






KLİNİK ÇALIŞMA

TÜRKİYE'DEKİ 3-11 YAŞ ÇOCUKLARDA FARKLI TİMPANOGRAM TİPLERİ İÇİN GENİŞ BANT SES ENERJİSİ ABSORBANS ORANLARININ SINIFLANDIRILMASI

Dr. Nesibe Gül YÜKSEL ASLIER^{1,2} , Ody. Emrah YILDIZ² , Dr. Günay KIRKIM² 

¹Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kulak Burun Boğaz Kliniği, Bursa, Türkiye ²Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Anabilim Dalı, İşitme Konuşma Denge Ünitesi, İzmir, Türkiye

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, çocuklarda orta kulak patolojilerini teşhis etmede kullanılabilen geniş bant timpanometri (GBT) ile 226-8000 Hz arasındaki frekanslarda elde edilen ortam basıncı absorpsiyon oranlarının (OBAO), 226 Hz geleneksel timpanometrideki (GT) timpanogram tiplerine göre sınıflandırılmasıdır.

Yöntem: Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi KBB Anabilim Dalı İşitme Konuşma Denge Ünitesi'nde Ocak 2015-Ağustos 2015 tarihleri arasında 3-11 yaş arası çocuk hastalara yapılan GT ve GBT tetkiklerinin geriye dönük incelenmesi ile yapıldı. Poliklinik muayenelerinde efüzyonlu otitis media (EOM) veya Östaki disfonksiyonu tanısı nedeniyle tetkikleri yapılmış 117 hastanın sonuçları çalışmaya dahil edildi. GBT OBAO ile timpanogram tipleri (tip A, B, C) arasındaki tanımlayıcı ve analitik ilişkiler incelendi ve GBT OBAO değerlerinin timpanogram tiplerini ve EOM varlığını ayırt etmedeki tanı değer noktalarını belirlemek için ROC analizi uygulandı. Bulgular: Bu çalışmada yaş ortalaması 6,05 olan 117 hastanın (85 erkek ve 32 kız) 215 kulağına (110 sağ, 105 sol) ait GT ve GBT sonuçları incelendi. Tip A (%44,2), B (%38,6) ve C (%17,2) timpanogramlara ait OBAO değerleri arasında 8000 Hz dışındaki frekanslarda istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p<0,001$). EOM varlığında (%54,4), 5656 Hz ($p=0,075$) ve 8000 Hz ($p=0,638$) frekanslar hariç diğer frekanslardaki GBT OBAO ortalamaları daha düşük saptandı ($p<0,001$). ROC eğrisi altında kalan alana göre, 1000 Hz'de OBAO $\leq 0,334$ ise tip B timpanogram için ve $\geq 0,414$ ise tip A timpanogram için iyi bir öngörü faktörüydü.

Sonuç: Geniş bant timpanometri, 3-11 yaş grubu çocukların farklı timpanogram tiplerini ve EOM varlığını ayırt edebilen OBAO değerleri sayesinde, hızlı, kolay uygulanabilir ve güvenilir bir tetkiktir.

Anahtar Sözcükler: Absorbans, efüzyon, geniş bant timpanometri, impedans, timpanogram

THE CLASSIFICATION OF WIDEBAND SOUND ENERGY ABSORBANCE RATIOS FOR DIFFERENT TYPES OF TYMPANOGRAM IN 3-11 YEARS OLD CHILDREN IN TURKEY

SUMMARY

Objective: The aim of this study is to classify the ambient pressure absorption ratios (APAR) obtained at frequencies between 226-8000 Hz with wideband tympanometry (WBT), which can be used to diagnose middle ear pathologies in children, according to the tympanogram types in 226 Hz conventional tympanometry (CT).

Method: This study was carried out by retrospectively examining the CT and WBT tests performed to pediatric patients aged 3-11 years at Dokuz Eylül University Otolaryngology Department Hearing Speech and Balance Unit between January 2015 and August 2015. In outpatient examinations, the results of 117 patients, who were examined for the diagnosis of otitis with effusion (OME) or Eustachian dysfunction, were included in the study. Descriptive and analytical relationships between WBT APAR and tympanogram types (types A, B, C) were analyzed and ROC analysis was performed to determine the cut-off points of WBT APAR values in distinguishing tympanogram types and the presence of OME.

Results: In this study, the results of CT and WBT belonging to 215 ears (110 right, 105 left) of 117 patients (85 boys and 32 girls) with an average age of 6.05 were examined. A statistically significant difference was found between the APAR values of Type A (44.2%), B (38.6%) and C (17.2%) tympanograms at frequencies other than 8000 Hz ($p<0,001$). In the presence of OME (54.4%), mean WBT APARs were found lower at other frequencies ($p<0,001$) except 5656 Hz ($p=0,075$) and 8000 Hz ($p=0,638$). According to the area under the ROC curve, APAR $\leq 0,334$ was a good predictive factor for type B tympanogram and $\geq 0,414$ for type A tympanogram at 1000 Hz.

Conclusion: Wideband tympanometry is a fast, easy-to-apply and reliable test in children aged 3-11 years, by means of APARs, which can distinguish different types of tympanogram and the presence of OME.

Keywords: Absorbance, effusion, impedance, tympanogram, wideband tympanometry

İletişim kurulacak yazar: Dr. Nesibe Gül YÜKSEL ASLIER,
Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kulak Burun Boğaz
Kliniği, Bursa, Türkiye, E-mail: nesibe.gul.yuksel@gmail.com

Gönderilme tarihi: 20 Temmuz 2020, revizyonun gönderildiği
tarih: 23 Ağustos 2020, yayın için kabul edilme tarihi: 08 Eylül 2020

Kaynak gösterimi Ashier N. G. Y., Yıldız E., Kırkım G.
Türkiye'deki 3-11 Yaş Çocuklarda Farklı Timpanogram Tipleri İçin Geniş
Bant Ses Enerjisi Absorbans Oranlarının Sınıflandırılması. KBB-Forum
2020;19(3):278-288

GİRİŞ

Kulak Burun Boğaz pratiğinde çocuk hastaların işitsel fonksiyonları hakkında ön bilgi sahibi olmak için genellikle otoakustik emisyon ve/veya geleneksel timpanometri (GT) gibi ölçümlerden faydalanılır. Çocukluk çağında iletim tipi işitme bozuklukları daha çok görülür ve en sık iletim tipi işitme kaybına neden olan patolojiler Östaki disfonksiyonu (ÖD) veya efüzyonlu otitis media (EOM) kaynaklı patolojilerdir ¹. Geleneksel timpanometri, bu



patolojilerin ayırıcı tanısında bize fikir veren genellikle ilk odyolojik tetkiktir ².

Küçük çocuklarda saf ses odyometrisi gibi daha ileri testlerin uygulamasında zorluk yaşanabilmekte ve çocuğun kooperasyon bozukluğu veya testin tamamlanması gereken süre boyunca teste adapte olamaması önemli bir sorun teşkil etmektedir. Subjektif bir test olan saf ses odyometrisini, güvenilir bir şekilde çocuklarda uygulamak (gerek serbest alan davranışsal odyometri veya oyun odyometrisinde gerekse standart saf ses odyometrisinde) uzman odyolog, yeterli donanım, maliyet ve zaman gerektirmektedir. Bu nedenle ileri tetkik gerekmeyecek durumlarda GT yeterli sayılabilmekte ve ileri odyolojik tetkikler istenmeyebilmektedir ^{3,4}.

Çocuklarda iletim tipi işitme azlığı yapan orta kulak patolojilerinde, örneğin EOM tanısında, timpanometrinin duyarlılığı yüksek olsa da, yalancı pozitif bulgular ve prob seçimi ve uygulaması esnasındaki uyumsuzluklar nedeniyle özgüllüğü düşüktür. Ülkemizde yapılan bir çalışmada, timpanogram tipi B olan kulaklarda %72.4-%86.2 oranında orta kulakta sıvı saptanmıştır ⁵. Bu nedenlerle, sadece tek bir frekansta ölçüm yapmayan ve optimal basınç uygulama zorluğu olmayan yeni teknolojilere ihtiyaç doğmuştur ve ilk olarak multifrekans timpanometri ortaya çıkmıştır ⁶. Son yıllarda popüler olan geniş bant timpanometri (GBT) cihazları ise multifrekans timpanometriden daha geniş spektrumda, 226-8000 Hz arası tüm frekanslarda tek seferde ortam (ambient) veya tepe (peak) basıncı altında absorbans oranlarını ölçebilmektedir. Geniş bant timpanometri, GT verilerini kapsadığı gibi, düşük ve yüksek tüm frekans aralığında ölçümler yaparak çocuklarda iletim tipi patolojiler hakkında daha fazla bilgi verir ⁷.

Bu çalışmada; 3-11 yaş çocuklarda, 250-8000 Hz arası yarım oktav frekanslarda orta kulağın absorbe ettiği ses enerjisi oranlarına göre; tip A, B ve C timpanogram tipleri için GBT ortam basıncı absorbans oranı (OBAO) tanı değer noktalarını tanımlamak ve GBT OBAO değerlerinin EOM varlığını ayırt edebilme durumunu araştırmak amaçlandı.

HASTALAR VE YÖNTEM

Bu araştırma, Ocak 2015 ile Ağustos 2015 tarihleri arasında KBB polikliniğine başvurmuş ve KBB Anabilim Dalı İşitme Konuşma Denge Ünitesi'nde ÖD ve/veya EOM ön tanıları ile GT ve GBT yapılmış 3-11 yaş çocuklara ait test sonuçlarının geriye yönelik taranarak saptanması ile yapıldı. Tüm hastaların tanı kodları ve odyolojik tetkik dosyaları incelendi.

Bu çalışma için Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulu'ndan (Karar no: 2020/12-08) izin alındı.

Araştırma Örneklemi

Araştırmanın evrenini Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Ünitesi'ne başvurmuş, odyolojik veri kayıtlarında normal işiten çocuklar ile ÖD ve/veya EOM tanısı not edilen çocuklar oluşturdu. Bu evren içinden, aşağıdaki çalışma kriterlerine uyan, 3-11 yaş arası 117 çocuğun 215 kulağı çalışmaya örneklem olarak dahil edildi.

Dahil olma kriterleri:

Poliklinik dosya kaydında ÖD ve/veya EOM tanısı almamış hastalar için;

1. 3-11 yaş aralığında olması,
2. Poliklinik muayene notunda KBB patolojisi ile uyumlu bulgu olmaması,
3. Geleneksel timpanometride tip A timpanogram gözlenmesi ve akustik reflekslerin elde edilmesi,

Poliklinik dosya kaydında ÖD veya EOM tanısı almış hastalar için;

1. 3-11 yaş aralığında olması,
2. Poliklinik muayene notunda mat ve/veya retrakte kulak zarı ve/veya hava sıvı seviyesi not edilmiş olması,
3. Geleneksel timpanometride tip B veya tip C timpanogram gözlenmesi ve akustik reflekslerin elde edilmesi.

Dışlama kriterleri:

1. 3 yaşından küçük ve 11 yaşından büyük olanlar.
2. Poliklinik muayene notunda ÖD veya EOM dışında diğer patoloji saptanmış olanlar.
3. Geleneksel timpanometride tip As (Tepe noktası +50 ile -100 daPa aralığında ,statik immitansı 0,3 ml'den düşük), Tip Ad (Tepe noktası +50 ile -100 daPa aralığında, statik immitansı 1,6 ml'den büyük) tipte timpanogram



saptananlar ve C1 değeri kulak zarı perforasyonu ile uyumlu olanlar.

4. Özgeçmişinde serebral palsi, jenerik sendrom, kulak akıntısı, timpanik perforasyon, yarık damak ve konjenital kulak deformiteleri olan hastalar.

Araştırma Materyali ve Testler

Geleneksel Timpanometri:

Araştırmada GT için, MADSEN Zodiac Tip 1096 (GN Otometrics A/S, Taastrup, Denmark) impedans odyometri cihazı kullanıldı. Test, 226 Hz frekansta +200 ve -400 daPa basınç aralığında prob ton uyarı kullanılarak yapıldı.

Testteki 226 Hz timpanometri verileri kullanılarak, aşağıdaki üç farklı timpanogram tipleri (tip A, B, C) kategorize edildi⁸.

Tip A: +50 ile -100 daPa basınç aralığında tepe veren statik immitansı 0,3 ile 1,6 ml aralığında bulunan timpanogram tipidir.

Tip B: Belirgin bir tepe noktası vermeyen statik immitansın 0,25 ml'nin altında bulunduğu timpanogram tipidir.

Tip C: Tepe noktasını -100 daPa'dan daha negatif basınç alanında veren statik immitans değerinde belirgin bir düşüş görülmeyen timpanogram tipidir.

Geniş Bant Timpanometri:

Geniş bant timpanometri testi için ise Interacoustics Titan (Interacoustics Titan Suite, Assens, Denmark) model ekipman kullanıldı. Testte kullanılan uyarı 226 Hz-8000 Hz aralığında 96 dB SPL şiddetinde geniş bant klik uyarandı. Geniş bant OBAO değerleri analizlerde "1 üzerinden ondalık" olarak ifade edildi ve yer yer "yüzde" (%) cinsinden de verildi. Cihazdan elde edilen ham veriler, Matlab programında incelenerek, öncelikle Excel ve sonrasında SPSS ortamına aktarıldı. Geniş bant verilerinde +200 ile -400 daPa basınç aralığında 226 Hz ile 8000 Hz arasındaki 107 frekans noktasında, ortam basıncına en yakın değerdeki basınç noktasında kaydedilen ortam (ambient) basıncı absorbans oranları kullanıldı. Elde edilen OBAO değerlerinden, yarım oktav bantlardaki (250 Hz, 353 Hz, 500 Hz, 707 Hz, 1000 Hz, 1414 Hz, 2000 Hz, 2828 Hz, 4000 Hz, 5656 Hz, 8000 Hz) OBAO değerleri hesaplandı.

Veriler ve Analizi:

Bağımsız Değişkenler: yaş (3-6 yaş ve 7-11 yaş), cinsiyet (kız ve erkek), ÖD veya EOM varlığı, tip A, B, C timpanogram varlığı.

Bağımlı Değişkenler: Geniş bant timpanometride yarım oktav bantlardaki (250 Hz, 353 Hz, 500 Hz, 707 Hz, 1000 Hz, 1414 Hz, 2000 Hz, 2828 Hz, 4000 Hz, 5656 Hz, 8000 Hz) OBAO değerleri.

Sayısal değişkenler "ortalama" ve "standart sapma" (SS) olarak verildi. Kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak belirtildi. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkiler ki-kare testi ile değerlendirildi. Bir hastanın iki kulak tarafı arasındaki farklılıklar eşleştirilmiş (paired) t testi ile incelendi. Bağımsız değişkenlerden kategorik olanlar arasında OBAO değerlerinin karşılaştırılması, bağımsız gruplar (Student's) T testi veya tek yönlü (One way) Anova testi ile analiz edildi. Geniş bant OBAO değerlerinin 226 Hz GT tiplerini ve EOM varlığını ayırt etmedeki duyarlılık ve özgüllüğü ROC analizi ile değerlendirildi. Her ROC analizi için, testin ayırt etme gücü "Area under the Roc Curve (AUC: Roc eğrisi altında kalan alan)" ile karşılaştırıldı. Verilerin analizinde SPSS yazılım programı (IBM® SPSS® Statistics 20.0, Armonk, N.Y., USA) kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık için p <0.05 değeri kullanıldı.

BULGULAR

Çalışmaya 117 (85 erkek ve 32 kız) hastanın 215 (110 sağ, 105 sol) kulağına ait GT ve GBT sonuçları dahil edildi. Yaş aralığı 3 ile 11 yıl olup, hastaların yaş ortalaması 6,05'ti. Tüm ölçülebilir değişkenlerde cinsiyet (85 erkek ve 32 kız) ve yaş [3-6 yaş (n = 138) ve 7-11 yaş (n = 77)] dağılımları arasında fark yoktu (p<0.05). Aynı hastanın farklı iki taraftaki kulaklarına ait GT ve GBT bulguları da birbirine benzerdi (p>0.05).

Tüm kulakların ve alt grupların GBT OBAO Tablo 1'de verildi. Genel olarak ses enerjisi iletiminin 1000-4000 Hz frekans aralığında en iyi olduğu ve 1000 Hz'den 250 Hz'e giderken ve 4000 Hz'den 8000 Hz'e yaklaşırken iletimin kötüleştiği gözlemlendi (Şekil 1).



Tablo 1: Tüm kulakların, ve timpanogram tiplerine göre kulakların geniş bant timpanometri ses absorpsiyon oranı değerlerine ait tanımlayıcı ve analitik bulgular.

	Tüm kulaklar n= 215	Timpanogram Tipleri			p*	Efüzyonlu Otit Durumu		p**
		Tip A n=95	Tip B n=83	Tip C n=37		EOM (-) n=98	EOM (+) n=117	
		Ortalama±SS				Ortalama±SS		
250 Hz	0,111±0,0614	0,152±0,0572	0,079±0,0460	0,077±0,0337	<0,001	0,148±0,0587	0,079±0,0425	<0,001
353 Hz	0,133±0,0913	0,190±0,0828	0,089±0,0750	0,084±0,0591	<0,001	0,185±0,0856	0,089±0,0704	<0,001
500 Hz	0,203±0,1176	0,281±0,1050	0,143±0,0922	0,137±0,0708	<0,001	0,276±0,1081	0,142±0,0863	<0,001
707 Hz	0,338±0,1605	0,480±0,1305	0,214±0,0618	0,251±0,0653	<0,001	0,475±0,1326	0,223±0,0600	<0,001
1000 Hz	0,450±0,2086	0,656±0,1229	0,257±0,0426	0,352±0,0909	<0,001	0,652±0,1263	0,281±0,0601	<0,001
1414 Hz	0,542±0,2178	0,743±0,1123	0,321±0,0687	0,516±0,1405	<0,001	0,739±0,1140	0,377±0,1288	<0,001
2000 Hz	0,548±0,2607	0,711±0,1289	0,307±0,2026	0,662±0,2265	<0,001	0,708±0,1379	0,414±0,2644	<0,001
2828 Hz	0,632±0,2838	0,804±0,1600	0,404±0,2630	0,694±0,2315	<0,001	0,793±0,1784	0,497±0,2860	<0,001
4000 Hz	0,530±0,3038	0,725±0,2193	0,270±0,1925	0,601±0,2802	<0,001	0,713±0,2304	0,376±0,2710	<0,001
5656 Hz	0,227±0,2047	0,264±0,2246	0,107±0,1630	0,395±0,2898	<0,001	0,259±0,2239	0,200±0,2517	0,075
8000 Hz	0,192±0,1419	0,201±0,1388	0,171±0,1304	0,213±0,1691	0,227	0,197±0,1393	0,188±0,1444	0,638



Tablo 2. Geniş bant timpanometri 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz frekansta ortam basıncı absorbans değeri ile tip A ve tip B timpanogramların ayırt edebilme oranlarını gösteren analiz çıktıları.

250 Hz (tip A)			250 Hz (tip B)		
ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,875			ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,767		
Standart hata= 0,023; p<0,001			Standart hata= 0,033; p<0,001		
GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite	GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite
0,094000	0,905	0,308	0,094000	0,707	0,256
0,095500	0,905	0,300	0,095500	0,707	0,263
0,096500	0,895	0,283	0,096500	0,707	0,286
0,097500	0,874	0,283	0,097500	0,707	0,301
0,098500	0,863	0,267	0,098500	0,720	0,316
500 Hz (tip A)			500 Hz (tip B)		
ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,855			ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,752		
Standart hata= 0,024; p<0,001			Standart hata= 0,034; p<0,001		
GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite	GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite
0,175000	0,884	0,333	0,175000	0,675	0,265
0,178500	0,832	0,333	0,180500	0,687	0,318
0,180500	0,811	0,325	0,183500	0,699	0,318
0,183500	0,811	0,317	0,191000	0,699	0,371
0,185500	0,800	0,300	0,198500	0,699	0,409
1000 Hz (tip A)			1000 Hz (tip B)		
ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,990			ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,966		
Standart hata= 0,006; p<0,001			Standart hata= 0,011; p<0,001		
GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite	GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite
0,389500	1,000	0,058	0,329500	0,939	0,143
0,397500	0,979	0,058	0,331000	0,963	0,143
0,408500	0,968	0,058	0,334000	0,976	0,143
0,413500	0,968	0,050	0,339000	0,988	0,150
0,417500	0,958	0,050	0,343000	1,000	0,150
2000 Hz (tip A)			2000 Hz (tip B)		
ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,808			ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,906		
Standart hata= 0,031; p<0,001			Standart hata= 0,024; p<0,001		
GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite	GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite
0,541000	0,895	0,317	0,522500	0,843	0,136
0,554500	0,884	0,308	0,548000	0,843	0,174
0,560500	0,884	0,300	0,567500	0,843	0,212
0,566000	0,884	0,292	0,571500	0,855	0,220
0,571500	0,853	0,283	0,586500	0,855	0,258
4000 Hz (tip A)			4000 Hz (tip B)		
ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,828			ROC eğrisi altında kalan alan (AUC)= 0,897		
Standart hata= 0,028; p<0,001			Standart hata= 0,021; p<0,001		
GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite	GBT OBAO	Sensitivite	1-Spesifisite
.514500	.842	.275	0,448500	0,843	0,159
.518000	.832	.275	0,475500	0,855	0,182
.522500	.821	.275	0,490000	0,867	0,189
.546000	.811	.250	0,504500	0,892	0,189
.559000	.800	.250	0,514500	0,904	0,205

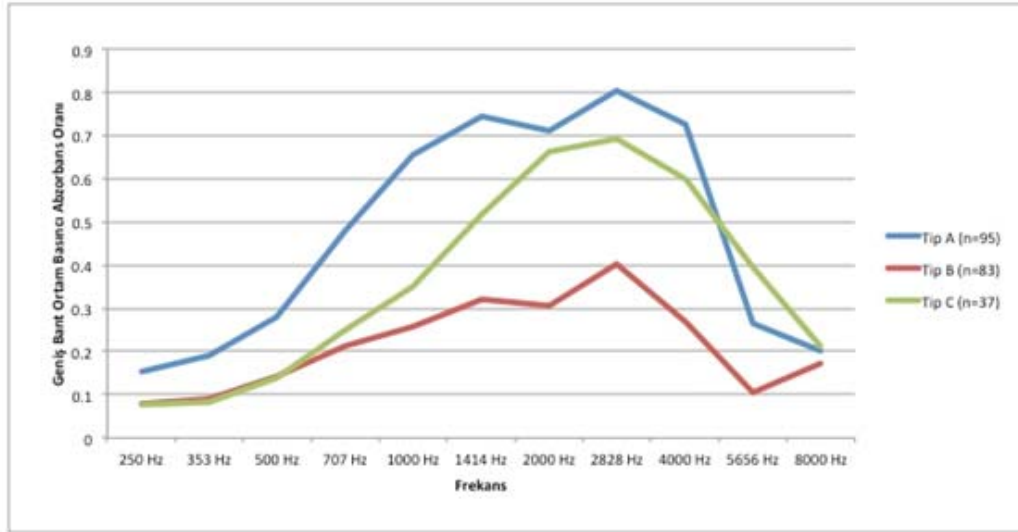
AUC: Area Under the Curve; GBT: Geniş Bant Timpanometri; OBAO: Ortam Basıncı Absorbans Oranları; ROC: Receiver Operating Curve.



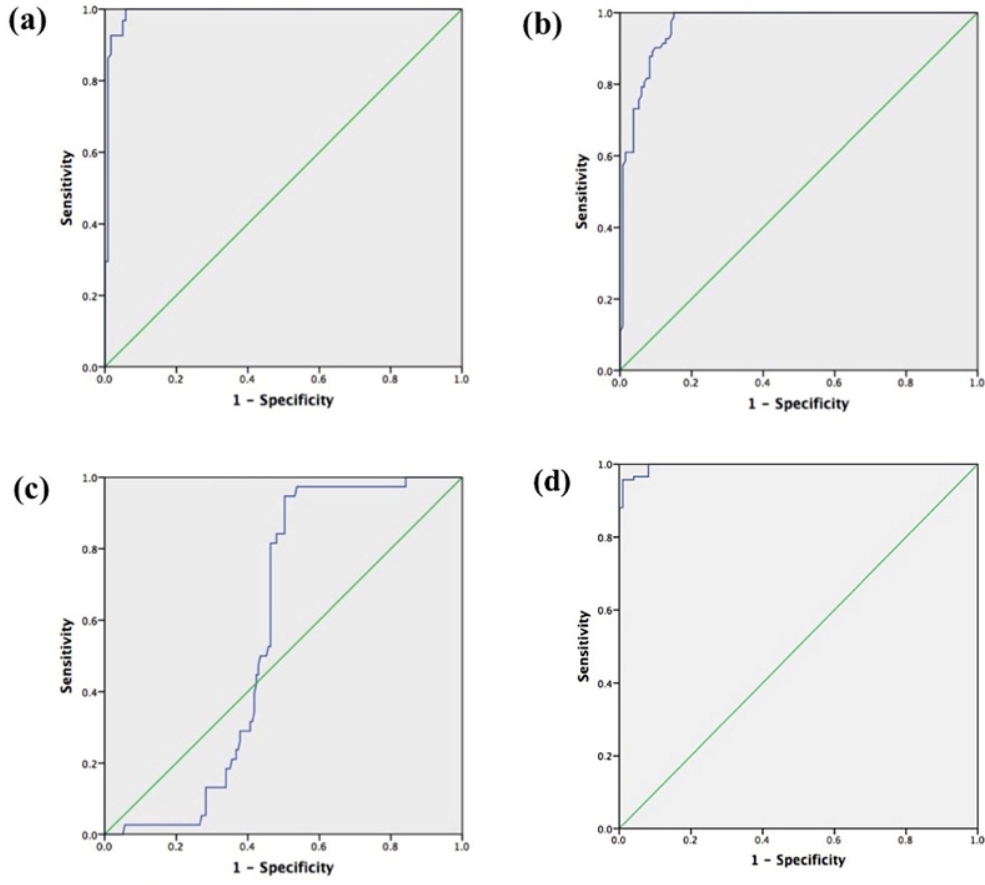
Tablo 3. Efüzyonlu otit varlığını GBT 1000 Hz OBAO değerlerine göre tahmin etmeyi gösteren standart 2x2 tablo.

		Pozitif durum: EOM var		
		Negatif durum: EOM yok		
Pozitif Test:	Test çıktısı: pozitif	Durum pozitif Doğru pozitif (DP)= 113	Durum negatif Yanlış pozitif (YP)= 4	Pozitif prediktif değer = DP / (DP+ YP) = 96,6 %
	Test çıktısı: negatif	Yanlış negatif (YN)= 4	Doğru negatif (DN)= 94	Negatif prediktif değer = DN / (YN +DN) =95,9 %
GBT 1000 Hz'de OBAO ≤ %41.4		Sensitivite = DP / (DP+ YN) = 96,6 %	Spesifite = DN / (YP +DN) = 95,9 %	

EOM: Efüzyonlu Otitis Media,; SS: Standart Sapma; p*: Tek yönlü ANOVA testi; p** : Student's t testi.



Şekil 1: Geniş bant timpanometri ile 250-8000 Hz frekanslar arasındaki OBAO değerlerine göre elde edilen farklı timpanogram tipleri.



Şekil 2: Geniş bant timpanometride 1000 Hz frekansta OBAO değerlerinin farklı timpanogram tiplerini; a) tip A ($AUC=0,990$), b) tip B ($AUC=0,996$), c) tip C ($AUC=0,422$) ve d) EOM varlığını ($AUC=0,996$) ayırt etmelerine yönelik ROC eğrileri.



Kulakların 95'inde (%44,2) tip A timpanogram saptanırken, %38,6'sında (n=83) tip B ve %17,2'sinde (n=37) tip C timpanogram izlendi. Tablo 1'de, 8000 Hz (p=0,227) frekanslar hariç diğer tüm frekanslardaki GBT OBAO ortalamalarının değişik timpanogram tipleri arasındaki farklılıklar (p<0,001) gösterildi.

Kulakların %54,4'ünde EOM saptandı. Üç-altı yaş grubunda %62,3 (86/138) sıklıkta EOM bulunurken, bu oran 7-11 yaş grubunda %40,3 (31/77) olarak bulundu (p=0,002). Tablo 1'de EOM varlığında, 5656 Hz (p=0,075) ve 8000 Hz (p=0,638) frekanslar hariç diğer tüm frekanslardaki GBT OBAO ortalamalarının (p<0,001) düşük izlendiği gösterildi (Tablo 1).

Geleneksel timpanometri tepe basınç ortalaması tüm hasta kayıtlarında -97,27 (en düşük=-392, en yüksek=52) olarak saptandı. Tip A,B, ve C timpanogramlar arasında istatistiksel olarak farklı olan tepe basınç değer ortalamaları sırasıyla -7,05, -217,29 ve -147,27 iken (p<0,001); EOM varlığında -193,42 değeri ile EOM raporlanmamış kulaklardan (-8,97) istatistiksel olarak farklıydı (p<0,001).

Referans test olarak kalibrasyon kontrolü yapılmış 226 Hz timpanometrideki timpanogram eğrisinin konfigürasyonu baz alındı. Bu timpanogram tiplerinden tip A ve B için tanı değer noktası olarak seçilebilecek absorbans ortalamalarına karşılık gelen duyarlılık ve özgüllük oranları Tablo 2'de görülmektedir. Absorbans tanı değer noktaları her bir frekans için uygulandıysa da çalışmamızda 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz oktav frekansların bulgularına yer verildi (Tablo 2). Analizlerde ROC eğrisi altında kalan alanın en yüksek olduğu frekans 1000 Hz olduğundan tanı değer noktası bu frekansta belirlendi. Bin Hz frekanstaki GBT OBAO değerlerinin tip A, B, C timpanogramları ve EOM varlığını ayırt etmelerine yönelik ROC eğrileri Şekil 2a-d'de gösterildi.

Analizlerde 1000 Hz frekansta OBAO ortalaması 0,414 ve üzerinde ise %96,8 duyarlılık ve %95 özgüllük derecesinde Tip A timpanogram durumunu diğerlerinden ayırabilmekteydi. Yine, OBAO ortalaması 0,334 ve altında ise %97,6 duyarlılık ve %85,7 özgüllük derecesinde Tip B timpanogram durumunu diğerlerinden ayırabilmekteydi. Tip C timpanogramlarda ROC eğrisi alanları sınırlı ve OBAO değerlerinin ayırt edilemeyecek kadar yakınlığı nedeniyle bu tip timpanogram için tanı değer noktaları saptanmadı.

Efüzyonlu otit varlığını 1000 Hz frekanstaki OBAO değerleri ile tahmin etmek için oluşturulan ROC eğrisinde (Şekil 2d), duyarlılığın ve özgüllüğün en yüksek olduğu OBAO tanı değer noktası da "0.414" olarak belirlendi. Bu ölçüm değerinin altında OBAO değerine sahip olan kulaklarda %96,6 duyarlılık ve %95,9 özgüllük ile EOM saptanabileceği tahmin edildi (Tablo 3).

TARTIŞMA

Bu çalışma ile, 3-11 yaş grubu çocuklarda farklı timpanogram tipleri ile orta kulak ses enerjisi emilim özellikleri ilişkilendirildi ve geniş bant ses enerji absorpsiyon oranları en yüksek 2828 Hz'de izlense de standart sapmalarının da yüksek olması ve analitik incelemelerde 1000 Hz'de elde edilen değerlerin daha güçlü sonuçlar vermesi nedeniyle, 1000 Hz ileride geniş bant absorpsiyon oranları ile timpanogram tiplerini ayırt etmede ve EOM varlığını tahmin etmede kullanılabilir güvenilir frekans olarak belirlendi.

Nedzel'nitsky kedilerde yaptığı bir çalışmada, orta kulak ses iletiminin 1000 Hz'de en yüksek seviyeye ulaştığı, daha düşük ve yüksek frekanslarda iletimin etkinliğinin düştüğünü göstermişti⁹. Buna benzer sonuçlar kadavra temporal kemiklerinde yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir ve orta kulağın bant geçirici iletim özelliğinin 1000 Hz'de belirgin olduğu saptanmıştır¹⁰.

Bu çalışmada tüm kulaklarda 500 Hz ve altındaki düşük frekanslarda OBAO değerleri de düşük izlendi ve 2828 Hz'e doğru ivmesi artarak en yüksek değerler bu frekansta elde edildi. Normal kulaklarda da dış kulak yolu, orta kulak rezonans frekansı ile uyumlu olsa da, düşük frekanslar için düşük absorpsiyon değerlerinin elde edilmesi; dış kulak yolundan hava kaçağı veya dış kulakta veya orta kulakta sıvı varlığı gibi başka hallerle de açıklanabilir¹¹. Bu çalışmada EOM varlığında, 8000 Hz dışında tüm frekanslarda daha düşük OBAO değerleri elde edildi.

Yüksek frekanslardaki iletim en başta timpanik membranın titreşim özelliklerinden etkilenmektedir. Örneğin, ≥ 6000 Hz'de timpanik membran üzerinde çok sayıda bağımsız titreşim



bölgeleri oluşarak, malleusa iletilen kaldıraç etkisinde azalma olur ve akustik iletim düşer ¹². Bu çalışmada da 2828 Hz sonrasındaki ses enerji absorpsiyonundaki yavaş azalma 5656 Hz'den sonra belirginleşmiştir.

Orta kulak, alçak frekanslarda sertlik, yüksek frekanslarda kütle etkisinden dolayı, 1000 Hz altı ve 4000 Hz üstü frekanslar daha yüksek direnç ile karşılaşmaktadır ⁹. Bu yüzden, insanlarda işitme fonksiyonları bu frekans bandını etkileyen durumlara bağlıdır ¹³. Bu çalışmada da 1000-4000 Hz frekans aralığında en iyi akustik iletim özellikleri izlenmiştir.

Geleneksel timpanometri tanımlandıktan birkaç yıl sonra 1976'da Colleti, multifrekans timpanometriyi tanımladı ve orta kulak mekanik sisteminin elemanlarının üçü (kütle, sertlik ve sürtünme) hakkında bilgi verebilmesi açısından bir yenilik getirdi ⁶. Bu yenilik, her ne kadar çok GT'ye yardımcı olsa da, sonraki zamanlarda GBT ortaya çıktı ve 226 Hz ve 8000 Hz arasında yaklaşık 107 frekansta sabit basınçta klik uyaran kullanması sonucu orta kulak mekaniği hakkında daha fazla bilgi sağladı. Geniş bant frekansta üç boyutlu timpanometri, geniş bant ses enerjisi emilimi, ipsilateral ve kontralateral refleksler, refleks bozulması ve refleks gecikmesi gibi durumlar hakkında bilgi veren bir teknoloji keşfedilmiş oldu ¹⁵⁻¹⁶. Günümüzde ise; GBT, otoskleroz, ossiküler zincir bozuklukları, timpanik perforasyonlar, süperior semisirküler kanal dehissans sendromu ve orta kulak efüzyonları gibi patolojilerin tanısında ve ayrıca yenidoğan işitme taramalarına EOM ayırımında yardımcı test olarak izlem amacıyla giderek daha fazla kullanılmaktadır ¹⁵⁻¹⁷. Geniş bant timpanometri ayrıca basınçsız geniş bant emilimi kullanılarak ameliyat öncesi ve sonrası dönemde izlem için de kullanılmaktadır ¹⁷⁻¹⁹.

Biz de bu çalışmada, EOM ve ÖD ön tanısıyla değerlendirilen 3-11 yaş arası çocuklarda GBT bulgularını, GT timpanogram tiplerine göre inceledik. Orta kulak mekaniği ile uyumlu olarak, tip B timpanogramda, kütle etkisi nedeniyle en yüksek 4000 Hz de yaklaşık 0,5 birim olmak üzere, 1000-4000 Hz arasında tip A timpanograma göre OBAO değerlerinde yaklaşık 0,4 birim düşüş izlendi. Bildiğimiz üzere, orta kulağın sürtünme etkisi frekanstan bağımsızdır,

oysa sertlik ve kütle frekansa bağlıdır ve kütle doğru orantılı olarak frekans arttıkça etkisini artırır ^{20,21}.

Timpanometride 220/226 Hz kullanımı çocuklarda ve yetişkinlerde orta kulak problemlerinin değerlendirilmesi için standart olarak kabul edilse de, yenidoğanlarda ve bebeklerde kullanımı çok sınırlıdır ²¹. Bizim çalışmamızdaki çocuklar 3-11 yaş olmasına rağmen 250 Hz OBAO değerlerine uygulanan ROC analizleri yeterli sonuç veremedi ve absorbans değerleri birbirine yakın izlendi. Dolayısıyla, 250 Hz frekans çevresinde yapılan bir tetkikle orta kulak patolojilerinin ayırt edilebilirliği zorlaşmaktadır.

Ayrıca, standart sapmalar incelendiğinde, tüm kulaklarda 4000 Hz'e doğru artış gözlenirken, tip B timpanogram durumunda 707 ve 1000 frekanslarda standart sapmalar düşüşe geçti ve 1414 Hz'den sonra yükselerek 2828 Hz frekanslarda en yüksek seviyelere ulaştı. Bu nedenle timpanogram alt tiplerinin birbirinden ayırt edilmesinde yüksek standart sapmalar vermesi nedeniyle en yüksek OBAO değerlerinin saptandığı frekanslar olsa da 2000 Hz ve 2828 Hz frekansların kullanımından kaçınıldı. Tip B timpanogram orta kulakta kütle etkisi hakkında ön bilgi verdiği için, bir patolojiyi diğerlerinden ayırt etmede kullanılacak bu tanısız ve hatta tarama tetkiki için tanı değer noktalarını belirlemede, yüksek duyarlılık oranları, yüksek özgüllükten daha çok arzu edildi. Bu nedenle, ROC analizinde eğri altında kalan alanın en büyük ve tip B timpanogram ve EOM varlığında en düşük standart sapmaların izlendiği 1000 Hz frekans bandı, GBT OBAO değerlerinin patolojik kulaklar arasında karşılaştırılmasında kullanılan frekans oldu.

Geniş bant timpanometri ölçümü, timpanik membran tarafından emilen veya yansıtılan akustik enerjinin büyüklüğü ve gecikmesi aracılığıyla bir frekansın fonksiyonu olarak orta kulak durumunun doğrulanmasını mümkün kılar ²². Biz de bu çalışmada GBT'nin bu özelliği ile tek başına, orta kulak ses iletim özelliklerinin değişik timpanogram tiplerini ayırt edilebildiğini bulduk. Sonuç olarak, GBT 1000 Hz bandında, %41,4'den daha fazla oranda ses enerji absorpsiyonu tip A timpanogram ile



uyumlu iken, %33,4'den daha az OBAO saptanması tip B timpanogram ile uyumlu bulundu. Geniş bant timpanometri ölçümleri ile yapılan çalışmalarda da özellikle, orta kulak iletim değişikliklerinin daha çok izlendiği çocuk hastaların değerlendirilmesinde GBT'nin arzu edilen uygulanabilirlik ve yeterlikte olduğu gösterildi⁷.

Efüzyonlu otitis media patogeneğinde ÖD işlevini değerlendirmek için GT, timpanik membrane sağlam olduğunda güvenilir bir yöntemdir. Toynbee ve Valsalva gibi manevralarla basınç dinamiğinde gelişen seri değişikliklerle tubal fonksiyonun detaylı değerlendirilmesi sağlanır. Ancak, bu testleri objektif olarak kontrol etmek zordur. Ek olarak, dokuz aşamalı enflasyon-deflasyon testi ve Östaki tüpü disfonksiyonu anketi 7 gibi yöntemler vardır. Ancak bunlar küçük çocuklarla rutin uygulama için uygun değildir²². Bu nedenle, kolay uygulanabilir olması, objektif olması ve orta kulak patolojileri erken tanımda tarama aracı olarak kullanılabilmesi açısından GBT günümüzde birçok KBB kliniğinde kullanılmaktadır.

Bildiğimiz kadarıyla, 3-11 yaş çocuklarda GT timpanogram tiplerine göre OBAO üzerine yapılmış başka bir çalışma yoktur. Orta kulak patolojisi bulunan çocuklar ile normal çocukların OBAO sonuçlarını karşılaştırmak amacı ile yapılmış birkaç çalışma bulunmaktadır²³⁻²⁵. Ancak bu çalışmalarda timpanogram ile ilişkilerden bahsedilememektedir. Keefe ve ark., yaşları 3.5 ile 8.2 arasında değişen 24 çocuk (35 kulak) ile normal işiten yaşları 2.6 ile 8.2 arasında değişen 26 çocuk (43 kulak) hastanın dahil edildiği çalışmalarında, absorbans ölçümünün iletim tipi işitme kaybı varlığını doğru şekilde öngördüğünü ve 226 Hz timpanometriden daha iyi öngörü sağladığını raporladı⁷. Bebeklerde ve çocuklarda orta kulak fonksiyonunu değerlendirmede GBT, GT'ye kıyasla her geçen gün daha popüler hale gelmektedir^{7,11,14,15,23,25}.

Bu çalışmanın kısıtlılıklarından biri, hastaların geriye dönük taranan dosya ve odyolojik tetkik kayıtlarında, ÖD tanısı not edilmiş kulak sayısının oldukça az (n=14) olması nedeniyle bu hastaların ayrı bir grup olarak

değerlendirilememiş olunmasıdır. Bu kulaklardan üçünde tip C, kalanında tip A timpanogram tespit edildi ve kulaklar sadece timpanogram özelliklerine göre değerlendirildi. Ayrıca bir diğer kısıtlılık, tip C timpanogram değerlendirilmesi konusundadır. Tip C timpanogram -100 ile -200 daPa aralığında Tip C1, -200 ile -400 daPa aralığında Tip C2 olarak adlandırılır^{21,26}. Aslında negatif orta kulak basıncına doğru gidildikçe absorbans değerlerindeki etkilenme artacağından tip C1 ve tip C2 timpanogramları ayrı değerlendirmek daha iyi olurdu. Ancak bu çalışmada C2 tipte timpanogram sadece dokuz hastada izlendi ve bu nedenle tip C timpanogramlar tek bir grup olarak değerlendirildi.

Sonuç olarak, bir işitmeyi ölçme testi olmasa da GBT; hızlı, uyum ve uygulama kolaylığı olan, objektif ve invazif olmayan test olması nedeniyle küçük çocuklarda özellikle efüzyonlu otit olgularını yakalamada ve orta kulak patolojilerinin ayırt edilmesinde kullanılabilir. Ayrıca, 1000 Hz ortam basıncı absorbans değerlerine göre ses enerjisinin yaklaşık %41,4'ünden daha azını absorbe eden bir orta kulakta efüzyon varlığından bahsedilebilirken, bu değer üzerindeki absorbans oranlarının tip A timpanogram ile uyumlu olabileceği varsayılabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmişlerdir.

Maddi ve Teknik Destek: Bu çalışma, herhangi bir fon tarafından maddi ve teknik olarak desteklenmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Liming BJ, Carter J, Cheng A, Choo D, Curotta J, Carvalho D et al. International Pediatric Otolaryngology Group (IPOG) consensus recommendations: hearing loss in the pediatric patient. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2016; 90:251-258.
2. Paradise JL, Smith CG, Bluestone CD. Tympanometric detection of middle ear effusion in infants and young children. *Pediatrics* 1976; 58:198-210.
3. Jacobson JT. The role of immittance audiometry in detecting middle ear disease. *Can Fam Physician*. 1981 Jan;27:103-109.
4. Hunter LL, Sanford CA. Tympanometry and Wideband Acoustic Immittance. In: Katz J, ed. *Handbook of Clinical Audiology*. 7th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2015; 137-163.



5. Cenik Z, Uyar Y, Kadakal R. Seröz otitis media olgularında timpanometrik bulguların operasyon bulgularıyla karşılaştırılması. Türk ORL Arşivi 1991; 29: 65-7.
6. Colletti V. Tympanometry from 200 to 2000 Hz probe tone. Audiology 1976; 15:106-119.
7. Keefe DH, Sanford CA, Ellison JC, Fitzpatrick DF, Gorga MP. Wideband aural acoustic absorbance predicts conductive hearing loss in children. Int J Audiol 2012; 51:880-891.
8. Jerger JF. Clinical experience with impedance audiometry. Arch Otolaryngol 1970; 92:11-24.
9. Nedzelnitsky V. Sound pressures in the basal turn of the cat cochlea. J Acoust Soc Am 1980; 68(6):1676-1689.
10. Kringelbotn M, Gundersen T. Frequency characteristics of the middle ear. J Acoust Soc Am. 1985; 77(1):159-164.
11. Hunter LL, Tubaugh L, Jackson A, Propes S. Wideband middle ear power measurement in infants and children. J Am Acad Audiol. 2008; 19:309-324.
12. Khanna SM, Tondorf J. Tympanic membrane vibrations in cats studied by time-averaged holography. J Acoust Soc Am 1972; 51(6):1904-1920.
13. Puria S, Peake WT, Rosowski JJ. Sound-pressure measurements in the cochlear vestibule of human-cadaver ears. J Acoust Soc Am 1997; 101(5 Pt 1):2754-2770.
14. Aithal S, Kei J, Driscoll C. Wideband reflectance in young infants (0?6 months): a cross-sectional study. J Am Acad Audiol 2014; 25:471-478.
15. Shahnaz N. Wideband reflectance in neonatal intensive care units. J Am Acad Audiol 2008; 19:419-429.
16. Freeney MP, Grant IL, Marryott LP. Wideband energy reflectance measurements in adults with middle-ear disorders. J Speech Lang Hear Res 2003; 46:901-911.
17. Sanford CA, Brockett JE. Characteristics of wideband acoustic immittance in patients with middle-ear dysfunction. J Am Acad Audiol 2014; 25:425-440.
18. Yüksel Asher NG, Gürkan S, Asher M, Kirkim G, Güneri EA, İkiz AÖ. Sound energy absorbance characteristics of cartilage grafts used in type 1 tympanoplasty. Auris Nasus Larynx 2018; 45:985-993.
19. Shahnaz N, Longridge N, Bell D. Wideband energy reflectance patterns in preoperative and post-operative otosclerotic ears. Int J Audiol 2009; 48:240-247.
20. Hunter LL, Shahnaz N. Acoustic Immittance Measures: Basic and Advanced Practice. San Diego, CA: Plural Publishing; 2014.
21. Fowler C, Shanks J. Tympanometry. In: Katz J, ed. Handbook of Clinical Audiology. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2002; 175-205.
22. Shaver MD. Wideband Energy Reflectance Measurements: Normative Study and Effects of Negative and Compensated Middle Ear Pressures, Ph.D. thesis, Wichita State University; 2010. <http://hdl.handle.net/10057/3657>. Erişim tarihi: 22.08.2020.
23. Beers AN, Shahnaz N, Westerberg BD, Kozak FK. Wideband reflectance in normal Caucasian and Chinese school-age children and in children with otitis media with effusion. Ear Hear 2010; 31:221-233.
24. Keefe DH, Simmons JL. Energy transmittance predicts conductive hearing loss in older children and adults. J Acoust Soc Am 2003; 114:3217-3238.
25. Margolis RH, Saly GL, Hunter LL. High-frequency hearing loss and wideband middle ear impedance in children with otitis media histories. Ear Hear 2000; 21:206-211.
26. Fiellau-Nikolajsen M, Lous J. Prospective tympanometry in 3-year old children. A study of the spontaneous course of tympanometry types in a nonselected population. Arch Otolaryngol 1979; 105:461-466.