazal lezyonlar daha fazla görülür. Bu gözlem bize alçak frekanslı gürültülerin bile daha çok bazal tur lezyonları meydana getirdiğini göstermektedir.

Gürültüye bağlı işitme kayıplarının ortaya çıkmasına etkili diğer bazı etkenler de söz konusudur. Bunları şöyle özetleyebiliriz (3):

**1-Yaş:** İşitme kaybı sese maruz kalma süresi uzadıkça artar. Bu demektir ki gürültüye bağlı işitme kayıpları daha çok ileri yaştaki insanlarda görülür.

**2-Vibrasyon:** Bir sesin tek başına ya da vibrasyonla kulağa gelmesi halinde işitme kayıpları birbirinden farklıdır. Vibrasyon sesin zararlı etkisini artırır. Vibrasyon yapan seslerde ses, iç kulağa hem hava yolu ile hem de kemik yolu ile geçer.

**3-İlaçlar:** Gürültüye maruz kalan kişilerde ilaçların etkisi de söz konusudur. Bu konuda aminoglikozid antibiyotikler, loop diüretikler ve salisilatlar, cisplatin inceleme konusu olmuştur. Loop diüretikler ve salisilatlar işitme kaybını artırır, ancak bu etki geçicidir. İşitme ilacın kesilmesi ile geri döner. Buna karşılık aminoglikozid antibiyotikler ve bunların içinde özellikle kanamisin ve neomisin gürültü ile sinerjik bir

etkileşim gösterirler, işitme kaybı artar ve kalıcıdır. Ağır metaller ve cisplatin ile yapılan hayvan deneyleri bu ilaçların gürültünün etkisini arttırdıkları ve önemli miktarda titreşim kaybı kayıplarına neden oldukları sonucunu vermiştir. Solvent olarak kullanılan toluen, hekzan poliüretan köpüğü gürültünün etkisini arttırmaktadır.

*4-Diabet ve hiperlipoproteinemiler:* Yapılan çalışmalarda diabet ve hiperlipoproteinemilerin artmış hipervizikozite nedeniyle sensörinöral işitme kayıpları oluşturabileceği saptanmıştır. (12).

*5-Bireysel faktörler:* Gürültünün her kişi üstünde aynı etkiyi yapmadığı ve bireysel olarak farklılıklar bulunduğunu gösterilmiştir. Bazıları gürültüden daha fazla etkilenmektedirler. Bu durumun bireye has genetik özelliklerden ileri geldiği kabul edilmektedir. Buna göre kokleanın yapısı titreşim tüylerinin sıklığı ve sertliği her bireyde aynı değildir. Bunların gürültüye karşı duyarlılığı arttırdığı söylenebilir.

Bunlardan ayrı olarak, yaş, ırk, cinsiyet ve kokleanın daha önce hasar görmüş olması, akustik reflekslerin durumu, sigara içme, kardiyovasküler hastalıklar gürültünün riskini arttırmaktadır. Bunlardan başka efferent sinir sisteminin gürültüyü önleyici etkisi üstünde de durulmuştur. Ancak bu konuda henüz yeterli kanıtlar yoktur.

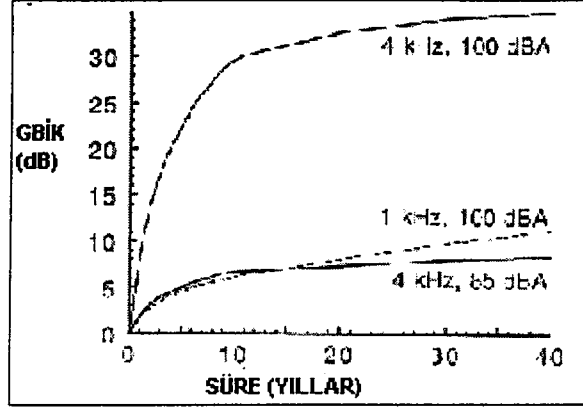
#### **Gürültüye bağlı işitme kayıplarında risk kriterleri:**

Çalışma ortamındaki gürültünün frekansı, şiddeti ve gürültülü ortamda çalışma süresi risk faktörleridir. Seksen dB şiddetindeki bir gürültünün işitme organı üstüne zararlı etkisi yok denecek kadar azdır.

GBİK gürültüye maruz kalma süresi ile orantılı olarak artar. Gürültü 1000 Hz frekansın altında zararlı etki göstermez. Zararlı etki 3000-6000 Hz frekansları arasında görülür ve gürültüye maruz kalma süresi uzadıkça zararlı etki artar. Ayrıca gürültünün şiddeti arttıkça işitme kaybı da artar.

Şekilden görülebileceği gibi 85 dBA'lık bir gürültü ilk 10 yıl içinde belirli bir kayba ulaşmakta ve ondan sonra bir plato çizmektedir, pek az bir artma gösterse bile bu 40. senede ancak 10 senede ulaşılan kaybı geçmemektedir (şekil-11). 100 dBA'lık bir gürültü ise 1000 Hz frekansında önemli işitme kaybı yapmazken 4000 Hz frekansında ise önemli işitme kaybına neden olmaktadır. Yine kayıp ilk 10 sene içinde önemli miktara erişmekte, ancak kayıp seneler ilerledikçe pek az değişiklik göstermektedir.

Bu çalışmada, karşı kulağı sağlam ve hasta kulakta mastoid cerrahisi yapılması gereken hastalarda, operasyon sırasında kullanılan tur cihazından çıkan gürültünün, karşı sağlam kulakta oluşturduğu etkinin ve varsa muhtemel işitme kaybının ortaya konulması amaçlanmıştır.



Şekil-11 : Gürültüye bağlı kalıcı eşik değişiklikleri 4000 Hz ve 1000 Hz (100dBA siddette) frekans için maruz kalma süresine bağlıdır.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmaya, Şubat 2002 ile Ekim 2002 tarihleri arasında İnönü Üniversitesi, Tıp Fakültesi Turgut Özal Tıp Merkezi, Kulak Burun Boğaz Anabilimdalı polikliniğine başvuran; orta kulak ve mastoid patolojisi olan, mastoid cerrahisi planlanan ve diğer kulağı sağlıklı ve normal olan 22 olgu dahil edilmiştir.

Yirmiiki olgudan 13'ü bayan 9'u erkekti. Hastaların yaşı 10 ile 50 arasında değişmekte olup, ortalama yaş 27,4'dü. Hastaların 17'sine kronik otit nedeni ile kortikal mastoidektomi (15 hasta) ve radikal mastoidektomi (2 hasta) operasyonu, 4'üne periferik fasyal paralizi nedeni ile transmastoid fasial dekompresyon operasyonu, birine de Meniere hastalığı nedeni ile transmastoid endolenfatik kese cerrahisi yapılmıştır (Tablo-1).

Preoperatif dönemde hastalar pür ton odyometri (Interacoustics AC 5 Clinical Audiometer, Denmark) ile değerlendirilmiş, sağlam kulaklarında ipsilateral stapes refleksi 1000Hz'de 2000Hz'de ve 4000Hz'de timpanometri (Zodiac 901 Middle Ear Analyzer, Madsen, Denmark) cihazı ile bakılmıştır. (Fotoğraf-2). Karşı kulakta işitmesi normal olan hastalar seçilmiş, daha sonra sağlam kulakta OAE ölçümleri (ILO-96 cochlear emission analyzer, Otodynamics, London, UK) yapılmıştır.(Fotoğraf-1). Spontan otoakustik emisyonlar (SOAE), Geçici uyarılmış otoakustik emisyonlar (TEOAE), distorsiyon ürünleri (DPOAE'ler) ve input-output (DPOAE I/O) ölçülmüştür. Tüm ölçümler hasta yatar pozisyonda iken, vücut hareketleri azaltılarak, probun DKY kanalına iyi bir şekilde yerleştiği bilgisayar ekranında takip edilerek yapılmıştır. (Tablo-2)

SOAE'lar amplifiye edilip sinyal fast Fourier Transform (FFT) denilen frekans spektrumuna göre şiddetin dB olarak spektral analizi yapılmıştır. Kulak

kanalındaki mevcut gürültü içinden genellikle 500 ve 3000 Hz arasında ortaya çıkan dar pikler değerlendirilmiştir.

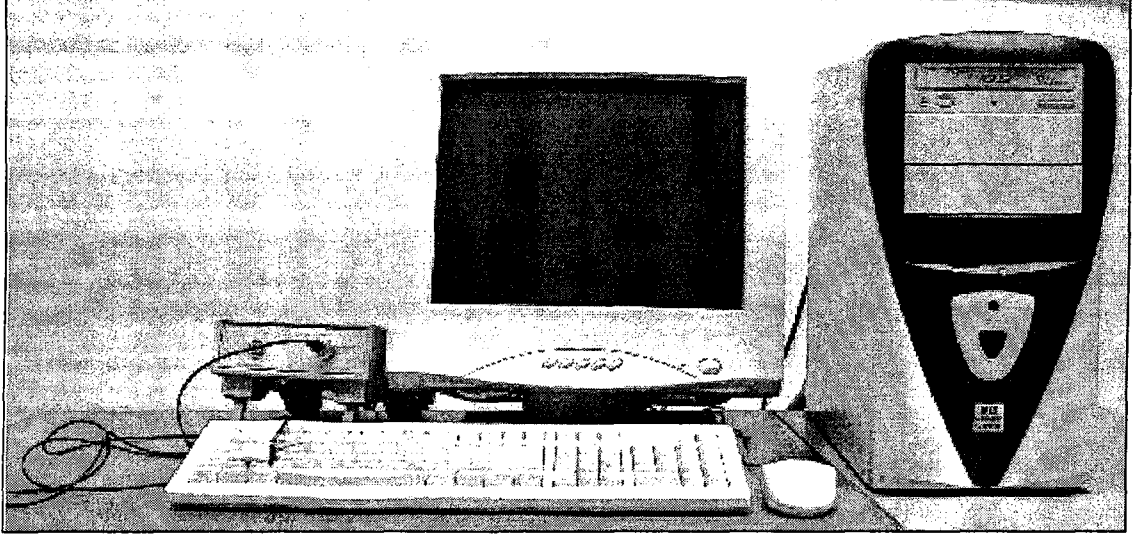
TEOAE ölçümleri 80µs süreli klikleri içeren nonlinear stimuluslar ile elde edilmiştir. Bu yöntemde cihaz DKY'daki proba 80µs süre ile dikdörtgen şekilli 3 eşit uyarı 20 msn süreler ile peşpeşe verilmiş, daha sonra ise amplitüd olarak 3 kat daha büyük ve ters bir dalga verilmektedir. DKYdaki dört yanıtın ortalaması prob veya meatus yanıtlarını içermemektedir. Dört klikli setler ile elde edilen yanıtların averajlanması yapılmış ve iki ayrı yerde toplanmıştır. Test her bir yerde toplanan 260 averajlamadan sonra bitmiştir. Beş msn içinde stimulusun dalga şekli, stimulus şiddeti ve son 20 kayıttaki şiddete göre 0-6 kHz frekans alanı üzerinden stimulus spektrumuna bakılmıştır. Daha sonra stabilitesinin oranı ve histogramına bakılmıştır. Elde edilen emisyon ile ilgili olarak önce A ve B dalgalarının şekilleri ve birbirleri ile uygunluk durumuna bakılmıştır (genellikle 2.5-20 msn arasında). Birbirleri üzerine binmişlerse test değerlendirmeye alınmıştır. Emisyon frekans spektrumunun (mavi) gürültü spektrumuna (tuğla rengi) göre durumuna 0-6 kHz arasında ve 50 Hz frekans bandında bakılmıştır. Bir-5 kHz arasındaki TEOAE varlığı değerlendirilmiştir. A+B ortalaması ve A-B farkına göz atılmıştır. Tüm test boyunca A ve B dalgalarının durumuna göre dalga üretkenliği durumuna bakılmış ve bu parametrenin ayrıca histogramıda incelenmiştir. Bir, 2, 3, 4 ve 5 kHz frekans bandı için A ve B dalgaları arasında çapraz korelasyona bakılmıştır.

DPOAE ölçümleri  $2f_1-f_2$  frekanslarında ölçülmüştür. Her iki primer stimulusun şiddeti eşit olarak ( $L_1=L_2$ ) 65 dB'de ayarlanmıştır. Frekanslar ( $f_1$  ve  $f_2$ )  $f_2 / f_1=1.21$  olarak ayarlanmıştır. DP gram için  $f_2$  frekansları 0.818 ile 5.164 kHz arasında (818, 977, 1160, 1379, 1953, 2319, 2759, 3284, 3894, 4639, 5164 Hz) incelenmiştir. Primer stimulusun 65 dB'den 47' dB'e 3'er dB aralıklar ile düşülerek elde edilen DPOAE I/O fonksiyonları 1,2,3,4,5,6 kHz'de eşik varlığı ve eşik üstü değerler ölçülmüştür. DP gram ve I/O fonksiyonları ölçümü yapılırken  $2f_1-f_2+50$  Hz frekansda  $2f_1-f_2$  DPOAE, 3 dB ve yukarısında gürültü zemininin üzeri ise anlamlı cevaplar olarak kabul edilmiştir.

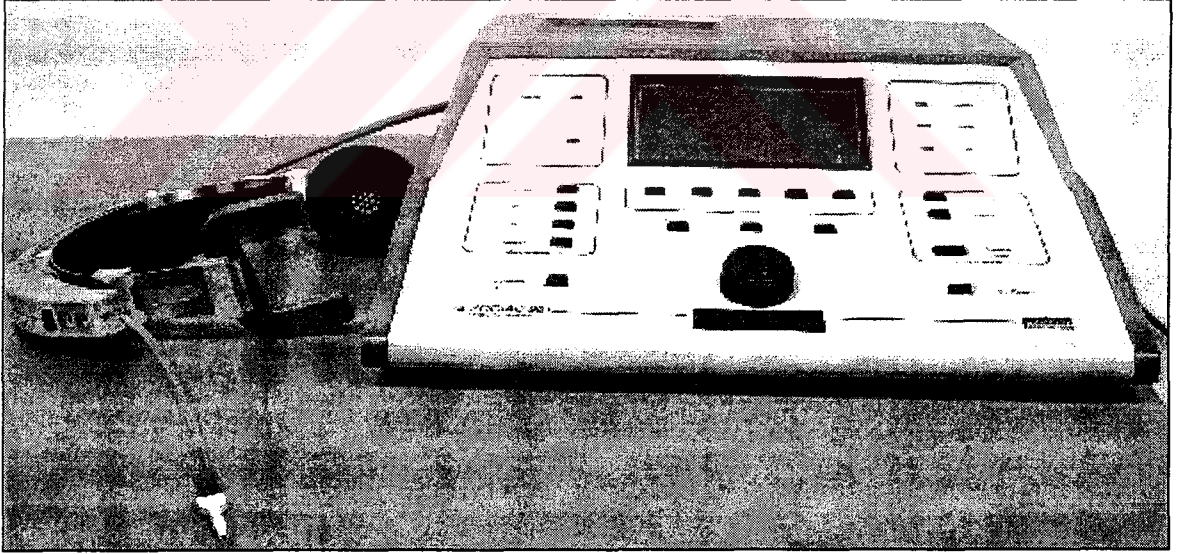
Operasyon sırasında otolojik tur cihazı (Bien Air Surgery, Osseopro, Switzerland), rotasyon hızı 20000 devir/dakikada, rotasyon yönü sağa doğru olmak üzere ayarlanarak kullanıldı. Oda ısısındaki serum fizyolojik ile 30ml/dakika miktarında sürekli irrigasyon yapıldı. Tur ucu olarak küçük boy (1mm, 2mm, 3mm); orta boy (4mm, 5mm, 6mm); büyük boy (7mm, 8mm, 9mm, 10mm) tungsten karbid ve çelik kesici uçlar ile elmas uçlar kullanıldı. Operasyon sırasında hangi tur ucu ile ne kadar turlama yapıldığı ölçüldü.(Tablo-2). Toplam turlama süresi hesaplandı.(Tablo-1). Operasyondan hemen sonra hasta genel anestezinin etkisinden çıkınca opere olmayan sağlam kulakta akustik stapes refleks ölçümü, TEOAE, SOAE, DPOAE ölçümleri yapıldı. Turlama süresinin sona ermesi ile OAE ölçümüne kadar geçen süre not edildi.

Postoperatif 1. günden başlanarak, preoperatif dönemdeki işitme eşik seviyesine yakın değerlere ulaşıncaya kadar, postoperatif 2., 3., 4., 5. ve 6., günlerde akustik stapes refleks ölçümleri, TEOAE, SOAE, DPOAE ölçümleri tekrarlandı.

Preoperatif, postoperatif 0.,1.,2.,3.,4.,5.,6. ölçümlerin hepsi birbirleri ile karşılaştırıldı. İstatiksel olarak tüm ölçümlerde öncelikle "tekrarlı ölçümlerde tek faktörlü varyans analiz testi" yapılmıştır. Anlamlı bulunan gruplarda farkın yerinin anlaşılması için ölçümlere "bağımlı t-testi" yapılmıştır.



Fotoğraf-1:Otoakustik emisyon cihazı



Fotoğraf-2:Timpanogram cihazı

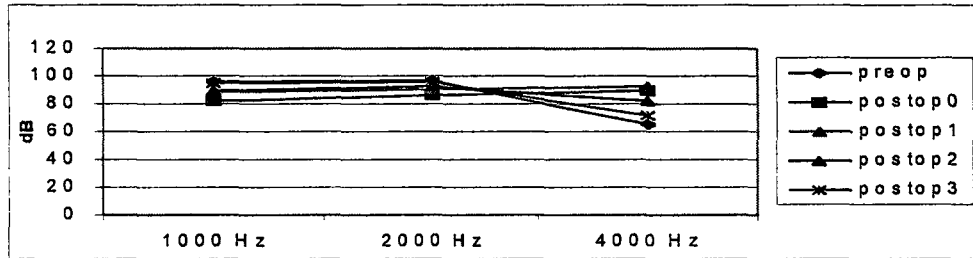
## BULGULAR

Tüm olguların opere olmayan karşı kulaklarının otoskopik muayenesi doğal değerlendirilmiştir. Saf ses ortalamaları sağlam kulakta hava yolunda 2dB ile 20dB arasında değişmekte olup ortalamaları  $9,9 \pm 5,7$  dB, kemik yolunda ise 0dB ile 8dB arasında olup ortalamaları  $1,3 \pm 0,9$  dB olarak değerlendirilmiştir.

Her hastada operasyon esnasında toplam turlama süresi ve postoperatif ilk emisyon ölçümüne kadar geçen zaman Tablo 1'de gösterilmiştir. Operasyon sırasında hangi tip tur ucunun, ne kadar süre kullanıldığına ait süre Tablo 2'de gösterilmiştir.

### AKUSTİK STAPES REFLEKSİ ÖLÇÜMLERİ

Toplam 17 olguda 5 kez akustik refleks ölçümü yapılarak değerlendirilmiştir. 1000 Hz'de ve 2000 Hz'de tekrarlanan ölçümlerde preoperatif dönemde var olan refleksler, operasyondan hemen sonra kaybolmuştur ( $p < 0,01$ ) (Şekil-12). Refleksler 72 saat sonra tekrar eski değerlerine yakın düzeye ulaşmıştır. 4000 Hz'de oldukça fazla olguda preoperatif ölçümler arası stapes refleksleri alınmaması nedeni ile uygun istatistiksel test yapılamamıştır.

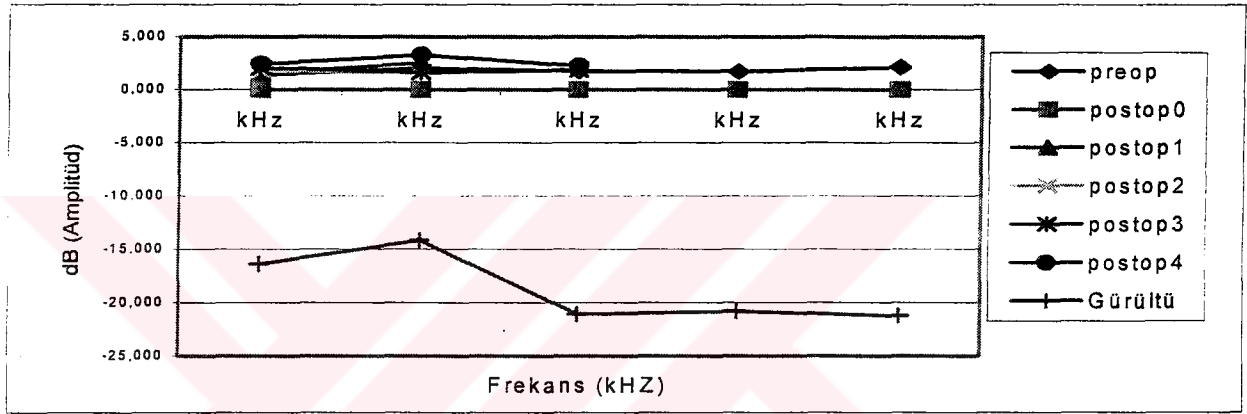


Şekil -12:Stapes refleks değişiklikleri



### SOAE SONUÇLARI:

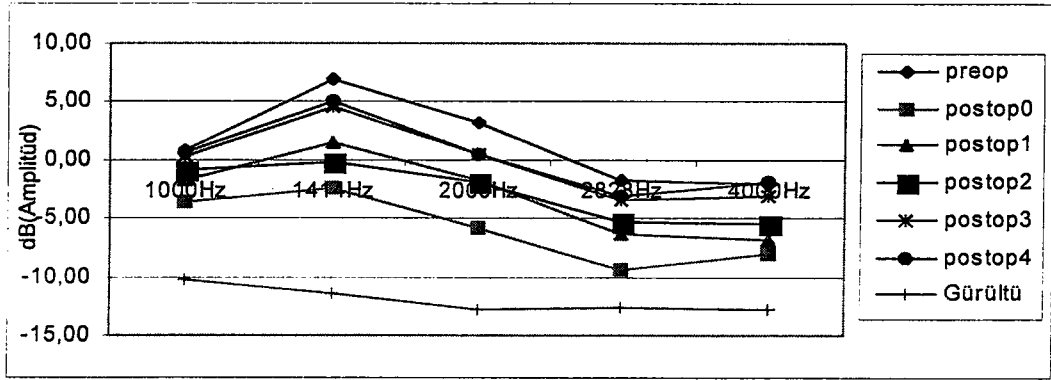
Toplam 9 olguda (%21,4) 0,648 ile 2,156 kHz frekansları arasında SOAE'lar saptanmıştır. SOAE'ların amplitüdü -10 ile +20 dB SPL arasında ölçülmüştür. Tüm olgularda operasyondan hemen sonra preoperatif dönemde elde edilen emisyon yanıtları kaybolmuştur. 24 saat sonra SOAE'lar daha düşük amplitüdde tekrar elde edilmeye başlanmış, postoperatif 1. gün ve 2. gün amplitüdder artmaya devam etmiş, ancak preoperatif dönemdeki değerlere ulaşamamıştır. Postoperatif 3. gün (72 saat sonra) preoperatif dönemdeki değerlere tekrar ulaşılmıştır (Şekil-13).



Şekil-13: Elde edilen SOAE'lar postoperatif dönemde azalmakata, 72 saat sonra tekrar eski değerlerine ulaşmaktadır.

### TEOAE SONUÇLARI:

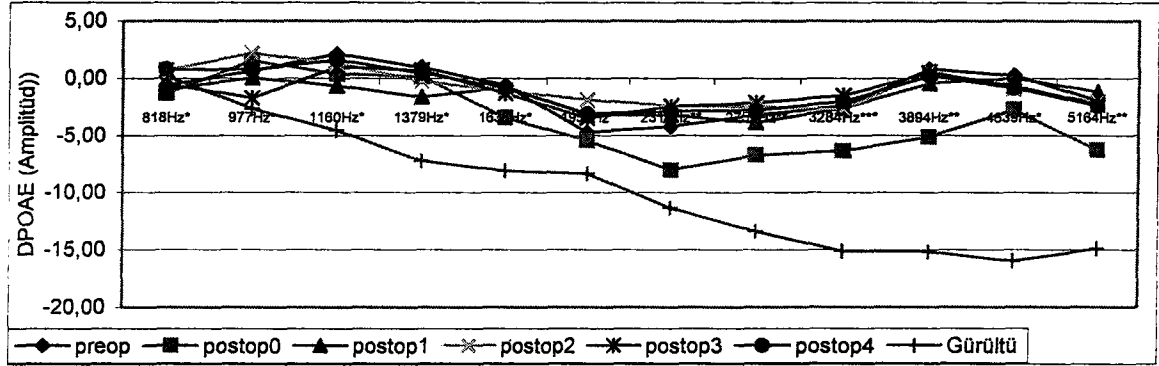
Toplam 16 olgu ve 5 ölçüm değerlendirilmiştir. Yaşı 40'ın üstünde olan 6 olguda preoperatif dönemde anlamlı TEOAE yanıtları alınamamıştır. Tüm frekanslarda (1000, 1414, 2000, 2828, 4000 Hz) tekrarlanan ölçümler arasında çok anlamlı farklılıklar saptanmıştır ( $p < 0,01$ ). 1000, 1414, 2000, 2828 Hz'lerde preoperatif ölçüm ile postoperatif hemen yapılan ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ( $p < 0,01$ ). Postoperatif düşen amplitüdder, postoperatif 2.gün (48 saat sonra) tekrar eski seviyelerine ulaşmışlardır. 4000 Hz'de 1.-2. ölçüm arasında fark saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). TEOAE yanıtları postoperatif 0.gün amplitüdderi azalmış olup, postop 3.-4. günlerde (48-72 saat, ortalama 60 saat sonra) preoperatif değerlerine yakın değerlere tekrar ulaşmışlardır (Şekil-14).



Şekil-14: TEOAE yanıtı postoperatif 0.gün amplitüdleri azalmış olup, postop 3.-4. Günler preoperatif değerlerine ulaşmışlardır. 1000,1414, 2828 ve 4000 Hz'lerde  $p<0,01$  saptanmıştır

### DPOAE SONUÇLARI:

Tüm frekanslarda 22 olgu ve toplam 6 ölçüm değerlendirilmiştir. 818, 977, 1160, 1379, 1636, 1953, 4639, Hz frekanslarında yapılan ölçümlerde, preoperatif değerler ile postoperatif 0.,1.,2.,3.,4.,5. ve 6. günlerde tekrarlanan ölçümler arasında istatistiksel fark saptanmamıştır ( $p>0,05$ ). 2319 Hz, 2759 Hz, 3284 Hz, 5164 Hz frekanslarında ise tekrarlanan ölçümlerde anlamlı istatistiksel fark saptanmıştır ( $p<0,01$ ). Preoperatif dönemdeki ölçümler ile operasyondan hemen sonra yapılan ölçümler arasında fark saptanmıştır ( $p<0,01$ ). Azalan emisyon amplitüdleri postoperatif 1.günden başlayarak tekrar artmış, preoperatif dönemdeki değerlerine postoperatif 1. ve 2.gün (24-48 saat, Ortalama 36 saat sonra) yaklaşmıştır (Şekil- 15).

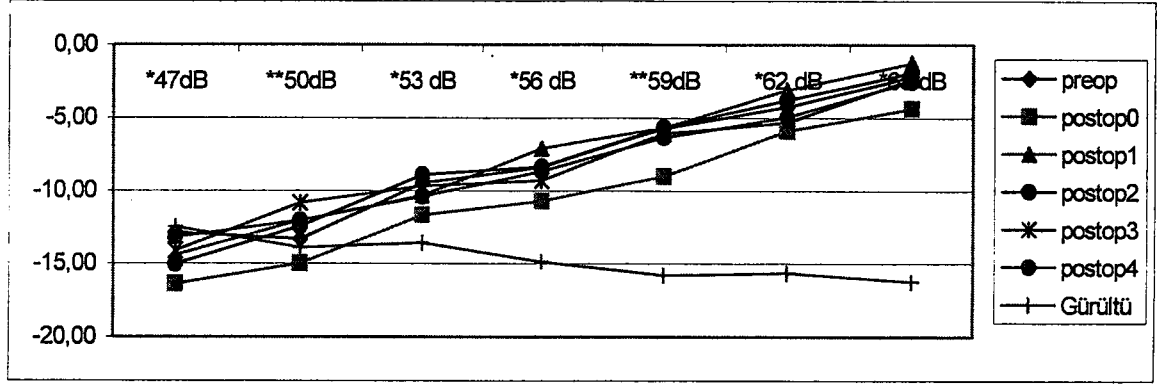


Şekil-15 :DPOAE'da \*818,\*977,\*1160,\*1379,\*1636,\*1953,\*4639 Hz'lerde  $p>0,05$ ; \*\*2319, \*\*2759, \*\*3894, \*\*4639, \*\*5164 Hz'lerde yapılan ölçümlerde  $p<0,01$ ; \*\*\*3284Hz'de  $p<0,05$  olarak saptanmıştır.

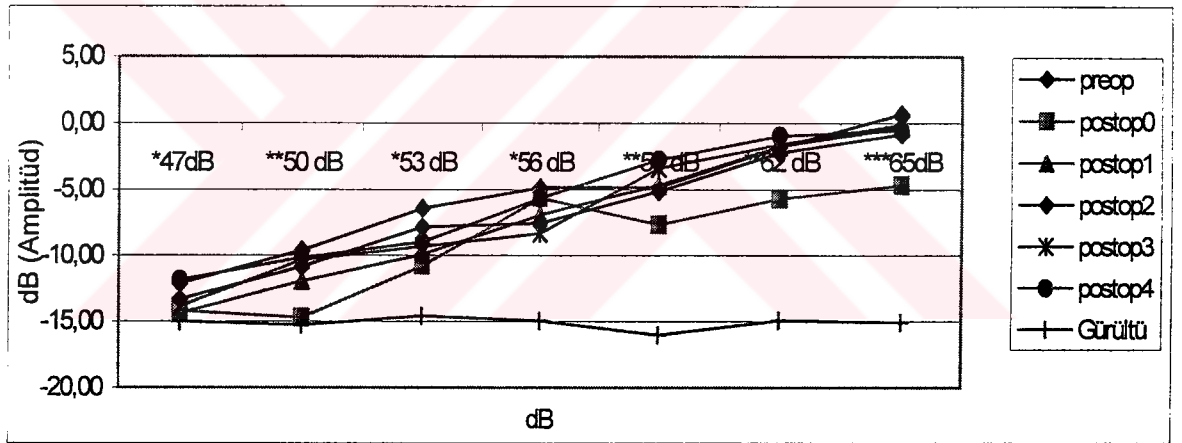
DPOAE'de ölçümlerdeki istatistiksel farklılıklar özellikle 2759, 3284, 3894 ve 5164 Hz'lerde ortaya çıkmıştır. 3284Hz'de preoperatif ölçüm ile ameliyattan hemen yapılan ölçüm arasında istatistiksel anlamlı fark saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Postoperatif hemen yapılan ölçüm ile postoperatif 1.,2., 3., 4. günlerde yapılan ölçümlerde de anlamlı istatistiksel farklar saptanmıştır ( $p<0,05$ ). 3894, 5164 Hz'de de anlamlı istatistiksel farklılıklar daha belirgin şekilde saptanmıştır ( $p<0,01$ ).

#### DPOAE İ/O FONKSİYONLARI SONUÇLARI:

Tüm frekanslarda 22 olgu ve toplam 6 ölçüm değerlendirilmiştir. Primer stimulusun 65 dB'den 47' dB'e 3'er dB aralıklar ile düşülerek elde edilen input/output fonksiyonları 1,2,3,4,5,6 kHz'de eşik varlığı ve eşik üstü değerler ölçülmüştür. 818, 1636, 2466, 4919 Hz'lerde hiçbir şiddette tekrarlanan ölçümlerde istatistiksel fark saptanmamıştır ( $p>0,05$ ). 3284 ve 4102 Hz'lerde yapılan ölçümlerde ise anlamlı fark saptanmıştır. 3284 Hz'de 50 ve 59dB'lik stimuluslar ile elde edilen emisyon amplitüdüleri arasında preoperatif ölçümler ile postoperatif hemen yapılan ölçümlerde istatistiksel fark saptanmıştır( $p<0,05$ ). 4102 Hz'de 50, 59, 62 dB'de ( $p<0,05$ ) ve 65 dB'de ( $p<0,01$ ) preoperatif yapılan ölçüm ile postoperatif hemen yapılan ölçüm arasında istatistiksel fark saptanmıştır. Postoperatif amplitüdülerdeki azalmalar 1.,2.,3.,4. günlerde toparlanmaya başlamış, preoperatif döneme yakın değerlere 24-48 saat (Ortalama 36 saat) sonra ulaşmıştır (Şekil-16, Şekil-17).



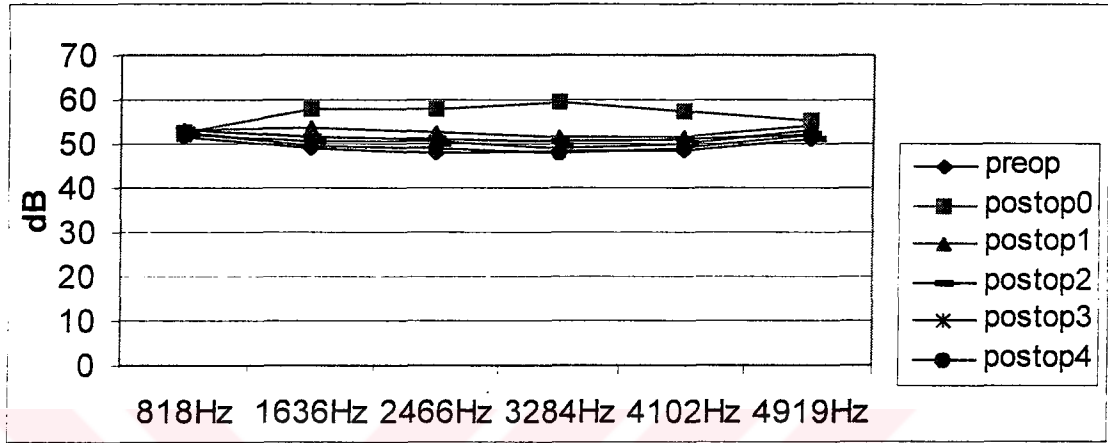
Şekil-16: 3284Hz'de I/O fonksiyonlarında amplitüd değişiklikleri. 47\*,53\*,56\*,62\*,65\*dB'de  $p>0,05$ ; 50\*\* ve 59\*\* dB'de  $p<0,05$  saptanmıştır



Şekil-17: 4102Hz'de I/O fonksiyonlarında amplitüd değişiklikleri. \*47,\*53,\*56 dB'de  $p>0,05$ ; \*\*50, \*\*59, \*\*62 dB'de ( $p<0,05$ ) ; \*\*\*65 dB'de ( $p<0,01$ )

2319 Hz, 2759 Hz, 3284 Hz, 5164 Hz frekanslarında ise tekrarlanan ölçümlerde anlamlı istatistiksel fark saptanmış ( $p<0,01$ ) 818 Hz'de saptanmamıştır ( $p>0,05$ ). Postoperatif hemen yükselen eşikler, postoperatif 1.,2.,3.,4., günlerde tekrar düşmekte ve preoperatif seviyelerine tekrar ulaşmaktadırlar (Şekil-4). 3284 ve 4102 Hz'lerde daha belirgin olarak eşik

seviyeleri operasyondan hemen sonra yükselmekte ( $p<0,01$ ), postoperatif 1. ve 2.gün (24-48 saat sonra, ortalama 36 saat) tekrar eski seviyelerine ulaşmaktadır. 1636, 2466, 4919 Hz'de eşik seviyeleri operasyondan hemen sonra yükselmekte ( $p<0,05$ ), postoperatif 24-48 saat sonra (ortalama 36 saat sonra) tekrar eski seviyelerine ulaşmaktadır (Şekil-18).



Şekil-18: DPOAE I/O amplitüd eşik seviyeleri gösterilmiştir. Postoperatif yükselen eşikler, daha sonra tekrar eski seviyelerine ulaşmıştır.

#### TURLAMA SÜRESİ VE KULLANILAN TUR UÇLARI:

Toplam turlama süresine göre 30 dakikanın altında ve üstünde olan iki grup oluşturulmuştur. DPOAE'de hiçbir frekansta gruplar arasında fark saptanmamıştır. DPOAE I/O'da 3284 Hz'de 47 dB'de, 4102 Hz'de 56 dB'de 30 dakikanın altında tur kullanılan hastalarda daha az geçici eşik değişiklikleri, 30 dakikanın üstünde tur kullanılan hastalarda daha çok geçici eşik değişiklikleri saptanmıştır ( $p<0,01$ ). TEOAE'de 1000 Hz'de 30 dakikanın altında tur kullanılan hastalarda daha az geçici eşik değişiklikleri, 30 dakikanın üstünde tur kullanılan hastalarda daha çok geçici eşik değişiklikleri saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Elde edilen sonuçlarla gruplar arası farkın olduğunu savunmak için çok güçlü kanıtlar bulunamamıştır. Kullanılan tur ucunun cinsi ve turlama süreleri ile oluşan eşik değişiklikleri uygun dağılım olmadığından istatistiksel olarak değerlendirmeye alınamamıştır.

**Tablo-1:**  
Çalışma kapsamına aldığımız olgular

<b>HASTA</b>	<b>Yaşı, Cinsiyeti</b>	<b>Operasyon</b>	<b>Sağ Sağlam kulak odyometri dB (Hava)</b>	<b>Sol Sağlam kulak odyometri dB</b>	<b>Toplam turlama Süresi (Dk)</b>	<b>İlk OAE ölçümü için geçen süre (Dk)</b>
T-1	31 B	Kortikal mastoidektomi	3	0	18	180
T-2	25 B	Fasyal Dekompresyon	18	0	75	120
T-3	37 B	Kortikal mastoidektomi	13	0	26	75
T-4	23 B	Kortikal mastoidektomi	10	0	30	60
T-5	48 E	Radikal Mastoidektomi	12	0	78	40
T-6	32 B	Kortikal mastoidektomi	13	0	52	60
T-7	27 B	Kortikal mastoidektomi	12	0	50	70
T-8	45 E	Radikal Mastoidektomi	17	2	35	65
T-9	20 B	Kortikal mastoidektomi	8	0	44	65
T-10	35 E	Kortikal mastoidektomi	15	0	24	65
T-11	43 E	Radikal Mastoidektomi	20	18	35	45
T-12	38 E	Fasyal Dekompresyon	15	5	65	60
T-13	50 E	Fasyal Dekompresyon	8	0	85	90
T-14	10 B	Kortikal mastoidektomi	2	0	39	120
T-15	12 B	Kortikal mastoidektomi	2	0	56	130
T-16	14 E	Fasyal Dekompresyon	2	0	60	110
T-17	28 B	Endolenfatik kese cerrahisi	10	2	98	130
T-18	16 B	Kortikal mastoidektomi	3	0	21	120
T-19	12 E	Kortikal mastoidektomi	7	0	32	120
T-20	10 E	Kortikal mastoidektomi	3	0	26	110
T-21	30 B	Kortikal mastoidektomi	17	2	50	120
T-22	16 B	Kortikal mastoidektomi	8	0	54	100

**Tablo-2:**  
Kullanılan tur uçları ve turlama süreleri

HASTA	ÇELİK KESİCİ (dakika)			TUNGSTEN KESİCİ (dakika)			ELMAS (dakika)		
	Küçük	Orta	Büyük	Küçük	Orta	Büyük	Küçük	Orta	Büyük
T-1					10	8			
T-2	15				9		26		
T-3					15		10	1	
T-4		10	5	4		8	2		
T-5	3		12	1			52	10	
T-6	12	5			8	20	7		
T-7		8		11	21	10			
T-8				8	4	7		6	10
T-9	17	21		1	4		1		
T-10		8			7	4	5		
T-11				7		20		8	
T-12				10	6	7	42		
T-13		5		11	2	24	33	5	
T-14				25	5			5	
T-15	12	18		16	4		2	4	
T-16		5		37	12			6	
T-17	2	7	8	54	21		3	3	
T-18				6	8		5	2	
T-19				4	20		4	20	
T-20		8		2	16				
T-21		13		23			5	9	
T-22		14		24			6	10	
Küçük Boy Tur uçları			1mm-2mm-3mm						
Orta Boy Tur Uçları			4mm-5mm-6mm						
Büyük Boy Tur Uçları			7mm-8mm-9mm						

## TARTIŞMA

Gürültüye bağlı işitme kayıpları, erişkinlerin sık karşılaştığı işitme problemlerinden biridir. Dünyada endüstriyel gelişimin artması ile birlikte gürültüye bağlı işitme kayıpları ile daha da sık karşılaşılmaktadır. Kısa süreli gürültüler bile kişisel düzeyde yorgunluk yapabilmekte, çoğu kez de bu etkiler geçici olmaktadır. Koklea üzerine tiz frekanslı sesler pes frekanslı seslere göre daha zararlı olmaktadır. Endüstri gürültüsünde, korna seslerinde ve özellikle diskotek gibi müzik salonlarında hem pes hem de tiz frekanslarda darbeler şeklindeki gürültüler daha zararlı etki oluşturmaktadır. Şiddet açısından, çok ani ve şiddetli sesler en çok zarar veren seslerdir. Açık havadaki gürültülere göre, kapalı alanlardaki yankı yapan sesler daha çok zararlı etki yapmaktadırlar (41).

Kemik yolu ile koklear komponente gelen ses dalgaları membranöz labirent hareketlerine ve kokleadaki sıvıya, oradan da oval pencere ve ossiküler zincire, tegmentuma ve kokleanın diğer kompartımanlarına giderler (51). Gürültü stimulusu ile birlikte vibrasyon, kokleada şiddetli hasarlar oluşturabilir. Bu durum da tek bir gürültü stimulusuna bağlı gelişebilecek değişikliklerden daha fazla hasar oluşturur (51).

Gürültüye bağlı işitme kayıplarında primer hasarın yeri, iç kulakta uç organdaki veya kokleadaki duysal reseptörler düzeyindedir. Şiddetli sesler corti organında DTH'leri ve İTH'leri hasara uğratabilirler. Erken dönem kayıplarında öncelikle DTH'ler etkilenirler. Tüylü hücrelerdeki hasarlar, gürültünün fiziksel özelliklerine bağlı olarak total destrüksiyondan, sadece hücrelerin spesifikleşmiş ultrastrüktürlerinde; yani sterosilyalardaki hasarlara kadar geniş bir spektrum gösterir (51). Gürültünün daha çok yüksek frekansları etkilediğine ait



literatürlerde pek çok kanıt vardır. Kokleanın bazal kıvrım bölgesi, yüksek frekanslara uyan bölgedir (30). Liberman ve Mulroy (30) kedilerde 6 kHz'de dar band aralığında, 110 dB ve aşağısında gürültü sonucu koklea bazalinin 2 mm'lik kısmında tüylü hücrelerin kaybolduğunu histolojik olarak göstermişlerdir. Ayrıca 116 dB ve üzerindeki gürültülerin, kokleanın bazal yarısında DTH'lerde destrüksiyon oluşturduğunu bulmuşlardır.

Gürültü ile gelişebilecek sensörinöral işitme kayıplarında, DTH'lerde oluşabilecek hasarları çeşitli mekanizmalar ile açıklamak mümkündür. Bu mekanizmalardan ilki metabolik olandır. DTH'ler fiziksel olarak intakt olup, fizyolojik olarak hücre zarında metabolik değişiklikler ortaya çıkar (8). Burada metabolik tükenme teorisi kabul edilebilir. Geçici eşik değişiklikleri, metabolik ihtiyacın üzerine çıktığı durumlarda ortaya çıkabilir. Metabolik tükeniş sürekli devam ederse kalıcı eşik değişiklikleri ortaya çıkar (8).

Vaskülarizasyonun azalması ve buna bağlı olarak kokleanın bazal kıvrımında stria vaskülarise az kan gitmesi metabolik olayları azaltır. Cruz ve arkadaşları akustik travmadan sonra kokleanın MR ile incelenmesinde, gadolinium gibi küçük moleküler ajanların skala mediada permeabilite artışına neden olduklarını bulmuşlardır (7).

Gürültü ile DTH'lerde meydana gelebilecek hasarları açıklamaya çalışan bir diğer mekanizma ise koklear damarların çaplarında küçülmeler ile ilgilidir. Yakın zamandaki çalışmalarda, gürültüye maruziyetin kokleanın stria vaskülarisindeki damar çaplarında azalmalara ve damar geçirgenliklerinde artışlara yol açtığı bulunmuştur (15,17). Hawkins ve arkadaşları gürültü maruziyeti sonrası çoğu koklear dokularda, akut lokal kapiller vazokonstrüksiyonların ortaya çıktığını göstermişlerdir (17). Goldwyn ve Quirk'in yaptığı bir çalışmada (15), gürültünün kokleayı sistemik olarak değil, lokal olarak etkilediği görülmüştür. Ayrıca kokleadaki kapillerlerde gürültü sonrası, transkapiller basınçta ve kapiller yüzeyde değişiklikler ile damar yataklarından komşu alanlara kan sızmaları olduğu ortaya konulmuştur (15).

Çeşitli çalışmalarda gürültüye bağlı olarak kokleada meydana gelen değişiklikler kalsiyuma bağlı bir mekanizma ile de açıklanmaya çalışılmıştır (15,17,33). Hawkins'in yaptığı bir çalışmada yoğun sese maruz kalınması

durumunda, hücre membranındaki lipit tabakada geçici olarak delikler oluşarak kalsiyum iyonlarının dış tüylü hücrelerin sitoplazmalarında arttığı ortaya konulmuştur (17).

Maurer ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada (33), kokleada gürültü sonrası İTH'lerdeki kalsiyum miktarları hayvanlarda elektron mikroskobu ile araştırılmıştır. Gürültüye maruz kalanlar, gürültüye maruz kalanlar daha sonra bir kalsiyum kanal blokeri olan diltiazem alanlar, daha önceden proflaktik olarak diltiazem alanlar, gürültüye maruz kalanlar ve daha sonrada diltiazem alanlar olmak üzere farklı üç grup hayvan oluşturulmuştur. Gürültüye maruz kalan hayvanların iç tüylü hücrelerinin sitoplazmalarında kalsiyum miktarının arttığı görülmüştür. İkinci gruptaki hayvanlarda diltiazem verildikten sonra İTH'lerde serbestleşmiş olan kalsiyumun azaldığı görülmüştür. Proflaktik olarak ve gürültüden sonrada diltiazem verilen grupta ise iç tüylü hücrelerde kalsiyum miktarlarının 1. ve 2. gruba göre daha çok azaldığı tespit edilmiştir (33).

Gürültüye karşı DTH'lerin hassas olmaları, sitoplazmik sıvılarındaki yüksek intrasellüler basınca bağlıdır. Bu spesifik hücresel ozmotik şartlar hücre membranında lokalize spesifik iyon transport mekanizmaları ile oluşur ve kontrol edilen bir mekanizma ile iyonlar bu bariyerleri geçer. DTH'lerin membranlarında sodyum, kalsiyum veya kalsiyuma bağlı potasyum kanalları gibi farklı transport mekanizmalarının olduğu Heinrich ve arkadaşları tarafından ortaya konulmuştur (19).

Maurer ve arkadaşları bir kalsiyum kanal blokeri diltiazemin etkisini, DTH'lerin bazolateral membranlarında önceden presipite olan kalsiyumu bağlayan bölgeleri azaltarak oluşturduğunu gösterilmişlerdir (33). Heinrich ve arkadaşları da diltiazemin corti organında mevcut olan L tipi kalsiyum kanallarını bağladıklarını bulmuşlardır (19).

Kylen ve Arlinger insan kadavralarından izole edilmiş temporal kemiklerde ve intakt kafatasında turun oluşturduğu gürültü seviyelerini ölçmüşlerdir (27). Turlama esnasında opere edilen taraf kokleasının ortalama 100dB, karşı taraf kokleasının ise 5-10dB daha az gürültüye maruz kaldığı ve mastoid cerrahisinin sensörinöral işitme kaybı oluşturabileceğini saptamışlardır (27). Holmquist ve arkadaşları 6 hasta üzerinde yaptıkları bir çalışmada (20),

turlama esnasında oluşan gürültünün 100 dB'den daha fazla olduğunu, mastoid cerrahisinde tura bağlı oluşan gürültünün koklea için bir risk oluşturabileceğini bulmuşlardır.

Cerrahi esnasında turun gürültüsüne bağlı oluşabilecek sensörinöral işitme kayıpları bir takım olaylar ile açıklanmaya çalışılmıştır (18). Bunlardan birincisi membranöz labirente direkt hasar sonucu gelişebilecek sensörinöral işitme kayıplarıdır. Genellikle lateral semisirküler kanal çıkıntısı yanlışlıkla turlanınca oluşur. Bu işitme kaybı hemen derinleşir ve irreversil sensörinöral işitme kaybı oluşur. Bu çalışmada böyle bir komplikasyon olmamıştır. İkinci olarak, kemikçik zincir direkt turlanabilir, tek taraflı sensörinöral işitme kaybı oluşabilir, karşı kulak etkilenmez. Bu çalışmada böyle bir komplikasyon da olmamıştır. Üçüncü olarak, tur gürültüsünün direkt kemik yolu iletimi ile kokleaya ulaşmasıdır. Her iki kokleada aynı şekilde etkilenebilir. Bu çalışmada turlama esnasında gürültü, kemik yolu ile karşı kulak kokleasına ulaşmıştır, OAE amplitüplerinde düşme, DP I/O fonksiyonlarında geçici eşik yükselmeleri ve geçici akustik stapes refleksi değişiklikleri yapmıştır.

Tura bağlı gürültü ile oluşan koklear etkilenmeler literatürlerde çeşitli odyometrik yöntemler ile değerlendirilmiştir. Bazı otörler konvasiyonel odyometrik tetkikler ile kronik otit cerrahisi sonrası %1.2'den %4.5'e kadar değişen oranlarda kalıcı sensörinöral işitme kayıpları olduğunu bildirmişlerdir (32,36,44,47). Palva muhtemelen kemikçik zincir manipulasyonları ile oluşan bu kayıpları, en çok 4 ile 8 kHz arasında göstermiştir (36). Palva ve Sorri ise mastoid cerrahisi yapılan 55 hastanın 31'inde postoperatif ilk haftada karşı sağlam kulakta geçici, 10 hastada kalıcı sensörinöral işitme kaybı tespit etmişlerdir (37). Bu çalışmada da kalıcı bir işitme kaybı görülmemiştir.

Yapılan bir çok çalışmada ise, turlama esnasında oluşan gürültünün karşı sağlam kulakta veya opere edilen kulakta kalıcı eşik değişiklikleri oluşturmadığı saptanmıştır (8,18,27,28,32,47,48,51). Tos ve arkadaşları, tranlabirentin yolla tümör çıkarılan akustik nöromalı 50 hastada preoperatif ve postoperatif 3 ay boyunca odyometrik ölçümler yapmışlar ve hiçbir vakada karşı kulakta tur ile ilişkili gürültüye bağlı sensörinöral işitme kaybı bulamamışlardır (48). Hornung ve Ostfeld'in yaptığı bir çalışmada ise mastoid cerrahisi yapılan 100 hastada,

preoperatif ve postoperatif bir yıl boyunca yapılan odyogramlarda kemik yolu iletimlerinde bir değişiklik saptanmamıştır (21).

Kylen ve Arlinger'in yaptığı bir başka çalışmada 14 hastada kulak cerrahisi esnasında peroperatif olarak elektrokokleografik ölçümler yapılmış turlama esnasında 4 ve 8 kHz arasındaki frekanslarında, 5 ile 40 dB arasında geçici eşik değişiklikleri bulunmuştur (28). Ayrıca bu çalışmalarda kadavralarda kullanılan tur uçlarının çaplarının da, oluşan gürültü seviyelerini etkiledikleri bulunmuştur (28,29). Büyük çaplı kesici tur uçlarının küçük çaplılara göre, kesici tur uçlarının elmaslara göre daha fazla gürültü oluşturdukları saptanmıştır (28). Turlamanın oluşturduğu gürültünün kokleada ortaya çıkabilecek hasarı azaltmada en etkili yolun, turlama süresinin kısa tutulması olduğu belirtmişlerdir (28).

Hegewald ve arkadaşları mastoidektomi yapılan 25 hastada 48 saat içinde ve postoperatif 30 gün boyunca yüksek frekanslı odyometri ile ölçümler yapmış, postoperatif 48 saat içinde 2,3,5,6,8,9,10,11 kHz'lerde belirgin geçici eşik değişiklikleri bulmuşlardır (18), ayrıca Domenech ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada da 11 ile 15 kHz arasında belirgin geçici eşik değişiklikleri saptamışlardır (9).

Gürültüye bağlı gelişen sensörinöral işitme kayıpları 4 kHz frekans noktasında klasik olarak ortaya çıkar. Gürültü sonucu gelişen DTH'lerdeki hasarlar açık değildir. Bazal kıvrım bölgesi gürültü hasarı için en uygun alandır. Dejenerasyon ilk olarak kokleada bazal turn bölgesindeki tüylü hücrelerde başlar. Diğer bölgelerde başlangıçta bir değişiklik olmaz (13). Bu çalışmada tur cihazının gürültüsü ile karşı kulakta meydana gelen eşik değişiklikleri en belirgin olarak 3284, 4102 ve 4919 Hz'lerde ortaya çıkmıştır.

Gürültü ile ilgili henüz stapes refleksleri ile ilgili çalışmalar mevcut değildir. Çalışmamızda hastaların karşı kulaklarında turlama sonrası akustik stapes refleksleri ölçülmüştür. 1000 Hz'de ve 2000Hz'de tekrarlanan ölçümlerde preoperatif dönemde var olan refleksler, operasyondan hemen sonra kaybolmuştur ( $p<0,01$ ). Refleksler 72 saat sonra tekrar eski değerlerine yakın düzeye ulaşmıştır.

OAE'lar, işitme organlarında oluşan hasarları erkenden gösterebilen objektif odyolojik bir tetkikdir. Ototoksik ilaçlara sekonder olarak gelişen kokleanın bazal kıvrım bölgelerinde başlayan DTH'lerdeki dejenerasyonu erken dönemde de gösterebilir. Diğer konvasyonel odyometrik tetkikler ile de ancak bazal kıvrımda irreversil değişiklikler oluşunca sensörinöral işitme kaybı tespit edilebilir (40). Bu çalışmada operasyondan hemen sonra oluşan eşik yükselmeleri OAE ölçümleri ile tespit edilmiştir.

Gürültüye bağlı kokleada meydana gelen değişiklikler erken dönemde OAE'lar ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. TEOAE ile yapılan çalışmalarda, Withnell ve arkadaşları (50) koklea bazalinde akustik travma sonrası odyogramda etkilenen frekanslardan daha düşük frekanslarda TEOAE'nin amplitüdlerinde düşüşler tespit edilmiştir (50). Çalışmamızda da TEOAE amplitüdlerinde turlama sonrası 1000, 1414, 2828, 4000 Hz'lerde azalmalar tespit edilmiştir ( $p<0,01$ ). Bu değişiklikler ortalama 60 saat sonra düzelmiştir.

Literatürlerde DPOAE ile yapılan çalışmalar ile gürültünün koklea üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Eddins ve arkadaşları gürültüye bağlı DPOAE amplitüdlerindeki düşüşler 50 dB SPL seviyesinden itibaren başladığını göstermişlerdir (10). Dobie'nin yaptığı bir çalışmada OAE'lardan distorsiyon ürünleri (DPOAE) kullanılarak mastoidektomi sonrası koklear hasara bağlı oluşan orta ve yüksek frekanslarda geçici eşik değişiklikleri, postoperatif 24 saatten önce gösterilmiştir (8). Cruz ve arkadaşları diğer kulağı sağlam mastoid kemiği turlanan hastalarda, sağlam kulakta intraoperatif OAE ölçümleri ve karşı kulağa elektrokokleografi ölçümleri yapmışlar ve operasyondan bir hafta sonrada saf ses odyometrisi ve konuşmayı algılama eşikleri ölçülerek, preoperatif odyogramları ile karşılaştırmışlardır. Oniki hastanın sadece ikisinde intraoperatif karşı kulakta işitme kaybı tespit edilmiş, aynı taraftaki kulaktada geçici bir eşik kayması olduğu elektrokokleogram kayıtları ile gösterilebilmiştir. Postoperatif dönemde de bu kayıplarının düzeldiği görülmüştür. Çalışmamızda da turlama sonrası karşı kulakta ölçülen DPOAE'de 2319 Hz, 2759 Hz, 3284 Hz, 5164 Hz frekanslarında tekrarlanan ölçümlerde anlamlı istatistiksel fark saptanacak şekilde ( $p<0,01$ ) emisyon amplitüdlerinde azalmalar tespit edilmiştir. Ayrıca DPOAE input/output fonksiyonlarında 3284 ve 4102 Hz'lerde yapılan

ölçümlerde emisyon amplitüdlerinde azalmalar tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Bu değişiklikler ortalama 36 saat sonra düzelmiştir.

Bu çalışmada, turlama esnasında tur cihazından çıkan gürültünün kemik yolu ile karşı sağlam kulağa iletiildiği ve en çok 3000 ile 5000 Hz frekansları aralığında geçici eşik değişiklikleri yaptığı bulunmuştur. Bu eşik yükselmeleri operasyondan hemen sonra akustik refleks ölçümleri ve OAE'lar ile tespit edilmiştir. Karşı kulağa daha az gürültü gitmesi için kasılan stapes kası ile ilişkili olarak akustik stapes reflekslerinde azalmalar olduğu görülmüş, 48-72 saat sonra (ortalama 60 saat) reflekslerin preoperatif dönemdeki değerlerine ulaştığı saptanmıştır. SOAE'larında, TEOAE'larında, DPOAE'larında, DPOAE //O fonksiyonlarında geçici emisyon amplitüd azalmaları ve DPOAE //O fonksiyonlarında geçici eşik yükselmeleri operasyondan hemen sonra bulunmuştur. 24-48 saat sonrada (ortalama 36 saat) değişikliklerin düzeldiği tespit edilmiştir.

## SONUÇ

Elde edilen bulgular ile, turlama esnasında tur ucundan oluşan gürültünün kemik yolu ile karşı sağlam kulağa ileildiği ve geçici sensörinöral işitme kayıpları yaptığı bulunmuştur. Bu geçici kayıplar en çok 3000-5000 Hz'lerde ortaya çıkmıştır ve 24-48 saat sonra düzeldiği tespit edilmiştir. Hiçbir hastada kalıcı işitme kayıpları oluşmamıştır.

Gürültünün iç kulağa iletilmesini azaltmak için karşı kulakta stapes kası kasılmakta, buna bağlı olarak akustik stapes refleksi operasyondan hemen sonra preoperatif dönemdeki değerlerine oranla azalmakta, postoperatif 2.gün (48 saat sonra) preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşmaktadırlar. Bu refleks değişiklikleri en iyi 1000 ve 2000 Hz'de ortaya çıkmıştır.

En belirgin geçici eşik yükselmeleri DPOAE I/O'da tespit edilmiştir. Operasyondan hemen sonra eşikler yükselmiş, postoperatif 1. gün (24 saat sonra) tekrar düşmeye başlamış, postoperatif 2. gün (48 saat sonra) preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşmıştır. SOAE amplitüdü operasyondan hemen sonra tamamen kaybolmakta, postoperatif 1. gün tekrar (24 saat sonra) ortaya çıkmakta, postoperatif 3. gün (72 saat sonra) preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşmaktadırlar. TEOAE'de, DPOAE I/O'da preoperatif ve postoperatif emisyon amplitüd değerlerinde de çok anlamlı farklar tespit edilmiştir. Operasyondan hemen sonra azalan emisyon amplitüdü postoperatif 2. gün (48 saat sonra) preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşmıştır. Bu değişiklikler, TEOAE'de 2000, 2828, 4000 Hz'lerde DPOAE I/O' da 3284, 4102, 4919 Hz'lerde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada, turlama esnasında tur cihazından çıkan gürültünün kemik yolu ile karşı sağlam kulağa ileildiği ve en çok 3000 ile 5000 Hz frekansları aralığında geçici eşik değişiklikleri yaptığı bulunmuştur. Karşı

kulağa daha az gürültü gitmesi için kasılan stapes kası ile ilişkili olarak akustik stapes reflekslerinde azalmalar olduğu görülmüş, 48-72 saat sonra (ortalama 60 saat) reflekslerin preoperatif dönemdeki değerlerine ulaştığı saptanmıştır. Ayrıca eşik yükselmeleri operasyondan hemen sonra OAE ölçümleri ile tespit edilmiştir. Operasyondan hemen sonra SOAE'da, TEOAE'da, DPOAE'da geçici emisyon amplitüd azalmaları, DPOAE I/O fonksiyonlarında ise hem geçici emisyon amplitüd azalmaları ve hem de geçici eşik yükselmeleri bulunmuştur. 24-48 saat sonra da (ortalama 36 saat) değişikliklerin düzeldiği tespit edilmiştir.





## ÖZET

### MASTOİD CERRAHİSİ SONRASI KARŞI SAĞLAM KULAKTA TUR GÜRÜLTÜSÜNE BAĞLI MEYDANA GELEN İŞİTME KAYIPLARI

#### **Amaç:**

Bir kulağı sağlam ve diğer kulağında mastoid cerrahisi gerektiren bir patolojisi olan hastalarda, operasyon sırasında kullanılan tur cihazından çıkan gürültünün, karşı sağlam kulakta oluşturduğu etkinin ve muhtemel işitme kaybının ortaya konulması, işitme kaybı gelişmişse bunun geçici veya kalıcı olup olmadığı, geçici ise de geri dönüş olup olmadığını araştırmak amaçlanmıştır.

#### **Gereç-Yöntem:**

Bu çalışmaya mastoid cerrahisi planlanan ve diğer kulağı normal ve sağlam olan 22 olgu dahil edilmiştir. Hastalara ilk olarak operasyondan önce karşı sağlam kulağının pür ton odyogram, akustik stapes refleksi (ASR) ve (Spontan=SOAE, Transient=TEOAE, Distorsiyon Ürünleri (DPOAE), input/output fonksiyonları (DPOAE I/O) olmak üzere otoakustik emisyonların (OAE) ölçümleri yapılmıştır. Operasyon sırasında kullanılan tur ucunun boyutu ve turlama süresi kaydedilmiştir. Operasyondan hemen sonra hasta genel anestezinin etkisinden çıkınca ASR, SOAE, TEOAE, DPOAE, DPOAE I/O fonksiyonları ölçümleri tekrar yapılmıştır. Postoperatif 1. günden başlanarak, preoperatif dönemdeki işitme eşik seviyesine yakın değerlere ulaşıncaya kadar, postoperatif 2., 3., 4., 5., 6., günlerde ASR,SOAE,TEOAE, DPOAE, DPOAE I/O ölçümleri karşı sağlam kulakta tekrarlanmıştır.

#### **Bulgular:**

Gürültünün iç kulağa iletilmesini azaltmak için karşı kulakta stapes kası kasılmakta, yorgunluğa bağlı olarak, akustik stapes refleksi 1000 ve 2000 Hz'de operasyondan hemen sonra preoperatif dönemdeki değerlerine oranla azalmakta, postoperatif 2.gün (48-72 saat, ortalama=60 saat) sonra preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşılmaktadır. En belirgin geçici eşik yükselmeleri DPOAE I/O (input/output fonksiyonlar) 'da tespit edilmiştir. Operasyondan hemen sonra eşikler düşmüş, postoperatif 1. gün (24 saat sonra) tekrar yükselmeye başlamış, postoperatif 2. gün (48 saat sonra) preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşmıştır. SOAE amplitüdüde operasyondan hemen sonra tamamen kaybolmakta, postoperatif 1. gün tekrar (24 saat sonra) ortaya çıkmakta, postoperatif 3. gün (72 saat sonra) preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşmıştır. TEAOE'de 2000, 2828, 4000 Hz'lerde, DPOAE I/O' da 3284, 4102, 4919 Hz'lerde preoperatif ve postoperatif azalan emisyon amplitüdüleri, postoperatif 2. gün (48 saat sonra) preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşmıştır.

#### **Sonuç:**

Kulak operasyonlarında tur cihazında çıkan gürültü karşı kulağa kemik yolu ile iletilir, karşı kulakta geçici eşik yükselmelerine neden olur, bu durumu en erken ve en objektif olarak OAE'lar ile değerlendirilebilir. OAE'lar ile amplitüdülerinde düşme ve I/O'da eşik yükselmeleri gibi bulgular elde edilir, 48 saat sonrada değişiklikler normale döner. İç kulağa gürültünün iletilmesini önlemek için stapes kası sürekli olarak kasılmakta ve yorgunluk oluşarak buna bağlı ASR'leri azalmakta, postoperatif 2.günden (48-72 saat, ortalama=60 saat) sonra preoperatif dönemdeki değerlerine ulaşılmaktadır.

#### **Anahtar kelimeler:**

Gürültü, geçici eşik yükselmeleri, otoakustik emisyonlar, akustik stapes refleksi

## **SUMMARY**

### **DRILL-INDUCED HEARING LOSS IN CONTRLATERAL HEALTHY EAR AFTER MASTOID SURGERY**

#### **Purpose:**

This study was undertaken to measure the degree of drill-induced hearing loss after the mastoid surgery of the patients that whose contrilateral ear was healthy.

#### **Materials and Methods:**

Twenty-two patients undergoing mastoidectomy procedures were tested preoperatively and postoperatively using otoacoustic emissions and tympanometer. Acoustic stapedial reflexes (ASR) and transient otoacoustic emissions (TEOAE), spontaneous otoacoustic emissions (SOAE), distortion product otoacoustic emissions (DPOAE), DPOAE Input/Output (I/O) parameters were measured in nonopereted healthy ears in preoperative periods and postoperative six days.

#### **Results:**

Acoustic stapedial reflex was decreased against the drill inuced noise for the protection of inner ear in postoperative time. The recovery in stapedial reflex was occured after 48-72 hours later in all patients. Otoacoustic emissions amplitude measurements were also decreased by the drill induced noise.

Temporary threshold increasing were seen in DPOAE I/O. Increasing in emissions amplitudes and decreasing in thresholds were occurred in postoperative 48-72 hours.

**Conclusions:**

In mastoid surgery drill-induced noise can affect the nonoperated contralateral healthy ear. Temporary decreasing in acoustic stapedial reflex and emissions amplitudes, increasing in thresholds may occur. These events are not permanent changes. Increasing in acoustic stapedial reflexes and emissions amplitudes, decreasing in thresholds can be seen ratherly early in postoperative time.

**Key-words:**

Noise, temporary threshold shifts, otoacoustic emissions, acoustic stapedial reflexes

## KAYNAKLAR

- 1-Akyıldız N.:** Kulak Hastalıkları ve Mikrocerrahisi-1. 1998, Bilimsel Tıp Yayınevi, Ankara; 172-175.
- 2-Akyıldız N.:** Kulak hastalıkları ve Mikrocerrahisi-2. 2002, Bilimsel Tıp yayınevi, Ankara; 57-66.
- 3-Bilgen V., Erdem T., Bilgen C., Cenkçi A., Hakkı A.:** Gürültüye bağlı kokleer frajilite değerlendirilmesinde Otoakustik Emisyon ve Bekesy odyometrisinin yeri. 24. Türk Otolaringoloji ve Baş-Boyun Cerrahisi Ulusal Kongresi, 1997.
- 4-Brownell W.E.:** Outer hair cell electromotility and otoacoustic emissions. *Ear Hear*; 11:82-92,1990.
- 5-Brownell W.E., Bader C.R., Bertrand D., DeRibaupierre Y.:** Evoked mechanical responses in isolated cochlear outer hair cells. *Science* 227:194-196, 1985.
- 6-Counter S.A., Bjelke B., Klason T., Chen Z., Borg E.:** Magnetic resonance imaging of cochlea, spiral ganglion and eighth nerve in guinea pig. *Neuroreport* 1999;10:473-9
- 7-Cruz, M.J., Fagan, P., Atlas, M., McNeill, C., Sydeny, Australia.:** Drill-induced hearing loss in the nonoperated ear. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 117:555-8.
- 8- Dobie R.A.:** Noise-induced hearing loss. *Head and Neck Surgery-Otolaryngology*, Bailey J.B., Byron J. Eds.1993, Lippincott Company, Philadelphia. 1782-1791.
- 9-Domenech, J., Carulla, M., Traserra, J.:** Sensorineural high-frequency hearing loss after drill-generated acoustic trauma in tympanoplasty. *Arch Otorhinolaryngol*, 246:280-282, 1989.
- 10- Eddins A.C., Zuskov M., Salvi L.R.:** Changes in DPOAE during prolonged noise exposure. *Hear Res.* 1999; 127:119-128
- 11- Erdem T.:** Otoakustik emisyonların klinikte kullanım alanları. (Çeşitli Tiplerde İşitme Kaybı Gösteren veya İşitme Taraması yapılan 166 Olgunun 287 Kulağı Üzerinde Yapılan Çalışma. Uzmanlık tezi. İzmir; 4-33, 1998.
- 12-Erdem T., Özturan O, Mıman M.C, Öztürk Ç, Karataş E.:** Exploration of the early auditory effects of hyperlipoproteinemia and diabetes mellitus using otoacoustic emissions. *Eur Arch Otorhinolaryngol* (2003) 260:62-66.
- 13-Fried M.P., Dudek S.E., Bohne B.A.:** Basal turn cochlear lesions following exposure to low frequency noise. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1976;82:285-97.
- 14-Grandori F.:** Nonlinear phenomena in click-and tone-burst-evoked otoacoustic emissions in children with autism. *Int J Pediatr Otolaryngol*; 30(2):123-132, 1993.
- 15-Goldwyn B., Quirk S.W.:** Calcium channel blockade reduce noise-induced vascular permeability in cochlear stria vascularis. *Laryngoscope* ; 107:1112-1114, 1997
- 16-Grewe T.S., Danhauer J.L., Danhauer K.J., Thornton A.R.:** Clinical use of otoacoustic emissions in children with autism. *Int J Pediatr Otolaryngol*; 30(2):123-132, 1994.
- 17-Hawkins J.E.:** The role of vasoconstriction in noise-induced hearing loss. *Ann Otolaryngol* 1971; 80:903-13

- 18-Hegewald, M., Heitman, R., Weiderhold, M.L., et al.:** High frequency electrostimulation hearing after mastoidectomy. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 100:49-56, 1989.
- 19- Heinrich U.-R., Maurer J., Mann W.:** Ultrastructural evidence for protection of the outer hair cells of the inner ear during intense noise exposure by application of the organic channel blocker diltiazem. *ORL* 1999; 61:321-327.
- 20-Holmquist, J., Oleander, R. And Hallen, O.:** perioperative drill-generated noise levels in mastoid surgery. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 87:458-460, 1979.
- 21-Hornung, S. and Ostfeld E.:** Bone conduction evaluation related to mastoid surgery. *Laryngoscope*, 94:457-549, 1984.
- 22-Johnstone B.M., Patuzzi R., Yates G.K.:** Basilar membrane measurements and travelling wave, *Hear Res* 22:147-153, 1986.
- 23-Kemp D.T.:** Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am* 64:1386-1391, 1978
- 24-Kim D.D.:** Active and non linear cochlear biomechanics and the role of outer-hair-cell subsystem in the mammalian auditory system, *Hear Res* 22:105-114, 1986.
- 25-Kok R.M.:** The phenomenon of oto-acoustic emissions. Oto-acoustic emissions in healthy newborns and very low birth weights infants. Pp 1-10, 1994
- 26-Kujawa S.G., Fallon M., Skellett A.R., Bobbin P.R.:** Time-varying alterations in the f2-f1 DPOAE response to continuous primary stimulation. II. Influence of local calcium-dependent mechanisms. *Hear Res*: 1996; 97:153-164
- 27-Kylen, P., Arlinger, S.:** Drill generated noise levels in ear surgery. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 82:402-409, 1976.
- 28-Kylen, P., Arlinger, S.D. and Bergholtz, L.M.:** Perioperative temporary threshold shift in ear surgery. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 84:393-401, 1977.
- 29-Kylen, P., Stjernvall, J-E. and Arlinger, S.:** Variables affecting the drill-generated noise levels in ear surgery.. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 84:252-259, 1977.
- 30-Libermann M.C., Mulroy M.:** Acute and chronic effects of otoacoustic trauma: Cochlear pathology and auditory nerve pathophysiology. In: Hamernik R.P., Henderson D., Salvi R., eds. *New Perspectives on noise-induced hearing loss*. New York: Raven Press, 1982:105-35
- 31-Lonsbury-Martin B.L., Martin B.L., Harris F.P., Stagner B.B., Hawkins MD, Martin G.K.:** Distortion product emissions in humans: Basic properties in normally hearing subjects. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 99:3-14, 1990.
- 32-Man A., Winerman I.:** Does drill noise during mastoid surgery affect contralateral ear? *Am J Otolaryngol* 1985;6:334-5
- 33-Maurer J., Heinrich U.-R., Hinni L. M., Mann W.:** Alteration of the calcium content in inner hair of the cochlea of the guinea pig after acute noise trauma with and without application of the organic calcium channel blocker diltiazem. *ORL* 1999; 61:328-333
- 34-Ozturan O., Oysu C.:** Influence of spontaneous otoacoustic emissions on distortion product otoacoustic emission amplitudes. *Hear Res* 127 (1999), 129-136.
- 35-Özturan O., Lew H., Jerger J.:** Otoakustik emisyonlar ve klinik uygulamaları. *KBB İhtisas Dergisi*, 2 (2):194-205,1994.

- 36-Palva, T., Karja, J. And Palva, A.:** High-tone sensorineural losses following chronic ear surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 98:176-178, 1973.
- 37-Palva, A. and Sorri, M.:** Can an operation on a deaf ear be dangerous for hearing? *Acta Otolaryngol Suppl (Stockh)*, 360:155-157, 1979.
- 38-Penner M.J., Burns E.M.:** The dissociation of SOAEs and tinnitus. *J.Speech Hear Res* 30:396-403, 1987.
- 39-Penner M.J., Zhang T.:** Prevalence of spontaneous otoacoustic emissions in adults revisited. *Hear Res* 103 (1997), 28-34.
- 40-Plinkert P.K., Hemmert W., Wagner K., Just K., Zenner H.P.:** Monitoring noise susceptibility: Sensitivity of otoacoustic emissions and subjective audiometry. *British Journal of Audiology*, 1999,33,367-382.
- 41-Portmann M., Portmann C.I.:** *Precis d'audiometrie clinique*, Sixieme Edit, Masson, Paris 1998.
- 42-Rhode W.:** Some observations on cochlear mechanics. *J Acoust Soc Am* 64:158-176,1978.
- 43-Smurzynski, J., Kim, D.O.:** Distortion product and click-evoked otoacoustic emissions of normally-hearing adults. *Hear Res*, 58:2, 227-240, 1992
- 44-Smyth, G.D.L.:** Sensorineural hearing loss following chronic ear surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 86:1-6, 1977.
- 45-Stevens JC, Ip CB:** Click-evoked otoacoustic emissions in normal and hearing impaired adults. *Brit J Audiol* 22:45-49, 1998.
- 46-Talmadge C.L., Long G.R., Murphy W.J., Tubis A.:** New off-line method for detecting spontaneous otoacoustic emissions in human subjects. *Hear Res* 71 (1993), 170-182.
- 47-Tos, M., Law, T. and Plate, S.:** Sensorineural hearing loss following chronic ear surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 93:403-409, 1984.
- 48-Tos, M., Trojaborg, N. and Thomsen, J.:** The contralateral ear after translabyrinthine removal of acoustic neuromas: Is there a drill-generated hearing loss? *J Laryngol Otol*, 103:845-849, 1989.
- 49-Urguhart, A.C., McIntosh, W.A., Bodenstein, N.P.:** Drill-generated sensorineural hearing loss following mastoid surgery. *Laryngoscope*, 102:689-692, 1992.
- 50- Withnell R.H., Yates K.G., Kirk L.D.:** Changes to low-frequency components of TEOAE following acoustic trauma to the base of cochlea. *Hear Res*: 2000; 139:1-12
- 51-Zou J., Bretlau P., PYYKKÖ I., Starck J., Toppila E.:** Sensorineural hearing loss after vibration: an animal model for evaluating prevention and treatment of inner ear hearing loss. *Acta Otolaryngol* 2001;121:143-148