

OTOAKUSTİK EMİSYONLAR

A.Otoakustik Emisyonlar ve Koklea Fizyolojisi

Otoakustik emisyon testleri **FİZYOLOJİK, OBJEKTİF, NON-İNVAZİF, KOLAY ve HIZLI UYGULANABİLİR** testlerdir. Kulak hakkında bilgi alınmak istendiğinde **saf ses odyometrisi kullanılamıyorsa ilk seçenek OTOAKUSTİK EMİSYONLARDIR.**

Otoakustik emisyonlar koklea dış tüylü hücrelerden kaynaklanan ve dış kulak yoluna verilen ses uyarısına karşılık oluşan ve dış kulak yolundaki duyarlı bir mikrofon ile kaydedilebilen çok küçük şiddetteki ses dalgalarıdır. Kaydedilen ses dalgaları kokleanın fizyolojik yapısından kaynaklanmakta olup bu ses dalgalarının oluşumu için ne teste tutulan bireyin bir katkısı ne de testi yapan kişinin yorumuna ihtiyaç duyulmadığından **OBJEKTİF FİZYOLOJİK** bir testtir.

Mikrofon ile kaydedilen ses dalgaları ham halleri ile otoakustik emisyonlar olarak değerlendirilmez. Bir işlemci yardımıyla kaydedilen ses dalgaların ortalaması alınarak işlenir ve dijitalize edilir. Otoakustik emisyonların kayıt edilebilmesi için;

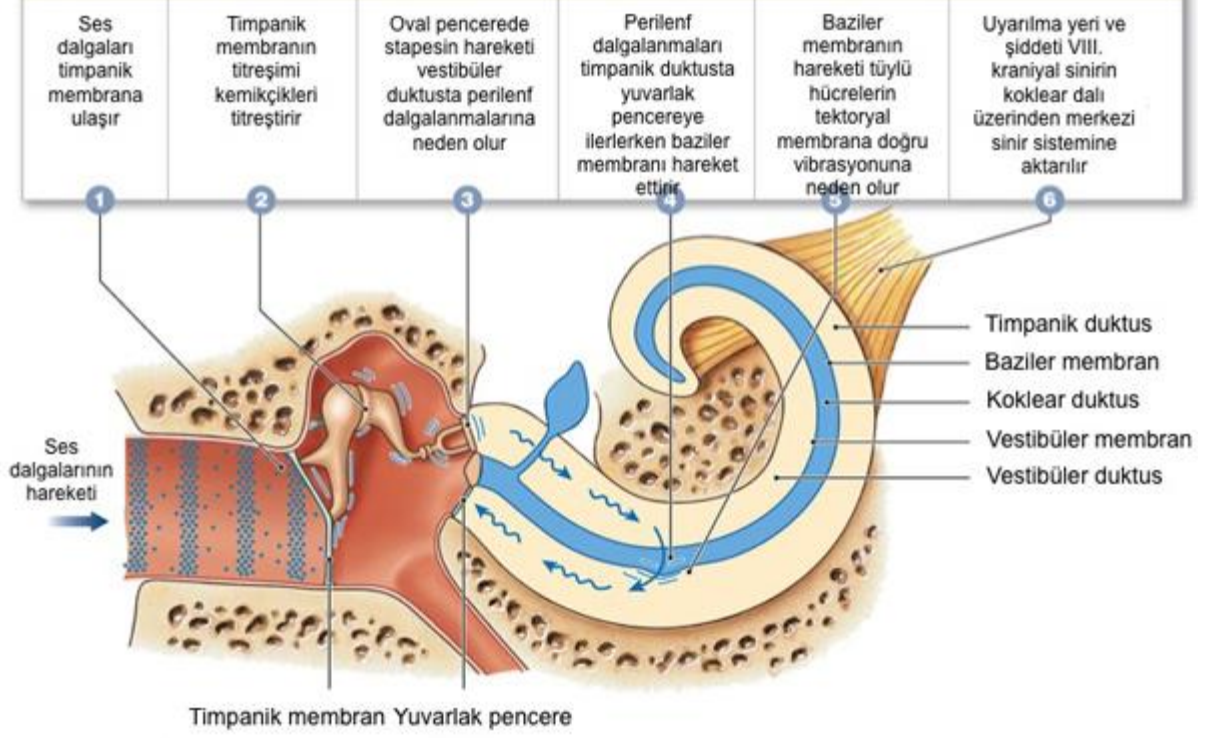
- Sağlam ve açık bir dış kulak yolu
- Sağlam orta kulak yapıları
- Sağlam iç kulak dış tüylü hücreleri olmalıdır.

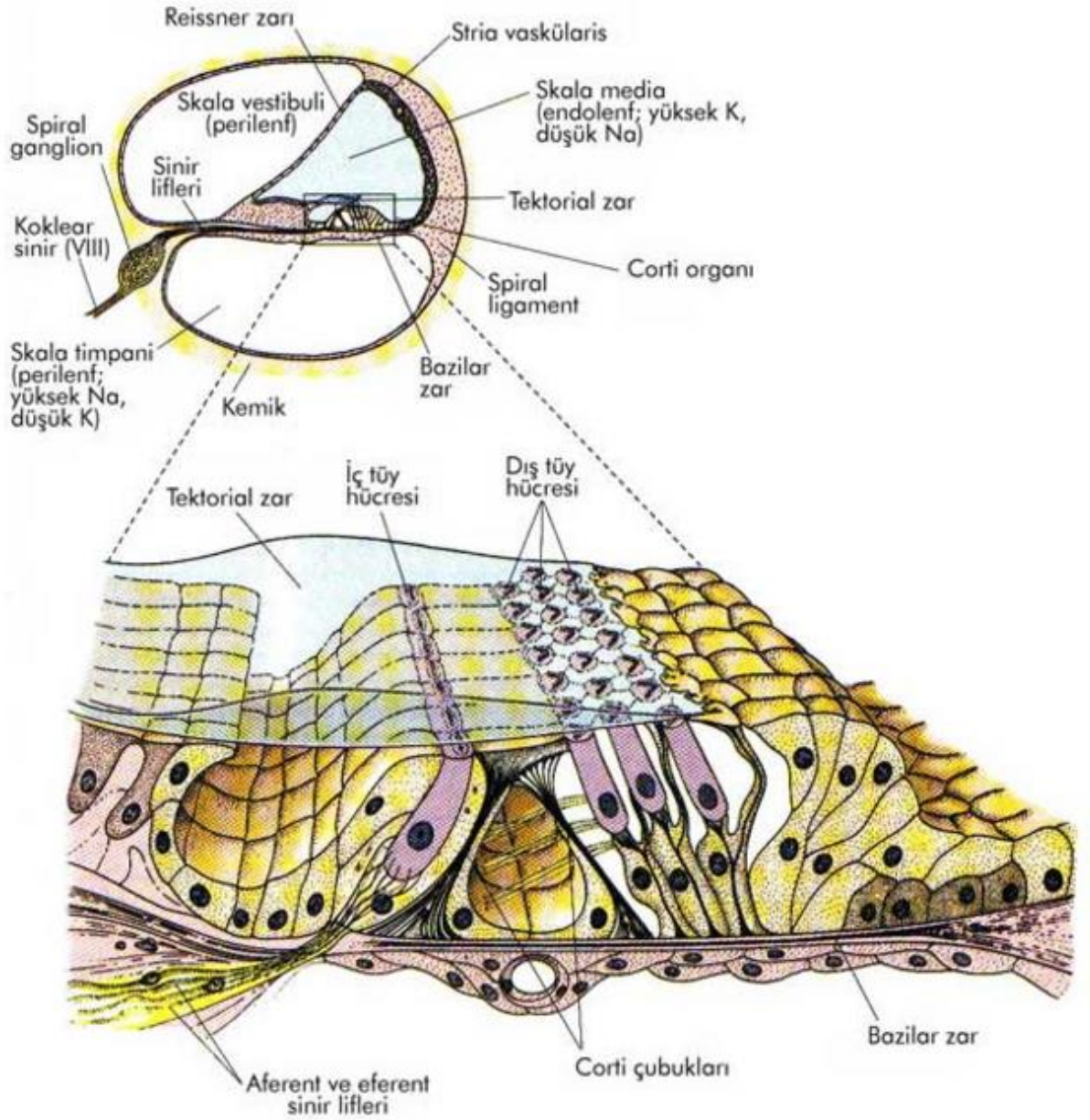
Ancak önemli bir not olarak şunun altını çizmeliyiz. Yukarıda da detaylı olarak anlatıldığı gibi eğer dış kulak yolundan koklea dış tüylü hücrelere kadar işitme yolu açık ve çalışıyorsa testler pozitifdir. Bu testi pozitif olması duymanın gerçekleştiği anlamına gelmez. Duyan kulak değil beyindir.

Otoakustik emisyonlar teorik olarak mevcut olduğu 40'lı yıllarda tahmin edilebilmiştir. Bu hücrelerin boyunun kısaldı uzaması sonucu ses üretecekleri ve bu seslerin de kaydedilebileceği o yıllarda tahmin edilse de ancak 70'li yıllara kadar kokleanın beyin gibi non-lineer ve aktif bir organ olduğu anlaşılmış ancak bu sesleri kaydetmek, dolayısıyla varlığını kanıtlamak mümkün olmuştur. İlginçtir, 60 'lı yıllarda iç kulağın işitmede pasif rol aldığını iddia eden Bekesy Nobel ödölünü de kazanmıştı. Oysa fizikçi Thomas Gold 40'larda kokleanın aktif rolü olması gerektiğini söylemişti.

Ne yazık ki, hala koklea ile ilgili bilgilerimizin bazıları teorik aşamada olup ispatlanabilmiş değillerdir. **Son yıllardaki bilimsel çalışmalarımız bize dinamik yapıda bir kokleamız olması gerektiğini düşündürmektedir. Dinamik kokleamız olduğunu bize düşündürten bulgu, düşük şiddetteki seslerin dalgalarındaki baziler membran üzerinde yarattığı genleşme doğrusal olduğu halde, orta ve yüksek şiddetteki seslerin baziler membran üzerinde non-lineer ilerliyor olmasıdır. Bu davranışın gerçekleşebilmesi için aktif bir mekanizmanın mevcut olması gerekmektedir. Bu mekanizmaya KOKLEAR AMPLİFİKATÖR denilmektedir.**

İŞİTMENİN FİZYOLOJİSİ

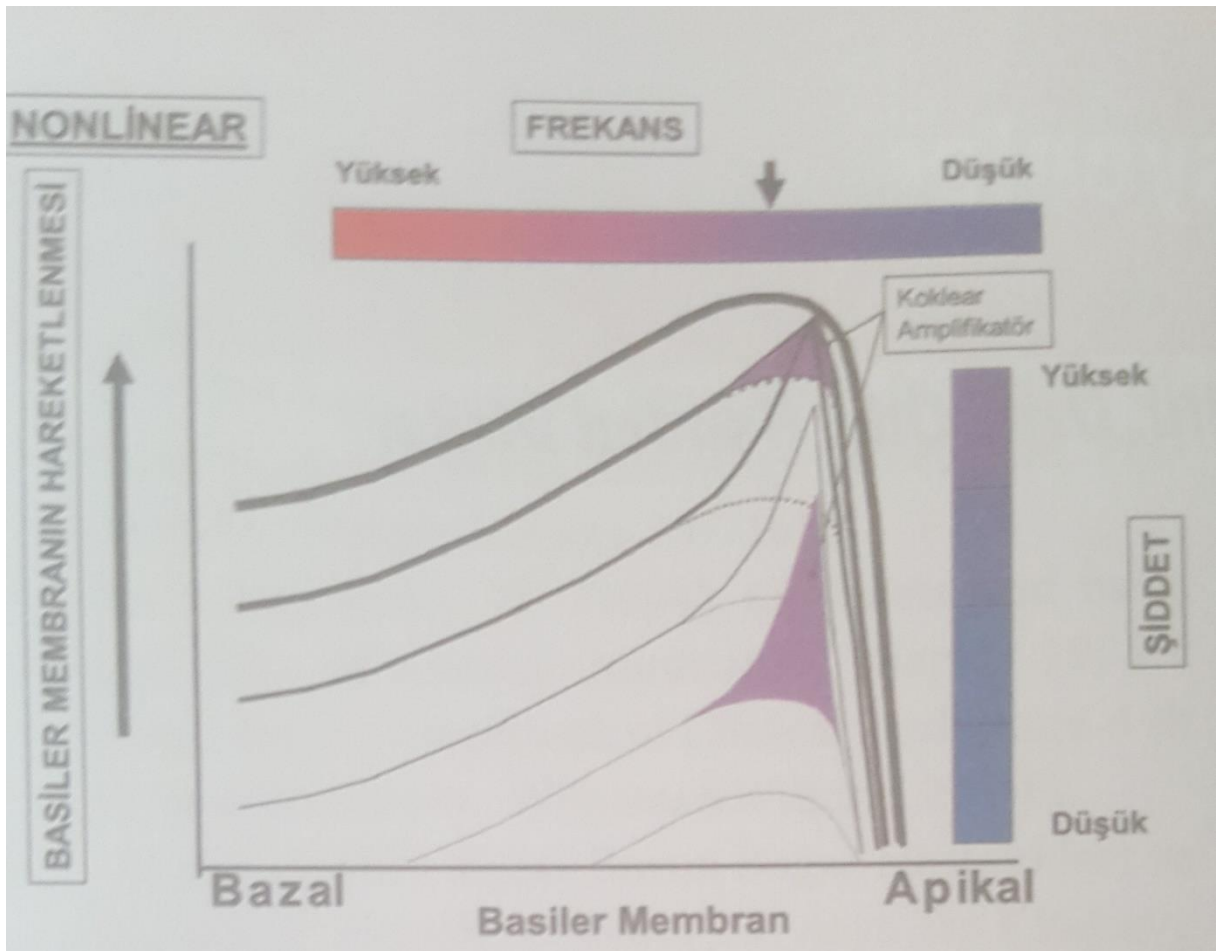




Araştırmalara göre otoakustik emisyonlar iki şekilde oluşabilir;

- **Dış tüylü hücrelerin uzayıp kışalmasına (somatik hareket) bağlı olarak otoakustik emisyonların oluştuğu göstermektedirler. Bu uzayıp kışalma hareketinin otoakustik emisyonları oluşturmamasından dolayı emisyonlar nöral değil mekanik cevaplardır.**
- **Koklear amplifikasyondan dış tüylü hücrelerin non-lineer mekanik ve somatik stereo silia özelliklerini sorumlu tutulmaktadırlar. Çok sayıda dış tüylü hücre uyarımı**

sonucunda bazal membranda hassas bir hareketlenme oluşmakta olup bu hareketlilik akustik enerji açığa çıkmasına yol açar. Bu durum da akustik emisyonlar ile ilişkilendirilmektedir.



Dış tüylü hücrelerin hasar görmesi durumunda meydana gelen değişikliklerden yola çıkarak dış tüylü hücreleri fonksiyonları ortaya konmuştur. Bu fonksiyonlar;

- **Otoakustik emisyonların üretilmesi**
- **Koklear amplifikasyonun gerçekleştirilmesi**
- **İşitsel duyarlılığın sağlanması**
- **Frekans seçiciliğin temini**
- **Dinamik aralık fonksiyonunun sürdürülmesi**

B.OTOAKUSTİK EMİSYONLARIN TESPİT **VE KAYIT EDİLMESİ**

Otoakustik emisyonların kayıt edilebilmesi için;

- **Dış kulak yoluna doğru probun uygulanıyor olması**
- **Doğru probtan ses uyarının verilmesi (DPOAE)**
- **Dış kulak yolunun sesleri orta kulağa geçiriyor olması**
- **Orta kulak yapılarının sağlam ve ses geçirir olması**
- **Dış tüylü hücrelerin sağlam ve işlev görür halde olması**
- **Dış tüylü hücrelerden üretilen 3-6 dB HL şiddetindeki sesleri kaydedebilecek hassasiyette bir mikrofonun bulunması gerekmektedir.**
- **Aynı mikrofonun timpan membran ile konumda olması gerekmektedir.**
- **Mikrofonun doğru çalışabilmesi için ortam seslerinin en aza indirilmiş olması gerekmektedir.**
- **Mikrofonun kayıt edeceği sesleri 500 Hz altında sesler olup bu frekansın altında olan solunum ve kalp sesleri yanlış pozitiflik duruma yol açabilir.**
- **Aynı şekilde dış kulak yolundan sesin dinlenmesini engelleyen dış kulak yolu kirleri, vernix caseosa, ya da yabancı cisimler oluşan otoakustik emisyonlarının mikrofona ulaşmasını engelleyebilir.**
- **Elde edilen sesler amplifiye edilir analogtan dijitala dönüştürüldükten sonra ortalaması alınarak kayıt edilir. Dijitalize edilen sonuçlar pozitif ya da negatif olarak yorumlanır.**

Otoakustik emisyonlar iki şekildedir. Birincisi akustik uyaran ile ortaya çıkanlar yani uyarılmış potansiyeller ikincisi spontan otoakustik emisyonlar yani akustik uyaransız olmadan ortaya çıkanlar.

1. Uyarılmış Otoakustik Emisyonlar;

- a. Anlık Uyarılmış**
- b. Distorsiyon Ürünü**
- c. Uyaran Frekansı**

a. Anlık Uyarılmış OAE'ler

Probunda bir hoparlör bir de hassas mikrofon bulunan Otoakustik yöntemidir. Hem pasif olarak yani ses uyarını olmadan hem de aktif yani ses uyarısına karşılık olarak kokleadan üretilerek gelen seslerin dinlediği yöntemdir.

Uyarıyı yaratmak için klinikte 75-80 dB tone burst veya klik uyaran kullanılmaktadır. Klik uyaran ile ortaya çıkan anlık OAE'lerin frekans aralığı genişken tone burst ile frekansa özgü yanıtlar elde edilmektedir. Klik uyaranda da Anlık Uyarılmış OAE'lerin spektral çözümlemesi yapılarak yanıtların frekansa özgü dağılımı görülebilir.

Anlık Uyarılmış OAE'ler zaman etki alanı ortalama tekniği ile kayıt edildiğinde yanıtlara karışan gürültüleri elimine etmek mümkün olmaktadır. Aynı zamanda uyaran ile elde edilen OAE'nin arasında zaman ilişkisi de mevcuttur. Yani verdiğiniz uyaran karşı oluşan OAE arasında sınırlı bir zaman aralığı vardır. Bu zaman aralığından önce veya sonra oluşan sesleri artefakt olarak nitelemek ve elimine etmek mümkün olmaktadır. Ancak bu

eliminasyon ilk bir iki milisaniyedeki OAE'ler gözden kaçırılabilir.

Anlık Uyarılmış OAE'ler;

- Anlık Uyarılmış OAE'ler 30-50 dB HL koklear tip kayıp olursa kaybolurlar.
- Orta ve şiddetli orta kulak patolojilerinde alınamazlar.

b. Distorsiyon Product (Bozunmuş Üretim)

Probunda iki hoparlör bir de hassas mikrofon bulunan Otoakustik yöntemidir. Her iki hoparlörden özel frekanslarda ses üretimi gerçekleştirilir ve bu seslerin matematiksel karşılığı frekanslarda olan ve kokleadan üretilen seslerin taranarak kaydedildiği yöntemidir.

İki farklı ses üretilerek bu sese karşı bu sesin matematiksel fonksiyonu olan cevabın aranıldığı yöntemidir. İki adet farklı saf ses dış kulak yolundan verildikten sonra ($f_2 > f_1$ olması şartıyla) bu temel frekanslara karşı bu seslerin fonksiyonu olan ($f_2 - f_1$ veya $2f_1 - f_2$) distorsiyon ürünü seslerin kaydı yapılır.

Aynı zamanda uyaranların şiddetli arasındaki oran ile cevabın amplitüdü arasında da matematiksel ilişki mevcuttur. Buna dayanarak bir distorsiyon product OAE 0-15 dB arasında ise kaydedilir.

Distorsiyone Product OAE'lar;

- 50 dB HL'yi aşan koklear işitme kayıplarında elde edilemezler.
- Ağır ve orta düzey orta kulak problemlerinde oluşmazlar.

İki şekilde kayıt yapılabilir;

- Sabit frekanslı giderek uyaran şiddeti giderek arttırılarak (*input/output fonksiyonu)

- **Uyaran şiddeti aynı tutulurken farklı frekanslarda alçaktan yükseğe doğru kayıt yapılarak (*Distorsiyon Ürünü Odyogram-*Distortion Product Odyogram-*DP-gram)**

Sonuç; DPOAE'ların tanısal değeri yani klinik kullanımı araştırma aşamasındadır.

c. Uyaran Frekansı Otoakustik Emisyonlar

- Uyaran olarak kesintisiz saf ses uyaranları kullanılır.
- Frekansa spesifiklik yüksektir.
- Uyarana yanıt süresi çok kısadır.
- Donanımın maliyeti çok yüksektir.

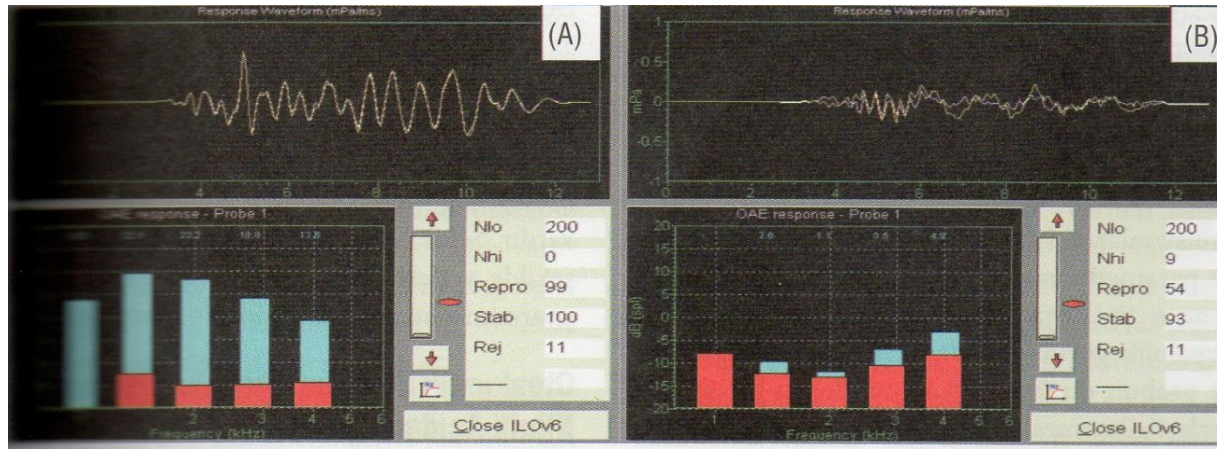
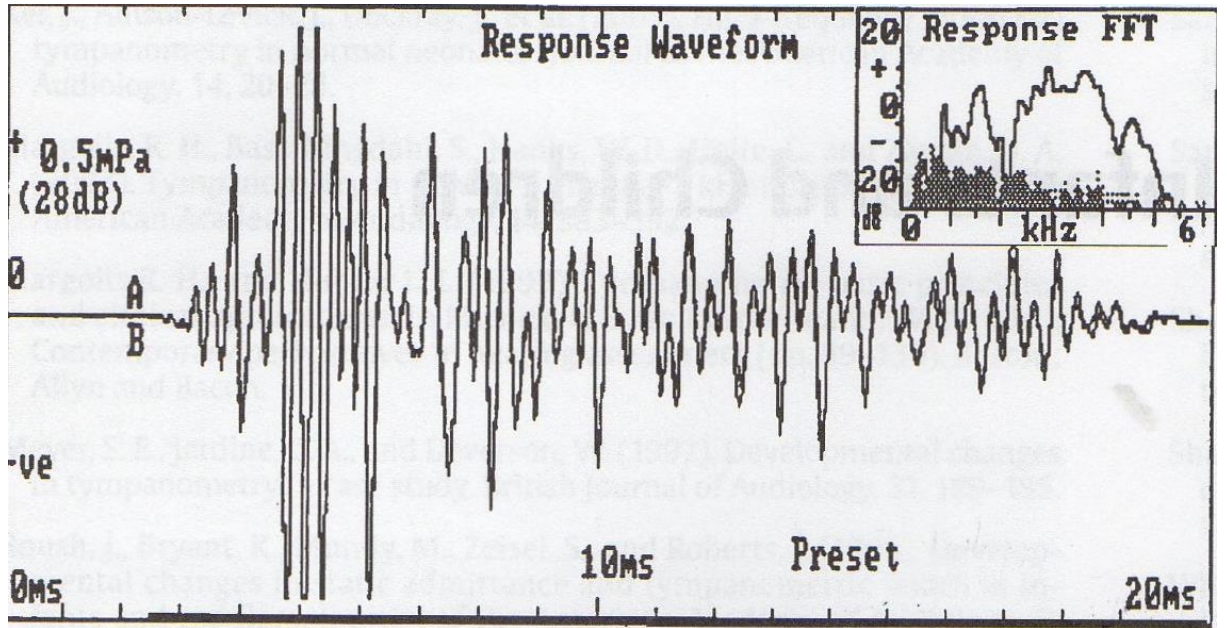
2. Spontan Otoakustik Emisyonlar

- Normal bireylerin %40 ile 60'ında mevcuttur.
- 30 dB HL'yi aşan koklear işitme kayıplarında elde edilemezler.
- Tinnitus ile bağlantılı değildir.
- Amplitüdleri -15 dB ile 0 dB arasındadır.
- 800 ile 4000 Hz arasındadırlar ancak orta kulak admittansının en yüksek olduğu 1000 ile 2000 Hz arasında daha çok görülürler.

C.OTOAKUSTİK EMİSYONLARIN **KAYDEDİLMESİ**

- **Otoakustik emisyonların kayıt edilmesini etkileyen faktörler;**
 - **Uyaran tipi**
 - **Uyaran stabilitesi**
 - **Test sırasındaki fizyolojik veya çevresel gürültü**
 - **Probun kulağa doğru yerleştirilmiş ya da yerleştirilememiş olması**
 - **Orta ve dış kulağın durumu**
- **TEOAE’de**
 - **75-80 dB uyaranlar kullanılarak kayıt yapılır.**
 - **45 dB ve üzerindeki artefaktlar olması durumunda test otomatik olarak durur.**
 - **İşitme kaybını belirlemek veya teşhis etmek için TEOAE’yi kullanırken, frekans alanında geniş bant TEOAE, yarı oktav bantları gibi daha küçük bantlara analiz edilir.**
 - **Her bandın üç yanıt özelliği, cevabın OAE olup olmadığını değerlendirmek için kullanılabilir: 1. mutlak seviye 2. Gürültü seviyesiyle karşılaştırıldığında emisyon seviyesi (emisyon gürültü oranı veya ENR) ve 3. iki dalga formu arasındaki tekrarlanabilirlik .**
 - **Emisyon pozitif diyebilmek için;**
 - **Emisyonların tekrar edilebilirliğinin %50 üzerinde olması gerekmektedir.**
 - **5 Frekanstan en az 3’ünde S/N oranlarının +3dB ve üzerinde cevap alınmalıdır.**

*S/N; emisyon amplitüdü ile gürültü seviyesi arasındaki fark



- **DPOAE'de,**

- **$f_1 < f_2$ şeklde uyarılar verilir.**
- **En iyi cevaplar f_2/f_1 'in 1,22 olduğu durumda alınır.**
- **$2f_1-f_2$ bölgesinde f_1 'in şiddeti f_2 'nin şiddetinden 10-15 dB az olduğu ($L_2-L_1=10,15$ dB) durumda en iyi cevap alınır.**
- **Test 500-8000 Hz arasında yapılır.**

- **45 dB ve üzerindeki artefaktlar olması durumunda test otomatik olarak durur.**
- **Emisyon pozitif diyebilmek için;**
 - **S/N oranlarının +6dB ve üzerinde cevap alınmalıdır.**
 - **Emisyonların tekrar edilebilirliğinin %50 üzerinde olması gerekmektedir.**

D.OTOAKUSTİK EMİSYON TESTİNİN **ÖZELLİKLERİ VE KLİNİK AÇIDAN** **ÖNEMİ**

- Bilgisayar yazılımı yönergeleri doğrultusunda kolayca yapılabilen bir testtir.
- Non-invazif, hızlı, kolay, objektif ve kısa sürede yapılabilir.
- OAE ile davranışsal testleri paralel sonuç vermekte olsa da böyle bir kural yoktur.
- OAE’de pozitiflik alınmış olması dış kulak, orta kulak ve kokleanın dıştüyü hücrelerine kadar olan mesafede işlerin yolunda olduğunu göstermektedir.
- OAE testi kokleanın işlevinin frekansa özgü olarak değerlendirilmesini sağlar.
- İletim tipi kayıplar OAE testlerinin dezavantajıdır.
- OAE testleri eğer BERA ve Akustik immitansmetri ile kullanılırsa Retro koklear patolojilerin ayırıcı tanısında kullanılabilir. İşitsel nöropatinin teşhisinde öncelikli tanı aracı bu kombinasyonun kullanılmasıdır.
- Efferent işitme yollarının sağlamlığının araştırılması amacıyla aynı kulağa veya karşı kulağa ses verilmesi sonucu OAE’lerde azalma görülmesidir. Buna OAE supresyonu denir.
- OAE’ler ototoksik ilaçların bireydeki etkisinin izlenmesi bakımından faydalıdır.
- Presbiakuzinin saptanması açısından da OAE’lar faydalıdırlar.

E. OTOAKUSTİK EMİSYONLARIN YENİDOĞAN TARAMA TESTLERİNDE KULLANIMI

- **Yenidoğan tarama testlerin de ilk basamaktır. Çünkü;**
 - **Ucuzdur**
 - **Kolaydır**
 - **Bireye zarar vermez**
 - **Sarf malzemesi yoktur.**
 - **İşitsel sistem işlev bozukluğuna yüksek düzeyde duyarlıdır.**
 - **Dış tüylü hücre işlev bozukluğuna yüksek derecede özgündür**
 - **Mevcut sistemler otomatik olarak kaldı veya geçti diye sonuç vermektedir.**
- **Hem TEOAE hem de DPOAE'lar tarama testi olarak kullanılabilir. Ancak tarama testlerinde TEOAE DPOAE'ye göre daha duyarlıdır.**
- **Doğumdan itibaren TEOAE ve DPOAE miktarları giderek düşüş kaydeder. İlginçtir, preterm çocuklarda doğum yaşına gelene kadar TEOAE ve DPOAE miktarları artar ve doğum yaşından sonra düşüşe geçmektedir.**
- **Yanlış negatiflikler ve yanlış pozitifliklere dikkat edilmelidir. Bir odyolog hiçbir testin mükemmel olmadığını aklından asla çıkarmamalıdır. OAE'ler orta, ileri ve ağır kayıpların saptanmasında başarılıdır, ancak hafif dereceli kayıpları tespit etmekte yetersizdir.**
- **Yapılan geniş saha çalışmalarında binlerce çocuk tüm tarama testleri ve davranışsal testlere beraber sokulmuş ve sonuç olarak işitme kayıplı olan çocukları tek test ile yakalamaya çalıştığımızda hemen hemen aynı oranda işitme kayıplı çocuk tespit edilebilmiştir.**
- **Çocuklarda tarama testi olarak davranışsal testleri OAE testlerine tercih etmek gerekir.**

F.OTOAKUSTİK EMİSYONLARIN **KLİNİKTE KULLANIM ALANLARI**

- a. Yenidoğan tarama testleri**
- b. İşitsel nöropati tanısında**
- c. Saf Ses ve Oyun Odyometrisinde güvenilir cevaplar alınamıyorsa**
- d. Ototoksik ilaç kullanan kişilerin moniterizasyonu**
- e. Koklear-retrokoklear işitme kaybı olanların ayırıcı tanısında**
- f. İşitme cihazı adayı kişilerin dış tüylü hücre fonksiyonlarının araştırılmasında**
- g. Gürültüye bağlı işitme kayıplarının erken tanısında**
- h. Efferent işitme yollarının sağlamlığının araştırılmasında**
- i. Test bataryalarında diğer testlerin sağlaması olarak**
- j. Ani işitme kayıplarında lezyon yerinin saptanması amacıyla**

G. OTOAKUSTİK EMİSYON TESTLERİNİN DEZAVANTAJLARI

- a. Test için sessiz bir ortam gerekir.**
- b. İletim tipi işitme kayıpları sonuçları etkilemektedir.**
- c. Verileri her hangi bir patoloji için spesifik olmadığından tek başına tanı koydurucu işlev göremez.**
- d. Ototoksik ilaç kullanımı ve yüksek sese maruziyet sonucu gelişen işitme kayıplarında eşiklerin etkilenmeden OAE'ların etkilenip etkilenmediği tartışma konusudur.**
- e. Yüksek riskli yenidoğanlarda kullanılamaz.**