

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAĞLIKLI ORTA KULAĞA SAHİP BİREYLERDE  
GENİŞ BANT TİMPANOMETRİ (GBT)  
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

**Murat ŞAHİN**

**Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2015**



**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAĞLIKLI ORTA KULAĞA SAHİP BİREYLERDE  
GENİŞ BANT TİMPANOMETRİ (GBT)  
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

**Murat ŞAHİN**

**Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Songül AKSOY**

**ANKARA  
2015**

## ONAY SAYFASI

Anabilim Dalı :Odyoloji  
 Program :Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları  
 Tez Başlığı :Sağlıklı Orta Kulağa Sahip Bireylerde  
 Geniş Bant Timpanometri (GBT) Parametrelerinin İncelenmesi

Öğrenci Adı-Soyadı :Murat Şahin  
 Savunma Sınavı Tarihi :10.07.2015

Bu çalışma jürimiz tarafından yüksek lisans/doktora tezi olarak kabul edilmiştir.






Jüri Başkanı: **Prof. Dr. Günay Kırkam**  
**Dokuz Eylül Üniversitesi**

Tez danışmanı: **Prof. Dr. Songül Aksoy**  
**Hacettepe Üniversitesi**

Üye: **Prof. Dr. Gonca Sennaroğlu**  
**Hacettepe Üniversitesi**

Üye: **Prof. Dr. Aydan Genç**  
**Hacettepe Üniversitesi**

Üye: **Doç. Dr. Bilgehan Böke**  
**Hacettepe Üniversitesi**

(İmza)  
  
 (İmza)  
  
 (İmza)  
  
 (İmza)  
  
 (İmza)  


### ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

(İmza)  
  
 Prof.Dr. Ersin FADILLIOĞLU  
 Müdür

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince her konuda yardımını esirgemeyen, fikirleri ve bilgisi ile yanımda olan, tez danışmanı hocam Prof. Dr. Songül AKSOY'a;

Çalışmama verdiği destekleri için Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölüm Başkanı hocam Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU'na;

Katkıları için değerli hocalarım Prof. Dr. Aydan GENÇ, Prof. Dr. Günay KIRKIM, Doç. Dr. M. Didem TÜRKYILMAZ, Doç. Dr. Bilgehan BÖKE'ye;

Yüksek lisans eğitimimin ders döneminde, bilgi ve birikimleri ile önemli katkıları olan Marmara Üniversitesi Odyoloji Bilim Dalı'ndaki değerli hocalarım Prof. Dr. Ferda AKDAŞ, Doç. Dr. Ufuk DERİNSU ve Doç. Dr. Ayça ÇİPRUT'a;

Çalışmamın veri toplama aşamasında verdiği teknik destek için Engin DANİŞMEN'e; verilerin çözümlenmesindeki katkıları için Dr. Anıl BARAK DOLGUN'a;

Hacettepe Üniversitesi'ne atandığım günden bu yana dostlukları ile yanımda olan sevgili mesai arkadaşlarıma;

Verdiğim tüm kararlara koşulsuz destekleri için, her konuda yanımda hissettiğim canım annem Yeter ŞAHİN, canım babam Mehmet ŞAHİN, sevgili kardeşlerim Şükran ŞAHİN ve Muhammet ŞAHİN'e;

En içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

**Şahin, M. Sağlıklı Orta Kulağa Sahip Bireylerde Geniş Bant Timpanometri (GBT) Parametrelerinin İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2015.** İmmitansmetri, dış kulak kanalından verilen saf sesin kulak zarından yansdıktan sonra kaydedilmesi esasına dayanır ve orta kulağın durumu hakkında objektif bilgiler verir. Dış kulak kanalının basıncı değiştirilerek orta kulak elemanlarının mobilitesi değerlendirilir. Kliniklerde çoğunlukla 226 Hz ve 1000 Hz immitansmetri kullanılmaktadır. Geniş Bant Timpanometri (GBT), dış kulak kanalından verilen geniş bir frekans aralığını (226-8000Hz) kapsayan klik uyaran ile yapılmaktadır. Orta kulaktan yansıyan sese Reflektans, orta kulak tarafından soğurulan sese Absorbans denilmektedir. Bu çalışma ile sağlıklı orta kulaklara ait GBT verilerinin toplanması, bu verilerin İmmitansmetri sonuçlarıyla karşılaştırılması, İmmintansmetri ve GBT sonuçlarının yaşa bağlı değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya 20-49 yaş aralığında normal işitmeye sahip 60 birey alınmıştır. Her dekatta 20 bireyden oluşan üç yaş grubu oluşturulmuştur. Grupların 226 ve 1000 Hz İmmitansmetri ve GBT ölçümleri yapılmıştır. Gruplar arası İmmitansmeri ve GBT değerleri arasında farklılık bulunmamıştır ( $p>.05$ ). İmmitansmeri ve GBT sonuçlarının 20-49 yaş aralığında yaş ile değişmediği belirlenmiştir. Bütün gruplarda 226 Hz İmmitansmetri ile ölçülen Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi ( $V_{ea}$ ), Statik Admitans ( $Y_{tm}$ ) ve Timpanogram Genişliği (TW) değerleri GBT ile ölçülen değerlerden farklı bulunmuştur ( $p<.05$ ). Bu farklılıkların nedenlerinin belirlenebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Geniş Bant Timpanometri, Orta Kulak, İmmitansmetri, Timpanogram, Absorbans.

## ABSTRACT

**Şahin, M. Examination of Wideband Tympanometry (WBT) Parameters in Individuals with Healthy Middle Ear. Hacettepe University Institute of Health Sciences, Master Thesis of Audiology and Speech Pathology, Ankara, 2015.**

Immittancemetry is based on the saving pure tone sound which is reflected from eardrum after given at outer ear canal and gives objective information about the condition of the middle ear. The middle ear admittance is considered by changing pressure of outer ear. Usually 226 and 1000 Hz Tympanometry is used in clinics. Wideband Tympanometry (WBT) is done a click stimulus that incloses a wide frequency range (226–8000 Hz). The sound, that is reflected back from the middle ear is called Reflectance, that is absorbed by the middle ear is called Absorbance. It is aimed (1) collection of WBT data on the healthy middle ear, (2) comparison of these data with Immittancemetry results and (3) to evaluate age-related changes in Immittancemetry and WBT results. The study included 60 individuals who are on 20-49 years of age with normal hearing. Three age groups, with 20 individuals in each decade, were formed. WBT, 226 and 1000 Hz Immittance and is done in all groups. It is found no differences Immittancemetry and WBT values between groups ( $p>.05$ ). There is no age-related changes Immittancemetry and WBT values between 20-49 years. In all grups, Equivalent Ear Canal Volume ( $V_{ea}$ ), Static Admittance ( $Y_{tm}$ ) and Tympanogram Width (TW) values measured with 226 Hz Immittancemetry is different from values measured with WBT ( $p<.05$ ). More study is needed to determine the causes of this difference.

Key words: Wideband Tympanometry, Middle ear, Immitancemetry, Tympanogram, Absorbance.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Orta Kulak Anatomisi ve Fizyolojisi	2
2.2. Akustik İmmitansmetri	2
2.2.1. Akustik İmmitans ( <i>Acoustic Immittance</i> )	2
2.3. Timpanometri	5
2.3.1. Timpanogram parametreleri	7
2.4. Geniş Bant Timpanometri ( <i>GBT</i> )	9
2.4.1. Absorbans Grafiği	11
2.4.2. Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram ( <i>A-GBT</i> )	12
2.4.3. Geniş Bant 226 Hz ve 1000 Hz Timpanogram	13
2.4.4. Rezonans Frekansı ( <i>RF</i> )	13
3. BİREYLER VE YÖNTEM	14
3.1. Bireyler	14
3.1.1. Çalışmaya Dahil Olma Kriterleri	16
3.2. Kullanılan Testler ve Yöntem	16
3.2.1. Saf Ses Odyometrisi	16
3.2.2. OAE Ölçümleri	16
3.2.3. İmmitansmetri ve GBT Ölçümleri	16
3.3. İstatistiksel Yöntem	19
4. BULGULAR	20
4.1. İmmitansmetrik Bulgular	20



4.2. Absorbans Bulguları	23
5. TARTIŞMA	29
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	36
7. KAYNAKLAR	38
EKLER	
Etik Kurul İzni	

## SİMGELER VE KISALTMALAR

A-GBT	: Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram
$B_a$	: Akustik suseptans ( <i>Acoustic susceptance</i> )
$B_{ma}$	: Kütle suseptansı ( <i>Mass susceptance</i> )
$B_{sa}$	: Sertlik suseptansı ( <i>Stiffness susceptance</i> )
dB	: Desibel
DPOAE	: Distorsiyon Ürünü Otoakustik Emsiyon ( <i>Distortion product otoacoustic emission</i> )
$F_{45}^0$	: 45 derece admitans frekansı
$G_a$	: Akustik konduktans ( <i>Acoustic conductance</i> )
GBA	: Geniş Bant Absorbans
GBT	: Geniş Bant Timpanometri
İS	: İşitme Seviyesi
N	: Sayı ( <i>Number</i> )
OAE	: Otoakustik Emisyon
RF	: Rezonans Frekansı
SBS	: Ses Basınç Seviyesi
TEOAE	: Transient Otoakustik Emisyon
teSBS	: Tepe eşdeğer Ses Basınç Seviyesi ( <i>Peak equivalent SPL, peSPL</i> )
TPP	: Timpanogram Tepe Basıncı ( <i>Tympanometric Peak Pressure</i> )
TW	: Timpanogram Genişliği ( <i>Tympanometric Width</i> )
TW(GBT)	: Geniş Bant 226 Hz Timpanogram Genişliği
$V_{ea}$	: Eşdeğer kulak kanalı hacmi ( <i>Equivalent ear canal volume</i> )
$V_{ea}(1000)$	: 1000 Hz timpanometri ile ölçülen eşdeğer kulak kanalı hacmi
$V_{ea}(GBT)$	: Geniş Bant Timpanometri ile ölçülen eşdeğer kulak kanalı hacmi
$X_a$	: Akustik reaktans ( <i>Acoustic reactance</i> )
$X_{ma}$	: Kütle reaktansı ( <i>Mass reactance</i> )
$X_{sa}$	: Sertlik reaktansı ( <i>Stiffness reactance</i> )
$Y_a$	: Akustik admitans ( <i>Acoustic admittance</i> )
$Y_{tm}$	: Kompanse edilmiş statik akustik admitans ( <i>Peak compensated static acoustic admittance</i> )

$Y_{tm}(GBT)$  : Geniş bant 226 Hz timpanogramda kompanse edilmiş statik akustik admitans

$Z_a$  : Akustik impedans (*Acoustic impedance*)

3D : 3 boyutlu (*3 Dimential*)

## ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1	Farklı Frekanslara Ait Akustik Admitans ( $Y_a$ ) Vektörleri	4
2.2	Sürtünme, kütle ve esneklik elementlerinin Hız-Kuvvet ilişkileri	4
2.3	Admitans unsurlarının analitik düzlemde gösterilişi	5
2.4	(A) Admitans, (B) Kontuktans ve Suseptans Timpanogramlar	6
2.5	Gradyan	8
2.6	Timpanogram Genişliği	9
2.7	3 Boyutlu Timpanogram Örneği	10
2.8	Absorbans & Reflektans	11
2.9	Absorbans Grafiği Örneği	12
2.10	Geniş Bant Averajlanmış Timpanogram Örneği	12
3.1	Interacoustics Titan Geniş Bant Timpanometre	17
3.2	GBT klik uyaran dalga formu	18
4.1	Tüm bireylerden elde edilen ortalama Basıncılı ve Basıncısız Absorbans Grafikleri	23
4.2	Tüm bireylerden elde edilen Basıncılı ve Basıncısız Absorbans değerlerinin yüzde oranları	23
4.3	Tüm bireylerden elde edilen ortalama Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT)	25
4.4	Tüm bireylerden elde edilen Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT) yüzdelikleri	25
4.5	Grupların Basıncısız Absorbans Grafikleri	26
4.6	Gruplara ait Averajlanmış Geniş Bant Timpanogramlar	28

## TABLOLAR

Tablo		Sayfa
3.1	Gruplara Ait Yaş Dağılımı	15
3.2	Gruplara Ait Cinsiyet Dağılımı	15
4.1	Bireylerin İmmitansmetrik Bulgularının Genel Tanımlayıcı İstatistikleri	20
4.2	Gruplara Ait İmmitansmetrik Bulguların Karşılaştırılması	21
4.3	Grup İçi Vea(GBT)-Vea, Vea(GBT)-Vea (1000), Vea-Vea(1000), Ytm-Ytm (GBT) ve TW-TW(GBT) Sonuçlarının Friedman Testi ile Karşılaştırılması	22
4.4	Tüm Bireylerden Elde Edilen 6 Frekans Noktasındaki Basınçsız Absorbans Değerlerinin Genel Tanımlayıcı İstatistikleri	24
4.5	Sağlıklı Kulaklarda Farklı Frekanslara Ait Absorbans Değerleri	24
4.6	Gruplara Ait 226, 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz'teki Absorbans Değerlerinin Karşılaştırılması	27

## GİRİŞ

İmmitansmetri, orta kulağın durumu ile ilgili objektif bilgiler vermesi bakımından odyolojik değerlendirmede önemli bir yere sahip olan pratik, düşük maliyetli, non-invaziv ve güvenilir bir ölçüm yöntemidir. Dış kulağa yerleştirilen bir prob aracılığıyla verilen sesin, değişen basınç altında orta kulak yapılarında oluşturduğu mekanik cevap, yine aynı probta bulunan mikrofon tarafından kaydedilmektedir. Sonuçlar “Timpanogram” adı verilen iki boyutlu bir grafikte gösterilmektedir (1). Kliniklerde çoğunlukla 226 Hz ve 1000 Hz frekansında saf ses uyaran veren timpanometreler kullanılmaktadır.

Geniş Bant Timpanometri (GBT), 226 Hz - 8000 Hz frekans aralığında geniş bant uyaran ile yapılmaktadır. Tek bir frekans yerine geniş bir frekans aralığını kapsayan klik uyaran kullanılmaktadır. Orta kulaktan yansıyan sese “Reflektans”, orta kulak tarafından soğurulan sese de “Absorbans” denilmektedir (2,3). Çalışma prensibi İmmitansmetri ile aynıdır.

Tanı sürecinde bulguların değerlendirilmesi için sağlıklı kulaklara ait normatif verilerin bilinmesi gerekmektedir Yapılan çalışmalarda yaşın ve etnisitenin anatomik ve fizyolojik farklılıklara neden olduğu, bunun da immitansmetri ve GBT sonuçlarını etkilediği bildirilmiştir (4-8). Bu nedenle normal ve patolojik durumların ayrımının doğru yapabilmesi için her kliniğe ait normatif verilerin belirlenmesi faydalı olacaktır.

Litaratürde Geniş Bant Timpanometre ile Türkiye’de yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmayla kliniklerde yeni kullanılmaya başlanan Titan Geniş Bant Timpanometre ile sağlıklı orta kulaklara ait verilerin toplanması, bu verilerin İmmitansmetri sonuçlarıyla karşılaştırılması, İmmintansmteri ve GBT bulgularının yaşa bağlı değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır ve aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur.

$H_0$ : İmmitansmetri ve GBT bulguları 20-49 yaş aralığında yaş ile değişmemektedir.

$H_A$ : İmmitansmetri ve GBT bulguları 20-49 yaş aralığında yaş ile değişmektedir.

## GENEL BİLGİLER

### 2.1. Orta Kulak Anatomisi ve Fizyolojisi

İmmittansmetrik ölçüm prensiplerinin iyi anlaşılabilmesi için orta kulağın anatomik ve fizyolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Orta kulak, temporal kemik içinde bulunan kulak zarı ile iç kulak arasında kalan ve içi hava ile dolu olan boşluktur. Lateralde kulak zarı, medialde kokleanın lateral duvarı, posteriorda mastoid hava hücreleri ile sınırlanan orta kulağı, süperiorda tegmen timpani kranial kaviteden ayırmaktadır. Orta kulak inferiorda östaki tüpü ile nazofarinkse bağlanmaktadır. Dış kulak ile iç kulak arasında ses enerjisinin iletiminden sorumlu olan orta kulakta birbiri ile eklem yapan üç adet kemikçik, iki adet kas ve ligamentler bulunmaktadır (9).

Hava ile dolu olan dış ve orta kulaktan farklı olarak koklea sıvı ile doludur. Ses dalgası hava ortamından sıvı ortama geçişi sırasında enerjisinin büyük bir kısmını kaybeder. Bu kayıp iki ortam arasındaki yoğunluk farkından kaynaklanmaktadır. Kulak zarı ile oval pencerenin yüzey alanları arasındaki fark ve kemikçik sisteminin kaldıraç etkisi, sesin kokleaya iletiminde enerji kaybını en aza indirmektedir (10,11).

### 2.2. Akustik İmmittansmetri

ANSI'nin (*American National Standards Institute*) 1987 yılında yaptığı standardizasyon ile impedans ve admitans kavramlarının birlikte ifade edildiği bir terim olan immitans kullanılmaya başlanmıştır. Bu iki kavram birbirileri ile ters orantılı ilişki ( $Y_a = 1/Z_a$ ) içerisindedir (3,12).

#### 2.2.1. Akustik İmmittans (*Acoustic Immittance*)

İmpedans ve admitansın birlikte ifade edildiği terimdir. İmpedans ve admitansı belirleyen değişkenler sertlik, kütle ve sürtünme etkileridir (3,12,13).

##### A. Akustik İmpedans (*Acoustic Impedance, $Z_a$* )

Ses enerjisine sistemin gösterdiği direnci ifade eder. Birimi akustik ohm'dur. Deniz seviyesinde 226 Hz frekansındaki bir ses için 1 cm<sup>3</sup> havanın impedansı 1000 akustik ohm'dur. İmpedans birimi olarak ml veya cm<sup>3</sup> de kullanılmaktadır (12).

Akustik impedansın, akustik rezistans ve akustik reaktans olmak üzere iki alt unsuru bulunmaktadır (3,12,13).

### 1) Akustik Rezistans (*Acoustic Resistance, $R_a$* )

Akustik impedansın alt unsurudur ve sürtünme etkisi nedeniyle oluşmaktadır (3,12,13).

### 2) Akustik Reaktans (*Acoustic Reactance, $X_a$* )

Akustik impedansın diğer alt unsurudur. Kütle ve sertlik etkileri nedeniyle oluşmaktadır. Kütle reaktansı (*Mass Reactance,  $X_{ma}$* ) ve sertlik reaktansının (*Stiffness Reactance,  $X_{sa}$* ) toplamıdır (3,12,13). Kütle ve sertlik reaktans vektörleri, aynı doğrultuda zıt yönlü vektörlerdir. Rezonans frekansında iki vektör eşit büyüklüktedir ve bileşkeleri sıfırdır (3,12,14,15).

### B. Akustik Admitans (*Acoustic Admittance, $Y_a$* )

Ses enerjisinin bir sistemden geçiş kolaylığını ifade eder. Birimi akustik mmho'dur. Deniz seviyesinde 226 Hz frekansındaki bir ses için 1 cm<sup>3</sup> havanın admitansı 1 akustik mmho'dur. Admitans birimi olarak ml veya cm<sup>3</sup> de kullanılmaktadır (3,12).

Havanın admitansı, havanın ses enerjisini soğurma kapasitesidir. Bir akustik mmho, deniz seviyesindeki 1cm<sup>3</sup> havanın soğurduğu 226 Hz frekansındaki ses enerjisi miktarıdır. Havanın admitansı frekanslara göre değişiklik göstermektedir (15), (Şekil 2.1).

Akustik admitansın akustik kondüktans ve akustik suseptans olmak üzere iki alt unsuru bulunmaktadır (3,12,13).

### 1) Akustik Kondüktans (*Acoustic Conductance, $G_a$* )

Akustik admitansın alt unsurudur ve sürtünme etkisi nedeniyle oluşmaktadır (3,12,13).

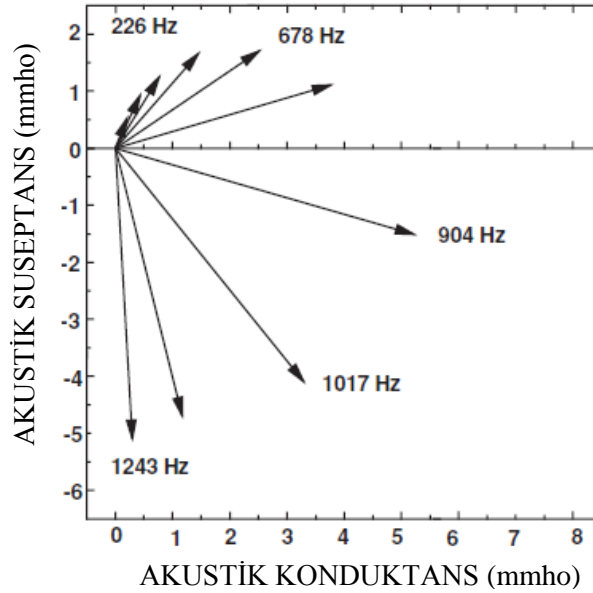
### 2) Akustik Suseptans (*Acoustic Susceptance, $B_a$* )

Akustik admitansın diğer alt unsurudur. Kütle ve sertlik etkileri nedeniyle oluşmaktadır. Kütle suseptansı (*Mass Susceptance,  $B_{ma}$* ) ve sertlik suseptansının (*Stiffness Susceptance,  $B_{sa}$* ) toplamıdır. Sertlik suseptansına ( $B_{sa}$ ), komplians suseptansı da denilmektedir (3,12,13). Kütle ve komplians suseptans vektörleri, aynı doğrultuda zıt yönlü vektörlerdir. Rezonans frekansında iki vektör eşit büyüklüktedir ve bileşkeleri sıfırdır.

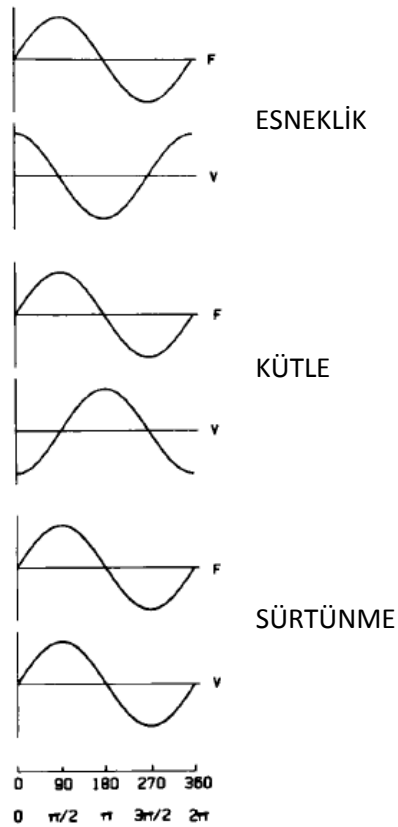
Rezonans frekansının altındaki frekanslarda komplians suseptans ( $B_{sa}$ ) vektörü daha büyüktür, rezonans frekansının üstündeki frekanslarda ise kütle suseptans ( $B_{ma}$ ) vektörü daha büyüktür (3,12,14,15). Bu nedenle akustik suseptans,



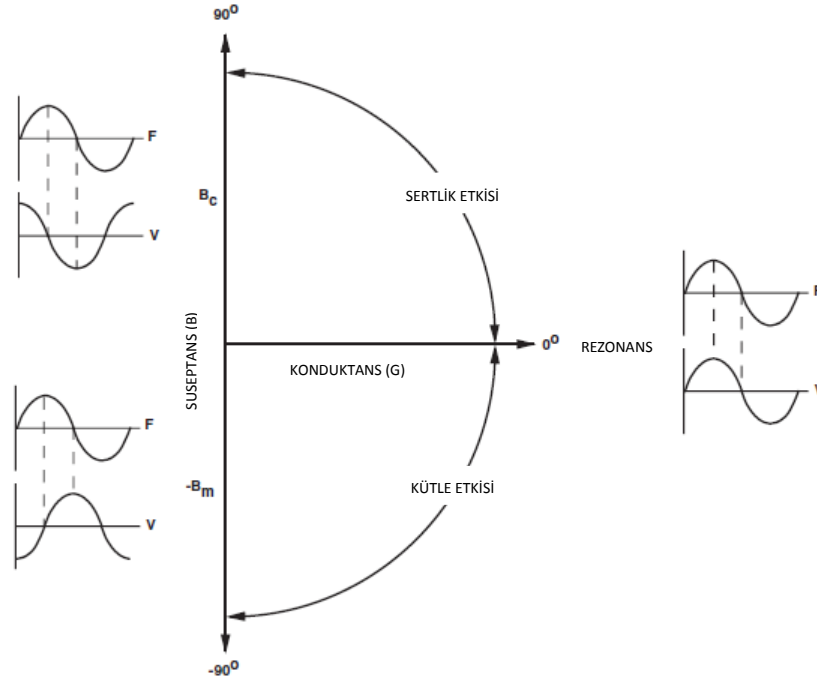
rezonans frekansının altındaki frekanslarda pozitif değer almaktayken rezonans frekansının üstündeki frekanslarda negatif değer almaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Farklı Frekanslara Ait Akustik Admitans ( $Y_a$ ) Vektörleri (15).



Şekil 2.2. Sürtünme, kütle ve esneklik elementlerinin Hız-Kuvvet ilişkileri (12).



**Şekil 2.3.** Admitans unsurlarının analitik düzlemde gösterilişi (15).

Şekil 2.2 ve 2.3'te görüldüğü gibi kondüktans, uygulanan kuvvet ile aynı fazda olduğu için  $0$  derecelik faz açısı yapar ve kondüktans vektörü analitik düzlemde x ekseninde pozitif alanda gösterilir. Komplians suseptansı, uygulanan kuvvet ile  $90$  derecelik bir faz açısı yapar ve komplians suseptans vektörü analitik düzlemde y ekseninde pozitif alanda gösterilir. Kütle suseptansı, uygulanan kuvvetle  $270$  derecelik bir faz açısı yapar ve kütle suseptans vektörü analitik düzlemde y ekseninde negatif alanda gösterilir. Sonuç olarak kondüktans ve suseptans arasında  $90$  derecelik bir faz farkı oluşur. Diğer bir ifadeyle; kondüktans ve suseptans vektörleri birbirine dik açı oluşturan vektörlerdir. Bu iki vektörün bileşkesi admitans vektörüdür (3,12,15).

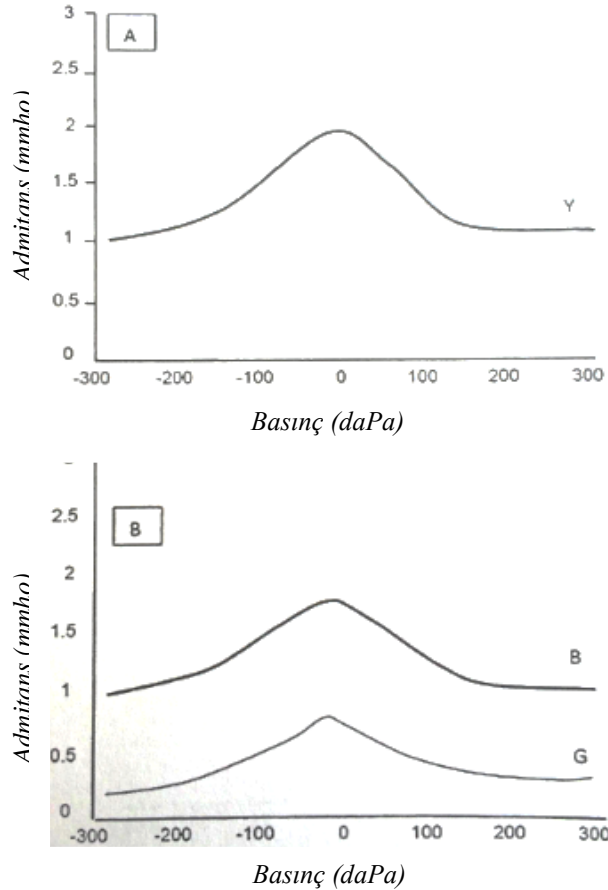
#### **45 Derece Admitans Frekansı ( $F_{45}^o$ )**

Konduktans ve Suseptansın eşit olduğu, dolayısıyla analitik düzlemde Admitans vektörünün x eksenine  $45$  derecelik açı yaptığı frekans değeridir (1,12).

### **2.3. Timpanometri**

Timpanometri; dış kulak kanalı basıncının bir fonksiyonu olarak kulağın akustik immitansının ölçümüdür (16). Dış kulak kanalından verilen ses enerjisinin, kulak zarından yansdıktan sonra kaydedilmesi esasına dayanır. Dış kulak kanalının

basıncı değiştirilerek orta kulak elemanlarının mobilitesi değerlendirilir. Çizilen eğriye timpanogram adı verilir. Timpanogram; değişen hava basıncına bağlı olarak değişkenlik gösteren admitans miktarını gösteren iki boyutlu bir grafikdir. Timpanogramda x eksenini basınç değerini, y eksenini admitans miktarını göstermektedir (3), (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4.** (A) Admittans, (B) Kontuktans ve Suseptans Timpanogramlar (3).

Günümüzde timpanometreler iki önemli sebepten dolayı impedans yerine admitansı ölçmektedir (3). Birincisi, impedansın aksine admitans ölçümünde, timpanogram şeklinin prob ile kulak zarı arasında kalan havanın hacminden etkilenmemesidir (12). İkincisi, admitans timpanogramın orta kulaktaki değişikliklere daha duyarlı olmasıdır (17).

Dış kulak kanalını tıkayan prob ile sürekli sabit şiddette saf ses verilirken dış kulak kanalının basıncı 200 daPa ile -400 daPa arasında değiştirilir. Basıncın 200 daPa olduğu noktada kulak zarı gergin durumdadır ve orta kulak elemanlarının

mobilitesi azalmıştır. Bu noktada orta kulağın admitansı sıfır kabul edilir. Probtan çıkan ve proba dönen ses enerjisi arasındaki fark dış kulak kanalı hacminin admitansını verir. Çünkü bu kayıp, dış kulak kanalında prob ile kulak zarı arasında kalan hacim tarafından soğurulmuştur. Sağlıklı bir kulakta, dış kulak kanalının basıncı azaltıldıkça kulak zarının gerginliği azalır, esnekliği artar ve orta kulak elemanları daha mobil hale gelmeye başlar. Bu durum sesin orta kulağa geçişini kolaylaştırır ve orta kulağın admitansı artmaya başlar. Bu artış dış kulak ve orta kulak basınçları eşitlenene kadar devam eder. Zarın iki tarafındaki basıncın eşit olduğu noktada admitans en fazladır ve bu nokta timpanogramın tepe noktasıdır. Basınç azaltılmaya devam ettikçe bu noktadan sonra admitans tekrar azalmaya başlar.

### 2.3.1. Timpanogram parametreleri

#### A. Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi (*Equivalent Ear Canal Volume, V<sub>ea</sub>*)

Kulak zarı geçirgenliğinin sıfır kabul edildiği basınç değerinde ölçülen admitans miktarıdır. Birimi mmho, ml veya cm<sup>3</sup>'tür. Bu basınçta kaydedilen admitans orta kulağın değil dış kulak kanalında prob ile zar arasında kalan hacmin admitansı olarak kabul edilmektedir (12,15). Günümüzde timpanometrelerde sıfır noktası olarak 200 daPa kabul edilerek ölçüm yapılmaktadır.

Her ne kadar timpanogramlarda kanal hacmi olarak gösterilse de bu değer, prob ile zar arasındaki havanın gerçek hacmini ifade etmemektedir. Bu hacim mevcut immittansmetre teknolojisi ile ölçülememektedir.

#### B. Kompense Edilmiş Statik Akustik Admitans, Statik Admitans (*Peak Compensated Static Acoustic Admittance, Y<sub>tm</sub>*)

Ölçülen toplam admitanstan dış kulak kanalı hacminin admitansının çıkarılmasıyla elde edilen admitans miktarıdır. Bu değer orta kulağın admitansını vermektedir. Timpanogramda y ekseninde gösterilir. Birimi mmho, ml veya cm<sup>3</sup>'tür. Kulak zarının her iki tarafındaki basıncın eşit olduğu noktada en yüksek değerdedir (3,12,15), (Şekil 2.4).

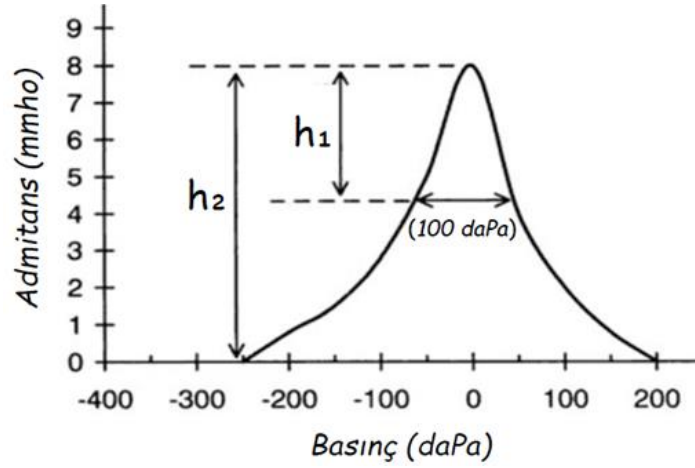
#### C. Timpanogram Tepe Basıncı (*Tympanometric Peak Pressure, TPP*)

Admitansın en yüksek olduğu basınç noktasıdır. Timpanogramın tepe noktasının x eksenindeki izdüşümünün denk geldiği basınç değeridir. Bu nokta, dış kulak ve orta kulak basınçlarının eşit olduğu, dolayısıyla kulak zarının esnekliğinin

en fazla olduğu basınç düzeyidir. Dolayısıyla bu değer orta kulak basıncını gösteren değerdir (3,12,15).

#### D. Timpanometrik Gradyan (*Tympanometric Gradient*)

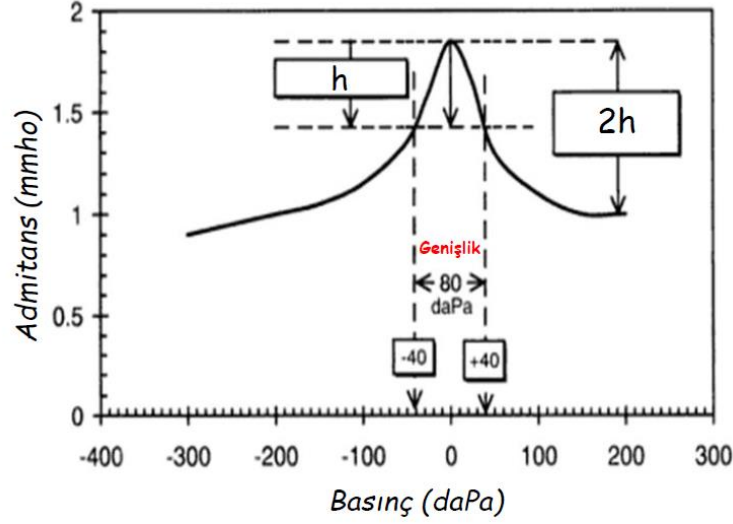
Timpanogramın tepe keskinliğini (eğimini) ifade etmek için kullanılır. Timpanogramda, genişliğin 100 daPa olduğu yerden x eksenine paralel bir doğru çizilir. Tepe ile çizilen doğru arasındaki yükseklik farkının, timpanogram yüksekliğine oranı ( $h_1 / h_2$ ) gradyanı verir (14,18), (Şekil 2.5).



**Şekil 2.5.** Genişliğin 100 daPa Olduğu Nokta ile Tepe Noktası Arasındaki Yükseklik Farkının ( $h_1$ ) Timpanogram Yüksekliğine ( $h_2$ ) Oranı (14)

### E. Timpanogram Genişliği (*Tympanometric Width, TW*)

Timpanogramın yarı yüksekliğindeki genişliğidir. Birimi daPa'dır (14,19), (şekil 2.6).

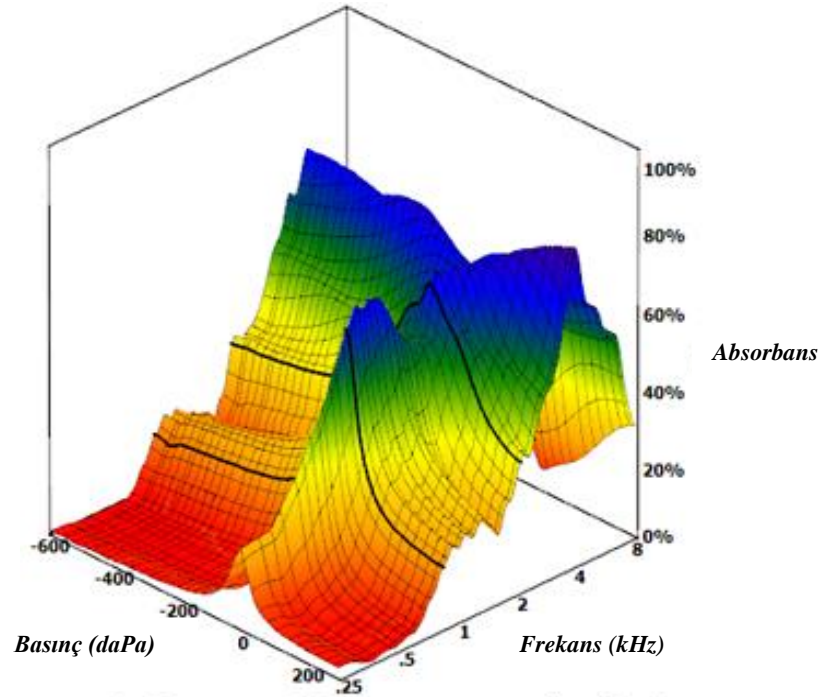


şekil 2.6. Timpanogram Genişliği (14)

şekil 2.6'te tepe basıncı 0 daPa olan 2h yüksekliğindeki bir timpanogramın h yüksekliğindeki genişliği 80 daPa olarak gösterilmiştir.

### 2.4. Geniş Bant Timpanometri (*GBT*)

Geniş Bant Timpanometri (GBT); Douglas Keefe tarafından geliştirilen ve orta kulak analizinde kullanımı yeni olan bir ölçüm yöntemidir. Çalışma prensibi klasik timpanometri ile aynıdır. Klasik timpanometride dış kulak kanalına yerleştirilen probdan farklı frekansta saf ses uyararı kullanılırken GBT'de geniş frekans aralığını kapsayan klik uyararı kullanılmaktadır. Ölçüm sonucunda "3 Boyutlu (3D) Timpanogram" adı verilen bir grafik elde edilmektedir. Bu grafikte x eksenini basınç değerlerini, y eksenini orta kulağın absorban miktarını, z eksenini frekans değerlerini göstermektedir (şekil 2.7) (2,3).



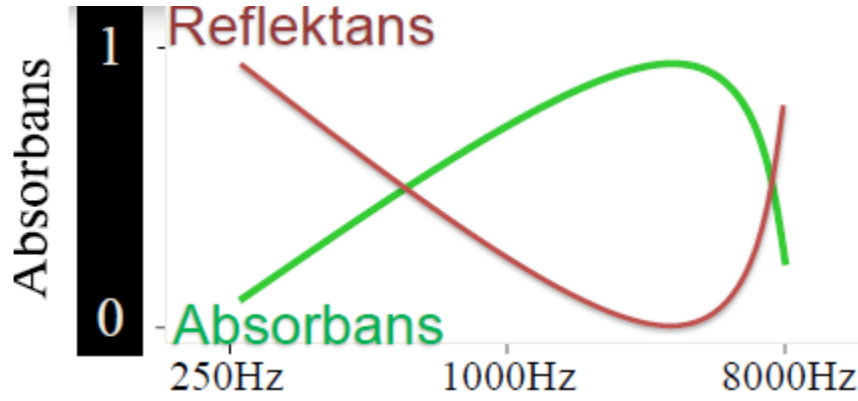
Şekil 2.7. 3 Boyutlu Timpanogram Örneği (2).

Geniş Bant Timpanometride klasik timpanometriden farklı bir terminoloji kullanılmaktadır. Geniş Bant Timpanometriyi anlamak için absorbans ve reflektans kavramlarının bilinmesi gerekmektedir.

**Reflektans:** Orta kulaktan yansıyan sesi;

**Absorbans:** Orta kulak tarafından soğurulan sesi ifade etmektedir. (2,3).

Birbiri ile ters orantılı ilişkide olan bu iki kavram 0-1 arasında değer almaktadır. Absorbans oranının en büyük değerde olduğu noktada reflektans oranı en küçük değerdedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Absorbans & Reflektans (2).

Elde edilen 3D timpanogram orta kulağın durumuna dair birçok frekans ve basınç değerlerinde bilgi içerdiği için üç boyutlu grafik daha karmaşık görünmektedir. Klinik kullanımda kolaylık sağlaması açısından üç boyutlu olan bu grafik farklı yöntemlerle sadeleştirilerek iki boyutlu grafikler haline dönüştürülmektedir.

#### 2.4.1. Absorbans Grafiği

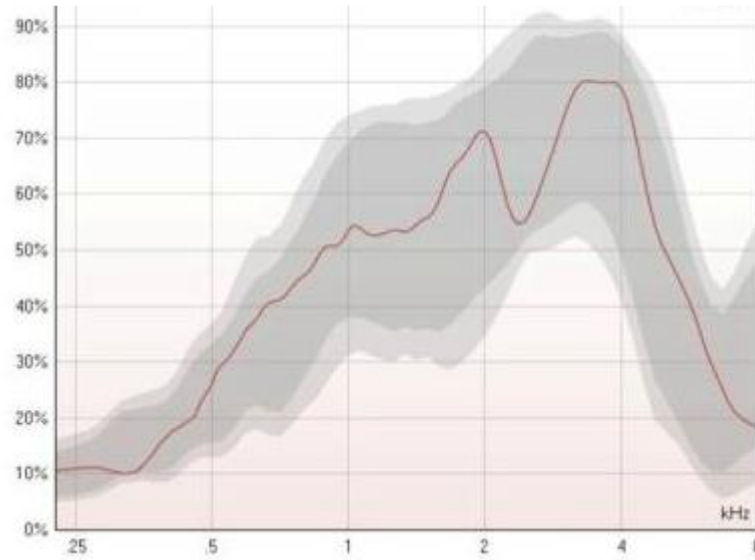
Absorbans Grafiği 226-8000 Hz aralığında absorbans miktarını gösteren iki boyutlu grafik (2), (Şekil 2.9). Geniş Bant Timpanometri'de Absorbans grafiği basınçlı ve basınçsız olmak üzere iki şekilde elde edilmektedir.

Basınçlı absorbans grafiğinde, 3D Timpanogramda tepe basıncındaki absorbans miktarı görülmektedir. Üç boyutlu timpanogramda tepe basıncında, y ve z eksenlerinin oluşturduğu düzlemden bakıldığında elde edilen grafikdir.

Basınçsız absorbans grafiği ise; 3D Timpanogramda 0 daPa'daki absorbans miktarını göstermektedir. (2,3).

Absorbans grafiği ayrıca, Geniş Bant Absorbans (GBA) ölçümü ile de elde edilmektedir. Geniş Bant Absorbans ölçümünde dış kulak kanalının basıncı değiştirilmediği için 3D Timpanogram çizilmemektedir.

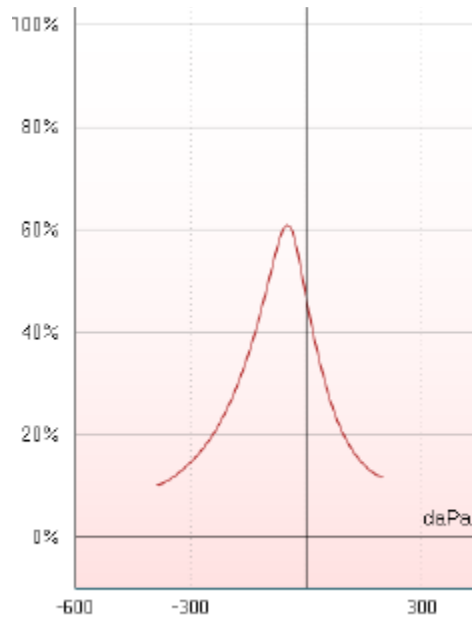




Şekil 2.9. Absorbans Grafiği Örneği (2)

#### 2.4.2. Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT)

Çizilen 3D timpanogramda 375-2000 Hz aralığındaki absorbans değerlerinin averajlanarak gösterildiği iki boyutlu grafiklerdir (2), (Şekil 2.10).



*Hacim (ml): 0.7      Basınç (daPa): -47*

Şekil 2.10. Geniş Bant Averajlanmış Timpanogram Örneği (2).

### 2.4.3. Geniş Bant 226 Hz ve 1000 Hz Timpanogram

Geniş Bant Timpanometride klik uyararla ölçülen 226 Hz ve 1000 Hz timpanogramlardır (2).

Geniş Bant Timpanometride tek ölçümle 3D Timpanogram, Basıncılı-Basıncısız Absorbans Grafiği ve Averajlanmış Geniş Bant Timpanogramın yanı sıra Geniş Bant 226 ve 1000 Hz Timpanogramlar elde edilebilmekte ve ayrıca orta kulağın rezonans frekansı da belirlenmektedir (2).

### 2.4.4. Rezonans Frekansı (*RF*)

Kütle ve komplians suseptans vektörlerinin eşit büyüklükte olduğu dolayısıyla bileşkelerinin sıfır olduğu frekans değeridir. Rezonans frekansında ses enerjisi sadece sürtünme etkisi altındadır. Bu nedenle rezonans frekansında, admitans vektörü kondüktans vektörü ile aynı yönde ve eşit büyüklüktedir. Admitans ve kondüktans cebirsel olarak da eşittir. Diğer bir ifadeyle; bu frekansta kondüktans vektörü aynı zamanda admitans vektörüdür. Orta kulak, rezonans frekansına eşit frekansta gelen bir sesi diğer frekanslardaki seslere göre daha kolay geçirir (3,12,14,15).

Orta kulağı etkileyen bir patoloji orta kulağın rezonans frekansını değiştirmektedir. Orta kulakta esneklik azalmasına neden olan otoskleroz ve negatif orta kulak basıncı gibi durumlarda rezonans frekansı artmaktadır. Daha yüksek bir frekans değerinde kütle ve komplians suseptansları eşit hale gelmektedir. Rezonans frekansının altındaki frekanslar esneklik etkisi altında olduğu için orta kulak sistemi daha geniş bir frekans aralığında esneklik etkisi altında olmaktadır. Orta kulakta esneklik artışına neden olan patolojilerde ise rezonans frekansı azalmaktadır (3,15). Tanı sürecinde ve hastalığın takibinde önemli bir parametre olan orta kulak rezonans frekans değeri klasik timpanometri ile belirlenememektedir.

## BİREYLER VE YÖNTEM

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi KBB Anabilimdalı Odyoloji ve Konuşma Bozuklukları Ünitesi'nde gönüllü katılımcılar ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan bireyler çalışmanın kapsamı ve amacı hakkında bilgilendirilmiş, yazılı izinleri alınmıştır. Çalışma, Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 14.05.2014 tarihinde GO14/291 kayıt numarasıyla onaylanmıştır.

### 3.1. Bireyler

Çalışmaya dahil edilen bireylerin demografik bilgileri (yaş, cinsiyet, meslek, adres/tel. no.) ile ayrıntılı tıbbi hikayeleri ve özgeçmişleri alınmıştır. Çalışmaya 20-49 yaş aralığında 60 birey (120 kulak) dahil edilmiştir. Katılımcılar üç grupta değerlendirilmiştir. Grupların yaş dağılımı aşağıda verilmiştir.

Grup I: 20-29 yaş aralığı

Grup II: 30-39 yaş aralığı

Grup III: 40-49 yaş aralığı

İmmitansmetri ve GBT bulgularının yaşa bağlı değişiminin belirlenmesi amacıyla planlanan bu çalışmada her grup 20 bireyden oluşmaktadır.

**Tablo 3.1.** Gruplara Ait Yaş Dağılımı

Grup I	Ortalama	23.00 ± 2.89
	Yaş aralığı	20-29
Grup II	Ortalama	33.43 ± 2.97
	Yaş aralığı	30-39
Grup III	Ortalama	43.63 ± 2.87
	Yaş aralığı	40-49
Grup I + II + III	Ortalama	32.31 ± 8.74
	Yaş aralığı	20-49

**Tablo 3.2.** Gruplara Ait Cinsiyet Dağılımı

	Erkek	Kadın
Grup I	10 (% 50)	10 (% 50)
Grup II	11 (% 55)	9 (% 45)
Grup III	12 (% 60)	8 (% 40)
Grup I + II + III	33 (% 55)	27 (% 45)

### 3.1.1. Çalışmaya Dahil Olma Kriterleri

- Otoskopik muayene bulgularının normal olması
- Dış kulak ve orta kulak cerrahisi geçirmemiş olması
- Hava yolu işitme eşiklerinin 250-8000 Hz aralığında bilateral 25 dB İS ve düşük olması
- Bilateral 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'te hava-kemik aralığının 10 dB İS ve daha küçük olması
- TEOE ölçümünde bilateral 1000, 1500, 2000 ve 4000 Hz frekans bantlarının en az üçünden 3 dB ve üstünde emisyon alınması
- DPOAE ölçümünde bilateral 1000, 1500, 2000, 4000 ve 6000 Hz frekans bantlarının en az üçünden 3 dB ve üstünde emisyon alınması

### 3.2. Kullanılan Testler ve Yöntem

Tüm bireylerin Saf Ses Odyometrisi, OAE, İmmitansmetri ve GBT ölçümleri yapılmıştır.

#### 3.2.1. Saf Ses Odyometrisi

Katılımcıların KBB muayenesinin ardından 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 ve 8000 Hz'te hava yolu işitme eşikleri, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz'te kemik yolu işitme eşikleri belirlenmiştir.

Saf ses odyometrisi yapılırken GSI Audiostar Pro klinik odyometre TDH 50P supra-aural kulaklık B71 kemik vibratör kullanılmıştır. Hava yolu ve kemik yolu saf ses eşikleri Hugson-Westlake Prosedürü ile belirlenmiştir.

#### 3.2.2. OAE Ölçümleri

Katılımcıların bilateral TEOAE ve DPOAE ölçümleri Otodynamics Echoport ILO292 OAE ölçüm sistemi ile yapılmıştır ve EZ-Screen Software arayüzü ile kaydedilmiştir.

#### 3.2.3. İmmitansmetri ve GBT Ölçümleri

Katılımcıların bilateral İmmitansmetri ve GBT Ölçümleri Interacoustics TITAN Geniş Bant Timpanometre ile yapılmıştır (Resim 3.1). Oluşturulan protokolle

sırasıyla 226 Hz, 1000 Hz, Geniş Bant Timpanometrik ölçümler aynı seansta yapılmıştır.

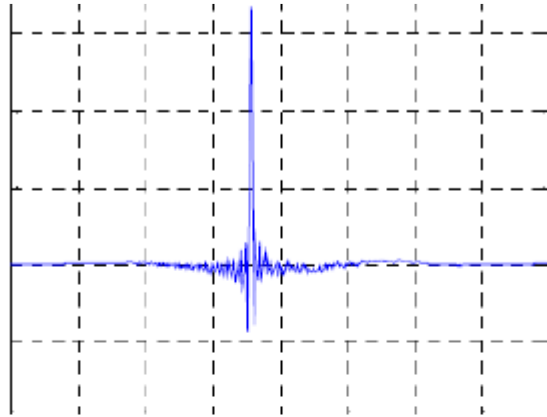


**Şekil 3.1.** Interacoustics Titan Geniş Bant Timpanometre (2).

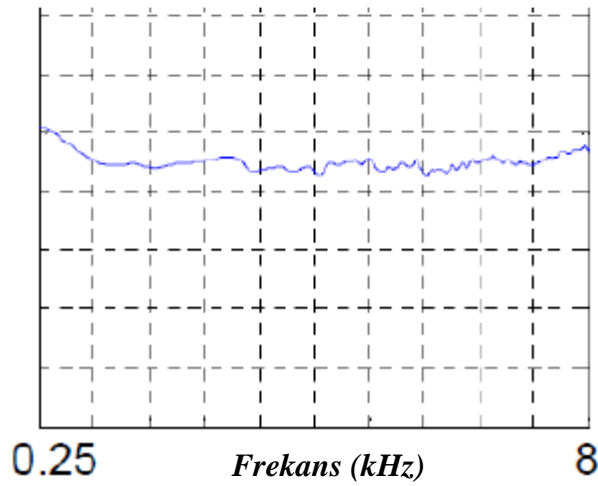
Timpanometri ve GBT 200-(-400) daPa aralığında yapılmıştır. Timpanometrenin 226 ve 1000 Hz için verdiği prob tone şiddet seviyeleri sırasıyla 85 ve 75 dB SBS'dir.

GBT, 226-8000 Hz frekans aralığını kapsayan, 2 ms durasyonlu, 94 dB teSBS şiddet düzeyinde ve 21.5 Hz frekansı ile verilen klik uyarılarla yapılmıştır (Şekil 3.1).

### *Dalga Formu*



### *Spektrum*



**Şekil 3.2.** GBT klik uyaran dalga formu (2).

Değerlendirmeye 86 yetişkin birey alınmıştır. Yapılan saf ses odyometrisinde 3 bireyde tek tarafta 4 kHz, 6 bireyde bilateral 6 kHz, 1 bireyde tek tarafta ve 5 bireyde bilateral 8 kHz, 4 bireyde bilateral 6 ve 8 kHz saf ses eşikleri 25 dB İS'nin üzerinde elde edilmiştir. Altı bireyde tek taraflı, 1 bireyde bilateral negatif orta kulak basıncı bulunmuştur. Dahil olma kriterlerini karşılamayan 26 birey çalışmadan çıkarılmış ve çalışma 60 bireyle (120 kulak) tamamlanmıştır. Yapılan testler yaklaşık 40 dakika sürmüştür.

Tüm bireylerin İmmittansmetri sonuçları ( $V_{ea}$ ,  $Y_{tm}$ , TPP, TW,  $V_{ea}(1000)$ ): 1000 Hz Timpanometri ile Ölçülen Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi,  $V_{ea}(GBT)$ : GBT ile ölçülen Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi,  $Y_{tm}(GBT)$ : Geniş Bant 226 Hz Timpanogramda Kompanse Edilmiş Statik Akustik Admitans, TW(GBT): Geniş

Bant 226 Hz Timpanogram Genişliği ve RF) SPSS programına aktarılmak üzere Microsoft Office Excel dosyasına kaydedilmiştir.

Bireylerin Absorbans ve A-GBT sonuçları ise Geniş Bant Timpanometrede oluşturulan protokolde belirlenen bir hedef klasöre “Matematiksel Girdi Dosyası (M dosyası)” olarak kaydedilmiş, *Interacoustics* tarafından oluşturulan “WBT 3.0.0.16” adlı Microsoft Office Excel dosyasına aktarılmış ve grafikler elde edilmiştir.

### **3.3. İstatistiksel Yöntem**

Sonuçların değerlendirilmesinde Windows tabanlı SPSS 20.00 paket programı kullanılmıştır.

Üç grupta cinsiyet dağılımlarının benzer olup olmadığı Pearson Ki-Kare testi ile belirlenmiştir.

Gruplara ait sonuçların normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro Wilk's Testi ile belirlenmiştir.

Normal dağılım gösteren sonuçların gruplar arası karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile, normal dağılım göstermeyen sonuçların gruplar arası karşılaştırılması Kruskal Wallis Testi ile yapılmıştır.

Sonuçların grup içi karşılaştırmaları Wilcoxon ve Friedman testleri ile yapılmıştır.



## BULGULAR

Sağlıklı orta kulağa sahip bireylerin immmitansmetri ve GBT sonuçlarının değerlendirilmesi amacı ile planlanan çalışmaya katılan bireylerden elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

### 4.1. İmmitansmetrik Bulgular

Çalışmaya alınan 60 bireyin (120 kulak) immmitansmetrik bulgularının genel tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.1’de, üç yaş grubunun immmitansmetrik bulgularının genel tanımlayıcı istatistikleri ise Tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Bireylerin İmmitansmetrik Bulgularının Genel Tanımlayıcı İstatistikleri

	Ortalama	Minimum	Maksimum
V <sub>ea</sub>	1.18 ± 0.26	0.67	1.99
Y <sub>tm</sub>	0.80 ± 0.35	0.31	1.98
TPP	-2.28 ± 11.19	-42.00	31.00
TW	76.09 ± 23.96	30.00	141.00
V <sub>ea</sub> (1000)	1.26 ± 0.25	0.68	1.99
V <sub>ea</sub> (GBT)	1.13 ± 0.27	0.58	1.87
Y <sub>tm</sub> (GBT)	0.68 ± 0.32	0.20	1.60
TW(GBT)	87.94 ± 22.01	41.00	186.00
RF	912.24 ± 217.67	462	1479

(V<sub>ea</sub>: Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi, Y<sub>tm</sub>: Kompanse Edilmiş Statik Akustik Admitans, TPP: Timpanogram Tepe Basıncı, TW: Timpanogram Genişliği, V<sub>ea</sub>(1000): 1000 Hz Timpanometri ile Ölçülen Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi, V<sub>ea</sub>(GBT): GBT ile ölçülen Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi, Y<sub>tm</sub>(GBT): Geniş Bant 226 Hz Timpanogramda Kompanse Edilmiş Statik Akustik Admitans, TW(GBT): Geniş Bant 226 Hz Timpanogram Genişliği, RF: Rezonans Frekansı)

**Tablo 4.2.** Gruplara Ait İmmittansmetik Bulguların Karşılaştırılması

	Grup I			Grup II			Grup III			N	p
	Ortalama	Min	Maks	Ortalama	Min	Maks	Ortalama	Min	Maks		
V <sub>ea</sub>	1.18 ± 0.24	0.73	1.71	1.16 ± 0.25	0.67	1.60	1.21 ± 0.32	0.71	1.99	40	0.691
Y <sub>tm</sub>	0.75 ± 0.36	0.31	1.61	0.75 ± 0.27	0.33	1.33	0.93 ± 0.41	0.36	1.98	40	0.129
TPP	-5.02 ± 13.59	-42.00	31.00	-1.95 ± 10.51	-36.00	21.00	1.03 ± 6.98	-16.00	16.00	40	0.064
TW	80.47 ± 23.78	30.00	128.00	75.71 ± 23.16	34.00	133.00	70.56 ± 24.80	30.00	141	40	0.204
V <sub>ea</sub> (1000)	1.30 ± 0.27	0.84	1.90	1.22 ± 0.23	0.68	1.62	1.28 ± 0.25	0.93	1.99	40	0.329
V <sub>ea</sub> (GBT)	1.15 ± 0.25	0.66	1.72	1.10 ± 0.25	0.58	1.52	1.15 ± 0.30	0.66	1.87	40	0.637
Y <sub>tm</sub> (GBT)	0.63 ± 0.30	0.20	1.30	0.64 ± 0.22	0.30	1.10	0.82 ± 0.40	0.30	1.60	40	0.165
TW(GBT)	89.50 ± 20.05	50.00	143.00	87.54 ± 18.85	53.00	138.00	86.31 ± 28.18	41.00	186.00	40	0.508
RF	931.66 ± 237.22	462	1479	927.95 ± 185.51	650	1335	864.91 ± 228.18	465	1416	40	0.179

(V<sub>ea</sub>: Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi, Y<sub>tm</sub>: Kompanse Edilmiş Statik Akustik Admitans, TPP: Timpanogram Tepe Basıncı, TW: Timpanogram Genişliği, V<sub>ea</sub>(1000): 1000 Hz (Timpanometri ile Ölçülen Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi, V<sub>ea</sub>(GBT): GBT ile ölçülen Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi, Y<sub>tm</sub>(GBT): Geniş Bant 226 Hz Timpanogramda Kompanse Edilmiş Statik Akustik Admitans, TW(GBT): Geniş Bant 226 Hz Timpanogram Genişliği, RF: Rezonans Frekansı)

Her üç grubun cinsiyet dağılımları Pearson Ki-Kare Testi ile araştırılmış ve benzer dağılım gösterdiği bulunmuştur.

Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile yapılan analizde gruplar arası  $V_{ea}$ ,  $V_{ea}(1000)$ ,  $V_{ea}(GBT)$ , TPP ve TW değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>.05$ ).

Kruskal Wallis Testi ile yapılan analizde gruplar arası  $Y_{tm}$ ,  $Y_{tm}(GBT)$ , TW(GBT) ve Resonans Frekans (RF) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Grup içi GBT, 226 ve 1000 Hz timpanometri ile ölçülen İmmitansmetrik bulgular arasındaki farkların istatistiksel değerleri “ $p$ ” Tablo 4.3’te verilmiştir.

**Tablo 4.3.** Grup içi  $V_{ea}(GBT)-V_{ea}$ ,  $V_{ea}(GBT)-V_{ea}(1000)$ ,  $V_{ea}-V_{ea}(1000)$ ,  $Y_{tm}-Y_{tm}(GBT)$  ve TW-TW(GBT) sonuçlarının Friedman Testi ile karşılaştırılması

	Grup I	Grup II	Grup III	Grup I+II+III
	$p$	$p$	$p$	$P$
$V_{ea}(GBT)-V_{ea}$	<b>0.020</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>
$V_{ea}(GBT)-V_{ea}(1000)$	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>
$V_{ea}-V_{ea}(1000)$	<b>0.007</b>	1.000	0.401	<b>0.017</b>
$Y_{tm}-Y_{tm}(GBT)$	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>
TW-TW(GBT)	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>

**$p<.05$**

Her grupta  $V_{ea}$ ,  $V_{ea}(GBT)$ , ve  $V_{ea}(1000)$  değerleri arasındaki farklılık Friedman Testi ile araştırılmıştır. Her grupta  $V_{ea}(GBT)$  ve  $V_{ea}$  arasında,  $V_{ea}(GBT)$  ve  $V_{ea}(1000)$  arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Grup II ve III’te  $V_{ea}$  ve  $V_{ea}(1000)$  arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 4.1.3).

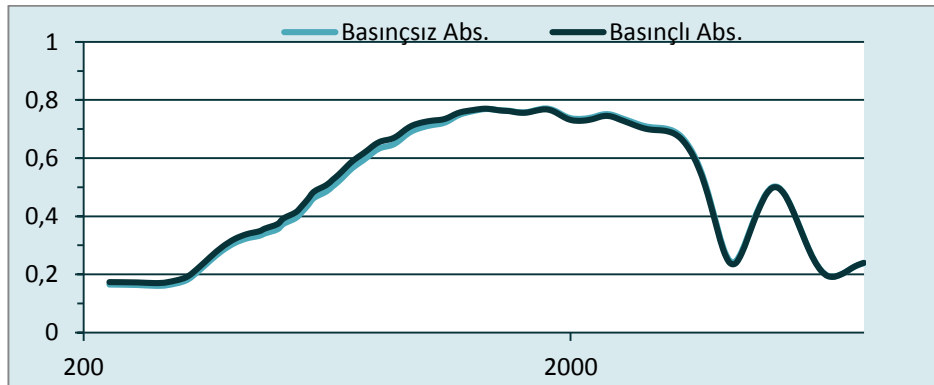
Her grupta geniş Bant 226 Hz Timpanogramlarda kaydedilen  $Y_{tm}(GBT)$  ve Klasik 226 Hz Timpanogramlarda kaydedilen Statik Admitans ( $Y_{tm}$ ) arasındaki farklılık Wilcoxon Testi ile araştırılmıştır. Bütün gruplarda  $Y_{tm}$  ve  $Y_{tm}(GBT)$  arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (Tablo 4.3).

Her grupta TW(GBT) ve TW arasındaki farklılığın istatistiksel analizi Wilcoxon Testi ile yapılmıştır. Bütün gruplarda TW(GBT) ve TW değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (Tablo 4.3).

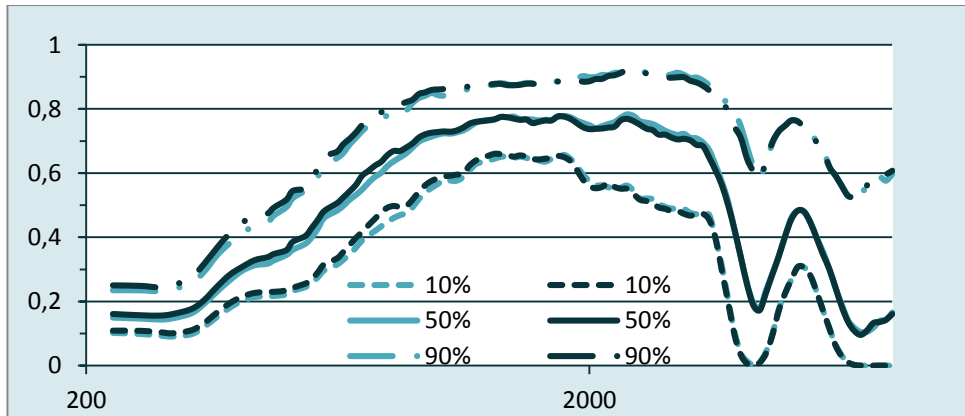
Her gruba ait  $V_{ea}$ ,  $V_{ea}(1000)$ ,  $V_{ea}(GBT)$ ,  $TPP$ ,  $TW$ ,  $Y_{tm}$ ,  $Y_{tm}(GBT)$ ,  $TW(GBT)$  ve  $RF$  değerleri farklı bulunmuştur. Tüm gruplarda Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi  $V_{ea}(1000) > V_{ea} > V_{ea}(GBT)$  şeklinde bulunmuştur.

#### 4.2. Absorbans Bulguları

Tüm bireylerden elde edilen 226-8000 Hz aralığında (toplam 107 frekans noktasında) Basıncılı ve Basıncısız Absorbans değerleri ve yüzdellik oranları Şekil 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Tüm bireylerden elde edilen ortalama Basıncılı ve Basıncısız Absorbans Grafikleri



Şekil 4.2. Tüm bireylerden elde edilen Basıncılı ve Basıncısız Absorbans değerlerinin yüzdellik oranları

En düşük Basıncısız Absorbans değeri 280 Hz’te 0.16 olarak bulunurken en yüksek Basıncısız Absorbans değeri 1781 Hz’te 0.77 olarak bulunmuştur (Şekil 4.4).

En Düşük Basıncılı Absorbans değeri 280 Hz’te 0.01 olarak bulunurken en yüksek Basıncılı Absorbans değeri 1334 Hz’te 0.77 olarak bulunmuştur (Şekil 4.1).

Basıncılı Absorbans değerleri 226-1373 Hz aralığında ve 7336-8000 Hz aralığında Basıncısız Absorbans değerlerinden yüksek bulunurken, 1414-7127 Hz aralığında düşük bulunmuştur. Basıncılı ve Basıncısız Absorbans değerleri arasında en büyük fark 727 ve 749 Hz’te bulunmuştur. Tüm frekanslarda (107 frekans noktasında) Kruskal Wallis Testi ile yapılan analizde basıncılı ve basıncısız absorbans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>.05$ ), (Şekil 4.1).

Hem Basıncılı hem de Basıncısız Absorbans değerlerinde 300 Hz yakınlarından itibaren 1200 Hz yakınlarına kadar artış gözlenmiştir. Üç bin Hz yakınlarından itibaren azalmaya başlayan Absorbans değerleri 4200 Hz yakınlarından itibaren 5200 Hz civarına kadar tekrar artmaya başlamaktadır. Absorbans değerlerindeki bu değişim, Absorbans Grafiklerinde 4200 Hz yakınlarında belirgin bir çentik oluşturmuştur (Şekil 4.1).

Tüm bireylerden elde edilen 226, 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz’teki Absorbans değerlerinin genel tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

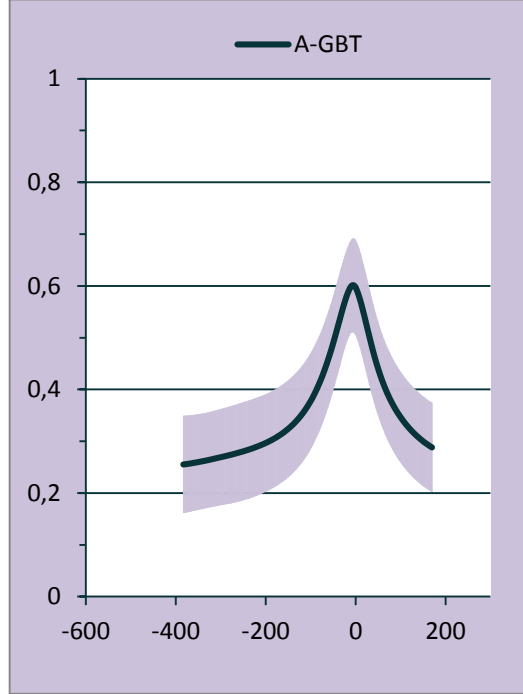
**Tablo 4.4.** Tüm bireylerden elde edilen 6 frekans noktasındaki Basıncısız Absorbans Değerlerinin Genel Tanımlayıcı İstatistikleri

Frekans (Hz)	Ortalama	Min	Maks
226	0.16 ± 0.06	0.03	0.46
500	0.35 ± 0.11	0.08	0.77
1000	0.71 ± 0.11	0.21	0.93
2000	0.73 ± 0.14	0.13	0.98
4000	0.37 ± 0.24	0.00	0.90
8000	0.23 ± 0.25	0.00	0.94

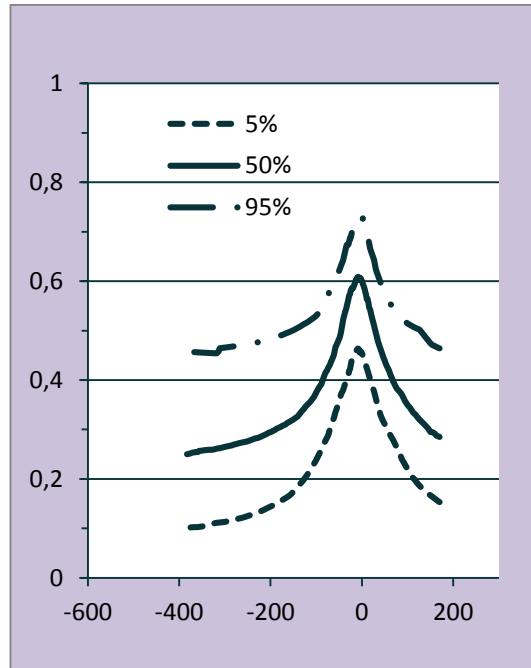
**Tablo 4.5.** Sağlıklı Kulaklarda Farklı Frekanslara Ait Absorbans Değerleri

Frekans (Hz)	Ortalama					
	Mevcut Çalışma	Keefe ve ark. (1993) (20)	Voss ve ark. (1994) (21)	Feeney ve ark. (2004) (7)	Shahnaz & Bork (2006) (5)	Shaw J. (2007) (22)
500	0.35 ± 0.11	0.17 ± 0.07	0.18 ± 0.07	0.12 ± 0.07	0.24 ± 0.12	0.31 ± 0.14
1000	0.71 ± 0.11	0.42 ± 0.14	0.52 ± 0.13	0.31 ± 0.15	0.53 ± 0.16	0.58 ± 0.15
2000	0.73 ± 0.14	0.63 ± 0.17	0.59 ± 0.08	0.42 ± 0.17	0.66 ± 0.12	0.64 ± 0.12
4000	0.37 ± 0.24	0.63 ± 0.28	0.69 ± 0.16	0.76 ± 0.15	0.70 ± 0.17	0.65 ± 0.16

Tüm bireylerden elde edilen Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT) Şekil 4.3'te, yüzdelik oranları ise Şekil 4.4'te verilmiştir.

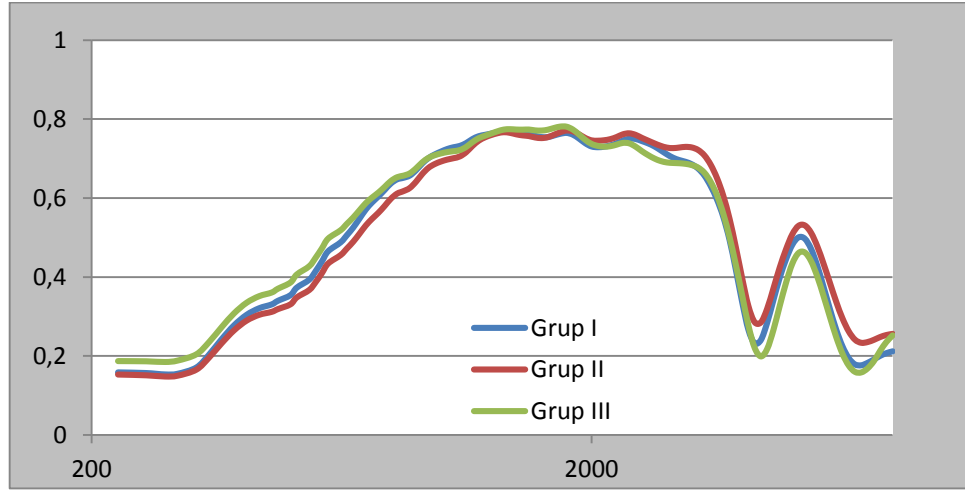


**Şekil 4.3.** Tüm bireylerden elde edilen ortalama Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT)



**Şekil 4.4.** Tüm bireylerden elde edilen Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT) yüzdelik oranları

Tüm bireylerden elde edilen A-GBT'lerde tepe basıncı -4 daPa, tepe basıncındaki absorbands değeri 0.60 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.5. Grupların Basıncısız Absorbans Grafikleri

Her grubun Basıncısız Absorbans Grafiği, Grafik 4.2.1 ile benzerdir. Her gruba ait Basıncısız Absorbans değerleri karşılaştırıldığında, Grup III'ün Absorbans değerleri 226-943 Hz aralığında en yüksek, Grup II'nin Absorbans değerleri 226-1633 Hz aralığında en düşüktür.

Üç grubun Absorbans değerleri incelendiğinde, 4237-7336 Hz aralığında en düşük Absorbans değeri Grup III'e, 1681-8000 Hz aralığında en yüksek Absorbans değeri Grup II'ye aittir.

Absorbans değerlerindeki en büyük fark Grup II ve III arasında 594 ve 4621 Hz'te gözlenmiştir.

Tüm frekanslarda (107 frekans noktasında) Kruskal Wallis Testi ile yapılan analizde gruplar arası Absorbans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p > .05$ ).

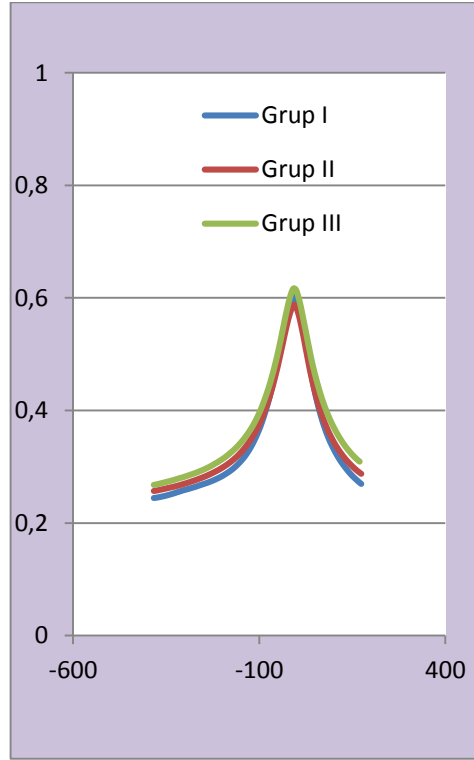
**Tablo 4.6.** Gruplara ait 226, 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz’teki Absorbans değerlerinin Kruskal-Wallis Testi ile karşılaştırılması

Frekans (Hz)	Grup I			Grup II			Grup III			N	p
	Ortalama	Min	Maks	Ortalama	Min	Maks	Ortalama	Min	Maks		
226	0.15 ± 0.05	0.03	0.31	0.14 ± 0.04	0.07	0.27	0.18 ± 0.07	0.09	0.46	40	0.145
500	0.35 ± 0.13	0.08	0.77	0.32 ± 0.08	0.17	0.52	0.39 ± 0.11	0.20	0.61	40	0.089
1000	0.72 ± 0.13	0.21	0.90	0.68 ± 0.10	0.43	0.93	0.72 ± 0.09	0.55	0.86	40	0.120
2000	0.72 ± 0.18	0.13	0.98	0.74 ± 0.13	0.52	0.98	0.74 ± 0.10	0.47	0.90	40	0.966
4000	0.33 ± 0.21	0.00	0.76	0.40 ± 0.26	0.02	0.87	0.36 ± 0.25	0.00	0.90	40	0.509
8000	0.22 ± 0.22	0.00	0.77	0.24 ± 0.27	0.00	0.94	0.23 ± 0.27	0.00	0.88	40	0.822



Kruskal Wallis Testi ile yapılan analizde gruplar arası 226, 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz'teki Absorbans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>.05$ ) (Tablo 4.6).

Her gruba ait Averajlanmış Geniş Bant Timpanogramları (A-GBT) Şekil 4.6'da verilmiştir.



**Şekil 4.6.** Gruplara ait Averajlanmış Geniş Bant Timpanogramlar

Gruplara ait Averajlanmış Geniş Bant Timpanogramlarında Grup I, II ve III'ün Averajlanmış Tepe Basınçları sırasıyla -5, -3 ve -3 daPa, tepe basıncındaki Averajlanmış Absorbans değerleri sırasıyla 0.60, 0.58 ve 0.61 olarak bulunmuştur.

Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile yapılan analizde gruplar arası Averajlanmış Tepe Basınçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>.05$ ).

Kruskal Wallis Testi ile yapılan analizde gruplar arası Averajlanmış Absorbans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>.05$ ).

## TARTIŞMA

Bu çalışmada sağlıklı orta kulağa sahip yetişkin bireylerin Klasik Timpanometri ve GBT bulguları belirlenmiş, bulguların gruplar arasında farklılıkları araştırılmıştır. Ayrıca Klasik Timpanometri ve GBT bulgularının grup içi karşılaştırmaları yapılmış ve iki ölçüm arasında farklılık olup olmadığı incelenmiştir.

Bireylerin %28'inde (n: 17) 1000 Hz timpanogramlar üç tepeli (2 pozitif 1 negatif tepe), %58'inde (n:35) belirli bir standarta uymayan örüntüde kaydedilmiştir. Bu nedenle çalışmada 1000 Hz timpanograma ait sadece  $V_{ea}$  değerleri çalışmaya dahil edilmiştir.

Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi ( $V_{ea}$ ), dış kulak kanalı hacmi ile ilgili fikir vermesi bakımından önemli bir bulgudur. Shanks ve Lilly (1981) yaptıkları çalışmada 226 Hz timpanometri ile -400 daPa'da ölçülen  $V_{ea}$  değerinin 200 daPa'da ölçülen değerden düşük olduğunu ve her iki basınçta da ölçülen değer gerçek hacim değerinden yüksek olduğunu bildirmişlerdir (23). Molvaer ve ark. (1978) yüksek  $V_{ea}$  değerinin perforasyon ile uyumlu olduğunu bildirmiştir (24). Roup ve ark. (1998) 20-30 yaş aralığında yaşın  $V_{ea}$  üzerinde etkisinin olmadığını bildirmiştir (25). Buna karşın Wiley ve ark. (1996) 48-96 yaş aralığındaki sağlıklı bireylerle yaptıkları çalışmada yaş ile  $V_{ea}$  değerinin arttığını bildirmiştir (26).

Tüm bireylerde 200 daPa'da ölçülen  $V_{ea}$  değeri Wan ve Wong (2002)'nin Çinli yetişkinlerde ve Shahnaz ve Davies (2006)'nın Kafkas yetişkinlerde aynı basınçta ölçtükleri değerlerle benzerlik göstermektedir (4,27). Çalışmamızda grupların  $V_{ea}$  değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çalışmamızda yaş aralığının 20-49 yıl olması ve Wiley ve ark. (1996)'nın 48 yaş sonrasında yaşla  $V_{ea}$  değerinin arttığını belirtmesi,  $V_{ea}$ 'nın 20-49 yaş aralığında yaş ile artmadığını ve  $V_{ea}$  artışının 49 yaş sonrası başladığını düşündürmüştür.

Çalışmamızda bütün gruplarda grup içi  $V_{ea}$ -  $V_{ea}$ (GBT) ve  $V_{ea}$ (1000)- $V_{ea}$ (GBT) arasında farklılık gözlenmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı olan bu farklılığın klinik açıdan tanıyı etkileyecek düzeyde olup olmadığının belirlenmesi için farklı orta kulak durumlarında (Perforasyon, tüp tatbiki vb.) ölçülen  $V_{ea}$ ,  $V_{ea}$ (1000) ve  $V_{ea}$ (GBT) sonuçlarının karşılaştırılması gerekmektedir.

Çalışmamızda ayrıca bütün gruplarda grup içi  $V_{ea}$  ve  $V_{ea}(1000)$  değerleri de farklı bulunmuştur ancak bu farklılık istatistiksel açıdan sadece Grup I'de anlamlı bulunmuştur.

Ölçümler Geniş Bant Timpanometrede oluşturulan protokolle aynı seansta prob çıkarılmadan yapıldığı için bu farklılıkların verilen uyanların farklı olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Yapılan literatür taramasında bu farklılığı açıklayan çalışmaya rastlanmamıştır. Dış kulakta oluşturulan 200 daPa'lık basınç orta kulakta stiffnesi arttırmaktadır. Orta kulakta artan stiffnes alçak frekansların geçişini yüksek frekanslara göre daha fazla zorlaştırmaktadır (28). Bu nedenle 200 daPa basınç seviyesinde zardan orta kulağa geçen ses miktarı 1000 Hz'te 226 Hz'e göre daha fazla olacaktır. Proba daha düşük seviyede ses döneceği için 1000 Hz'te daha fazla admitans ölçülmüş olacaktır. Her üç grupta da  $V_{ea}(1000)$  değerinin  $V_{ea}$  değerinden yüksek bulunmuş olmasının admitanstaki frekansa bağlı bu değişiklikten kaynaklandığı düşünülmüştür.

Ölçülen toplam admitanstan dış kulak kanalının admitansının çıkarılmasıyla elde edilen  $Y_{tm}$ , orta kulağın admitansını ifade etmektedir (3). Timpanogramın amplitüdü veya yüksekliği olarak da bilinen bu değer orta kulak patolojilerinin tanısında önemli bilgiler vermektedir. Bu değer, sıfır noktası olarak -400 daPa alınan timpanogramlarda, sıfır noktası olarak 200 daPa alınan timpanograma göre daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir (12,23). Orta kulakta stiffness artışı  $Y_{tm}$ 'de azalmaya, stiffnes azalması ise  $Y_{tm}$ 'de artışa neden olmaktadır (1,12).

Literatürde yaş ile  $Y_{tm}$ 'nin değişmediğini bildiren çalışmalar bulunmakla birlikte Wiley ve ark. (1996), 49-96 yaş aralığında yaş ile  $Y_{tm}$ 'nin azaldığını bildirmiştir (25,26,29-31).

Çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak gruplar arası  $Y_{tm}$  ve  $Y_{tm}(GBT)$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Wiley ve ark. (1996)'nın 49 yaş sonrasında yaş ile  $Y_{tm}$ 'nin azaldığını bildirmeleri, yaş ile  $Y_{tm}$ 'deki değişimin 49 yaş sonrasında başladığını düşündürmüştür. Çalışmamızda bulunan  $Y_{tm}$  ve  $Y_{tm}(GBT)$  değerlerin 20-49 yaş aralığında sağlıklı orta kulaklar için standart değerler olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda ayrıca her grupta  $V_{ea}$  değerlerinde olduğu gibi  $Y_{tm}$  ve  $Y_{tm}(GBT)$  değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir. Bütün gruplarda  $Y_{tm}(GBT)$  değeri  $Y_{tm}$  değerinden düşük bulunmuştur. Literatürde bu

farklılığın sebebini açıklayan herhangi bir çalışmaya rastlanmamış olması nedeni ile daha çok sayıda katılımcı ile farklı çalışmaların yapılması gereklidir. Ayrıca bu farklılığın klinik açıdan öneminin belirlenmesi için orta kulakta stiffnes değişimine neden olan patolojilerde  $Y_{tm}$  ve  $Y_{tm}(GBT)$  sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Timpanogramın yarı yüksekliğindeki genişliğini ifade eden bir parametre olan Timpanogram Genişliği, eğrinin eğimi ile ilgili bilgi vermektedir. Yüksek TW değeri orta kulak efüzyonu ile uyumlu bir bulgudur (18,32-34). Feeney ve Sanford 2004 yılında genç (18-28 yaş) ve yaşlı (60-85 yaş) grupları karşılaştırdıkları çalışmada iki grubun TW değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını bildirmiştir (7). Buna karşın Holte (1996) TW'nin yaş ile arttığını,  $Y_{tm}$  ve TW arasında da güçlü negatif korelasyonun olduğunu bildirmiştir (35).

Tüm bireylerden elde ettiğimiz TW değeri (76.09 daPa), Margoulis ve Heller (1987)'nin 19-61 yaş aralığında 87 birey ile yaptıkları çalışmada bildirdikleri ortalama değerle (77 daPa) benzerlik göstermektedir (36). Çalışmamızda gruplar arası karşılaştırmada, Feeney ve Sanford (2004)'un bulgularıyla uyumlu olarak, TW değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Bütün gruplarda TW (GBT) ve TW arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Bu farkın nedeni ve tanıya etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Rezonans frekansı (RF), kütle ve komplians süseptanslarının eşit olduğu ve dolayısıyla sistemin sadece sürtünme etkisi altında olduğu frekans değeridir. Orta kulak patolojilerinin tayininde önemli bir bulgudur (3,12,14,15). Otoklerozda esneklik azalmasına bağlı olarak RF artmaktadır (37). Esneklik artışı RF'de azalma meydana getirmektedir (38).

Hanks ve Rose (1993)'un okul çağı çocuklarda bulunduğu RF değeri, Margolis ve Goycoolea (1993)'nin yetişkinlerde bulunduğu değerden düşüktür (6,39). Margolis ve Goycoolea (1993) ve Hunter ve Margolis (1992) tarafından Multifrekans Timpanometri ile sıfır noktası olarak 200 daPa belirlenerek yapılan ölçümlerde elde edilen RF değeri, sıfır noktası olarak -500 daPa belirlenerek yapılan ölçümlerde elde edilen RF değerinden düşük bulunmuştur (39,40).

Literatürde sağlıklı kulaklara ait değişik RF değerleri bildirilmiştir. Örneğin, Lutman 1984'te 67 kulağın ortalama RF değerini 871 Hz olarak bildirirken (41),

Valvik ve ark (1994) daha geniş bir grupla yaptıkları çalışmada ortalama RF değerini  $1049 \pm 261$  olarak bulmuştur (38). Wiley ve ark. (1999) ve Uchida ve ark. (2000) RF'nin yaş ile değişmediğini bildirmiştir (31,42).

Çalışmamızda 120 kulaktan elde ettiğimiz ortalama RF değeri (912 Hz) Valvik ve ark (1994)'nin buldukları değere yakın bulunmuştur. Gruplar arası RF değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Wiley ve ark. (1999) ve Uchida ve ark. (2000)'nin bulgularına uyumlu olarak çalışmamızda da RF değerlerinin yaş ile değişmediği gözlenmiştir. Bulunan ortalama RF değeri 20-49 yaş aralığında sağlıklı orta kulaklar için standart değer olarak kabul edilebilir.

Çalışmamızda GBT ile elde edilen Basıncılı ve Basıncısız Absorbans sonuçları 226-8000 Hz aralığında 107 frekans noktasında kaydedilmiştir.

Geniş Bant Absorbans (GBA) ölçümünü "Statik Mod", Basıncılı Absorbans ölçümünü de "Dinamik Mod" şeklinde tanımlayan Kenny (2011), Kafkas ve Çinli katılımcılarla yaptığı karşılaştırmada her iki etnik grupta da alçak frekanslarda Statik Mod ile daha düşük absorbans değerleri kaydetmişlerdir (43).

Liu ve ark. (2008) çalışmalarında alçak frekanslardaki Statik Mod ile ölçülen Absorbans değerlerinin Dinamik Mod ile ölçülen Absorbans değerlerinden düşük olmasının, probun yerleştirilirken dış kulak kanalındaki havayı sıkıştırmasına bağlı olarak oluşturduğu pozitif basıncın zar esnekliğinde meydana getirdiği azalmadan kaynaklandığını savunmuştur (44).

Probun yerleşiminin oluşturduğu pozitif basıncın zarda esneklik azalması yaratabilmesi 0 daPa veya negatif basınca sahip orta kulakta mümkündür. Nötral pozisyonda olan veya orta kulaktaki negatif basınç nedeniyle orta kulağa doğru esneyen zarda, prob yerleşiminin oluşturacağı pozitif basınç, zarın orta kulağa doğru esnemesini arttıracığı için geçirgenlik azalacaktır. Ancak pozitif orta kulak basıncında zar dış kulağa doğru esneyeceği için, prob yerleşiminin oluşturduğu pozitif basınç zarı nötral pozisyona yaklaştıracak ve geçirgenliğinde artış meydana getirecektir. Liu ve ark.'nın belirttiği basınç artışının, sadece negatif orta kulak basıncında geçirgenliği azaltması beklenmektedir.

Basıncılı Absorbans, zarın her iki tarafındaki basınç farkının 0 daPa olduğu, dolayısıyla zarın nötralde olduğu noktada kaydedilen absorbans değeridir. Basıncısız Absorbans, dış kulak basıncının 0 daPa olduğu noktada kaydedilen absorbans değeridir. Çalışmamızda tüm bireylerden elde edilen Basıncılı ve Basıncısız

Absorbans değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmaması, sağlıklı orta kulaklarda normal sınırlarda oluşan pozitif veya negatif basının Absorbans üzerinde etkisinin olmadığını dūřündürmüřtür.

Absorbans grafiklerinde 4 kHz yakınlarında literatürden farklı olarak belirgin bir çentik gözlenmiştir. Yapılan literatür taramasında bu farklılığı açıklayan bir çalışma bulunamamıştır. Bu farklılığın olası nedenleri üzerine “12. EFAS (*European Federation for Audiology Societies*) Congress 2015”te yaptığımız görüşme sırasında Dr. Shahnaz, kalibrasyon hatası, test-retest güvenirliliği, cihaz farklılığı ve etnisite özelliklerinin etkileri üzerinde durmuştur (N. Shahnaz, sözlü görüşme).

Kenny (2011), iki farklı Geniş Bant Timpanometre ile yaptığı ölçümlerde sonuçların farklı kaydedildiğini bildirmiştir (43).

Kenny (2011)’in iki farklı Geniř Bant Timpanometre ile 4 kHz’te bulduğu fark, çalışmamızda bulduğumuz fark kadar belirgin değildir. Cihaz kalibrasyonunun yapılmış ve düzenli aralıklarla kontrol edilmiş olması, ölçümler sırasında test-retest sonuçlarının benzer olması, bu farklılığın etnitise özelliklerinden kaynaklanabileceğini dūřündürmektedir. Etnik farklılıkların Absorbansa etkisinin daha doğru belirlenebilmesi için çok sayıda katılımcı ile farklı etnik grupların karşılaştırıldığı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Basınçlı ve Basınçsız Absorbans değerlerinin benzer olması nedeniyle çalışmamızda gruplara ait sadece Basınçsız Absorbans değerleri istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır.

Voss ve Horton (2008) ve Rosowski ve ark. (2012) esneklik artışının alçak frekanslarda Reflektans azalmasına (Absorbans artışına) neden olduğunu bildirmiştir (45,46).

Feeney ve ark. (2003) esneklik azalmasına yol açan bir durum olan negatif orta kulak basıncının alçak frekanslarda Reflektansı arttırdığını bildirmiştir (28).

Esnekliği azaltan başka bir patoloji olan otosklerozda da alçak frekanslarda absorbans azalmaktadır (47,48).

Kadavra dış kulaklarında oluşturdukları pozitif ve negatif basınçla zar esnekliğini değiştirerek Reflektans değişimlerini izleyen Voss ve ark (2012), yüksek frekanslarda pozitif basınç altında herhangi bir Reflektans değişiminin olmadığını ancak negatif basınç altında Reflektansın azaldığını bildirmiştir (49).

Kemikçik zincir kopukluğunda zarda esneklik artışına bağlı olarak alçak frekanslarda Absorbans artmakta, yüksek frekanslarda ise azalmaktadır (28).

Shahnaz ve Bork (2006), etnisite farklılıklarının Absorbans değerlerini etkilediğini bildirmişlerdir (5).

Feeney ve Sanford 2004 yılında genç ve yaşlı grupları karşılaştırdıkları çalışmada alçak frekanslarda, genç grubun absorbans değerlerinin yaşlı gruba göre daha düşük olduğunu, yüksek frekanslarda ise genç grubun absorbans değerlerinin yaşlı gruba göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir (7).

Çalışmamızda hem alçak frekanslarda (226-943 Hz aralığında) hem de yüksek frekanslarda (4237-7336 Hz aralığında) Gruplar arası Absorbans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Feeney ve Sanford (2004)'ün çalışmalarında genç grup 18-28, yaşlı grup 60-85 yaş aralığında olan bireylerden oluşmaktadır. Çalışmamızda gruplar arası yaş farkının bu kadar büyük olmaması nedeni ile grupların Absorbans değerlerinin benzer olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz Absorbans değerlerinin, kliniğimizde yapılacak değerlendirmelerde 20-49 yaş aralığındaki bireyler için normal değerler olarak kullanılması uygundur.

Absorbans grafiğinde bütün noktadaki (107 frekanstaki) Absorbans değerlerinin tümünün bilinmesi, incelenmesi ve yorumlanması zaman ve enerji tasarrufu açısından avantajlı değildir. Bu nedenle klinik işleyişte kolaylık sağlaması açısından sağlıklı kulaklarda belirli frekanslara ait normatif verilerin bilinmesi önemlidir.

Shahnaz ve ark. (2009) otoskleroza tespit etmede 500 Hz'teki Reflektans ölçümünün,  $F45^\circ$  ve  $Y_{tm}$  ölçümüne göre daha hassas olduğunu bildirmiştir (50).

Çalışmamızda 500 ve 1000 Hz'te bulduğumuz Absorbans değerleri aynı frekanslarda Shaw (2007)'nin bulduğu değerlere, 2000 Hz'te bulduğumuz Absorbans değeri ise aynı frekansta Shahnaz ve Bork (2006)'nın buldukları değere yakın bulunmuştur (Tablo 4.2.2).

Dört bin Hz'te bulduğumuz ortalama Absorbans değeri literatürde bildirilen değerlerden düşük bulunmuştur. Bu farklılığın nedeninin belirlenmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Kullanımı çok yeni olan Averajlanmış Geniş Bant Timpanogram (A-GBT), 375-2000 Hz aralığındaki absorbans değerlerinin ortalamasının alınmasıyla elde edilen iki boyutlu bir grafikdir.

Liu ve ark. (2008) -400 daPa/sn basınç değişim hızı ile ölçülen averajlanmış timpanogramların tepe noktasının, -75 daPa/sn basınç değişim hızı ile ölçülen averajlanmış timpanogramlara göre negatif alanda kaydedildiğini bildirmiştir (44). Aynı çalışmada 400 daPa/sn basınç değişim hızı ile ölçülen Averajlanmış Timpanogramların tepe noktasının, 75 daPa/sn basınç değişim hızı ile ölçülen Averajlanmış Timpanogramlara göre pozitif alanda kaydedildiği bildirilmiştir. Averajlanmış Timpanogramlarda tepe noktasının yerini, basıncın değişim hızı değişim yönüne göre daha fazla etkilemektedir.

Çalışmamızda A-GBT tepe noktası ortalaması -4 daPa olarak bulunmuştur. Gruplar arası A-GBT tepe noktası değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Tepe noktasındaki Averajlanmış Absorbans değerlerinde de gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Tepe noktasındaki Averajlanmış Absorbans değerleri 20-49 yaş aralığında yaş ile değişmemiştir.

Rezonans frekansı 1000 Hz'in altında olan bir orta kulakta suseptans negatif değer aldığı için, 1000 Hz Suseptans Timpanogramda kaydedilen tepe noktası sıfır noktasının altında olmaktadır. Başka bir ifadeyle 1000 Hz Suseptans Timpanogramda negatif tepe görülmektedir. Suseptans Timpanogramdaki negatif tepe 1000 Hz Admitans Timpanogramda çentik (negatif tepe) oluşturduğu için 1000 Hz Admitans Timpanogram 3 tepeli (2 pozitif 1 negatif tepe) kaydedilmektedir. Kaydedilen negatif tepe noktası, aynı kulakta kaydedilen 226 Hz Admitans Timpanogramın tepe noktasıdır. İki pozitif tepe noktasından biri, negatif tepe noktasına göre pozitif basınç alanında, diğeri ise negatif tepe noktasına göre negatif alanda yer almaktadır (1,12). Zarın her iki tarafındaki basınç farkının 0 daPa olması 226 Hz için geçişin en fazla olduğu durum iken 1000 Hz için değildir. Geçişin 1000 Hz için maksimum olması, zarda bir miktar esneklik azalması ile olmaktadır.

Çalışmamızda, 375-2000 Hz aralığındaki tepe noktalarının ortalaması alınarak belirlenen A-GBT tepe noktasının tüm gruplarda 226 Hz timpanogramlardan farklı olması, nötral pozisyonda olan zarın 375-2000 Hz aralığında her frekans için maksimum geçiş sağlamadığını göstermektedir.



## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada sağlıklı orta kulağa sahip bireylerin İmmitansmetri ve GBT sonuçları ile normatif veriler elde edilmiş, iki farklı ölçüm yöntemi karşılaştırılmıştır. Ayrıca 20-29, 30-39 ve 40-49 yaş aralıklarında olacak şekilde bireyler üç gruba ayrılmış, grupların İmmitansmetri ve GBT sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları ve öneriler:

1. Tüm gruplarda Eşdeğer Kulak Kanalı Hacmi ( $V_{ea}$ ) GBT'de 226 Hz Timpanometri'ye göre daha düşük ölçülmüştür.
2. Tüm Gruplarda 226 Hz Timpanogramda kaydedilen Statik Admitans değerinin Geniş Bant 226 Hz Timpanogramdaki değerden yüksek olduğu görülmüştür.
3. Geniş Bant 226 Hz timpanogramların genişlikleri 226 Hz timpanogramlara göre daha fazla bulunmuştur.
4. Klasik timpanogramda kaydedilen tepe noktasının GBT'de kaydedilenden farklı olduğu görülmüştür. Bu farklılık, 375-2000 Hz aralığında her frekansın tepe basıncının aynı olmadığını, dolayısıyla nötral durumda olan zarın 375-2000 Hz aralığında her frekans için maksimumum geçiş sağlamadığını göstermiştir. Başka bir deyişle 375-2000 Hz aralığında bazı frekansların geçişi bir miktar esneklik azalması (stiffnes artışı) ile maksimuma ulaşmıştır.
5. Sağlıklı orta kulağa sahip bireylerde Basıncılı ve Basıncısız Absorbans değerleri arasında fark bulunmamıştır.
6. Gruplar arası farklılıkların istatistiksel olarak anlamı olmaması nedeniyle İmmitansmetri ve GBT sonuçlarının 20-49 yaş aralığında yaş ile değişmediği sonucuna ulaşılmıştır ve  $H_A$  hipotezi doğrulanmamıştır.
7. Geniş Bant Timpanometri tek ölçümle birçok bilgi verdiği için odyolojik test bataryasının bir parçası olarak klinik rutinde güvenle kullanılabilen bir ölçüm yöntemidir.
8. Farklı orta kulak patolojilerinde GBT sonuçlarının değerlendirildiği ve bu sonuçların diğer odyolojik sonuçlarla karşılaştırıldığı çalışmalar yapılabilir.

9. Tüm bireylerden elde edilen tepe noktasındaki Averaılanmış Absorbans değerinin (0.60), kliniğimizde yapılacak çalışmalarda bu yaş aralığı için normal değer olarak kabul edilmesi uygundur.
10. Sağlıklı dış ve orta kulağa sahip yenidoğanlarda A-GBT normatif verileri belirlenebilir.
11. Yetişkin ve pediatrik hasta gruplarında GBT'nin özgülük ve duyarlılığını saptamaya yönelik çalışmalar yapılabilir.

Litaratürde Geniş Bant Timpanometre ile Türkiye'de yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgularla, kliniklerde yeni kullanılmaya başlanan Titan Geniş Bant Timpanometre ile veriler toplanmıştır. Sağlıklı kulaklara ait bu verilerin, klinisyenler tarafından yapılan değerlendirmelerde tanıya yardımcı önemli bir bilgi kaynağı olması ve yapılacak çalışmalara kaynak oluşturması yönünde önemli bir katkı sağladığı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Camp V. K., Margolis R.H., Wilson R.H., Creten W. R., Shank J. E. (1986). Principles of Tympanometry. Maryland: American Speech-Language-Hearing Association.
2. Interacoustics Resmi Web Sayfası. Erişim: 05 Nisan 2014, <http://www.interacoustics.com>.
3. Hunter L. L., Shahnaz N. (2014). Acoustic Immitance Measures Basic and Advanced Practice. San Diego: Plural Publishing.
4. Shahnaz N., Davies D. (2006). Standard and multifrequency tympanometric norms for Caucasian and Chinese young adults. *Ear Hear*, 27, 75–90.
5. Shahnaz, N., Bork, K. (2006). Wideband reflectance norms for Caucasian and Chinese young adults. *Ear and Hearing*, 27, 774–788.
6. Hanks, W. D., Rose, K. J. (1993). Middle ear resonance and acoustic immitance measures in Childiren. *Journal of Speecg and Hearing Research*, 36, 218-222.
7. Feeney, M. P., Sanford, C. A. (2004). Age effects in the human middle ear: Wideband acoustical measures. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 3546–3558.
8. Beers, A., Shahnaz, N., Westerberg, B., Kozak F. K. (2010). Wideband reflectance (WBR) in normal Caucasian and Chinese school-aged children and in children with otitis media with effusion (OME). *Ear and Hearing*, 31, 221-233.
9. Canalis R.F., Lambert P.R. (2000). The Ear: Comprehensive Otology, Philedelphia: Williams & Wilkins, 39-51.
10. Koç, C. (2004). Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş-Boyun Cerrahisi, Ankara: Güneş Kitabevi, 52-56.
11. Moller A.R. (2000). Hearing: It's Physiology and Pathophysiology, San Diego CA: Academic Press, 9-15.
12. Shanks E. J. (1984). Tympanometry. *Ear and Hearing*, 5, 5, 268-280.

13. Lilly D.J., Shanks J.E. (1981). Acoustic immittance of an enclosed volume of air. A. Popelka G.R. (Ed.). *Hearing Assessment with the Acoustic Reflex*. (s. 145–160). New York: Grune & Stratton.
14. Gelfand S.A. (2001). *Essentials of Audiology*, New York: Thieme, 226-236.
15. Shanks, J., & Shohet, J. (2009). Tympanometry in clinical practice. *Handbook of clinical audiology*, 157-188.
16. American National Standards Institute. (1987). *Specifications for instruments to measure aural acoustic impedance and admittance (aural acoustic immittance)*. New York: American National Standards Institute ANSI.
17. Fowler C., Shanks J. (2002). Tympanometry. A. Katz, J. (Ed.). *Handbook of Clinical Audiology*, (s. 175-205). Maryland: Williams & Wilkins.
18. Brooks D.N. (1969). The use of the electro-impedance bridge in the assessment of middle ear function. *Int Audiol.* 8, 563–565.
19. Koebshell K.A., Margolis R.H. (1986). Tympanometric gradient measured from normal preschool children. *Audiology.* 25, 149–157.
20. Keefe D.H., Bulen, J. C., Arehart, K. H., Burns, E. M. (1993). Ear-canal impedance and reflection coefficient in human infants and adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, 94, 2617–2638.
21. Voss S.E., Allen, J. B. (1994). Measurement of acoustic impedance and reflectance in the human ear canal. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 372–384.
22. Shaw J. (2007) Comparison of Wideband Energy Reflectance and Tympanometric Measures Obtained With ReFlwin Interacoustics, Mimosa Acoustics and GSI Tymptstar Systems. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, The University of British Columbia, Vancouver, Canada.
23. Shanks, J., D. Lilly. (1981). An evaluation of tympanometric estimates of ear canal volume. *J. Speech Hear.Res.* 24, 557-566.
24. Molvaer O., Vallersnes F., Kringlebotn M. (1978). The size of the middle ear and the mastoid air cell. *Acta Otolaryngol*, 85, 24–32.

25. Roup, C.M., Wiley, T.L., Stoppenbach, D.T. (1998). Tympanometric screening norms for adults. *American Journal of Audiology*, 7, 55-60.
26. Wiley, T.L., Cruickshanks, K.J., Nondahl, D.M., Tweet, T.S. Klein, R., Klein, B.E.K. (1996). Tympanometric measure in older adults. *Journal of American Academy of Audiology*, 7, 260-268.
27. Wan, I. K .K., Wong, L. L. N. (2002). Tympanometric norms for Chinese young adults. *Ear and Hearing*, 23, 416-421.
28. Feeney, M. P., Grant, I. L., Marryott, L. P. (2003). Wideband Energy Reflectance Measurements in Adults with Middle-Ear Disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 901-911.
29. Thompsen, D. J., Sills, J. A., Recke, K. R., Bui, D. M. (1980). Acoustic admittance and the aging ear,. *J. Speech Hear. Res.*, 22, 29-36.
30. Nerbonne, M. A., Bliss, A. T., Schow, R. L. (1978). Acoustic impedance values in the elderly. *J. Am. Audiol Soc.*, 4, 57-59.
31. Uchida, Y., Nomura, H., Itoh, A., Nakashima, T., Ando, F., Niino, N., and Shimokata, H. (2000). The effects of age on hearing and middle ear function. *J. Epidemiol*, 10, 26-32.
32. Paradise J.L., Smith C. G., Bluestone C. D. (1976). Tympanometric detection of middle ear effusion in infants and young children. *Pediatrics*, 58, 198-210.
33. Haughton P. (1977). Validity of tympanometry for middle ear effusions. *Arch Otolaryn.*, 103, 505-513.
34. Fiellau-Nikolajsen M. (1983). Tympanometry and secretory otitis media. Observations on diagnosis, epidemiology, treatment, and prevention in prospective cohort studies of three-year-old children. *Acta Otolaryn Suppl.*, 394, 1-73.
35. Holte L. (1996). Aging effects in multifrequency tympanometry. *Ear Hear*, 17, 12-18.
36. Margolis R.H., Heller J. W. (1987). Screening tympanometry: Criteria for medical referral. *Audiology.*, 26, 197-208.

37. Shahnaz N., Polka L. (1997). Standart and multifrequency tympanometry in normal and otosclerotic ears. *Ear & Hearing*, 18, 268-280.
38. Valvik B. R., Johnsen M., Laukli E. (1994). Multifrequency tympanometry. Preliminary experiences with a commercial available middle-ear analyzer. *Audiology* 33, 245-253.
39. Margolis R. H., Goycoolea H. (1993). Multifrequency timpanometry in normal adults. *Ear and Hearing*, 14, 408-413.
40. Hunter L., Margolis R.H. (1992). Multifrequency Tympanometry, Current Clinical Application. *American Journal of Audiology*, 1, 33-43.
41. Lutman ME. (1984). Phasor admittance measurements of the middle ear: I. Theoretical approach. *Scand Audiol.*, 13, 253–264.
42. Wiley T. L., Cruickshanks K. J., Nondahl D. M., Tweed T. S. (1999). Aging and middle ear resonance,. *Journal Of American Acedemy of Audiology* 10, 173-179.
43. Kenny, S.C. (2011). Clinical application of the interacoustics REFLWIN system wideband reflectance machine in the assessment of the eustachian. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, The University of British Columbia, Vancouver, Canada.
44. Liu Y.W., Sanford C. A., Ellison J. C. (2008). Wideband absorbance tympanometry using pressure sweeps: System development and results on adults with normal hearing. *J. Acoust Soc Am*, 124 (3708–3719).
45. Voss S., Moonshiram D., Horton N. (2008). Effects of middle-ear pathologies on energy reflectance measurements. *Bull Am Aud Soc*, 33 (31).
46. Rosowski J.J., Nakajima H. H., Hamade M. A. (2012). Ear-canal reflectance, umbo velocity, and tympanometry in normal-hearing adults. *Ear Hear*, 33, 19–34.
47. Nakajima H. H., Pisano D. V., Roosli C. (2012). Comparison of earcanal reflectance and umbo velocity in patients with conductive hearing loss: A preliminary study. *Ear and Hearing*, 33, 35–43.
48. Allen J. B., Jeng P. S., Levitt H. (2005). Evaluation of human middle ear function via an acoustic power assessment. *J. Rehabil. Res. Dev.*, 42, 63–78.

49. Voss S., Merchant G., Horton N. (2012). Effects of Middle Ear Disorders on Power Reflectance Measured in Cadaveric Ear Canals. *Ear and Hearing*, 33 (2), 195-208.
50. Shahnaz N., Bork K., Polka L. (2009). Energy reflectance and tympanometry in normal and otosclerotic ears. . *Ear Hear*, 30, 219–233.

## EKLER

### Ek 1. Etik Kurul İzni



**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557 -543

15 Mayıs 2014

#### ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

**Toplantı Tarihi** : 14.05.2014 ÇARŞAMBA  
**Toplantı No** : 2014/08  
**Proje No** : GO 14/291 (Değerlendirme Tarihi 14.05.2014)  
**Karar No** : GO 14/291 - 14

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Doç.Dr.Songül AKSOY'un sorumlu araştırmacısı olduğu, Araş.Gör.Murat ŞAHİN'in tezi olan GO 14/291 kayıt numaralı ve "Sağlıklı Orta Kulağa Sahip Bireylerde Geniş Bant Timpanometri (GBT) Parametrelerinin İncelenmesi" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

- |  |   |
|--|---|
| 1.Prof. Dr. Nurten Akarsu (Başkan)             | 9 Prof. Dr. Melahat Görduysus (Üye)                   |
| 2. Prof. Dr. Nüket Örnek Büken (Üye)           | GÖREVLİ<br>10. Prof. Dr. Cansın Saçkesen (Üye)        |
| GÖREVLİ<br>3. Prof. Dr. M. Yıldırım Sara (Üye) | 11. Prof. Dr. R. Köksal Özgül (Üye)                   |
| 4. Prof. Dr. Sevda F. Müftüoğlu (Üye)          | 12. Prof. Dr. Ayşe Lale Doğan (Üye)                   |
| 5. Prof. Dr. Cenk Sökmensüer (Üye)             | GÖREVLİ<br>13 Doç. Dr. S. Kutay Demirkan (Üye)        |
| 6. Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay (Üye)        | GÖREVLİ<br>14. Prof. Dr Leyla Dinç (Üye)              |
| GÖREVLİ<br>7. Prof. Dr. Songül Vaizoğlu (Üye)  | GÖREVLİ<br>15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev Turnagöl (Üye) |
| 8. Prof. Dr. Yılmaz Selim Erdal (Üye)          | 16. Av. Meltem Onurlu (Üye)                           |