

# YENİDOĞANDA İŞİTMENİN GELİŞİMİ VE İŞİTME TARAMA TESTLERİ

## Development of Newborn Hearing and Hearing Screening

Serdar BEKEN<sup>1</sup>, Esra ÖNAL<sup>1</sup>, Yusuf KEMALOĞLU<sup>2</sup>

### ÖZET

Atmosferde meydana gelen ses dalgalarının kulağımız tarafından toplanmasından beyindeki merkezlerde karakter ve anlam olarak algılanmasına kadar olan süreç işitme olarak adlandırılır. İşitme kaybı, 1/1000 ile 3/1000 arasında değişen oranla yenidoğan bebeklerde en sık görülen konjenital anomalilerden biridir ve yenidoğan yoğun bakım ünitesinde (YDYBÜ) yatış bu riski arttırır. Bu nedenle YDYBÜ'de izlenen bebekler işitme taraması için hedef kitlelerden biridir. Yenidoğan döneminde kabul edilen iki işitme tarama yöntemi vardır: Uyarılmış Otoakustik Emisyonlar (EOAEs) ve İşitsel Beyinsapı Yanıtı (ABR).

**Anahtar Kelimeler:** *İşitme kaybı; Yenidoğan taraması; Konjenital.*

### ABSTRACT

Hearing is the process of the collection of sound waves in the atmosphere by the ear, resulting in the perception of a certain character and meaning in the related centers in the brain. Hearing loss is one of the most frequently seen congenital anomalies in infants, with an incidence varying between 1/1000 to 3/1000 of healthy newborns and infants admitted to the Neonatal Intensive Care Unit (NICU) have an additional risk of hearing loss. Infants at NICU form an important target group for hearing screening. Of the hearing screening methods of the newborn, two are widely accepted: Evoked Autoacoustic Emission (EOAEs) and Auditory Brainstem Response (ABR).

**Key Words:** *Hearing loss; Newborn screening; Congenital.*

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi Pediatri  
Anabilim Dalı Yenidoğan Ünitesi,  
Ankara

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi Kulak Burun  
Boğaz, Baş ve Boyun Cerrahisi  
Anabilim Dalı, Odyoloji Ünitesi,  
Ankara

Serdar BEKEN, Uzm. Dr.  
Esra ÖNAL, Prof. Dr.  
Yusuf KEMALOĞLU, Prof. Dr.

#### İletişim:

Dr. Serdar BEKEN  
11. sokak 26/6  
Emek, Ankara  
Tel: 0 532 6713196  
e-mail:  
serbeken@gmail.com

Geliş tarihi/Received: 10.07.2013  
Kabul tarihi/Accepted: 02.11.2013

Bozok Tıp Derg 2014;4(3):57-62  
Bozok Med J 2014;4(3):57-62

### **Koklea ve gelişimi:**

İnsanda işitme koklaeda yer alan korti organı ile olur. Koklea, modiolus adı verilen koni şeklinde bir yapı ve etrafında arkadan öne, içten dışa doğru iki buçuk kez dolanan iç kulakta yer alan bir kanaldır. Duyu hücreleri de bu kanalın içerisinde yer alır. Duyu hücrelerinin apikal kısmında 6-7 dizi stereosilia adı verilen "W" şeklinde dizilmiş titrek tüyler mevcuttur. Duyu hücreleri ve üstlerindeki tektoryal membranın tamamına korti organı adı verilir. Korti organı koklear kanal boyunca aynı biçimde kalmaz; iç ve dış tüy hücrelerin uzunlukları, stereosilioların uzunlukları, korti organının genişliği ve çevre destek hücrelerin uzunlukları apikale doğru giderek artar. Tüy hücrelerin gelişimi gebeliğin 10-12. haftalarında olurken, dış tüy hücreleri ve VIII. kraniyal sinirdeki sinapslar 22. hafta civarında gelişir. İç kulak, erişkindeki şekil ve büyüklüğüne 20-22. haftalarda ulaşır. Koklea, 20. gebelik haftasında fonksiyon görebilecek durumdadır ancak biyokimyasal ve metabolik değişiklikler daha sonra da devam eder. Normal bir işitme için, özellikle dış tüy hücrelerinin fonksiyonel bütünlüğünün sağlanması önemlidir. İnsanlarda işitme, en erken gebeliğin 18. haftasında başlamakla beraber, olgunlaşması yaklaşık 30. hafta civarında olur (1).

### **İnsanda işitme duyusunun gelişimi:**

Fetusta bütün duyu organları prenatal dönemde gelişmeye başlar ve genellikle, dokunsal, vestibüler, işitsel ve görsel gelişim şeklinde bir sıra izler (2). Bu gelişim basamaklarının bir sonucu olarak, normal şartlarda erken gelişen işitme duyusu, görmeye kıyasla daha fonksiyonel hale gelir. Bu nedenle, bebeğin algısal organizasyonunun gelişmesi açısından işitsel uyarıların tipi ve zamanı önem kazanır. Perinatal dönemde, optimal gelişmeyi sağlayacak uyarıların tipi, miktarı ve zamanlaması konusunda bilgi yoktur. Fetus, anneden kaynaklanan seslere olduğu kadar, çevreden gelen seslere de maruz kalır. Ancak, sesin karakteri karın duvarı, uterus ve amniotik sıvıdan geçerken değişir (3). Karın duvarı, yüksek frekanslı seslerin geçmesini engellerken, 200 Hz'den daha küçük frekanslı sesler çok fazla etkilenmeden (en fazla 5 dB azalarak) uterus içine ulaşır. Dolayısıyla fetus, tiz seslerden ziyade, bas sesleri, kemik iletimi yoluyla duyar; fetal hayatta hava iletimi söznüsü değildir (4). Fetal işitme gebeliğin ikinci trimesteri

sonunda başladıktan sonra, ekzojen sesler fetus davranışı ve merkezi sinir sistemi gelişimini etkileyebilir. Ancak fetal işitme, her frekansta aynı değildir ve erişkinlere kıyasla çok daha kısıtlı frekansları duyar. Gestasyon ilerledikçe fetusun yanıt verebildiği frekanslar artar ve fetusta yanıt oluşturan uyarı eşiği de giderek azalır (5).

### **Ses:**

Ses enerjisi bir titreşimdir. Yayıldığı ortam moleküllerinin birbiri peşi sıra sıkışmasına ve gevşemesine neden olur. Ses dalgalarının ortam içindeki hızı, ortamı oluşturan maddenin yoğunluğuna, denge basıncına, özgül ısısına (gazlar için), esnekliğine (katı ve sıvılar için), sıcaklığa ve dalganın frekansına bağlıdır. Sesin genliği için pek çok ölçü tipi bulunsa da, ses basıncı temel ölçüdür. Ses düzeyini ölçmek için kullanılan logaritmik ölçüye "bel" adı verilir. İşitme eşiği 0 bel iken her on kat artış 1 bel olarak tanımlanır. Daha hassas ölçümler için belin onda biri olan "desibel" (dB) kullanılır (6). Desibel ölçüğü logaritmiktir; çünkü ses şiddeti aralığı öyle geniştir ki ölçülmesi ya da gözlenmesi gereken tüm sesleri lineer bir ölçüğe sığdırmak imkansızdır. Desibel ile yapılan değerlendirmenin bir başka özelliği, iki farklı sesin ses basıncı düzeylerinin aritmetik olarak toplanamamasıdır. Eğer ikisi arasındaki seviye farkı 10 dB'in üzerinde ise, düşük seviyeli sesin hiç bir etkisi olmaz. Bir ses kaynağının titreşme ya da havayı titreştirme miktarı, frekansı belirler. Zamanın birimi genelde bir saniyedir ve bir saniyedeki çevrim sayısını ifade etmek için 'Hertz' (Hz) terimi kullanılır. İnsan yaklaşık olarak 16–20.000 Hz arasında frekansa sahip sesleri algılayabilir. Bu değerler miad yenidoğanlar için 500 ile 4000 Hz'dir (7). İnsanlar, günlük hayatta saf tonlarla son derece seyrek karşılaşır. Seslerin büyük çoğunluğu bunun yerine birçok frekans-tan oluşan bir karmaşık birliktelik sergiler.

### **İşitme Fizyolojisi:**

Atmosferde meydana gelen ses dalgalarının kulağımız tarafından toplanmasından beyindeki merkezlerde karakter ve anlam olarak algılanmasına kadar olan süreç işitme olarak adlandırılır. İşitmenin olabilmesi için ilk olarak ses dalgalarının atmosferden korti organına iletilmesi gerekir. Bu mekanik olay sesin kendi enerjisi ile sağlanır.

Bu olaya *iletim (conduction)* denir. Korti organında ses enerjisi bir dizi biyokimyasal etkileşim ile elektrik enerjisi haline çevirir. Bu olaya *dönüşüm (transduction)* denir. İç ve dış tüy hücrelerinde meydana gelen elektrik akımı kendisi ile ilişkili sinir liflerini uyarır. Bu şekilde elektrik enerjisi frekans ve şiddetine göre değişik sinir liflerine iletilir. Başka bir deyişle ses, şiddet ve frekansına göre korti organında kodlanmış olur. Bu olaya *nöral kodlama (neural coding)* denir. Tek tek gelen bu sinir iletimleri işitme merkezinde birleştirilir ve çözülür. Yani sesin karakteri ve anlamı anlaşılır hale gelir. Bu olaya *ilişkilendirme-farkındalık (association-cognition)* denir (8). *Ses dalgasının dönüştürülmesi:* Ses dalgalarının perilenfe iletilmesi ile perilenf hareketlenir ve baziler membranda titreşimler meydana gelir. Bu titreşimler tabandan apikale dek devam eder. Baziler membranın genişliği tabanda 0,12 mm iken apikalde 0,5 mm'dir. Baziler membran taban kısmında gergindir ancak apikale doğru genişliği arttığı için gerginlik giderek azalır. Bu fark nedeni ile ses dalgası tabandan apikale doğru "gezici dalga" (*travelling wave*) ile götürülmüş olur. Bekesy'nin tanımladığı gezici dalga, baziler membran potansiyenin her yerde aynı olmadığını ortaya koymuştur. Baziler membran amplitüdü sesin frekansına göre değişiklik gösterir. Yüksek frekanslı sesler için baziler membran amplitüdü koklea tabanında en düşükken, alçak frekanslarda apikalde en yüksek seviyeye ulaşır. Koklea gezinen dalga için amplifikatör görevi görür. Baziler membran hareketleri tüy hücreleri ile büyük ölçüde ilişkilidir. Stereosilyaların titreşim amplitüdü arttıkça baziler membran amplitüdü artar. Dış tüy hücreleri frekans seçme özelliğine sahiptir (9).

#### Yenidoğanda İşitme Kaybı

Sağlıklı gelişme için işitme bozukluğunun erken tanısı ve tedavisi çok önemlidir. Erken müdahale dil gelişimini olumlu yönde etkileyeceği için akademik, algısal, sosyal ve ekonomik faydalar sağlayacaktır. İşitme kaybı, 1/1000 ile 6/1000 arasında değişen oranla yenidoğan bebeklerde en sık görülen konjenital anomalilerden biridir. Sağlıklı yenidoğanların 1/1000 ile 3/1000'ünde, YDYBÜ'de tedavi gören bebeklerin 20/1000 ile 100/1000'ünde her iki kulakta belirgin işitme kaybına rastlanır. Bu hızlar yenidoğan taramaları yapılan fenilketonüri, hipotiroidi veya galaktozemi gibi başka has-

talıkların görülme sıklıklarından çok daha fazladır (10-12). Tanı koymak ve bu hastaları erken dönemde tespit etmek önemlidir. Tanı geciktikçe, işitme kaybı derecesine paralel olarak olumsuz etkiler de fazlalaşır. Lisanın kazanılması için işitmenin doğuştan itibaren normal sınırlarda olması gerekir. Bu nedenle işitme kaybına ne kadar erken tanı konursa tedavi ve rehabilitasyon o kadar erken başlar ve lisan gelişimi için gerekli işitme algısı sağlanmış olur.

"Joint Committee on Infant Hearing" ve AAP tarafından 2007 yılında, konjenital, geç başlangıçlı veya ilerleyici işitme kaybı için risk faktörlerini aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (13):

- Ebeveynlerin ya da bakıcının işitme, konuşma, dil veya davranış gelişiminden şüphelenmesi,
- Ailede çocukluk çağında işitme kaybı öyküsü,
- YDYBÜ'de 5 günden uzun kalma veya YDYBÜ'de yatış öyküsü ile birlikte (süreden bağımsız) aşağıdakilerden birinin eşlik etmesi,
  - ECMO,
  - Mekanik ventilasyon,
  - Ototoksik ilaç veya diüretik kullanım öyküsü,
  - Kan değişimi gerektirecek düzeyde hiperbilirubinemi,
  - Sitomegalovirüs, herpes, rubella, sifiliz, toksoplazmozis gibi intrauterin enfeksiyon öyküsü,
  - Dış kulak yolu, kulak kepçesi, temporal kemik anomalilerini içeren kraniofasial bozukluklar olması,
  - Sensörinöral ve/veya iletim tipi işitme kaybı ile giden sendromları düşündürecek muayene bulgusu olması,
  - İşitme kaybı veya ilerleyici işitme kaybı veya geç başlangıçlı işitme kaybı görülen sendromlar (nörofibromatozis, osteopetrozis, Usher sendromu, Waardenburg, Alport, Pendred ve Jervell-Lange-Nielson),
  - Hunter sendromu gibi nörodejeneratif hastalıklar veya Friedreich ataksisi ve Charcot-Marie-Tooth sendromu gibi sensorimotor nöropatiler,
  - Kanıtlanmış (kültür pozitif) bakteriyel veya viral (özellikle herpes ve varisella) menenjit geçirme öyküsü,

- Kafa tabanı veya temporal kemik kırığına yol açan hastanede yatmayı gerektiren kafa travması,
- Kemoterapi,

### Yenidoğanda işitme taraması

İnsidans açısından konjenital anomaliler içerisinde önemli yer tutan işitme kaybına erken dönemde tanı konması önemlidir. Erken tanıya yenidoğan işitme taramaları büyük rol oynamaktadır. Yenidoğan işitme taramalarında işitme kaybının yaşamın ilk 3 ay içinde saptanması ve bebek 6 aylık olana kadar işitme cihazı ve uygun rehabilitasyon programına başlanması hedeflenmektedir (13). Erken tanı ve erken işitme cihazı kullanılması ile işitme engelli çocukların lisan gelişimlerinin ve buna bağlı olarak akademik başarılarının artması konusundaki görüşler evrensel boyutta işitme taraması yöntemlerinin oluşturulmasını sağlamıştır. YDYBÜ'de izlenen bebekler sensörinöral işitme kaybı için yüksek riske sahiptir, bu nedenle taramadaki önemli hedef gruplardan biridir (14). Yenidoğan işitme taramalarında iki yöntem kabul görmektedir. Bunlar; uyarılmış otoakustik emisyonlar (Evoked Otoacoustic Emissions, EOAEs) ve işitsel beyin sapı cevabı (Auditory Brainstem Response, ABR) yöntemleridir (13).

#### *İşitsel beyin sapı cevabı (ABR)*

İşitsel beyin sapı cevabı (ABR) kulağa klik tarzında sesli uyarılar verilmesi ve kafatasına yerleştirilen elektrodlarla oluşan cevabın kaydedilmesi ile elde edilir (15). Ses uyarısı, korti organındaki tüy hücreleri tarafından elektriksel aktiviteye çevrilir. Bu sinirsel uyarı beyin sapı ve yüksek kortikal merkezlere iletilir. Oluşan bu elektriksel aktivitenin saptanması ve kaydedilmesi ABR'nin temelini oluşturmaktadır. ABR ölçümünde en iyi işitsel cevap klik uyarı ile elde edilir. Frekans spesifitesi olmayan klik uyarı ile senkronize nöral aktivitenin en iyi şekilde elde edilmesi sağlanır. Bu uyarı ile 1000 Hz ve üstü koklear fonksiyon hakkında global bilgi sağlanır (16).

Yenidoğan taramaları dışında ABR klinik olarak iki alanda uygulanır:

- Sekizinci kraniyal sinirin ve beyin sapı işitme yolunun nörolojik anormalliklerinde, işitsel nöropati ve bir santimetreden büyük akustik tümörlerin tespit edilmesinde;

- İşitme duyarlılığının değerlendirilmesinde özellikle subjektif odyolojik testlere uyum sağlayamayan kişilerde.

ABR, son yıllarda yenidoğan işitme taramaları için altın standart olarak kabul edilir (17). ABR ölçümünde, bebeğin başına yerleştirilen elektrodlar aracılığı ile gönderilen ses uyarısına karşı oluşan elektroensefalografik dalgalar kaydedilir. Böylece işitme sinirinin ve beyin sapı işitme yolunun fonksiyonu ölçülür (18,19). Bu ölçümlerde diagnostik ve otomatik olmak üzere iki tip ABR kullanılır. Diagnostik ABR ölçümlerinin konu ile ilgili uzmanlar tarafından yapılması, elde edilen verilerin yine bu uzmanlar tarafından değerlendirilmesi gerekir ve test süresi uzundur. Bu nedenlerle diagnostik ABR yoğun tarama programları için uygun değildir. Otomatik ABR ile yapılan ölçümlerde elde edilen cevap otomatik olarak değerlendirilip geçti veya şüpheli şeklinde sonuç verir. Kısa sürede sonuç alınır. ABR yapılan bebeğin test sırasında sakin veya uyuyor olması gerekmektedir. Dış kulak yolunda amnion sıvısı, debris veya orta kulakta sıvı olması (süt otiti vb) gibi durumlardan dış kulak yolundan bir ölçüm yapılmadığı için çok fazla etkilenmez (16); (ancak uyarı yine dış kulak yolundan verildiği için, dış veya orta kulaktaki sorun belli seviyede işitme kaybı oluşmasına neden olacak kadar ciddiye, ABR sonuçları I. dalga latansının gecikmesi nedeniyle etkilenir.) Günümüzde bebek ve küçük çocukların işitmesini değerlendirmede ABR önemli ve güvenilir bir klinik yöntem kabul edilir (19).

#### *Uyarılmış Otoakustik Emisyon (EOAEs)*

Normal kokleada bulunan frekansa özgü dış tüy hücreleri, gelen ses uyarısını iletmek için titreşirler. Aynı zamanda bir yandan eko (emisyon) oluşturup gelen sinyali yansıtır. Sağlıklı bir kulakta dış tüy hücrelerinin titreşimleri sesli uyarı ile artar ve artan titreşim enerjisi kokleadan orta kulağa doğru taşar. Otoakustik emisyon ile dış kulak yoluna yerleştirilen duyarlı bir mikrofon ve mikro-komputer aracılığıyla dış kulak yolundan bu emisyon cevabı kaydedilir. Kokleada oval pencereye yakın bölgeler yüksek frekans uyarıya karşı daha hassas iken, daha uzak bölgeler, alçak frekans uyarıya karşı hassastır.

Mikrofonun yakaladığı ilk cevaplar mesafenin yakınlığı nedeni ile koklea tabanından gelen yüksek frekanslar iken, kokleanın apeksine yakın bölgelerden gelen alçak frekans yanıtlar en son kaydedilir, bu sayede frekansa özgü odyolojik bilgi sağlanır. Normal işiten yenidoğanların tamamında uyarılmış otoakustik emisyon cevabı alınır. Bu sebeple bu teknik özellikle yenidoğan işitme taraması için güvenilir bir yöntemdir (19-21). Temel olarak üç çeşit EOAEs mevcuttur.

**1.** Stimulus-frequency otoacoustic emissions, kulağa verilen devamlı saf ses uyaran sonucunda ortaya çıkarlar. Verilen uyarının frekansında gözlemlendiği için cevap ve stimulusu birbirinden ayırt etmek zordur. Amplitüdüler stimulus şiddeti azaldığında artar. Yorumlamadaki sıkıntılar nedeni ile klinikte kullanımı uygun değildir.

**2.** Transient evoked otoacoustic emissions (TEOAE), iç kulağa gönderilen kısa akustik uyarana karşı kokleanın oluşturduğu cevaptır. TEOAE, çok kısa fakat güçlü dar bant uyarı ile kokleanın geniş bir frekans aralığı boyunca aynı anda bilgi sağlamaktadır. 30 dB'den daha fazla işitme kaybı olan kişilerde TEOAE elde edilmez. Bu özelliğinden dolayı yenidoğan işitme tarama programlarında, işitsel nöropatili hastaların tespitinde, fonksiyonel işitme kayıplı hastaların ayırt edilmesinde, koopere olmayan hastaların değerlendirilmesinde güvenilir şekilde kullanılabilir. TEOAE yöntemi, her yaşta uygulanabilen, uygulanması kolay ve test süresi kısa bir yöntemdir (19). Buna karşılık bazı dezavantajları da vardır. Dış kulak yolunda debris veya orta kulakta sıvı olması durumunda TEOAE cevabı etkilenmektedir. Bir diğer dezavantajı ise sekizinci kraniyal sinir ve işitsel beyin sapı fonksiyonlarına dair bilgi vermemesidir. Bu nedenle organik olmayan işitme kayıplarında, işitme yolu ve merkezi sinir sisteminden kaynaklanan işitme kayıplarında normal TEOAE cevabı alınabilir (20).

**3.** Distortion Product Otoacoustic Emission (DPOAE), eş zamanlı gönderilen iki uyarının sonucu olarak ortaya çıkan intermodülasyon distorsiyon cevabıdır. İki uyarın, sese verilen kokleanın normal doğrusal olmayan sonucu olarak, kokleada farklı bir frekansta kendisine ait başka bir ses meydana getirecektir. "Distortion product" ismi buradan gelmektedir. Başka bir deyişle bu cevap, saf ses uyarınının içinde yer almayan fakat kokleanın kendisinden kaynaklanan tonal sinyal şeklindedir (21). Kokleadan daha özgün cevaplar alınabilmektedir.

Kokleanın sadece belli bölümleri test edildiğinden dolayı tüm frekans aralığını test etmek üzere ölçümler yapılması gerekmektedir (22,23). DPOAE bu frekans bölgesindeki dış tüy hücrelerinin fonksiyonunun durumunu yansıtmaktadır. Frekansa özgü yanıt alınması avantajı iken dezavantajı ise alçak frekanslı gürültülerden etkilenmesi nedeni ile 1 kHz altındaki DPOAE frekanslarının ölçülmesindeki güçlülüdür (23).

Sonuç olarak ses fetal dönemden başlayıp yenidoğan döneminde de devam eden beyin gelişimi için en önemli uyarandır. Sağlıklı gelişme için işitme bozukluğunun erken tanısı ve tedavisi çok önemlidir. Erken müdahale dil gelişimini olumlu yönde etkileyeceği için akademik, algısal, sosyal ve ekonomik faydalar sağlayacaktır. Bu nedenle işitme yenidoğan dönemindeki her bebekte taranmalı, riskli bebekler uzun dönemde takibe alınmalı, işitme kaybı saptananlara erken dönemde müdahale edilip nörokognitif fonksiyonların olumsuz etkilenmesi engellenmeye çalışılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Pujol R, Lavigne-Rebillard M. Development of neurosensory structures in the human cochlea. *Acta Otolaryngol.* 1992;112(2):259-64.
2. Blackburn S. Environmental impact of the NICU on developmental outcomes. *J Pediatr Nurs.* 1998;13(2):297-83.
3. Gerhardt KJ. Characteristics of the fetal sheep sound environment. *Semin Perinatol.* 1989;13(5):362-70.
4. Salk L. The role of the heartbeat in the relations between mother and the infant. *Sci Am.* 1973;228(5):24-9.
5. Shahidullah S, Hepper PG. Frequency discrimination by the fetus. *Early Hum Dev.* 1994;36(1):13-26.
6. Gray L. Properties of sound. *J Perinatol.* 2000;20(8):6-11.
7. Glass P. The vulnerable neonate and the neonate intensive care environment. In Avery GB, Fletcher MA, eds. *Neonatology: pathophysiology and management of the newborn.* Philadelphia: JB Lippincott, 1999. p.91-108.
8. Akyıldız AN. İşitme fizyolojisi. In Akyıldız AN, ed. *Kulak hastalıkları ve mikrocerrahisi.* Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi, 1998. p.77-99.
9. Kemp DT. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *Medicine Br Med Bull.* 2002;63(3):223-41.

10. Ovalı F. Fetus ve yenidoğanda işitme: temel kavramlar ve perspektifler. *Turkiye Klinikleri J Pediatr.* 2005;14(3):138-49.
11. Cunningham M, Cox EO. Hearing assesment in infants and children: recommendations beyond neonatal screening. *Pediatrics.* 2003;111(2):436-9.
12. White KR, Vohr BR, Behrens TR. Universal newborn hearing screening using transient evoked otoacoustic emissions: results of the Rhode Island hearing assessment Project. *Semin Hear.* 1993;14(1):18-29.
13. Joint Committee on Infant Hearing. Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs. *Pediatrics.* 2007;120(4):898-921.
14. D'Agostino JA, Austin L. Auditory neuropathy: a potentially under-recognized neonatal intensive care unit sequela. *Adv Neonatal Care.* 2004;4(6):344-53.
15. Sininger YS, Cone-Wesson B, Folsom RC. Identification of neonatal hearing impairment: auditory brain stem responses in the neonatal period. *Ear Hear.* 2000;21(5):383-99.
16. Özdamar Ö, Delgada RE, Eilers RE, Widen JE. Computer methods for on-line hearing testing with auditory brain stem responses. *Ear Hear.* 1990;11(6):417-29.
17. Jacobson JT, Jacobson CA, Spahr RC. Automated and conventional ABR screening techniques in high risk infants. *J Am Acad Audiol.* 1990;1(4):187-95.
18. Pool KD, Finitzo T. Evaluation of a computer-automated program for clinical assessment of the auditory brain stem response. *Ear Hear.* 1989;10(5):304-10.
19. Genç AG, Ertürk BB, Belgin E. Yenidoğan işitme taraması: başlangıçtan günümüze. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi.* 2005;48(2):109-18.
20. Kemp DT, Ryan S. The use of transient evoked otoacoustic emissions in neonatal hearing screening programs. *Acta Otolaryngol Suppl.* 1991;482(1):73-84.
21. Gorga MP, Norton SJ, Sininger YS. Identification of neonatal hearing impairment: distortion product otoacoustic emissions during the perinatal period. *Ear Hear.* 2000;21(5):348-56.
22. Lonsbury Martin BL, Martin GK. The clinical utility of distortion-product otoacoustic emissions. *Ear Hear.* 1990;11(2):144-54.
23. Salata JA, Jacobson JT, Strasnick B. Distortion-product otoacoustic emissions hearing screening in high-risk newborns. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1998;118(1):37-43.