

Çocuklarda orta kulak patolojisini belirlemede yaşa bağlı prob ton seçiminin önemi

The importance of age-related probe tone selection in determining middle ear pathology in children

Hülya Göçmenler¹, Ufuk Derinsu²

¹*İstanbul Medeniyet Üniversitesi Odyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye*

²*Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Odyoloji Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye*

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, 0-24 ay yaş aralığındaki çocuklarda 1000 Hz ve 226 Hz timpanometri testi sonuçları kulak burun boğaz muayene bulguları temel alınarak karşılaştırıldı ve orta kulak patolojisini saptamada prob ton seçimine hangi yaş aralığında öncelik verilmesi gerektiği belirlendi.

Hastalar ve Yöntemler: Sağlıklı 40 çocukta (20 erkek, 20 kız; ort. yaş 12.7 ay; dağılım, 0-24 ay) kulak burun boğaz otoskopik muayenesinin ardından 226 Hz ve 1000 Hz timpanometri uygulandı. Prob ton seçimi ve timpanometri parametreleri sırasıyla 0-6 ay, 6-12 ay, 12-18 ay, 18-24 ay yaş aralığındaki 10, 11, 9 ve 10 bireyden oluşan dört grupta karşılaştırıldı.

Bulgular: Sıfır-6 ay ve 12-18 ay aralığındaki bebeklerin otoskopi muayene bulguları ile farklı prob ton timpanogram bulguları arasında anlamlı bir ilişki yoktu ($p>0.05$). Altı-12 aralığındaki bebeklerde sol kulaktaki 1000 Hz timpanogram ve otoskopi muayene bulguları dışında ve 18-24 ay aralığındaki bebeklerde ise sağ kulaktaki 226 Hz timpanogram ve otoskopi muayene bulguları dışında bebeklerin otoskopi muayene bulguları ile farklı prob ton timpanogram bulguları arasında anlamlı bir ilişki yoktu ($p<0.05$).

Sonuç: Orta kulak patolojisi tanısı koyabilmek için yüksek frekans timpanometri kullanımı gereken öncelikli bir yaş grubu belirlenemedi.

Anahtar sözcükler: 1000 Hz, prob ton, timpanometri.

ABSTRACT

Objectives: This study aims to compare the results of 1,000 Hz and 226 Hz tympanometry test results in children aged between 0-24 months based on ear-nose-throat examination findings and to determine the age range in which probe tone selection should be prioritized in detecting middle ear pathology.

Patients and Methods: Otoscopic examination of ear-nose-throat was performed in 40 healthy children (20 males, 20 females; mean age 12.7 month; range, 0 to 24 months), followed by 226 Hz and 1,000 Hz tympanometry. The probe tone selection and the tympanometry parameters were compared in four groups of 10, 11, 9, and 10 individuals within age ranges of 0-6 months, 6-12 months, 12-18 months, and 18-24 months, respectively.

Results: There was no significant relationship between otoscopy examination findings and different probe tone tympanogram findings in infants between 0-6 months and 12-18 months ($p>0.05$). There was no significant correlation between otoscopy examination findings and different probe tone tympanogram findings in infants aged 6-12 except 1,000 Hz tympanogram and otoscopy examination findings in the left ear, and 226 Hz tympanogram and otoscopy examination findings in the right ear in infants aged 18-24 months ($p<0.05$).

Conclusion: No primary age group was identified, which required the use of high-frequency tympanometry to establish a diagnosis of middle ear pathology.

Keywords: 1,000 Hz, probe tone, tympanometry.

Geliş tarihi: 02 Ekim 2018 *Kabul tarihi:* 28 Nisan 2019 *Published online:* 03 Eylül 2019

İletişim adresi: Hülya Göçmenler, İstanbul Medeniyet Üniversitesi Odyoloji Bölümü, 34720 Kadıköy, İstanbul, Türkiye.
e-posta: gocmenler.hulya@gmail.com

Atf:

Göçmenler H, Derinsu U. Çocuklarda orta kulak patolojisini belirlemede yaşa bağlı prob ton seçiminin önemi. KBB Uygulamaları 2019;7(3):115-119.

Günümüzde yenidoğan işitme tarama testlerinin yaygınlık kazanması ile işitme kaybı tanısı üç aydan daha kısa bir sürede konulabilmektedir.^[1] Bebeklerde görülen en sık hastalıklardan biri efüzyonlu otitis media (EOM)'dır. Yaşamının ilk yılında %50'den fazla bebekte EOM görülmüştür.^[2,3] İleriki dönemde tekrarlayan otitis medianın, tedavi edilmediği takdirde hafiften orta dereceye kadar işitme kaybına neden olduğu görülmüştür; çünkü orta kulakta sürekli bir sıvının varlığı timpanik membranın ve osiküler zincirin hareketini azaltır ve bu nedenle oluşan geçici işitme kaybı bebeklerde konuşma, dil ve bilişsel gelişimi yavaşlatır.^[4]

İşitme kaybının türünü belirlemede orta kulak patolojilerini tespit etmek önemlidir. Bebeklerde orta kulak patolojisini belirlemek zordur, yanlış pozitif durumlar yaşanması muhtemeldir. Dolayısıyla, yanlış değerlendirme yapılmaması açısından orta kulak patolojisini doğru belirlemek oldukça önemlidir. Bebeklerde orta kulakta efüzyon varlığını belirlemek için genellikle timpanometri testi kullanılmaktadır. Bununla birlikte işitsel beyinsapı cevabı (auditory brainstem response; ABR) testi ya da otoskopik muayene ile de orta kulakta efüzyonu belirlemek mümkündür. Sassen ve ark.^[5] basit bir otoskopik muayene ile orta kulakta efüzyon varlığının kolaylıkla tespit edilebileceğini bildirmişlerdir. Araştırmalar otoskopik muayenenin orta kulak patolojilerini belirlemede yüksek duyarlılığa ve özgüllüğe sahip olduğunu göstermektedir. Yine de otoskopik muayenenin ardından timpanometri testi ile bulgunun desteklenmesi tavsiye edilmektedir.^[6]

Literatürde bildirilen pek çok çalışmada orta kulak patolojisini belirlemede, bebeklerde 1000 Hz prob ton kullanımının 226 Hz prob ton kullanımına kıyasla daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür. Örneğin Meyer ve ark.^[7] altı aydan küçük bebeklerde otitis medianın tespit edilmesinde 1000 Hz prob ton kullanımının daha güvenilir olduğunu bildirmişlerdir. Yine Hoffman ve ark.^[8] dokuz aya kadar timpanometri testi yaparken 1000 Hz prob ton kullanımını tavsiye etmişlerdir. Bebeklerin yetişkinlere göre orta ve dış kulakta akustik ve anatomik özellikleri farklıdır. Örneğin, bebeklerde dış kulak kanal duvarı yetişkinlere göre daha yumuşaktır ve bu durum bebeklerde orta kulakta sertlik etkisini azaltmaktadır. Bu nedenle, bebeklerde orta kulakta efüzyonu belirlemede 226 Hz prob ton timpanometri kullanımının yetersiz olduğu iddia edilmiştir.^[9]

Bu çalışmanın amacı, 0-24 ay arası çocuklarda 1000 Hz ve 226 Hz timpanometri testi sonuçlarını KBB muayene bulgularını baz alarak karşılaştırmak ve orta kulak patolojisinin anlaşılmasında prob ton seçiminin hangi yaş aralığında öncelikli olduğunu belirlemektir.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

Bu çalışma Marmara Üniversitesi Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Odyoloji kliniğine 01 Ocak 2014 - 01 Nisan 2014 tarihleri arasında KBB muayenesini takiben akustik immitansmetri testi yapılmak üzere başvuran hastalar üzerinden yürütüldü. Çalışmada sağlıklı 40 çocukta (20 erkek, 20 kız; ort. yaş 12.7 ay; dağılım, 0-24 ay) KBB muayenesini takiben 1000 Hz ve 226 Hz Interacoustic AT235 Model timpanometri cihazı (Interacoustic, Assens, Denmark) ile orta kulak admitansına bakılarak elde edilen bulgular retrospektif olarak değerlendirildi.

Buna göre çalışmada dört alt grup oluşturuldu. 0-6 ay, 6-12 ay, 12-18 ay, 18-24 ay aralığında sırasıyla 10, 11, 9 ve 10 kişiden oluşan dört ayrı grupta 226 Hz ve 1000 Hz prob ton kullanılarak timpanogramlar elde edildi. Her bir katılımcıdan elde edilen timpanogram bulguları ile otoskopik muayene bulguları birbiriyle karşılaştırıldı. Çalışmada timpanometrik parametre olarak, dış kulak kanalı hacmi, orta kulak geçirgenliği (admitans), timpanometrik tepe değeri ve timpanometrik genişlik dikkate alındı. Timpanogram değerlendirmeleri Jerger^[10] sınıflamasına göre yapıldı. Bu sınıflamaya göre;

Tip A: (normal timpanogram), tepe noktası +100 daPa-(-100 daPa) arasında

Tip B: (düz timpanogram) tepe yok

Tip C: Negatif basınç alanında tepe veren timpanogram, -100 daPa ile -400 daPa arası

Hasta onamları bebeklerin ebeveynlerinden alınmıştır. Araştırma için Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulundan onay alınmıştır. Araştırma Helsinki Bildirgesi doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel analiz

Çalışmanın istatistiksel analizi IBM SPSS 20.0 versiyon (IBM Corp., Armonk, NY, USA) paket programı kullanılarak yapıldı. Her bir değişken için sıklık dağılımına bakıldı. Otoskopik muayene bulgusu ve prob ton frekansının yaş grupları arasındaki farkları saptamak amacıyla ki kare homojenlik testi uygulandı. Ayrıca otoskopik muayene bulgusu ve prob ton frekansları arasındaki ilişki için yine ki kare bağımsızlık testi kullanıldı. P<0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Yaşları 0-6, 6-12, 12-18 ve 18-24 ay olan bebeklerin otoskopik muayene bulguları (doğal/mat) ile 226 Hz ve 1000 Hz prob ton seçilerek elde edilen timpanogram bulguları (tip A/B/C) Tablo 1'de gösterilmiştir.

Yaş	Otoskopik muayene		1000 Hz			226 Hz		
	Doğal	Mat	Tip A	Tip B	Tip C	Tip A	Tip B	Tip C
0-6 ay (n=20)	16	4	3	15	2	13	5	2
6-12 ay (n=22)	10	12	7	15	0	10	12	0
12-18 ay (n=18)	7	11	7	9	2	7	10	1
12-18 ay (n=20)	9	11	6	12	2	7	10	3

N: Kulak sayısı.

Otoskopi muayene bulgularına göre 0-6 aylık bebeklerde 16 kulak doğal, dört kulak mat; 6-12 ay arası bebeklerde 10 kulak doğal, 12 kulak mat; 12-18 ay arası bebeklerde yedi kulak doğal, 11 kulak mat ve 18-24 ay arası bebeklerde dokuz kulak doğal, 11 kulak mat olarak elde edildi.

1000 Hz prob ton seçimindeki timpanogram bulgularına göre, 0-6 ay arası bebeklerde üç kulakta tip A, 15 kulakta tip B, iki kulakta tip C timpanogram; 6-12 ay arası bebeklerde yedi kulakta tip A, 15 kulakta tip B timpanogram olarak elde edildi. 12-18 ay arası bebeklerde yedi kulakta tip A, dokuz kulakta tip B, iki kulakta tip C timpanogram; 18-24 ay arası bebeklerde altı kulakta tip A, 12 kulakta tip B, iki kulakta tip C timpanogram olarak elde edildi.

226 Hz prob ton kullanılarak elde edilen timpanogram bulgularına göre, 0-6 ay arası bebeklerde 13 kulakta tip A, beş kulakta tip B, iki kulakta tip C timpanogram; 6-12 ay arası bebeklerde 10 kulakta tip A, 12 kulakta tip B timpanogram gözlendi. 12-18 ay arası bebeklerde yedi kulakta tip A, 10 kulakta tip B, bir kulakta tip C timpanogram; 18-24 ay arası bebeklerde yedi kulakta tip A, 10 kulakta tip B, üç kulakta tip C timpanogram olarak elde edildi.

Tablo 2'de otoskopi muayene bulgularına göre, farklı yaş gruplarında elde edilen 226 Hz ve 1000 Hz prob ton timpanometri bulguları karşılaştırıldı.

Buna göre; 0-6 ay aralığındaki bebeklerde her iki kulakta da otoskopi muayene bulguları ve farklı prob ton seçimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmadı ($p>0.05$).

6-12 ay aralığındaki bebeklerde otoskopi muayene bulguları ve farklı prob ton seçimi arasındaki ilişkiye bakıldığında, sol kulakta 1000 Hz timpanogram bulguları ile otoskopi muayene bulguları arasında anlamlı bir ilişki elde edilmiş iken, sağ kulakta aynı yaş grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki elde edilmedi ($p=0.061$) ($p<0.05$).

12-18 ay aralığı grupta her iki kulakta otoskopi muayene bulguları ile farklı prob ton timpanogram bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki elde edilmedi ($p>0.05$).

18-24 ay aralığında sağ kulakta otoskopi muayene bulguları ile 226 Hz timpanogram bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki elde edilmiş olup ($p=0.036$) sol kulakta otoskopi muayene bulguları ile

Yaş (ay)	Otoskopi	1000 Hz	226 Hz
0-6	Sağ kulak	0.732	0.098
	Sol kulak	1.0	0.091
6-12	Sağ kulak	0.061	0.080
	Sol kulak	0.015*	0.080
12-18	Sağ kulak	0.384	1.0
	Sol kulak	0.165	0.165
18-24	Sağ kulak	0.500	0.036*
	Sol kulak	0.170	0.170

* $p<0.05$.

226 Hz timpanogram bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki elde edilmedi ($p=0.170$) ($p<0.05$).

TARTIŞMA

Timpanometri testi, klinik rutinde, akustik immitansmetri test bataryasına dahil edilen önemli testlerden biridir; çünkü bu test, düşük maliyetli, objektif ve noninvasivdir. Bununla birlikte; klinik rutinde bebeklerde orta kulak patolojisini belirlemede hangi yaş aralığında hangi prob ton kullanımının gerekliliği konusunda belirsizlikler söz konusudur.

Yetişkinlerde 226 Hz prob ton ile ölçüm yapılmasının nedeni, yetişkinin orta kulak sisteminin bu frekansta sertlik (stiffness) kontrolünün olmasıdır. 226 Hz prob ton, yetişkinlerde orta kulak rezonansının altındadır. Bu yüzden, 226 Hz prob tonda kütle ve sürtünme etkisi daha azdır. Bebeklerde orta kulak sisteminde kütle etkisi ön planda iken, yetişkinlerde katılık özelliği ön plandadır. Bu yüzden, bebeklerde orta kulağın rezonans frekansının düşük olması nedeniyle yüksek frekans timpanometri kullanımı ön plana çıkmaktadır. Sonuç olarak bebekte ilk iki yıl içinde gelişen maturasyonel gelişim ile birlikte yüksek frekans timpanometri kullanılması daha güvenilir bulunmuştur.^[11]

Buna göre, Alaerts ve ark.,^[3] üç aydan küçük çocuklarda 1000 Hz prob ton kullanımının daha güvenilir sonuç vereceğini, üç ve dokuz ay arası çocuklarda iki frekans prob tonun kullanılabilceğini ve dokuz aydan büyük çocuklarda ise 226 Hz prob ton timpanometri kullanımının orta kulak patolojisinin saptanmasında daha güvenilir sonuç vereceğini bildirmişlerdir.^[3] Benzer şekilde Baldwin^[12] de beş aylıktan küçük çocuklarda orta kulak patolojisinin saptanmasında yüksek frekans timpanometri kullanımının daha güvenilir olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada ilk grup için (0-6 ay arasındaki bebeklerde) literatürün aksine, orta kulak patolojisi tanısı koymada öncelikli olarak herhangi bir prob ton timpanometri belirlenemedi. Ancak, ikinci grupta (6-12 ay arasındaki bebekler için), literatürle uyumlu olarak, orta kulağın durumunu belirlemede yüksek frekans timpanometri kullanımının önceliği vurgulandı. Bu bulguyu destekleyen Park ve ark.^[2] da bebeklerde 12. aya kadar orta kulak patolojisini saptamada yüksek frekans timpanometri kullanılmasını ve 13 aylıktan itibaren ise 226 Hz prob ton timpanometri ile test yapılmasını önermiştir.

Çalışmanın bulgularında, 6-12 ay aralığındaki bebeklerde, sol kulakta 1000 Hz timpanogram bulguları ile otoskopi muayene bulguları arasında anlamlı bir

ilişki elde edilir iken, sağ kulakta aynı yaş grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki elde edilmedi ($p=0.061$). İki kulaktaki sonucun farklı çıkmasının katılımcı yetersizliğine bağlı olarak, tesadüfi olduğu düşünülmektedir; çünkü oranlar sabit tutularak örneklem sayısı ikiye katlandığında hem sağ hem de sol kulakta otoskopi muayene bulguları ve 1000 Hz prob ton timpanogram bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunacağı görülmektedir ($p=0.0028$) ($p<0.05$).

Literatürde, orta kulağın durumunu belirlemek açısından en net yaş sınırı altı ay civarı olarak belirtilmekte ve altı aya kadar olan bebeklerde yüksek frekans timpanometri ile ölçüm yapılması önerilir iken, altı aydan büyük çocuklarda ise orta kulağın durumunun en güvenilir olarak 226 Hz prob ton kullanılarak elde edileceği üzerinde durulmuştur. Örneğin, Purdy ve Williams^[13] ve Meyer ve ark.^[7] yedi aydan küçük bebeklerde 226 Hz timpanometri ile yapılan ölçümlerin yüksek oranda yanlış pozitif ve yanlış negatif sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Dolayısıyla, bu yaş grubunda orta kulak statüsünü belirlemede yüksek frekans timpanometri uygulanmasını önermişlerdir. Meyer ve ark.^[7] orta kulakta efüzyon varlığına rağmen, 226 Hz prob ton ile yapılan timpanometri bulgularının normal olarak elde edildiğini ve yine aynı yaş grubunda normal orta kulak durumuna rağmen anormal timpanogram bulgusu gözlendiğini bildirmişlerdir. Bunu destekleyen Sood ve ark.^[4] da çocuk ve yetişkinlerde sıklıkla kullanılan 226 Hz prob ton timpanometri testinin, yedi aydan küçük bebeklerde güvenilir sonuçlar vermediğini, bebeklerde 226 Hz prob ton kullanıldığında görülmeyen orta kulak patolojilerinin yüksek prob ton kullanıldığında ortaya konabildiğini göstermiştir.

Literatürün aksine Harris ve ark.,^[6] 226 Hz timpanometrinin orta kulakta efüzyonu belirlemede çocuk ve yetişkinde güvenilir ve etkili olduğunu, duyarlılığının %80-90 arasında, özgüllüğünün de %71-100 arasında değiştiğini ifade etse de; Kei ve Mazlan^[14] da 7-9 aydan küçük bebeklerde yüksek frekans (1000 Hz) prob tonun önceliğini ve bu yaş grubundan büyüklerde ise 226 Hz prob ton kullanımının gerekli olduğunu belirtmişlerdir.

Buna göre, bu çalışmadaki 18-24 ay aralığındaki bebeklerde, literatürle uyumlu olarak, orta kulağın durumunu belirlemede 226 Hz prob ton kullanılması gerekliliği vurgulanmıştır. Ancak, bu gruptaki bebeklerin sağ kulaktaki otoskopi muayene bulguları ile 226 Hz timpanogram bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki elde edilir iken ($p=0.036$) sol kulakta istatistiksel olarak anlamlı ilişki tespit edilmedi ($p=0.170$). Bu durumun da yine katılımcı sayısı yetersizliğine bağlı

olarak tesadüfi olduğu düşünüldü; çünkü sol kulakta oranlar sabit tutularak örneklem sayısı ikiye katlandığında otoskopi muayene bulguları ile 226 Hz timpanogram bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki elde edileceği görüldü ($p=0.029$) ($p<0.05$). Bu bulguyu destekleyen başka çalışmalarda, küçük yaşlarda bebeklerde yüksek frekans timpanometri ve daha büyük yaşlarda 226 Hz prob ton kullanımı önerilir iken, çalışmanın sonuçlarının yaş ve cinsiyetten etkileneyeceği ve kulaklar arası farklar oluşabileceği üzerinde durulmuştur.^[15,16] Sonuç olarak, 18-24 ay arası bebeklerde de literatürle benzer şekilde orta kulak patolojisi tanısı konulmasında 226 Hz prob ton timpanometri kullanımının önceliği belirlendi.

Bulguların aksine, bu çalışmada 0-6 ay ve 12-18 ay arası bebeklerde ise orta kulak patolojisi tanısı koymada öncelikli olarak herhangi bir prob ton timpanometri belirlenemedi. Bu durumun çalışmaya dahil edilen katılımcı sayısının yetersizliğinden kaynaklandığı ve bu yaştaki bebeklerde, dış kulak yolu darlığı nedeniyle otoskopik muayene güçlüğüne de diğer bir neden olduğu düşünüldü.

Sonuç olarak, literatürde altı ayına kadar olan bebeklerin orta kulağının durumunu belirlemede yüksek frekans timpanometri kullanılması önerilir iken, bu çalışmada literatürün aksine, 0-6 ay aralığındaki bebeklerde orta kulak patolojisi tanısı koyabilmek için yaşa bağlı olarak öncelikli bir prob ton seçimi belirlenemedi. Bu durumda katılımcı yetersizliğinden olduğu düşünüldü. Ayrıca bu çalışma da literatürle uyumlu olarak, 12 aydan büyük çocuklarda orta kulağın durumunu belirlemek için 226 Hz prob ton kullanımının daha güvenilir sonuçlar verdiği kanaatine varıldı. Bunun yanı sıra, bu çalışma ile otoskopik değerlendirme farklılıklarını ortadan kaldırmak için değerlendirmenin tek bir KBB uzmanı tarafından yapılmasının ve otoskopik bulgu ile timpanometri arasındaki ilişkinin sağlıklı bir şekilde ortaya konabilmesi için katılımcı sayısının çok yüksek tutulmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. American Speech-Language-Hearing Association. Executive summary for Joint Committee on Infant Hearing (JCIH) position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs 2007. Available at: <http://www.asha.org/NR/rdonlyres/2CCB66CC-63AF47AF9988CCF1438EC1F0/JCIHExecutiveSummary.pdf>.
2. Park M, Han KH, Jung H, Kim MH, Chang HK, Kim SH, et al. Usefulness of 1000-Hz probe tone in tympanometry according to age in Korean infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2015;79:42-6.
3. Alaerts J, Luts H, Wouters J. Evaluation of middle ear function in young children: clinical guidelines for the use of 226- and 1,000-Hz tympanometry. *Otol Neurotol* 2007;28:727-32.
4. Sood AS, Bons CS, Narang GS. High frequency tympanometry in neonates with normal otoacoustic emissions: measurements and interpretations. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2013;65:237-43.
5. Sassen ML, van Aarem A, Grote JJ. Validity of tympanometry in the diagnosis of middle ear effusion. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1994;19:185-9.
6. Harris PK, Hutchinson KM, Moravec J. The use of tympanometry and pneumatic otoscopy for predicting middle ear disease. *Am J Audiol* 2005;14:3-13.
7. Meyer SE, Jardine CA, Deverson W. Developmental changes in tympanometry: a case study. *Br J Audiol* 1997;31:189-95.
8. Hoffmann A, Deuster D, Rosslau K, Knief A, Am Zehnhoff-Dinnesen A, Schmidt CM. Feasibility of 1000 Hz tympanometry in infants: tympanometric trace classification and choice of probe tone in relation to age. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2013;77:1198-203.
9. Keefe DH, Bulen JC, Arehart KH, Burns EM. Ear-canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults. *J Acoust Soc Am* 1993;94:2617-38.
10. Jerger J. Clinical experience with impedance audiometry. *Arch Otolaryngol* 1970;92:311-24.
11. Johannes L, Michelle P, Laura P. Using the 1000-Hz probe tone to measure immittance in infants. *The Hearing Journal* 2004;57:10.
12. Baldwin M. Choice of probe tone and classification of trace patterns in tympanometry undertaken in early infancy. *Int J Audiol* 2006;45:417-27.
13. Purdy SC, Williams MJ. High frequency tympanometry: a valid and reliable immittance test protocol for young infants? *N Z Audiolog Soc Bull* 2000;10:9-24.
14. Kei J, Mazlan R. High-frequency (1000 Hz) tympanometry: clinical applications. In: Kei J, Zhao F, editors. *Assessing Middle Ear Function Infants*. San Diego: Plural Publishing; 2012. p. 39-67.
15. Mazlan R, Kei J, Hickson L, Stapleton C, Grant S, Lim S, et al. High frequency immittance findings: newborn versus six-week-old infants. *Int J Audiol* 2007;46:711-7.
16. Swanepoel de W, Werner S, Hugo R, Louw B, Owen R, Swanepoel A. High frequency immittance for neonates: a normative study. *Acta Otolaryngol* 2007;127:49-56.