

Bölüm 1

BEBEK VE ÇOCUKLARDA İŞİTMENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arzu KIRBAÇ¹

İşitme kaybı gelişmekte olan ülkelerde her 1000 canlı doğum için; sağlıklı yenidoğanlarda 1-3, yoğun bakım bebeklerinde ise 4-6 arasında görülme oranı ile en yaygın konjenital sensör anomalilerden biridir (1-4). Dünya Sağlık Örgütü 2018 yılı için, dünya nüfusunun % 6,1'inin (466 milyon kişi) işitme kayıplı olduğunu, bu nüfusun % 7'sini de (34 milyon) çocukların oluşturduğunu tahmin etmektedir (5).

İşitme; temel olarak konuşma ve dilin kazanılmasında hayati bir rol oynamaktadır (6). Tanı konulmamış ya da geç tanınmış işitme kaybı çocuğun dil, sosyal, duygusal, bilişsel, akademik ve mesleki gelişimini olumsuz yönde etkilemekte (7-8) kaybın şiddeti arttıkça yarattığı etkilerde artmaktadır (6). Araştırmalar, işitme kaybının erken dönemde (yaşamın ilk 6 ayından önce) tespit edilip, uygun müdahale hizmetlerine en kısa sürede (2 ay içinde) erişmenin, çocuğun tüm gelişim alanlarını etkileyerek elde edilen sonuçların, daha geç tanınmış konjenital işitme kayıplı çocuklara göre çok daha iyi olacağını göstermektedir (9-10). Tedavi edilmeyen işitme kaybı, birey ve aileyi olduğu kadar, toplum ve ülkelerde ki sosyal ve ekonomik gelişmeyi de etkilemektedir.

İşitme kaybı doğuştan olabileceği gibi, sonraki süreçte genetik faktörler, enfeksiyonlar, gürültü, kullanılan ilaçlar gibi birçok sebebe bağlı olarak da ortaya çıkabilmektedir. Konjenital işitme kayıplarını tespit etmek için Ulusal Yenidoğan İşitme Tarama Programları geliştirilmiştir (11); ayrıca bebek/çocuğun işitmesi ile ilgili endişeler olduğunda veya işitme durumu bilinmediğinde, yaşına ve gelişim özelliklerine uygun, kapsamlı bir pediatrik odyolojik değerlendirme yapılması gerekmektedir (6). Kapsamlı değerlendirmenin temel amacı, her bir kulak için varsa işitme kaybının türü, derecesi ve konfigürasyonunu tanımlamaktır.

Bu bölümde bebek ve çocuklarda işitmenin değerlendirilmesinde kullanılan yenidoğan işitme tarama testleri, davranım testleri ve elektro/fizyolojik testler ele alınacaktır.

¹ Arş. Gör. Dr. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Odyoloji Bölümü, arzukirbac@gmail.com

Yenidoğan İşitme Tarama Testleri

Her yenidoğanın hastaneden taburcu olmadan işitme taramasının yapılmasını hedefleyen Ulusal Yenidoğan İşitme Tarama Programlarının (UYİTP) temel amacı işitme kaybının erken tanısı ve müdahalesidir (11). Yapılan çalışmalar, işitme tarama programlarının konjenital işitme kayıplarının erken tanılanmasında, takip ve müdahalesinde tek geçerli yöntem olduğunu göstermiştir (12-14).

Fizyolojik tekniklere ve objektifliğe dayanan ilk işitme tarama programı 1989'da ABD'de yapılmıştır (15). Ülkemizde ise Hacettepe Üniversitesi ve Marmara Üniversitesi Odyoloji Bilim Dallarının öncülüğü ile başlamış, 3 Aralık 2004 tarihinde imzalanan protokol ile ülke çapında yenidoğan işitme tarama kampanyasının başlatıldığı ilan edilmiştir (16). 2012 yılı verileri ülke sınırları içerisinde yenidoğanların % 84,8'ine tarama testi yapıldığını göstermektedir (17). Ülkemizde 2021 yılı sonu itibarı ile 81 ilde yenidoğan işitme taraması yapılmakta, işitme kaybı şüphesi olan bebeklerin ileri tetkikleri 72 referans merkezinde yürütülmektedir (18).

Amerika Birleşik Devletleri'nde işitme kayıplı ve işitme kaybı açısından risk altında ki çocukların erken tanılanması, yenidoğan işitme tarama programlarının çalışmalarına evrensel boyutta bir düzen ve devamlılık kazandırmak amacıyla "Joint Committee on Infant Hearing" (JCIH) kurulmuştur (19). 1969' da kuruluşundan bu yana, işitme taramalarının program politikasını oluşturmada lider konumdadır. Günümüzde ülkeler açısından bu komitenin işitme tarama programları ile ilgili görüş ve tavsiyelerini içeren bildirisini oldukça önemli bir yere sahiptir. 2007 tarihli en son yayımlanan bildirisinde, UYİTP'nin temel prensipleri aşağıda özetlenmiştir (11).

1. Tüm yenidoğanlar 1. aylarını doldurmadan önce fizyolojik bir ölçüm ile yapılan işitme taramasına erişmelidir.
- ✓ Hastane ortamında doğan sağlıklı bebekler ve yoğun bakımda kalan bebekler için ayrı tarama protokolleri oluşturmak şartı ile otomatik otoakustik emisyon ve otomatik işitsel beyinsapı cevabı tarama testlerinin olduğu bir ölçüm kullanılarak, taburcu olmadan, mutlaka ilk işitme tarama testi yapılmalıdır, testi geçemeyenlerin taburculuk sonrası tarama tekrarı, bebeğin ilk 1.ayını doldurmadan olmalıdır.
- ✓ Hastane veya doğum merkezlerinin dışında doğan bebeklerin de işitme taramaları 1. aylarını doldurmadan hastane ortamında yapılmalıdır.
- ✓ İlk işitme taramasından geçip taburcu olan bebeklerin 1. aylarını doldurmadan potansiyel işitme kaybı ile ilişkili olabilecek bir sağlık sorunu yaşayıp (Hiperbilirinemi nedeni ile kan değişimi, sepsis vb.) hastaneye yatırılması durumunda, taburcu olmadan önce işitme taraması tekrar edilmelidir.

- ✓ İlk işitme taraması ve gerektiğinde yapılan tekrar taramaları, bebekler 1.ayını doldurmadan tamamlanmalı, taramadan kalan bebekler zaman kaybetmeden ileri odyolojik değerlendirme için yönlendirilmelidir.
2. İlk işitme taraması ve sonraki tekrar testinden geçemeyen tüm yenidoğanlara 3. aylarını doldurmadan önce uygun odyolojik ve medikal değerlendirme yapılarak tanı konulmalıdır.
3. Kalıcı işitme kaybı tanısı alan tüm yenidoğanlar, 6.ayını doldurmadan önce müdahale hizmetlerine erişmiş olmalıdır.
- ✓ Kalıcı işitme kaybı tanısı alan ve ailesi ile birlikte işitme cihazı kullanmasına karar verilen bebeklerin, tanı konulmasından itibaren 1 ay geçmeden, uygun işitme cihazının seçimi ve ayarlarının yapılması gerekmektedir.
4. İşitme tarama ve müdahale sistemi; aile merkezli olmalı, aileler işitme kaybıyla ilgili tüm müdahale, tedavi seçenekleri ve danışmanlık bilgilerine erişebilmelidir.
5. Çocuk ve ailesi gerekli olduğunda işitme cihazı, koklear implant ve diğer yardımcı cihazları içeren yüksek kalite teknolojilere hızlı şekilde erişebilmelidir.
6. Tüm yenidoğan ve çocuklar işitme kaybı açısından aile hekimliklerince takip edilmeli, çocukların iletişim yeteneklerinin uygun uzmanlar tarafından değerlendirilmesi sağlanmalıdır.
- ✓ İşitme kayıplı çocukların 3 yaşına kadar 6 ay aralıklarla dil, bilişsel beceriler, işitsel beceriler, konuşma, sözcük bilgisi ve sosyal-duygusal gelişimini değerlendirmelidir.
- ✓ Yenidoğan işitme taramasından geçse bile en az 1 risk faktörüne sahip bebeğin 24-30. aylar arasında minimum bir kez tanısal odyolojik değerlendirme yapılması bununla birlikte sitomegalovirus enfeksiyonu (CMV), progresif işitme kaybının eşlik ettiği sendromlarda, nörodejeneratif hastalıklar, kemoterapi, travma, ailede geç başlangıçlı işitme kaybı öyküsü bulunan çocukların ise tanıdan itibaren en az 6 aylık aralıklarla değerlendirilmesi gereklidir.
7. İşitme kayıplı yenidoğan ve aileleri için uygun disiplinler arası müdahale programları, çocukluk çağı işitme kaybı konusunda uzmanlaşmış profesyoneller tarafından sağlanmalıdır. Müdahale programları, ailelerin bilinçli tercihlerini, geleneklerini ve kültürel inançlarını tanımalı ve bu güçlü yönlere dayanmalıdır.
8. Kullanılan bilgi sistemleri, elektronik sağlık kayıtlarıyla bağlantılı olarak tasarlanmalı, erken işitme tarama-müdahale hizmetlerinin toplum ve devlet seviyesinde etkisini raporlamak ve sonuçlarını ölçmek için kullanılmalıdır.

Yenidoğan işitme tarama programlarında sıklıkla kullanılan temel fizyolojik testler; Uyarılmış Otoakustik Emisyon (Evoked Otoacoustic Emissions/EOAE) ve İşitsel uyarılmış beyinsapı cevaplarının (ABR) tarama formudur.

a) Otomatik-Anlık Uyarılmış Otoakustik Emisyon Testi (Automatic-Transient Evoked Otoacoustic Emissions/A-TEOAE)

Anlık uyarılmış otoakustik emisyon cevapları, iç kulaktaki dış tüy hücrelerin geçici akustik uyarana bağlı aktivitesinin, dış kulak kanalından ölçülmesi ile elde edilir. TEOAE ölçümünün tarama formu, her iki kulağı ayrı olarak kısa sürede değerlendirme imkânı sağlaması, non-invaziv olması, testin uyku sırasında da yapılabilmesi ve maliyetinin düşük olması vb. sebeplerle yenidoğan işitme taramalarında sıklıkla kullanılmakta, otomatik emisyon cihazında sonuçlar, geçti (*pass*) veya kaldı (*refer*) şeklinde verilmektedir (40) (Şekil 1).

Objektif bir değerlendirme aracı olmakla birlikte dış tüy hücreleri normal olsa dahi dış kulak kanalı, timpanik membran, orta kulak gibi iletim yollarındaki yapılar da herhangi bir problem olması durumunda ve yaklaşık 30 dB'yi aşan işitme kaybında A-TEOAE cevapları elde edilemeyebilir. JCIH'in 2007 tarihli son bildirisinde 5 günden fazla yoğun bakımda kalan bebeklerin işitme taramasında, nöral işitme kaybını atlamamak için yalnızca otomatik ABR testinin kullanılması gerektiği bildirilmiştir. Bu testten geçemeyen bebeklerin, taramalarını tekrar etmek yerine ileri odyolojik değerlendirme için odyoloğa yönlendirilmesi gerektiği ve A-TEOAE testlerinin tek başına yeterli olmayacağı vurgulanmıştır. Güncel uygulamada ülkemizde yenidoğan işitme taramada bu test kullanılmamaktadır.



Şekil 1. Otomatik-Anlık Uyarılmış Otoakustik Emisyon Testi (A-TEOAE)

b) Otomatik İşitsel Beyinsapı Cevabı (Automated - Auditory Brainstem Response/A-ABR)

İşitsel Beyinsapı Cevabı (ABR), kulaklık aracılığıyla iletilen akustik uyarana yanıt olarak, işitsel sinir ve beyin sapında oluşan nöral aktiviteyi kaydeden yüzey elektrotlardan elde edilir. Konvansiyonel ABR'nin tanısal amaçlı olması, uzun sürmesi, maliyetli olması, yapılışı ve değerlendirmesi açısından uzman gerektirmesi gibi nedenler ile işitme taramalarında tercih edilmemektedir. Tarama için yaklaşık 35-40 dB nHL seviyesinde işitsel uyarın verilererek (*click, chirp vb.*) V. dalganın aranması amaçlı kayıt yapan otomatik ABR cihazları kullanılmaktadır (20). Otomatik ABR ölçümleri periferik işitme sistemi, 8.sinir ve işitsel beyinsapı hakkında genel bilgi vermektedir. Sonuçlar, otomatik emisyon testinde olduğu gibi geçti (*pass*) veya kaldı (*refer*) şeklinde sunulmaktadır. Ülkemizde yenidoğan işitme taramada yalnızca bu test kullanılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Otomatik İşitsel Beyinsapı Cevabı (A-ABR)

Davranım Testleri

Davranım testleri, genel olarak işitsel uyarana kişiden bir davranım göstererek cevap vermesinin beklendiği değerlendirme yöntemidir (21). Bu davranım kişinin gelişimsel dönemi ile uygun olacak şekilde, sesi duyduğunda el kaldırma, butona basma ya da başını çevirme, irkilme, göz kırpması vb. içermektedir. Davranım testleri çocuğun gelişimsel, bilişsel, görsel, motor gelişimi ve uygun şekilde tepki verme yeteneğine bağlı olarak seçilmesi gerektiğinden, normal gelişim dönemleri hakkında yeterli bilgiye sahip olunmalıdır. Pediatrik grupta işitsel hassasiyeti davranım testleri ile değerlendirmek altın standart olarak kabul edilmiştir ancak ko-

operasyon, yaş ve gelişim özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak daha uzun zaman almakta, iyi düzenlenmiş bir test ortamı, deneyimli ve pediatrik odyoloji alanında uzmanlaşmış klinisyen gerektirmektedir (22). Pediatrik grupta işitmenin değerlendirilmesinde tek bir yöntem yerine, test bataryası yaklaşımı kullanarak, davranışsal verilerle elektro/fizyolojik sonuçların çapraz kontrolü gerekmektedir (22-24).

a) Davranım Gözlem Odyometrisi (Behavioral Observation Audiometry/BOA)

BOA; gelişimsel yaşı 0-6 ay arasındaki bebeklerin, ani ve şiddetli işitsel uyarana tepki olarak sergilediği şartlandırılmamış davranımlarının, sessiz bir odada gözlenmesi temeline dayanmaktadır. Amerikan Odyoloji Akademisi, bu yöntemin işitsel becerilerin gelişimi hakkında genel bir değerlendirme imkânı vermesi nedeni ile “Davranım Gözlem Odyometrisi” terimi yerine, “Davranım gözlemi” ifadesini kullanmanın daha uygun olacağını bildirmiştir (22).

Test için konuşma sesi, darband gürültü ya da *warble* ton işitsel uyarın olarak tercih edilebilmektedir. Seçilen uyarınlar hoparlör, *insert* kulaklık ya da kemik vibratör aracılığı ile bebeğe sunulur, bebekte oluşan solunum değişiklikleri, uzuv hareketliliği, göz kırpma, kıpırdanma, irkilme ve emme gibi davranımlar gözlenmektedir. Elde edilen frekansa spesifik işitsel hassasiyetin doğrulanması amacı ile alçak frekanslar için /ba/, orta-yüksek frekanslarda /sh/, yüksek frekanslarda ise /s/ konuşma sesleri kullanılabilir.

Davranım testlerinin, testi yapan ve bebeğin yakınında olup davranımlarını takip eden iki uzman tarafından yapılması önemlidir, özellikle BOA testi için bebeğin yakınında bulunan uzmanın, ortaya çıkan davranımları dikkatle gözlemesi kritik bir öneme sahiptir. Klinisyen tecrübesi ve uyarana karşı bebeğin hızlı şekilde alışarak tepki vermemesi, testin sınırlılıkları arasında olup sonuçları etkilemektedir. Test sonuçları mutlaka elektro/fizyolojik değerlendirmeler ile birlikte ele alınmalıdır.

b) Görsel Pekiştirme Odyometrisi (Visual Reinforcement Audiometry/VRA)

Gelişimsel yaşı 5-6 ay ve üstü bebeklerde, nöromotor matürasyonla ilişkili olarak sesin kaynağına doğru baş çevirme hareketi ile ortaya çıkan lokalizasyon cevabı VRA değerlendirmesi için temel oluşturmaktadır. Normal gelişim gösteren bebekler için ortalama 4-7. aylarda kulak seviyesinde yanlardan gelen ses kaynağına baş çevirme, 9-13. aylarda kulak seviyesinin altı ve 13-16. aylar arasında ise kulak seviyesinin üstünde dahil olduğu tüm yönlerden gelen seslere direkt lokalizasyon söz konusudur (25). Ortalama 6. aydan itibaren bebeğin aktif dinleme durumuna geçmesi ile işitsel hassasiyetinin değerlendirilmesinde şartlanmamış cevapları gözlemenin yerini, şartlanmış cevaplar almaktadır.

VRA serbest alanda hoparlör ile uygulanabileceği gibi insert kulaklık ve kemik vibratör ile de yapılabilir. İşitsel uyarın sunulurken, çocuğun ses kaynağını arama amaçlı doğal eğilimi, ışıklı bir oyuncağın (görsel pekiştirici) aktivasyonu ile güçlendirilip, sese karşı yanıt olarak kabul edilen net bir davranım (ses kaynağına başını çevirmesi-yönelmesi) elde edilmeye çalışılır (26). Test edilen frekans için, uyarın şiddeti eşiküstü bir seviyeden başlanarak, baş çevirme davranımının bulunduğu minimum şiddet seviyesine kadar inilerek, en düşük yanıt düzeyi (*Minimum Response Level*) elde edilmeye çalışılır. VRA yöntemi tek hoparlör kullanımı ile uygulanırken, iki hoparlör ile sağ ve sol taraftan verilen uyarana karşı çocuğun yön tayin etmesi beklenerek de uygulanabilir. Test yöntemi aynı olsa da sesin geldiği tarafa lateralizasyon cevabı beklendiğinden *Conditioning Orienting Response* (COR) adını alır.

VRA çocuğun genel gelişimsel durumuna bağlı olmakla birlikte ortalama 6-30 ay arasındaki çocuklar için uygundur, bu aralığın üstünde işitme eşiklerinin belirlenmesi için şartlanmış oyun odyometrisi kullanımı gerekmektedir.

c) Şartlanmış Oyun Odyometrisi (Conditioned Play Audiometry/CPA)

2,5-3 ile 5 yaş aralığında kullanılan bu yöntemde, bir oyun aracılığı ile çocuğun işitsel uyarını her duyduğunda spesifik motor bir hareket yapması (sepete küp atma, el kaldırma gibi) durumuna şartlandırılarak her iki kulağına ait işitme eşikleri belirlenmeye çalışılmaktadır (25). Çocuğun hoşlandığı, yapabileceği bir oyun seçilmesi, işitsel uyarını nasıl bekleyeceğinin/dinleyeceğinin ve yalnızca işitsel uyarını duyduğunda davranım göstermesi gerektiğinin öğretilmesi testin başarısı için gereklidir. Doğru davranım elde edildiğinde gülümseme, alkışlama gibi basit geri bildirimlerde bulunmak, çocuğun motivasyonu açısından önemlidir. Test uyarını olarak tüm uyarın tipleri tercih edilebilir, seçilen uyarın hoparlör, insert kulaklık, standart kulaklık, kemik vibratör kullanılarak iletilebilir. Çocuğun genel gelişimine bağlı olarak 5 yaşından sonra oyun odyometrisi yerine, yetişkinlerde kullanılan konvansiyonel odyometri yapılması uygundur (Şekil 3).

Pediyatrik popülasyonu değerlendirmek amaçlı kullanılan davranım testleri mutlaka elektro/fizyolojik yöntemler ile birlikte kullanılmalı ve yöntemlerin seçiminde kronolojik yaş değil gelişimsel seviye dikkate alınmalıdır (26).



Şekil 3. Konvansiyonel Odyometri

Elektro/Fizyolojik Testler

İşitsel mekanizmanın karmaşık doğası ve işitsel disfonksiyonun bir veya daha fazla seviyede mevcut patolojiden kaynaklanabileceği düşünüldüğünde bebek ve çocuklarda işitsel hassasiyeti değerlendirmek için tek başına bir testin kullanımının önerilmeyeceği ve yeterli olmayacağı aşikardır. Bu nedenle tarama programları aracılığıyla belirlenen bebeklerin veya doğrudan yönlendirilen çocukların değerlendirilmesi için ASHA (*American Speech-Language-Hearing Association*) davranışsal, fizyolojik ve gelişimsel yöntemleri içeren kapsamlı bir pediatrik değerlendirme önermektedir (6).

Davranım testlerinde kişiden işitsel uyarı duyduğunda bir davranım göstererek katılımı beklenirken, elektro/fizyolojik değerlendirmede kişinin aktif katılımı, davranımı beklenmeden verilen akustik uyarana sistemin yanıtı değerlendirilmektedir. Bu bölümde özellikle ASHA ve Amerikan Odyoloji Akademisi tarafından önerilen yöntemlere değinilmiştir (6, 22).

a) Timpanometri

İşitmenin gerçekleşebilmesi için öncelikle seslerin düşük empedanslı hava ortamından (dış kulak), daha yüksek empedanslı sıvı ortama (iç kulağa) iletilmesi gerekmektedir ancak bu iki ortam arasında ki yoğunluk farklılıkları gelen akustik enerjinin büyük çoğunluğunun yansımaya neden olmaktadır. Orta kulak bu noktada empedans eşleme (impedance matching) sistemi gibi işlev görenek ortaya çıkan enerji kaybını farklı mekanizmalar ile kompanse etmeye çalışır, fakat tüm ses enerji orta kulak tarafından eşit olarak iletilmez, çoğunlukla konuşma ipuçlarının büyük bölümünün taşındığı 1000-4.000 Hz frekans aralığındaki enerji kokleaya iletilir (27).

Orta kulak sisteminin ses enerjisine ve atmosfer basıncındaki değişimlere dinamik olarak nasıl tepki verdiğini timpanometri ölçümü ile değerlendirilmek mümkündür. Non-invaziv objektif bir yöntem olması timpanometriyi, pediatrik odyolojik değerlendirme test bataryasının, ayrılmaz parçası haline getirmiştir (24). Test sırasında, akustik uyarın verilirken, dış kulak kanalında değişen miktarlarda pozitif ve negatif hava basıncı yaratılarak, kulak zarında ortaya çıkan hareketlilik ve orta kulak fonksiyonu değerlendirilir, elde edilen grafik ise timpanogram olarak isimlendirilir.

Timpanogramın görsel olarak değerlendirilmesi genel bir izlenim sağlamakla birlikte, özellikle pediatrik grup için yaşlara göre hazırlanmış normatif değerler dikkate alınarak kantitatif analiz tercih edilmelidir. Timpanogram değerlendirmesinde (a) eşdeğer kulak kanalı hacmi (*equivalent ear canal volume/Vea*), (b) static admitans (*static admittance/SA*), (c) timpanometrik tepe basıncı (*tympatric peak pressure/TPP*) ve (d) timpanometrik genişlik (*tympatric width/TW*) olmak üzere dört temel timpanometrik ölçüm yapılabilmektedir (27). Kullanılan akustik uyarın genellikle 220-226 Hz gibi alçak frekans olmakla birlikte 6 aylık ve daha küçük bebeklerde yüksek frekans tonlar (1000 Hz) kullanılmaktadır (11).

b) Akustik Refleks Ölçümü

İnsan vücudunda ki en küçük iskelet kası orta kulakta bulunan ve VII. kranial sinirin (fasiyal sinir) motor dalı tarafından inerve edilen m. stapedius'dur. Kulağa yoğun bir ses verildiğinde, stapes kası kontraksiyona geçerek, timpanik membran ve kemik zincirin gerilmesine/sertleşmesine yol açıp, orta kulağa giren ses miktarında azalmaya neden olmaktadır. Stapes kasının akustik bir uyarın sonucu kontraksiyona geçmesi akustik stapedius refleksi (ASR) olarak isimlendirilir (27-28). Bu refleks yüksek şiddetli seslerden sistemi koruma görevini üstlenmiştir. Orta kulak kemik zincir ile bağlantılı olan stapes kası, insanlarda ölçülen akustik refleks değerlendirmesinde yer alan ana komponenttir, diğer orta kulak kası olan tensör timpani, bu klinik ölçümde yer almaz.

Normal şartlarda tek kulaktan akustik uyarın verilse bile her iki kulakta bulunan stapes kası aynı anda kasılır. Bilaretal m.stapedius'un kasılmasına bağlı olarak uyarının verildiği taraftan ipsilateral, karşı kulaktan kontralateral ASR kaydı yapılmaktadır. Ipsilateral refleks arkında akustik uyarın; verildiği tarafın dış kulak kanalını geçerek, orta kulak, koklea, 8.sinir, *ventral cochlear nucleus* (VCN), *medial superior olivary complex* (MSO), fasiyal sinir motor nukleus, facial sinir ve tekrar aynı tarafın orta kulak stapes kası ve dış kulak kanalını içeren yolu takip eder. VCN ikinci bir bağlantıyı aynı tarafın fasiyal sinir motor nukleusu ile yapar. Ipsilateral refleks kaydı; probun olduğu kulaktan uyarın verilip tekrar aynı kulaktan ölçümü elde edilir.

Kontralateral refleks arkında ise akustik uyarın, verildiği kulağın dış kulak kanalından geçerek, orta kulak, koklea, 8.sinir, VCN, MSO ve ardından karşı tarafın fasial sinir motor nucleusu, facial sinir ve stapes kası ve dış kulak kanalını içeren yolu takip eder (uyarının verildiği tarafın VCN'si ile karşı kulağın MSO'su arasında da bir bağlantı bulunmaktadır). Kontralateral refleks kaydı sırasında uyarın, probun bulunduğu kulaktan değil, karşı kulaktan verilirken ölçüm yine probun olduğu kulaktan yapılmaktadır (27). Akustik Refleks değerlendirmesinde, timpanometrik ölçümde olduğu gibi 6 aylık ve daha küçük bebeklerde yüksek frekans tonlar (1000 Hz) tercih edilmektedir. Akustik refleks ölçümleri özellikle orta kulak, 7-8. sinir ve koklear-retrokoklear patolojilerini değerlendirmede önemli bir yere sahiptir (28).

c) Uyarılmış Otoakustik Emisyon Testleri (Evoked Otoacoustic Emissions/EOAE)

Uyarılmış otoakustik emisyon testleri; verilen akustik bir uyarının varlığında, kokleada bulunan dış tüy hücrelerin aktivitesine bağlı olarak ortaya çıkan akustik enerjinin, dış kulak kanalına yerleştirilen hassas bir mikrofon tarafından ölçülmesi esasına dayanır. Ölçüm sırasında, kulak kanalına yerleştirilen prob aracılığı ile işitsel uyarın gönderilip, dış tüy hücrelerinin ürettiği ses tekrar aynı probdan kayıt edildiği için orta kulak ve/veya dış kulakta mevcut sorunlar (orta kulakta efüzyon, dış kulakta buşon vb.) dış tüy hücreleri sağlam olsa bile test sonuçlarını etkileyip, emisyon cevaplarını elde edememeye neden olabilmektedir, bununla birlikte emisyonların varlığı, koklear dış tüy hücreleri ve buraya kadar uzanan periferik işitme sisteminin sağlam olduğunu göstermektedir. EOAE testleri, elektrot vb. kullanım gerektirmemesi nedeniyle düşük maliyetli olması, kolay uygulanması ve kulağa spesifik objektif bilgi sağlaması açısından tüm yaş grubu bebek ve çocukların değerlendirmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (26). Özellikle pediatrik grupta davranım testleri ile elde edilen verilerin doğrulanmasında, nöral işitme kaybı olan, potansiyel olarak ototoksik tedavi alan (kemoterapi, aminoglikosid antibiyotik tedavisi vb.) alan, hipoksi ve akustik travma öyküsü ile takip edilen bebek/çocukların koklear fonksiyonlarının değerlendirilmesinde ve takibinde önemli bilgiler vermektedir (22 -27).

Pediatrik grupta iki tür EOAE testi klinik değerlendirme amaçlı kullanılmaktadır; ortalama 80 dB pSPL *click* ya da *tone burst* gibi çok kısa süreli tek bir uyarın kullanımı sonucu elde edilen anlık uyarılmış Transient-Evoked Otoacoustic Emissions/TEOAEs ve farklı frekanslara sahip 2 saf sesin eş zamanlı verilmesi ile açığa çıkan distorsiyon/bozulma ürünü Distortion Product Otoacoustic Emissions/DPOAEs.

TEOAEs testinde *click* gibi geniş bantlı bir uyarın kullanılarak, ortaya çıkan OAE'lerin frekans alanlı analizi (*frequency domain*) sonucu kokleadan ortalama 500-5000 Hz aralığında frekansa spesifik bilgi elde etmek mümkündür, ortalama 30 dB HL'yi aşan sensör işitme kayıplarında elde edilemeyebilir. DPOAEs' de ise frekansı farklı olan saf ses uyarınların şiddet seviyesi arasında genellikle 0-15 dB fark olmakla birlikte, yaygın olarak kullanılan seviye ilk uyarın için 65 dB SPL, ikinci uyarın için 55 dB SPL'dir. DPOAEs yanıtları ortalama 50 dB HL'yi aşan sensör işitme kayıplarında elde edilemeyebilir (24, 27 ve 37).

Ölçüm sırasında OAE sinyal-gürültü oranını ve tekrarlanabilirliğini azaltacağından yaklaşık 50 ila 55 dB A'yi aşan arka plan gürültüsünden kaçınılarak, bebek/çocuk sakın durumunda iken ölçüm yapılması gerekmektedir (22). Tarama amaçlı kullanılan OAE testinde ise; farklı bilgisayar yazılımları kullanılarak daha düşük şiddet seviyesinde uyarın verilerek, geçti/kaldı şeklinde sonuç alınmaktadır.

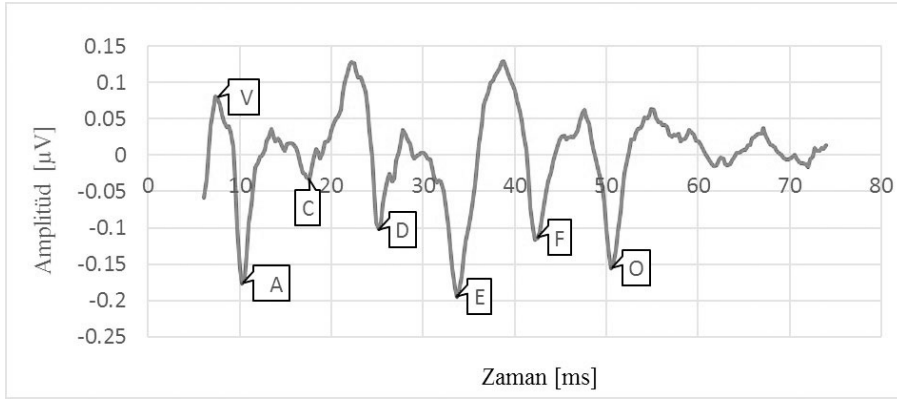
d) İşitsel Beyinsapı Cevabı (Auditory Brainstem Response /ABR)

İşitsel uyarılmış potansiyeller arasında, erken latanslı cevaplar grubunda yer alan ABR, akustik sinyale cevap olarak, işitme siniri ve beyinsapında bulunan çekirdekler tarafından yaratılan, senkronize nöral aktivitelerin yansıması olup, uzak saha ölçümüdür (29). Klinik kullanımda tanısal ve tarama amaçlı iki formu mevcuttur. Tanısal ABR' de (Şekil 4) *tone-burst*, *chirp* ya da *click* gibi *non-speech* basit uyarınlar kullanılarak cevaplar elde edilebilir. Ortalama bir şiddet seviyesinde, akustik uyarının verilmesini takiben, yaklaşık ilk 10 ms içerisinde ortaya çıkan 7 dalga dizisi değerlendirilir. Klinik kullanımda ilk 5 dalganın *pik* ve *interpik* ölçümleri dikkate alınır. Bu dalgaların orijinleri hakkında farklı literatür bilgileri olsa da, Moller'in insanlardan elde ettiği intrakranyal kayıtlarda, dalga I ve II' nin işitsel sinir tarafından üretildiği (dalga I işitme sinirinin daha distalinden, dalga II ise daha proksimalinden), dalga III' ün *Cochlear Nucleus*, dalga IV'ün *Superior Olivary Complex'den*, dalga V' in ise *Lateral Lemniscus* ve *Inferior Colliculus* tarafından üretilen bir yanıt olduğu gösterilmiştir (30,39). ABR dalgaları pediatrik grupta matürasyonla ilişkili olarak, ortalama 18-24 aydan itibaren yetişkin normlara ulaşır, sonuçlarının değerlendirilmesinde yaşa özgü normatif verilerin kullanımı büyük öneme sahiptir. Tanısal ABR'nin oldukça geniş bir kullanım alanı olmakla birlikte özellikle bebek ve çocuklardan davranım testleri ile elde edilmiş verilerin objektif bulgularla desteklenmesinde, işitme eşikleri hakkında öngöründe bulunmada, periferik ve santral anormalilerin ayırıcı tanısında, işitsel nöropati spektrum bozukluğu tanısında ve intraoperatif monitarizasyonda kullanılmaktadır (22-27).



Şekil 4. İşitsel Beyinsapı Cevabı (Auditory Brainstem Response)

Chirp ya da *click* gibi basit uyarıların yanısıra /da/, /ba/, /ga/ gibi yapay ya da doğal konuşma heceleri kullanılarak da beyinsapı seviyesinde, konuşma uyarısının temporal (zaman) ve spektral (frekans) kodlamasının bütünlüğünü değerlendirmek için ABR yanıtları elde etmek mümkündür (Şekil 5). *Speech-ABR*, konuşma hecesine ait ses yapısının işitsel sistem tarafından nasıl kodlandığı hakkında doğrudan bilgi sağlayan (31-36) geçerli ve güvenilir bir araç olarak 5 yaş üzerinde kullanımı söz konusudur (32-35).



Şekil 5. Konuşma Sesi Uyaranlı İşitsel Beyinsapı Cevabı (Speech-ABR) Time Domain Gösterimi (38)

Yenidoğan işitme taramalarında kullanılan tarama/otomatik ABR formunda ise, farklı algoritmalar (ALGO, ABRIS vb.) kullanarak düşük şiddet seviyesinde (30-40 dBHL) uyarı sunumu ile V. dalganın olup/olmaması esasına dayanarak geçti/kaldı yanıtı elde edilmektedir (20).

e) Auditory steady-state responses (ASSRs)

Objektif bir değerlendirme aracı olan ASSR yanıtları; anlık, kısa süreli uyaranlar yerine düzenli olarak tekrar eden amplitüdü ve/veya frekansı modüle edilmiş, kesintisiz akustik uyaranlar tarafından oluşturulan ritmik beyin potansiyelleridir (27). Test edilmesi zor popülasyonda işitsel hassasiyeti ön görmek amacı ile frekansa özgü bilgi elde etmek için kullanılır. Test frekansı ya da taşıyıcı frekans; sunulacak uyarının frekansını, modülasyon frekansı ise taşıyıcı frekansın saniyede hangi sıklıkla amplitüd açısından modüle edileceğini göstermektedir. Sıklıkla kullanılan modülasyon frekansları 10 ve 200 Hz aralığıdır. Kullanılan modülasyon frekansına göre, ASSR cevaplarının oluşumunda, işitsel yolun farklı yerleri ağırlık kazanmaktadır. 20 Hz ve daha düşük modülasyon oranları kullanıldığında, özellikle birincil işitsel korteks ve ilişki alanlar, 20 - 50 Hz arası modülasyonlar için daha çok işitsel orta beyin, talamus ve primer işitsel korteks, 50 Hz'den yüksek modülasyon oranlarında ise beyin sapı, elde edilen cevapta daha dominant olduğu belirtilmektedir (30). İnfant ve çocuklarda yüksek modülasyon frekansları (70-110 Hz, özellikle 80 Hz) kullanmak güvenilir cevap elde etmek açısından önemlidir.

Uyaran sunumundan sonra uygun oranda nöral aktivite artışı ortaya çıkarsa, o taşıyıcı frekans için cevap “var” olarak kabul edilir, yeterli nöral aktivite oluşmaz ise ASSR cevabı elde edilemez. ASSR cevabının varlığı, hem periferik (dış, orta ve iç kulak, işitsel sinir) hem de daha üst işitsel yolun bütünlüğüne bağlıdır. Kullanılan tekniğe bağlı olarak, aynı anda çok sayıda frekans bölgesini değerlendirmek mümkündür

KAYNAKLAR

1. Erenberg A, Lemons J, Sia C, Trunkel D, Ziring P. Newborn and Infant Hearing Loss: Detection and Intervention. *Pediatrics*. 1999;103(2):527-30.
2. Biernath K, Holstrum WJ, Eichwald J. Hearing screening for newborns: the midwife's role in early hearing detection and intervention. *Journal of midwifery & women's health*. 2009;54(1):18-26.
3. de Kock T, Swanepoel D, Hall JW. Newborn hearing screening at a community-based obstetric unit: Screening and diagnostic outcomes. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2016;84:124-31.
4. Kim SH, Lim JH, Han JJ, Jin YJ, Kim SK, Kim JY, et al. Outcomes and limitations of hospital-based newborn hearing screening. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2017;98:53-8.
5. Prevention of deafness: WHO global estimates on prevalence of hearing loss: World Health Organization. 2018. (<http://www.who.int/pbd/deafness/estimates/en/>; erişim tarihi 28 Eylül 2018).
6. American Speech-Language-Hearing Association. (2004). Guidelines for the Audiologic Assessment of Children From Birth to 5 Years of Age [Guidelines]. www.asha.org/policy.
7. Papacharalampous GX, Nikolopoulos TP, Davilis DI, Xenellis IE, Korres SG. Universal newborn hearing screening, a revolutionary diagnosis of deafness: real benefits and limitations. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. 2011;268(10):1399-406.

Güncel Odyoloji ve Dil Konuşma Bozuklukları Çalışmaları

8. Gökçay G, Boran P, Çiprut A, Bağlam T. Çocukluk dönemi işitme taramalarında ülkemizde ve dünyada güncel durum. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*. 2014;57:265-73.
9. Moeller M. P. Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics*, 2000; 106:3-E43
10. Yoshinaga-Itano C., Sedey A. L., Coulter D. K., & Mehl A. L. Language of early- and later-identified children with hearing loss. *Pediatrics*,1998; 102:1161–1171.
11. 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
12. Vehapoğlu Türkmen A, Yiğit Ö, Akkaya E, Uğur E, Kefeciler Z, Gözütok S. İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yenidoğan İşitme Taraması Sonuçlarımız. *Istanbul Medical Journal*. 2013;14(3).
13. Canale A, Favero E, Lacilla M, Recchia E, Schindler A, Roggero N, et al. Age at diagnosis of deaf babies: a retrospective analysis highlighting the advantage of newborn hearing screening. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*. 2006;70(7):1283-9.
14. Harrison M, Roush J, Wallace J. Trends in age of identification and intervention in infants with hearing loss. *Ear and hearing*. 2003;24(1):89-95.
15. Kemaloğlu Y. (2015) Yenidoğan İşitme Taramaları In: Belgin E, Şahlı AS (Ed.) *Temel Odyoloji* Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri.
16. Genç GA, Ertürk BB, Belgin E. Yenidoğan işitme taraması: başlangıçtan günümüze. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*. 2005;48(2):109-18.
17. Gürses E, Genç A. (2015) İşitme Taramaları. In: Gündüz M, editor. *Odyolojide Temel Kavramlar ve Yaklaşımlar*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
18. T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Kurumu, Çocuk ve Ergen Daire Başkanlığı 02.03.2021 güncel verileri. <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/cocukergen-tp-liste/yenidoğan-ışitme-taraması-programı.html> (Erişim tarihi:18.01.2022)
19. History of the Joint Committee on Infant Hearing internet [erişim tarihi 7.08.2017]. Available from: <http://www.asha.org/aud/JCIH-History/>
20. Van Straaten HLM, Automated auditory brainstem response in neonatal hearing screening, *Acta Paediatr Suppl*. 1999;88(432):76-9.
21. Güven A.G. (2015) Bebek ve Çocuklarda İşitmenin Davranım Testleri ile Değerlendirilmesi. In: Belgin E, Şahlı AS, editor. *Temel Odyoloji* Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri.
22. American Academy of Audiology, Audiologic Guidelines for the Assessment of Hearing in Infants and Young Children. 2012. [<https://www.audiology.org/publications-resources/document-library/pediatric-diagnostics> Erişim tarihi 28.08.2018]
23. James F. Jerger FÇ, Hayes D. The Cross-Check Principle in Pediatric Audiometry. *Arch Otolaryngol*. 1976;102(10):614-620.
24. Martin, F. N., Clark, J. G. 2003. *Introduction to audiology*. Boston: Allyn and Bacon. (8th ed.)
25. Gelfand A,S. 2001. *Essentials of Audiology*.Newyork: Thime Medical Publisher (2nd ed.)
26. Sabo D.L. The Audiologic Assessment of the Young Pediatric Patient: The Clinic. *Trends Amplif*. 1999; 4(2): 51–60.
27. Katz J. (Ed.) 2015. *Handbook of Clinical Audiology* , 7.baskı Wolters Kluwer Health, Philadelphia
28. Jerger, J. 1970. Clinical Experience With Impedance Audiometry. *Arch Otolaryngol*. 92: 311-334.
29. Muş N, Özdamar Ö. İşitsel Beyin Sapı Yanıtları. 2005.Ankara
30. Moller A. In: Jacobson J, (Ed.) *Neural generators of auditory evoked potentials. Principles and applications in auditory evoked potentials*. Boston: Allyn and Bacon; 1994. 23–46

Güncel Odyoloji ve Dil Konuşma Bozuklukları Çalışmaları

31. Russo N, Nicol T, Musacchia G, Kraus N. Brainstem responses to speech syllables. *Clinical Neurophysiology*. 2004;115(9):2021-30
32. Johnson KL, Nicol TG, Kraus N. Brain stem response to speech: a biological marker of auditory processing. *Ear and hearing*. 2005;26(5):424-34.
33. Hornickel J, Knowles E, Kraus N. Test-retest consistency of speech-evoked auditory brainstem responses in typically-developing children. *Hearing research*. 2012;284(1):52-8.
34. Song JH, Nicol T, Kraus N. Test-retest reliability of the speech-evoked auditory brainstem response. *Clin Neurophysiol*. 2011;122(2):346-55.
35. Sinha SK, Basavaraj V. Speech evoked auditory brainstem responses: a new tool to study brainstem encoding of speech sounds. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*. 2010;62(4):395-9.
36. Skoe E, Kraus N. Auditory brainstem response to complex sounds: a tutorial. *Ear and Hearing* 2010; 31:302–324.
37. Kemp D.T. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use⁹. *British Medical Bulletin*.2002; 63 (1): 223–241
38. Kırbaç A, Konuşma sesi uyarana işitsel beyinsapı cevabi: normatif veri çalışması.2018, Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara
39. Stone JL, Calderon-Arnulphi M, Watson KS, Patel K, Mander NS, Suss N, Fino J, Hughes JR. Brainstem auditory evoked potentials--a review and modified studies in healthy subjects *J Clin Neurophysiol*. 2009;26(3):167-75
40. American Academy Of Pediatrics, Clinical Report—Hearing Assessment in Infants and Children: Recommendations Beyond Neonatal Screening. *Pediatrics*. 2009 ; 124 :1252-1263