

OTOAKUSTİK EMÜSYONLAR

(Otoacoustic Emissions)

Dr. Bedri ÖZER, Dr. Yavuz UYAR, Ziya CENİK

S.Ü.T.F. Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı

Otoakustik emüsyonlar kokleadan kaynaklanan, iç kulak sıvıları, kemikcik zinciri ve timpan zarı aracılığı ile dış kulak yoluna taşınan enerjinin işitsel frekanstaki miktarıdır. Bir başka tanımlama ile dış kulak yolundan kaydedilen koklear kaynaklı enerji salınımıdır.

Koklear fonksiyon hakkındaki görüşler son 10 yılda çok büyük değişikliklere uğramıştır. Bu konudaki morfolojik, fizyolojik, pisikoakustik ve deneysel çalışmalar bu değişime katkıda bulunmuştur. Koklear fonksiyonla ilgili görüşlerde en önemli katkı kokleanın sadece sesleri alan değil aynı zamanda akustik enerji üreten bir yapı olduğu gerçeğidir.

Bilindiği gibi işitsel sensoryal hücreler mekanik stimulusu elektriksel impulsa dönüştüren bir mekanoreseptördür. Orta kulağın mekanik fonksiyonu gereği iç kulak sıvılarında başlayan dalgalanma korti organında sensoryal hücrelerin silier demetlerinde eksitator ve inhibitör etkili harekete neden olmakta, bu hareket eksitator yönde iken sinaptik aralıkta afferent nörotransmitter ajan salınımını başlatmakta, sonuçta nöral impuls doğmaktadır (1). Bu fizyoloji gereği korti organı sensoryal hücreleri pasif mekanoelektriksel dönüştürücü olarak kabul edilirler.

Bunun karşısı olarak ilk kez Gold 1948 yılında kokleada aktif biomekanik feedback mekanizma ile akustik bir enerji salınımı olduğu varsayımında bulunmuş, gelişen teknolojik imkanlar gereği ancak 30 yıl sonra Kemp; spontan yada evoked otoakustik emüsyon şeklinde tanımladığı koklear kaynaklı bu akustik enerjinin sağlıklı insanda, laboratuvar şartlarında kaydını yapabildiği (2).

Otoakustik emüsyonların oluş mekanizmasını incelemeyen önce koklear mikromekanik yapının gözden geçirilmesi yararlı olacaktır.

Koklear mikromekanik:

Korti organı belli bir düzende sıralanmış işitsel sensoryal hücreleri ve destek hücrelerini barındıran kompleks bir yapıdır. Bu hücreler iç ve dış tüylü hücreler olmak üzere iki gurup oluştururlar. İç tüylü hücreler tek bir sıra oluştururken dış hücreler üç, dört hatta beş düzenli sıra oluşturacak tarzda yerleşmiştir.

Her hücrenin bir gövdesi ve üst yüzde sterosilya yada tüy denilen demetin yapıştığı kütikular bir tabakası mevcuttur. İç tüylü hücreler; geniş bir taban, dar bir yüzle gevşek bir yapıya sahipken sinir uçları ve fibrilleri hücrenin alt kısmında çevresel olarak yoğunlaşmıştır. Bu hücrelerin sterosilyaları iki yada üç sıra halinde boyca kısa olanları içte, uzun olanları dış sırada olmak üzere yerleşirler.

Dış tüylü hücreler silindirik yapıları ile nukleusları tabana yakın olup, afferent ve efferent sinir uçlarının yapışma noktası hücrenin alt yüzüdür. Sterosilyalarının düzeni koklear kanal boyunca çok büyük değişimle bazalde W şeklinde, orta bölümde V şeklinde, apikalde ise lineer bir dizilim gösterirler. Bu iki hücre gurubunun baziller membranındaki lokalizasyonları da farklıdır. İç tüylü hücreler osseoz sipiral laminanın hareketsiz olan kenar kısmında lokalize iken, dış tüylü hücreler baziller membran üzerinde koklear dalgalanmaya kolayca iştirak edecek bölümde lokalizedir.

Endolenfin yüksek K konsantrasyonu ve pozitif (+80 mV) elektriksel potansiyeli olduğu bilinmektedir. Bunun karşısı olarak tüylü hücrelerin yüksek negatif (-60 mV) potansiyel taşımaktadır-lar.

Kurbağa sakkülü sterosilier demetleri üzerinde yapılan çalışmalar demetlerin apikalinde kalsiyum duyarlı potasyum kanalları olduğunu göstermiştir.

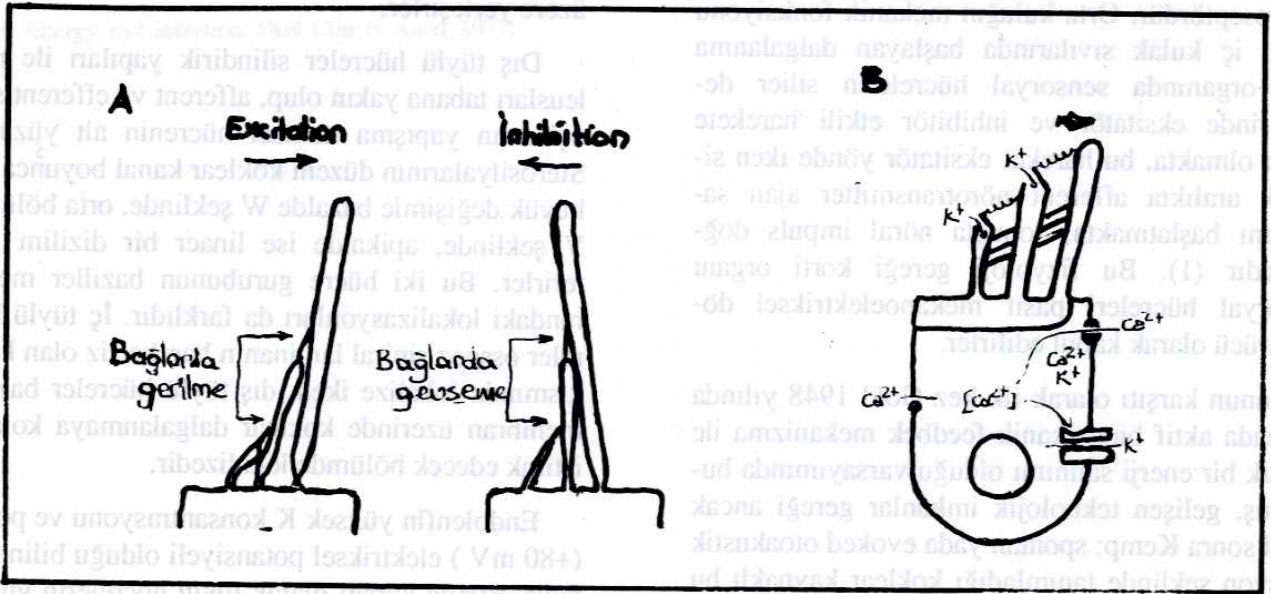
Sterosilyaların tepe kısmında mevcut bağlantı sisteminin bu iyon kanalları ile ilişkisi olup, mekanik dalgalanma sırasında silyaların yüzeyinde yer alan kalsiyuma duyarlı potasyum kanallarında açılma ve kapanma meydana gelmektedir (3,4) (Şekil 1).

Bu sırada hücre içerisine yoğun bir potasyum akışı olmakta, bozulan dengeler hücre membran potansiyelinde dalgalanmaya neden olmaktadır. Crawford ve Fettiplace kaplumbağa işitsel organı üzerinde yapmış oldukları çalışmada oluşan bu rezonan membran potansiyelinin belirgin bir rezonan frekansa sahip olduğunu göstermiştir (5). Bu frekans her bir sterosilyar demet için farklı olan salınım amplitüd ve frekansı ile uyum göstermektedir.

Hüresel düzeyde dış tüylü hücreler çok iyi gelişmiş endoplazmik retiküler siteme haizdir. Bu sisteme yüzey altı kesecikler, subsinaptik keseler, Hensen cisimleri ve apikal kesecikler dahildir. Sub-

sinaptik sistem efferent sinir uçları ile bağlantılı kollabe endoplazmik retiküler laminer keselerden oluşmuştur. Bu yapısal özellikten dolayı dış tüylü hücrelerdeki endoplazmik retiküler istem direkt efferent etkileşim altındadır. Bunun karşıtı olarak iç tüylü hücrelerdeki endoplazmik retiküler yapı oldukça zayıftır. İç tüylü hücrelerdeki efferent sistem hücrenin bizzat kendisinden ziyade çok yoğun afferent-efferent synaplardan dolayı direkt afferent kontrolü altındadır.

Lim ve Melnick dış tüylü hücre içindeki endoplazmik retikulum un adale hücrelerindeki sarkoplazmik retikuluma benzediğini ifade etmişler ve adale liflerinin nöral impulsla retiküler kese içerisine salınan ve emilen kalsiyum iyonları aracılığı ile kontraksiyon ve relaksasyona uğradıklarını belirtmişlerdir. Dikkati çeken bir başka nokta çok sayıda mitokondrianın yüzeyaltı keseciklerine ve Hensen cisimciklerine yapıştıklarıdır (6). Bilindiği gibi mitokondrialar hücrenin primer enerji kay-



Şekil 1 A) Sterosilyar dalgalanma esnasında silyer bağlarda gerilme.
B) Bu esnada hücre içi potasyum akışı

naklarıdır. Mitokondriolar bu morfolojik düzen içerisinde endoplazmik retiküler fonksiyonda gerekli olan yüksek enerjiyi karşılamaktadırlar.

Ruggero ve arkadaşları yaptıkları çalışmada basiller membranda dış tüylü hücrelerdeki aktif bi- ofidbeck mekanizmadaki bozukluğun otoakustik emüsyona neden olduğunu göstermişlerdir. Bunu açıklarken korti organında basiller membranda her segmentin feed beck pozitifliğinin kendi içinde geliştiğini, ancak negatifliğin komşu segmentte oluştuğunu dolayısıyla belli bir sahadaki dış tüylü hücre kaybının basiller membran üzerinde komşu segmentte negatif feedback açığa çıkaracak ve bu durum egzajere osilasyonla birlikte ilgili frekansta impulsif bir stimulusa, yani otoakustik emüsyona neden olacaktır demektedirler (7).

Bu tanımlama otoakustik emüsyonun bozulmuş regülatör sistem sonucu dış tüylü hücre aktivitesindeki değişiklikten kaynaklandığını göstermektedir.

Otoakustik Emüsyon Tipleri :

Kohlea'dan kaynaklanan ve dış kulak yolundan kaydedilen tüm sesler otoakustik emüsyon olarak tanımlanmaktadır. Kohlear kaynaklı bu seslerin bir gurubu dış kulak yolundan herhangi bir uyarı olmaksızın kendiliğinden oluşan emüsyonlar, diğer bir gurup da dış kulak yolundan verilen değişik akustik uyarıların neden oldukları uyarılmış emüsyonlardır. Bugün kabul edilen dört tip otoakustik emüsyon mevcuttur.

1. Spontan Otoakustik Emüsyonlar (SOAE) : akustik uyarı olmaksızın dış kulak yolundan alınan dar bant, sabit, uzun süreli kaydedilebilen sinyallerdir.

2. Transient Evoked Otoakustik Emüsyonlar (TEOAE): değişken stimulusun neden olduğu, ilk kez Kemp (1948) tarafından tarif edilen uyarılmış akustik emüsyonlardır. Kısa süreli klik tarzında stimulusa karşı alınan cevaptır.

3. Stimulus-frekans Otoakustik Emüsyonlar (SFOAE) : düşük frekans sabit akustik stimulusonlar, stimulusonun frekansıyla uyumlu kohlear kaynaklı ilave akustik enerji salınımına neden olmaktadır. Bu ilave enerji salınımı stimulus-frekans emüsyon olarak tanımlanmaktadır.

4. Distorsiyone Otoakustik Emüsyon (DOAE) : stimulusonun uygulanışı sırasında, uygulanılan akustik stimulus frekansıyla uyum göstermeyen, distorsiyone farklı frekansta enerji salınımıdır.

Otoakustik Emüsyon Kayıt Tekniği :

Otoakustik emüsyonlar içerisinde küçük bir mikrofon ve minyatür bir hoparlör barındıran, dış kulak yolunun dış ortamla ses izolasyonunu sağlayacak şekilde plastik konik bir spekulumun ortasından geçecek tarzda hazırlanan prob vasıtasıyla kaydedilir. Mikrofon ve hoparlör birbirlerinden etkilenmeyecek tarzda prob içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 2).

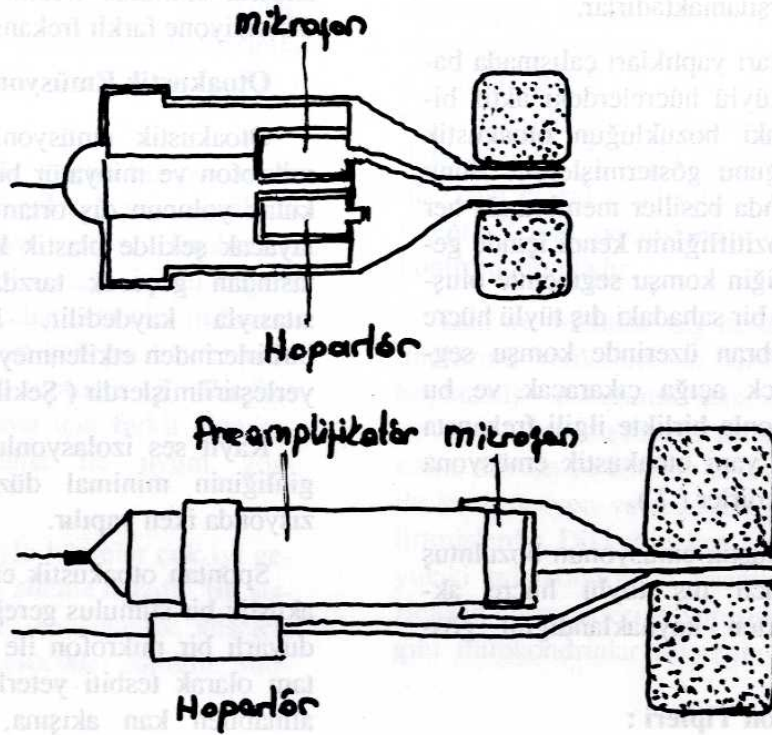
Kayıt ses izolasyonlu odada, kişi adale gerinliğinin minimal düzeyde olduğu yatar pozisyonda iken yapılır.

Spontan otoakustik emüsyonlar (SOAE) için akustik bir stimulus gereği yoktur. Sese son derece duyarlı bir mikrofon ile probun dış kulak yoluna tam olarak tesbiti yeterlidir. Dış kulak yolundan alınabilen kan akışına, solunuma, adale kontraksiyonlarına, ve temporomandibuler eklem hareketlerine ait 40 Hz. in altındaki düşük frekanslı artefakt sesler özel filtrelerden geçirilerek temizlenir, daha sonra elde edilen ses frekans analizöründen geçirilerek belli bant aralıklarında kayıt yapılır.

Transient otoakustik emüsyon klik tarzında değişken bir akustik stimulusonun takiben elde edilirler. Uygulanılan akustik stimulusonun değişici, tek sinüzoidal, yarım sinüzoidal yada patlama tarzındadır. Kayıt, değişici stimulusonun uygulandığı zaman aralıklarında kohleada oluşan akustik cevap, 300-500 frekans ses artefaktlarının temizlendiği yüksek geçiren filtrelerde arandıktan sonra yapılır.

Stimulus-frekans otoakustik emüsyon sabit tek bir tonda verilen sürekli stimulusonun neden olduğu aynı frekanstaki ilave akustik enerji salınımıdır. Transient evoked emüsyonun kaydedildiği aynı tip prob kullanılmaktadır.

Distorsiyone otoakustik emüsyonlar (DOAE) uygulanılan pirimer stimulusonun amplitüdü ile uyumlu, ancak daha düşük şiddette oluşan emüsyonlardır. Bu nedenle son derece hassas ölçüm ve kayıt metodlarını gerektirirler. Distorsiyone gelişen otoakustik emüsyonların tesbitinde elde edilen akustik



Şekil 2. Otoakustik emüsyonların tesbitinde kullanılan iki tip akustik prob

enerji dalgalarının analizi amacıyla digital, heterodin yada analog filtreler kullanılır.

Otoakustik Emüsyonların Klinik Uygulamadaki Yeri :

Spotan otoakustik emüsyonlar insan popülasyonunda üçde bir oranında görülmektedir (8, 9, 10).

Bu konuda literatürde farklı oranlar verilmekte ise de kullanılan teknik ve hassasiyetle ilişkilidir. SOAE'lar kadınlarda erkeklere oranla iki kat daha sık görülmektedir ancak bu farklılığın nedeni açıklanamamıştır. Değişik araştırmalarda yaş ile görülme sıklığı arasında bellibir ilişki göstermesine rağmen, SOAE'lar 50 yaş üstü insanlarda tesbit edilmemiştir (10,11). Bonfil yapmış olduğu araştırmada 50-70 yaş gurubu kişilerde %20 oranında SOAE tesbit ederken, 70 yaş üstü kişilerde spontan emüsyonun olmadığını görmüştür (12). Yapılan araştırma sonuçlarına göre SOAE'lar önemli mik-

tardaki işitme kayıplarında görülebilmektedirler (11,13,14). Ancak SOAE'nun frekansı ile bu frekanstaki normal işitme seviyesi arasındaki ilişki tam olarak ortaya konulamamıştır. İşitme kaybına neden olan etyolojik faktör ile bunun neden olduğu yükek frekanslı işitme kaybında görülen SOAE arasında bir korelasyonun varlığı açıklanmıştır. Öyle ki akustik travma sonucu gelişen işitme kayıplarındaki SOAE, diğer sebeplerden dolayı görülen işitme kayıplarındaki SOAE'a oranla çok daha az olduğu bildirilmiştir (14). Bununla birlikte normal koklea ve patolojik değişikliklerindeki SOAE bulguları henüz net değildir.

McFadden yapmış olduğu araştırmalarında spontan akustik emüsyonların objektif tesbitlerinin mümkün olmasına karşın, subjektif algılanmalarının çok nadir olduğunu görmüştür (1).

Transient evoked emisyonlar normal işiten tüm insanlarda yaş ve cinsiyet farkı gözetmekizin tesbit

edilirler (16,17). Ancak 10 yaşın altında ve 60 yaşın üstündeki gurupta birtakım farklılıklar olabilmekte, görülme sıklığı % 35 in altına düşmektedir (17). TEOAE nin normal işitme seviyesine sahip tüm insanlarda tesbit edilmesi nedeniyle işitmenin objektif değerlendirilmesinde, özellikle de seviye tanımlamasında değerli bir araştırma methodu olduğunu göstermektedir. Örneğin Kemp 1978'de sensorynöral işitme kaybı olan hastada yaptığı ilk çalışmada 30 dB'den daha fazla kayıp olduğundan TEOAE tesbit edememiştir. Ani işitme kayıpla hastalarda yapılan bir başka çalışmada TEOAE ancak tedavi sonrası koklear fonksiyonlarda komplet yada tam düzelmeyi takiben ortaya çıkmıştır (18). Bu konudaki çalışma sonuçları nörosensoryal kaybın 40 dB'in üstüne çıkması halinde TEOAE'nu tesbit edilemediğini ortaya koymuştur.

Öte yandan yine nörosensoryal işitme kaybı ile seyreden Menier hastalığında seviyenin 40 dB altına düşmesine rağmen klik tarzında evoked transient emisyon alındığını, bu hastalarda gliserol yükleme sonrasında TEOAE da tamamen düzelme olduğunu göstermişlerdir (17). Ancak yine de Menier hastalığındaki nörosensoryal kayba özgün TEOAE parametre değişiklikleri tesbit edilememiştir.

Distorsiyone otoakustik emisyonlar Kemp tarafından ilk kez 1979'da tarif edilmiştir (19). Bu emisyonlar gürültü eşliğinin üstündeki akustik stimulus spektrumunda tesbit edilemeyen spesifik frekantaki enerji salımınıdır. Amplitüd pirimer stimulusya bağlıdır. Çok düşük amplitüde olmalarından dolayı insandaki ölçümleri metod olarak güçtür. Patolojik kulaklardaki DOAE'lara ait az sayıda yayın mevcuttur. Kemp in yüksek frekans işitme kayıplı üç olguda verdiği örnekte; işitmenin 30 dB'den fazla kayba uğradığı kulaklarda DOAE amplitüdünün normale göre oldukça düşük kaydedildiği görülmektedir (20). Harris ve Glatke yüksek frekans işitme kayıplı 20 hastada yaptıkları tesbitlerin kontrol guruplarından farklı olduğunu görmüşlerdir. İşitme ortalamasının 15 dB olan hastalardaki ölçümlerde DOAE'nun normal değerlere

yakın olduğunu, 50 dB üstü kaybı olan hastalarda emisyon tesbit edilemediğini görmüşlerdir (21).

Bazı ilaç guruplarının DOAE'nu etkilediği yolunda yayınlar mevcuttur. Örneğin furasemid enjeksiyonlarının DOAE'da azalmaya, daha ileri dönemlerde tamamen kayba neden olduğu gösterilmiştir (2). Maymunlarda yapılan çalışmalarda aspirin uygulamanın SOAE ve SFOAE de değişiklik yapmasına rağmen DOAE'da etkili olmadığı gösterilmiştir (23).

Sonuç :

Otoakustik emisyonlar konusunda yapılan çalışmalar kohlear fonksiyonlar hakkında güvenilir bir teknik araştırma yöntemi olduğunu göstermektedir. Örneğin;

1. Öncelikle basit ve noninvaziv bir yöntem olması,
2. Oldukça hızlı ve objektif bir test olması
3. Odyometrik verilere yakın hassasiyetle, kohlear mikromekaniği ortaya koyan bir test olması bu konudaki çalışmaların değerini arttırmaktadır. Ancak muhtemel orta kulak patolojisinin varlığı otoakustik emisyon kaydını güçleştirmektedir.

Bu konuda yapılan tüm çalışmalara rağmen otoakustik emisyonların işitme kayıplarının etyolojik diferansiasyonunda yeterli olmadığı kabul edilmektedir (20).

Gelecekte ;

1. Yenidoğan ve çocuklardaki işitme patolojilerinin erken dönemde tesbitinde,
2. Öncelikle dış tüylü hücre kaybına neden olan ototoksisite ve akustik travmaya uğrayabilecek yüksek risk gurubu hastaların tesbitinde,
3. Kohlanın mikromekanik fonksiyonlarına ışık tutması nedeniyle Menier hastalığının erken dönemde objektif araştırmasında osmotik teste göre daha kolay ve güvenilir bir araştırma yöntemi olacağı düşünülebilir.

KAYNAKLAR

1. Dallos P. Response characteristics of mamalian cochlear hair cell. *J Neurocytol* 1985; 5:591-608.
2. Kemp DT. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am* 1978; 64:1386-91.
3. Osborne MP, Comis SD, Pickles JO. Morphology and cross-Linkage of stereocilia in the guinea-pig labyrinth examined without the use of osmium as a fixative. *Cell Tis Res* 1984; 237:43-8.
4. Pickles JO, Comis SD, Osborne MP. Cros-links between stereocilia in the guinea-pig organ of corti and their possible relation to sersory transduction. *Hearing Res* 1984;15:103-12.
5. Crawford AC, Fettiplace R. An electrical tuning mechanism in turtle cochlear hair cell. *J Physiol* 1981; 312:377-412.
6. Lim DJ, Melnick W. Acoustic damage of the cochlea: A scanning and transmission electron microscopic observation. *Arch Otolaryn* 1971; 94:294-305.
7. Ruggero MA, Rich NC, Freyman R. Spontaneous and impulsively evoked otoacoustic emissions: Indicators of cochlear pathology. *Hearing Res* 1983; 10:282-300.
8. Schloth E, Zwicker E. Mechanical and acustical influences on spontaneous oto-acoustic emission. *Hear Res* 1983; II:285-93.
9. Probst R, Coats AC, Martin GK. Lansbury-Martin Spontaneous click and toneburst evoked otoacoustic emissions from normal ears. *Hear Res* 1986; 21:261-75.
10. Strickland AE, Burns EM, Tubis A. Incidence of spontaneous otoacoustic emissions in children and infants. *J Acoustic Soc Am.* 1985; 78: 931-5.
11. Rebillard G, Abbon S, Lenair M. Les Otoemissions acoustiques Les otoemissions spontanees resultat chez des sujets normaux ou presentant des acouphenes. *Annls Oto-lar* 1987;104:363-8.
12. Bonfils P. Spontaneous otoacoustic emissions:Clinical interest. *Laryngoscope* 1989; 6:752-6.
13. Fritze W. Registration of spontaneous cochlear emissions by means of fourier transformation. *Arch Oto-Rhino Laryn* 1983;238:189-96.
14. Probst R, Lansbury-Martin BL, Martin GK, Coats AC. Otoacoustic emissions in ears with hearing loss. *Am Journal Otolaryngol* 1987;8:73-81.
15. Mc Fadden, Wightman FL. Audition : some relations between normal and pathological hearing. *A Rev Psychol* 1983; 34:95-128.
16. Johnsen NJ, Bagi P, Parbo J, Elberhig J. Evoked acoustic emissions from the human ear. Final results in 100 neonates. *Scand Audiology* 1988; 17:27-34.
17. Bonfils P, Uziel A, Pujol R. Evoked oto-acoustic emissions from adults and infants. Clinical applications. *Acta Oto-lar* 1988; 105:445-9.
18. Hiniz M, Wedel H. Otoakustische Emissionen bei patienten mit Hörsturz. *Archs Oto-Rhino-lar* 1984;Supl.II.:128-30.
19. Kemp DT. Evidence of mechanical nonlinearity and frequency selective wave amplification in the cochlea. *Arch Oto-Rhino-Lar* 1979;224:37-45.
20. Kemp DT, Bray P, Alexander L, Brown AM. Acoustic emission cochleography-practical aspects. *Scand Audiolog* 186;25:71-82.
21. Harris FP, Glatke TJ. Distortion product emissions in human with high-frequency sensoryneural hearing loss. *J Acoustic Soc Am* 1988;84:74.
22. Kemp DT, Brown AM. Ear acoustic and round window electrical correlates of 2F1-F2 distortion generated in the cochlea. *Hear Res* 1984; 13:39-46.
23. Martin GK, Lansbury-Martin BL, Probst R, Coats AC. Spontaneous otoacoustic emissions in a nonhuman primate. Basic features and relations to other emissions. *Hear Res* 1988;33:49-68.